

## Irrigation en grandes cultures

# Des acquis récents d'une irrigation m

Pour préserver les ressources en eau, les pratiques d'irrigation des cultures se doivent d'être optimisées. Bien conduite, l'irrigation présente de nombreux avantages. Mais elle doit être économiquement rentable et valorisée sans gaspillage ; elle doit également assurer la traçabilité des règles de décision. Autant d'exigences remplies par la méthode IRRINOV®, développée par ARVALIS – Institut du végétal et de nombreux partenaires.

## PAC 2007 et systèmes irrigués

### Quels effets possibles en grandes cultures ?

**Avec la réforme de la PAC, la part des aides couplées dans le produit brut des grandes cultures va diminuer. Dès lors, quel sera l'avenir des cultures irriguées ? De trop fortes contraintes hydrauliques peuvent imposer une révision des assolements.**

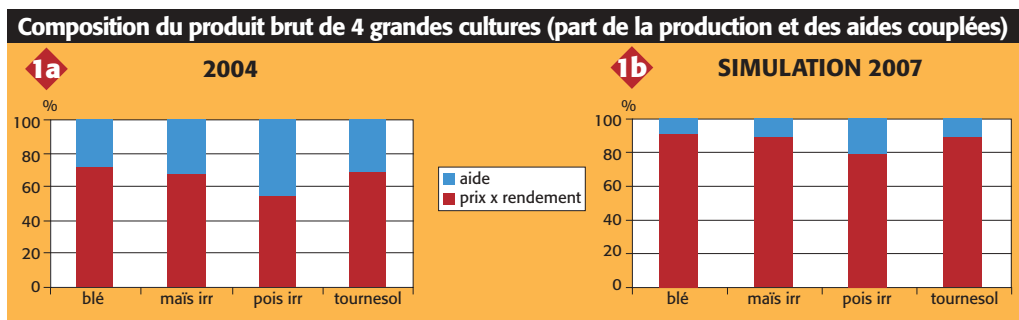
**L**e soutien économique aux exploitations agricoles est profondément remanié avec la réforme de la PAC qui se met progressivement en place. Les soutiens deviennent en grande partie découplés de la production et une part significative (75 % des aides) est attribuée directement à l'entreprise, indépendamment des productions pratiquées.

Les nouvelles dispositions d'attribution, avec un montant des aides aux cultures qui ne représente plus que 25 % de la valeur actuelle, change fortement la composition du chiffre d'affaires d'une production en donnant moins d'importance à la partie fixe (aide) au profit de la partie variable liée à l'acte de production.

En 2004, les aides couplées représentent 30 à 35 % du pro-

duit brut des cultures céréalières et des oléagineux et environ 45 % pour les protéagineux (*figure 1a*).

Sur la *figure 1b* (simulation 2007), la part des aides couplées s'est fortement réduite. Elle ne représente plus qu'environ 10 % du chiffre d'affaire pour la première catégorie de cultures et environ 20 % pour les protéagineux.



Claude Jacquin  
c.jacquin@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jean-Marc Deumier  
jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Bernard Lacroix  
b.lacroix@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

# au service aîtrisée

## Marge brute et marge directe

Cette diminution du soutien aux cultures est transformée en une aide à l'exploitation sous forme d'un produit fixe appelé droits à paiement unique (DPU) qui peut, en analyse économique, être comparé aux charges fixes.

Dès lors, est-il toujours pertinent d'associer les charges

de mécanisation à la famille des charges fixes ? Dans ces conditions, on peut considérer que la mécanisation est un facteur de production intimement lié aux itinéraires techniques et, de ce fait, affecter ces coûts spécifiques aux cultures. L'analyse des performances des productions ne se fait plus uniquement sur le seul indicateur de la marge brute (MB), mais aussi sur l'examen



**Daniel Martin,**  
membre du Conseil d'administration  
d'ARVALIS-Institut du végétal

## Pour une gestion responsable des ressources en eau

**F**ace à une prise de conscience généralisée, l'ensemble de la profession agricole s'est attelé depuis plusieurs années à mieux gérer les ressources en eau.

Des retenues collinaires ont été mises en place, et les débits ont été ajustés aux besoins.

Encouragés par les collectivités locales, et contraints par la loi sur l'eau, nous devons poursuivre cette démarche.

De plus en plus performants et précis, les outils de pilotage de l'irrigation font partie des solutions pour avancer. Ils permettent d'ajuster facilement les apports d'eau en fonction des besoins et d'utiliser au mieux les orages d'été. Bien conduite, l'irrigation améliore les niveaux de rendement, leur régularité et procure une meilleure qualité des produits.

Les recherches effectuées peuvent

également favoriser les travaux de sélection de variétés moins sensibles au stress hydriques ou moins consommatrices d'eau.

Notre institut technique étudie par exemple l'intérêt des semis précoces de maïs pour limiter les risques de déficit hydrique. Autant de travaux qui peuvent permettre de conforter nos productions et, en particulier, celle de maïs, car dans certaines régions de France, le maïs irrigué est une des rares productions économiquement viables. Dès lors, au travers de ses travaux, ARVALIS-Institut du végétal épauler les agriculteurs pour maintenir leurs revenus tout en répondant aux exigences de la société.

En conciliant impératifs agronomiques, exigences environnementales et développement de nouveaux débouchés, la culture irriguée peut prétendre à un avenir serein.

Données techniques et économiques dans le contexte du nord Lot-et-Garonne

	Prix €/t	Rdt t/ha	Produit de vente €/ha	Charges opérationnelles €/ha	Charges de mécanisation hors équipement irrigation €/ha	Charges d'équipement irrigation €/ha	Aide couplée		Produit total lié à la culture		Produit de vente/produit total		Marge brute		Marge directe charges d'équipement d'irrigation			
							2004	2007	2004	2007	2004	2007	2004	2007	non comprises		comprises	
							€/ha	€/ha	€/ha	€/ha	%	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha
Blé	106	7	742	270	264		308	80	1050	822	71	90	780	552	516	288	516	288
Mais irrigué	97	10	970	450	278	280	480	120	1450	1090	67	89	1000	640	722	362	442	82
Pois irrigué	130	5	650	280	264	150	537	175	1187	825	55	79	907	545	643	281	493	131
Tournesol	236	2,8	661	280	262		308	80	969	741	68	89	689	461	427	199	427	199

de la marge directe (MD) qui intègre les coûts des matériels y compris l'équipement d'irrigation s'il le faut.

Pour illustrer la démarche nous nous appuierons sur un exemple de comparaison de ces deux indicateurs (MB et MD) calculés sur quatre cultures dans le contexte de l'Aquitaine (Lot-et-Garonne).

Les prévisions de prix de vente des grains retenus ici s'entendent à la récolte. Ils sont les résultats d'un traitement statistique (avec loi de probabilité), quant aux charges (opérationnelles, de mécanisation et spécifiques à l'équipement d'irrigation), elles résultent d'analyses économiques réalisées sur un panel d'exploitations de la région.

Examinons ces deux indicateurs économiques (marge brute et marge directe) avant et après la mise en place de la réforme.

**Un retour au modèle d'avant 1992**

De 2004 à 2007, le rapport du montant de l'aide couplée à la marge brute diminue nettement : il passe d'une valeur comprise entre 0,4 et 0,5 (0,6 pour le pois irrigué) à une valeur comprise entre 0,15 et 0,2 (0,3 pour le pois irrigué).

Avec la réforme, la marge brute va dépendre pour 80 à 85 % de la performance économique de la culture, donc de l'acte de production. Cela représente une rupture avec le modèle économique actuel et en quelque sorte un retour vers le modèle d'avant 1992 : l'itinéraire technique, les in-

vestissements réalisés sur la culture, la technicité et les niveaux de rendement reviennent au premier plan de l'analyse de la performance.

Cette analyse est confortée par l'examen de l'évolution des marges directes. De 2004 à 2007, le rapport entre le montant de l'aide couplée et la marge directe passe d'une valeur comprise entre 0,6 et 0,7 (0,8 pour le pois irrigué) à une valeur comprise entre 0,3 et 0,4 (0,6 pour le pois irrigué).

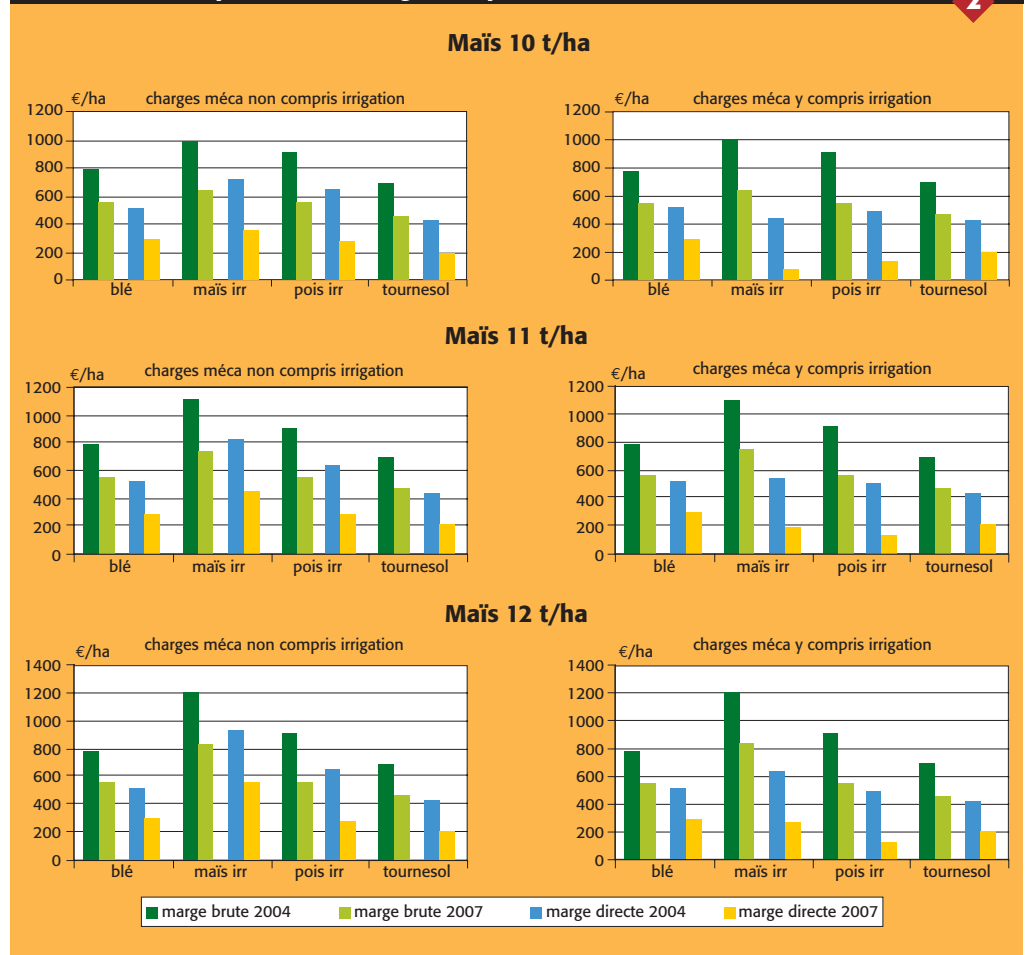
En analysant plus précisément ces deux indicateurs économiques (MB et MD) pour les quatre cultures irriguées les plus fréquemment rencontrées sur les exploitations de la région (blé, maïs, pois, tournesol), plusieurs remarques générales s'imposent :

- entre 2004 et 2007, les MB des cultures diminuent, selon les espèces, de 230 à plus de 350 €/ha. Cette réduction est liée au découplage donc au

basculement de 75% des aides des cultures vers une affectation directe à l'entreprise, ce sont les droits à paiement unique.

- l'écart de MB entre le maïs irrigué (à 10 t/ha) et les autres cultures se réduit fortement en 2007 : selon les espèces, il est compris entre 90 à 180 €/ha contre 90 à 310 €/ha en 2004.
- en 2004 et 2007, les MD calculées sans affectation des charges spécifiques de l'équi-

Comparaison de marges de quatre cultures entre 2004 et 2007




pement d'irrigation évoluent de façon similaire aux MB. Les écarts sont très proches.

Pour le maïs, l'influence des rendements et de l'irrigation sur le niveau des MD appelle, elle aussi, plusieurs commentaires :

- lorsque les charges spécifiques irrigation ne sont pas prises en compte dans le calcul de la MD (installation amortie par exemple), le maïs à 10 t/ha dégage en 2004 la marge la plus élevée des quatre espèces avec un supplément de 200 €/ha par rapport au blé (dont le rendement est à 7 t), alors qu'en 2007 sa performance (pour un rendement de 10 t/ha) se réduit à + 75 €/ha par rapport à la céréale à paille. Dans les milieux irrigués, où le potentiel atteint 11 t voir 12 t/ha, le maïs conserve systématiquement l'avantage sur les autres cultures.

- lorsque les charges spécifiques d'irrigation sont intégrées dans le calcul de la MD, il faut que le rendement du maïs soit à 12 t/ha pour que sa marge directe atteigne celle du blé. En deçà, il est moins compétitif. Dans un milieu où le rendement du maïs ne pourrait pas dépasser 10 t/ha, son résultat économique serait le plus faible avec 80 €/ha seulement de marge directe.

 **Selon le niveau de rendement, le recours à l'analyse des marges directes dans le contexte de 2007 peut laisser apparaître un faible niveau de compétitivité pour la culture irriguée.**

## Une réflexion s'impose

Ces comparaisons réalisées dans le contexte du nord aquitain reflètent quelques grandes tendances observées dans d'autres régions :

- en situation de disponibilité en eau d'irrigation peu ou pas limitante et lorsque le rendement du maïs dépasse celui des céréales de 2 t/ha, cette

culture procure la meilleure MB. Sa place dans les assolements n'est pas contestée.

- en présence de contraintes hydrauliques (volume d'eau limitant, débit de pompage contraint,...), les restrictions d'apport d'eau vont avoir des conséquences sur les rendements des cultures et, dans ces situations, la recherche de la performance économique sur la sole irrigable passe bien souvent par une association de cultures et une recherche des conduites d'irrigation en adéquation avec la ressource en eau. Or, avec la nouvelle réforme de la PAC, et le tassement des écarts de marge qui l'accompagne, les assolements sont susceptibles de bouger. Seules des études permettront d'appréhender l'importance des changements qu'il conviendrait de faire.

Le recours à l'analyse des marges directes dans le contexte de 2007 peut laisser apparaître un faible niveau de compétitivité de la culture irriguée dès lors que son différentiel de rendement avec une céréale en culture sèche, par exemple, ne dépasse pas 4,5 à 5 t/ha. Une réflexion s'impose lors du renouvellement d'un équipement et à chaque fois qu'une réflexion sur l'organisation du travail et la mécanisation est conduite.

Avec les modifications des règles d'attribution des aides et devant la diversité des situations agronomiques et hydrauliques, ce premier niveau d'analyse ne peut donner que quelques tendances. Pour affiner les réponses, et en particulier celles des modifications éventuelles des assolements, le recours à des outils d'optimisation économique comme le modèle LORA vont s'avérer très utiles. Des études sur les modifications éventuelles des assolements sont d'ores et déjà engagées par ARVALIS-Institut du végétal dans plusieurs zones irriguées du Sud-Ouest et de l'Ouest de la France. Les résultats de ces travaux seront disponibles à l'automne 2005.■

IRRINOV®

# Une gamme de services autour d'une même méthode

**La méthode IRRINOV® pour le pilotage de l'irrigation du pois protéagineux et des céréales à paille est née suite à la demande de responsables professionnels confrontés à des échecs de l'irrigation du pois. Déclinée pour de nombreuses cultures et de multiples types de sol, elle est aujourd'hui accessible sur Internet.**

**A**près plusieurs années de test chez des producteurs, la méthode IRRINOV® Pois a été diffusée en 1999, suivie en 2000 par IRRINOV® Céréales à paille. La méthode s'applique aux trois espèces : le blé tendre d'hiver, le blé dur d'hiver et l'orge de brasserie de printemps. Sa mise au point et sa diffusion ont mobilisé, autour d'ARVALIS-Institut du végétal, plusieurs partenaires : UNIP, FNAMS et les Chambres d'Agriculture de la région Centre (Cher, Eure-et-Loir, Indre, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher et Loiret). L'ONIOL a apporté son concours financier.

## Une déclinaison régionale pour le maïs

Parallèlement, la mise au point d'IRRINOV® Maïs s'est

organisée dans plusieurs régions, en partenariat avec les Chambres d'Agriculture. Pour mieux coller au terrain et aux spécificités régio-

nales, la méthode IRRINOV® a été déclinée par région et par grand type de sol. Ont ainsi été diffusées en 2002 : IRRINOV® Maïs pour les sols de brousses (limons) de Midi-Pyrénées et IRRINOV® Maïs pour les terres de groies (sols argilo-calcaires) de Poitou-Charentes et Vendée.

En 2003, un nouveau guide IRRINOV® Maïs en sols de graviers de Rhône-Alpes venait compléter la gamme et les partenaires IRRINOV® de la région Centre décidaient d'intégrer le maïs grain aux cultures de pois et de céréales à paille, en publiant un guide IRRINOV® Maïs - Pois - Céréales.

L'année 2004 a vu la diffusion du premier guide maïs semence dans le département du Puy-de-Dôme en collaboration avec Limagrain, la Chambre d'Agriculture et le concours de la FNPSMS.

En 2005, une nouvelle ré-



La pomme de terre vient compléter la gamme des cultures dont l'irrigation est pilotée par IRRINOV®

Bernard Gaillard

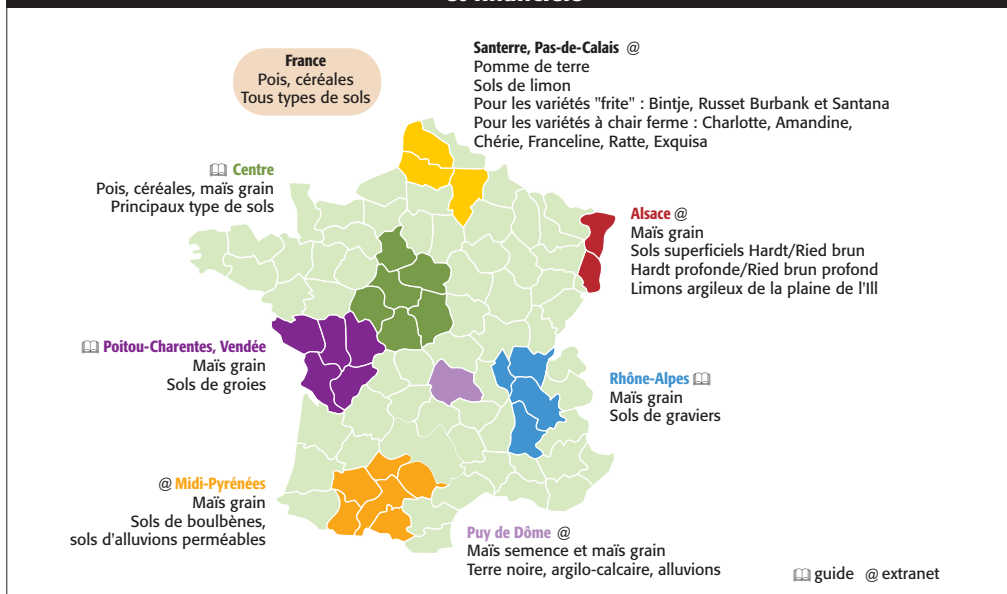
[b.gaillard@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:b.gaillard@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Jean-Marc Deumier

[jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr)

ARVALIS – Institut du végétal

## Le développement régional d'IRRINOV® s'appuie sur de nombreux partenaires techniques et financiers



### IRRINOV® : principe et force

1

L'irrigation est une technique dont l'efficacité dépend de nombreux facteurs, car la consommation en eau de la culture et sa transformation en grain mettent en jeu plusieurs paramètres, souvent en interaction entre eux ; ce sont les conditions climatiques, le sol et ses réserves en eau, le stade de développement des cultures et la densité du couvert végétal. De plus, le niveau des ressources en eau de l'exploitation et la durée du tour d'eau conditionnent en partie les règles de décision.

**Le principe de la méthode** est de proposer à l'utilisateur des règles de décision à appliquer selon la chronologie du cycle de la culture, le déclenchement du 1<sup>er</sup> apport d'eau, les dates de retour et la décision d'arrêt.

Pour chaque culture et par grand type de sol, la décision de déclenchement est basée sur un niveau de tension de l'eau dans le sol. Ce seuil de tension est fonction du stade de la culture et de la durée du tour d'eau.

Les apports d'eau suivants sont également décidés à partir de plusieurs paramètres, qui conduisent à préconiser un rythme " dose - fréquence ", adapté à chaque culture et fonction des conditions climatiques (pluie, ETP) ainsi que de la tension de l'eau dans le sol.

L'arrêt de l'irrigation est calé le plus souvent sur un stade précis du développement de la culture, qui peut être facilement apprécié par un ou plusieurs indicateurs, comme le calibre de gousses pour le pois, la taille du grain de blé dans son enveloppe ou le taux d'humidité du grain de maïs.

**La force de la méthode IRRINOV®** est qu'elle intègre les différents paramètres qui agissent en interaction sur l'efficacité de l'eau apportée : la plante, le sol, le climat et la durée du tour d'eau de l'exploitation. Ses avantages sont la simplicité et la facilité de mise en œuvre, la fiabilité et ses performances en matière d'efficacité de l'eau apportée.

Elle nécessite néanmoins une certaine connaissance de la parcelle, pour positionner la station de mesure avec les sondes, un minimum de soin pour les installer et un peu de temps pour aller faire les relevés tensiométriques. Des formations de prise en main rapide de la méthode sont proposées aux groupes d'irrigants qui le souhaitent. Le matériel nécessaire à la mesure tensiométrique (sondes et boîtier Watermark®) ainsi que divers autres équipements (tarières de pose, pluviomètre,...) sont commercialisés par la société Challenge Agriculture.

gion est couverte, l'Alsace, avec le guide maïs grain, pour les sols de Hardt et de Ried, et les sols de limons de la plaine de l'Ill, réalisé également avec le concours des Chambres d'Agriculture et publié en mars dernier. Par ailleurs, le guide maïs Midi-Pyrénées a vu sa gamme de

sols élargie aux alluvions perméables en mai 2005.

### IRRINOV® Pomme de terre vient compléter la gamme

Les travaux réalisés par ARVALIS - Institut du végétal et l'Institut Technique de la Pomme de Terre (ITPT) depuis de

nombreuses années sur l'irrigation de cette culture ont également permis la mise au point de règles précises de pilotage de l'irrigation de la pomme de terre.

Comme pour le maïs, ces guides pratiques sont déclinés régionalement avec différents partenaires, techniques

### Alsace : journée sur l'irrigation

2

ARVALIS - Institut du végétal et les Chambres d'Agriculture du Bas-Rhin et du Haut-Rhin ont organisé le 3 février 2005 à Sainte-Croix-en-Plaine une journée sur l'irrigation en Alsace, présidée par M. Habig avec le soutien de l'Association des Producteurs de Céréales et Oléagineux du Haut-Rhin. Les interventions ont porté sur le pilotage optimal des apports d'eau à l'aide des avertissements irrigation et de la méthode IRRINOV® mise au point sur les sols d'Alsace pour la culture du maïs. Les règles à prendre en compte ont été détaillées et le " guide de l'utilisateur " de la méthode a été remis aux 110 participants de la journée, dont une majorité d'agriculteurs. Parmi les points essentiels de cette journée, il faut citer plusieurs interventions remarquables : l'impact de l'irrigation sur le coût de production, présenté par la Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin ou le contexte français et européen de la politique de l'eau, expliqué par M. Lirochon, président de la Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir et membre de la commission environnement de l'APCA. La journée a également été l'occasion de saluer plusieurs initiatives de la profession agricole :

- la " charte de l'irrigant " proposée par AGPM Irrigants,
- l'organisation des irrigants dans la Vienne et,
- la création du syndicat des irrigants en Alsace et du syndicat du Florival.

et/ou financiers.

Une première publication est sortie en 2004 : IRRINOV® Pomme de terre, pour les sols de limon du Santerre et du Pas-de-Calais, avec le concours de la Chambre d'Agriculture du Nord - Pas-de-Calais, du GITEP et de Mc Cain.



Les sondes Watermark\* permettent de mesurer la tension en eau du sol.

### Un Extranet pour élargir l'utilisation d'IRRINOV®

Le coût de fabrication et de gestion des différents guides IRRINOV® a conduit ARVALIS - Institut du végétal et ses partenaires à proposer aux utilisateurs une autre voie de diffusion, en créant un Extranet accessible par le site Internet d'ARVALIS - Institut du végétal : [www.arvalisinstitutduvegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr).

Les différents guides IRRINOV® sont progressivement installés en ligne sur ce site, facilement accessibles par les utilisateurs. ■



### En savoir plus

ARVALIS - Institut du végétal  
Bernard Gaillard ou  
Catherine Gasnier  
Station la Jaillière - BP 32  
44370 La Chapelle-Saint-Sauveur  
Tél. : 02 40 98 65 00  
Fax : 02 40 98 61 01  
[b.gaillard@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:b.gaillard@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Challenge Agriculture  
38 rue Fleurie  
37340 AMBILLOU  
Tél. : 02 47 52 42 12  
Fax : 02 47 52 47 27  
[cha@terre-net.fr](mailto:cha@terre-net.fr)

### Bibliographie

Le recueil des communications du colloque Sud-Ouest "Eau source de cultures" du 11 juin 2004 détaille

les thèmes : pilotage de l'irrigation, gestion de la ressource, maîtrise des coûts et apports de l'automatisation dans la gestion des équipements d'irrigation (103 pages). Disponible auprès de J. Ravail, ARVALIS - Institut du végétal - Domaine de la Tour - 24100 Bergerac.

## Irrigation des céréales

# Pour sécuriser rendement et qualité

**Bien maîtrisée, l'irrigation peut constituer un levier important pour assurer rendement et qualité des céréales. Comment la mettre en œuvre pour en tirer le meilleur parti ?**

Les évolutions actuelles des contextes économiques et réglementaires concernant l'utilisation de la ressource en eau amènent un certain nombre d'irrigants à s'interroger sur l'opportunité d'irriguer le blé dur et le blé tendre d'hiver ainsi que l'orge de printemps. La question est d'autant plus pertinente pour les céréales sous contrat qualité où l'irrigation peut permettre de répondre plus régulièrement aux objectifs de qualité.

On peut distinguer deux grands types de situations quant aux attentes vis-à-vis de l'irrigation :

- l'irrigation vue comme un moyen d'accéder régulièrement à un rendement élevé. C'est le cas d'irrigants qui ont diminué la surface irriguée en été et qui veulent amortir leur installation avec de l'irrigation de printemps. La ressource en eau est suffisante pour assurer une alimentation correcte de la sole.
- l'irrigation considérée comme un appoint les années les plus sèches pour préserver un

rendement "moyen". Cette stratégie est liée à une disponibilité en eau limitée au printemps.

Dans les deux cas, la mise en œuvre de l'irrigation doit être adaptée pour répondre aux attentes.

### Des besoins en eau bien cernés

Les expérimentations conduites par ARVALIS-Institut du végétal dans différentes régions françaises permettent d'évaluer le volume d'eau d'irrigation nécessaire pour assurer une alimentation en eau correcte des céréales (tableau 1). Les variations sont moins importantes entre régions pour un même type de sol qu'entre types de sols dans une même région. Ainsi, le besoin en irrigation varie du simple au double selon le type de sol et il est donc primordial de savoir distinguer les différents sols de son exploitation, pour établir des priorités surtout si la surface irrigable au printemps est importante et s'il y a concurrence vis-à-vis de la ressource en eau.

Malgré un cycle de végétation décalé par rapport au blé tendre et au blé dur qui l'expose davantage au déficit hydrique de juin, les besoins de l'orge de printemps sont du même ordre de grandeur.

Alain Bouthier  
[a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr)

ARVALIS - Institut du végétal

Dans les contextes plus limités en eau où l'irrigation est considérée comme un appoint pour faire face aux années les plus sèches, le volume d'irrigation est également à adapter au niveau de la réserve en eau du sol : prévoir 30 mm en sols profonds et 30 à 60 mm dans les autres situations pour faire face aux années les plus sèches.

**Un enjeu de 5 à 10 q/ha pour 30 mm**

L'irrigation des céréales - toutes espèces confondues - permet de gagner environ 5 à 10 q/ha pour un apport de 30 mm, lorsque l'irrigation prend bien en compte la contribution du sol à l'alimentation en eau de la culture. Le tableau 2 compare les performances d'une irrigation ajustée aux besoins en eau, sur blé tendre, blé dur et orge de printemps, sur la base des travaux conduits à la station du Magneraud pendant 7 ans sur deux types de sols.

En général, ce niveau de performance est plus régulièrement atteint dans les sols superficiels que dans les sols plus profonds. Dans ces derniers, les céréales (surtout le blé tendre), manifestent des capacités de récupération des stress hydriques subis en début de montaison, qui peuvent parfois compenser l'effet de l'irrigation. La maîtrise plus délicate de l'irrigation dans les sols plus profonds justifie l'emploi de méthodes de pilotage pour contrôler l'état de la réserve en eau du sol et décider d'un apport quand celle-ci est en voie d'épuisement.

La valorisation de l'irrigation est plus importante les années à sécheresse précoce, comme 1997 et 2003 en Poitou-Charentes. Le manque de pluies affecte à la fois l'alimentation azotée (liée à l'indisponibilité de l'azote des engrais dans un sol sec) et la

**Volume d'irrigation nécessaire pour couvrir les besoins des céréales**

Type de sol	En année moyenne pour le déficit hydrique, le besoin atteint :	En année sèche (une année sur 5 a un déficit hydrique supérieur), le besoin atteint :
Superficiel (réserve utile en eau inférieure à 80 mm)	80 mm	120 mm
Moyen (réserve utile en eau comprise entre 80 et 130 mm)	60 mm	100 mm
Profond (réserve utile en eau de 130 mm à 180 mm)	40 mm	60 mm

Blé tendre et blé dur semés entre mi et fin octobre et orge de printemps semée entre fin janvier et début mars, dans trois types de sols (estimation d'après les expérimentations ARVALIS-Institut du végétal dans différentes régions : Poitou-Charentes, Sud-Ouest, Centre, Sud-Est).

**Efficacité moyenne de l'irrigation pilotée par la méthode IRRINOV® sur blé tendre, blé dur et orge de printemps en groie superficielle et en groie plus profonde**

	Groie superficielle (réserve utile en eau inférieure à 80 mm)	Groie profonde (réserve utile en eau supérieure à 130 mm)
Blé tendre	7,8	7,5
Blé dur	7,8	5,1
Orge de printemps	6	5,4

Données exprimées en q/ha pour un apport de 30 mm ; sur la période 1996-2003 (Le Magneraud).

consommation d'eau de la culture : l'efficacité atteint alors 8 à 10 q/ha pour un apport de 30 mm. Ce type de sécheresse

se produit une année sur cinq. Par ailleurs, contrairement à une idée répandue, la valorisation de l'irrigation n'est

pas remise en cause les années à fortes températures pendant le remplissage des grains. En 2003 et 2004 le cumul des températures échaudantes entre les stades épiaison et pâteux a été parmi les plus élevés des 20 dernières années, alors que l'efficacité de l'irrigation reste supérieure à 6 q/ha pour 30 mm. L'irrigation atténuée dans une certaine limite les effets échaudants des fortes températures.

La période, allant du stade début gonflement à 10 jours après la floraison, reste, pour les trois espèces, celle où l'efficacité des apports d'eau est la plus importante et sera à privilégier, tout particulièrement dans les stratégies d'irrigation d'appoint.

L'enjeu de l'irrigation peut se mesurer également sur la qualité de la récolte. Toutefois, la maîtrise de la qualité avec l'irrigation dépend aussi de la gestion de la fertilisation azotée.

Sur orge de printemps, l'irrigation permet de limiter le risque d'excès de protéines et de préserver le calibrage. Ceci a été tout particulièrement le cas en 2004, année sèche en fin de cycle (tableau 3).



**Les besoins en eau de l'orge de printemps sont du même ordre de grandeur que le blé tendre ou le blé dur.**



**Effet de l'irrigation sur orge de printemps pilotée par la méthode IRRINOV® (Scarlett) sur le site de Bois-Joly en 2004 (17)**

	Rendement aux normes (q/ha)	Calibrage (% grains au tamis 2,5 mm)	PMG aux normes (g)	% protéines
Conduite en sec	57	79	37	11,9
Conduite irriguée	78	95	45	10,7

3

Sur blé tendre et blé dur, l'irrigation permet de sécuriser une teneur en protéines élevée requise pour la panification et la semoulerie, sous réserve d'une adaptation de la fumure azotée. L'irrigation permet d'ailleurs de valoriser les doses d'azote importantes parfois nécessaires fin montaison pour l'obtention de la teneur en protéines voulue.

**A quelle période irriguer pour garantir une bonne efficacité ?**

Les règles de conduite (déclenchement, retour et arrêt de l'irrigation) prennent en compte l'espèce et le type de sol.

Le tableau 4 récapitule pour les trois espèces de céréale et quatre types de sols caractérisés par leur réserve utile, les stades délimitant la période d'irrigation et le déficit en eau du sol (calculé par bilan hydrique), seuil pour le déclenchement des irrigations. Ces règles sont applicables dans les situations où la ressource est suffisante pour assurer les

besoins en eau des céréales.

Le bilan hydrique est une méthode simple à mettre en œuvre, mais l'ETP (évapotranspiration potentielle), donnée nécessaire à son calcul, n'est pas toujours disponible. Par ailleurs, l'estimation de la contribution du sol n'est pas facile. C'est ce qui a motivé ARVALIS-Institut du végétal, à mettre à disposition des producteurs, la méthode IRRINOV® Céréales. Le calcul de bilan hydrique est remplacé par le suivi de l'état hydrique du sol avec des sondes tensiométriques Watermark®.

Une année sur cinq, la sécheresse peut s'installer dès le mois de mars-avril lorsque les céréales sont au début de la montaison, et peut pénaliser leur croissance d'abord par manque d'azote. L'absence de pluie retarde d'absorption de l'azote engrais apporté fin tallage pour les blés ou début tallage pour l'orge de printemps. Lorsque ce retard n'est pas compensé par la fourniture en azote du sol (c'est-à-dire si le

reliquat d'azote minéral est inférieur à 60 kg N/ha sur 60 cm de profondeur), la culture peut subir une carence azotée préjudiciable au rendement.

Face à ce type de sécheresse, on conseille de déclencher l'irrigation du blé tendre et blé dur dans les 15 à 20 jours après le stade épi 1 cm. L'irrigation de l'orge de printemps sera déclenchée juste après le stade épi 1 cm, dans les situations où la fourniture du sol en azote est faible.

Dans le cas de stratégies d'irrigation d'appoint sur blé tendre, où la ressource en eau ne permet de réaliser qu'un ou deux apports de 30 mm, les règles de pilotage doivent donner la priorité à la période la plus sensible vis-à-vis du manque d'eau, c'est-à-dire à partir du stade sortie de la dernière feuille. Toutefois, en cas de sécheresse importante en début de montaison, susceptible de pénaliser également l'alimentation azotée (cas néanmoins peu fréquent comme cela a été évoqué avant), il sera nécessaire d'intervenir en début montaison.

**Etre plus attentif au risque de verse en irrigué**

L'irrigation après l'épiaison (et jusqu'à 15 à 25 jours après selon les sols et les espèces) est souvent nécessaire comp-

**Irrigation à stopper sur certaines périodes**

En cas de prévision de gel au moment du stade dernière feuille ligulée, il est conseillé d'arrêter momentanément l'irrigation : le blé est particulièrement sensible au gel à ce stade et l'irrigation peut aggraver l'effet du gel.

Par ailleurs, l'irrigation devra être stoppée au cours de certaines périodes pour limiter l'impact de certaines maladies comme la fusariose des épis pour le blé tendre comme le blé dur ou celui de la moucheture des grains pour le blé dur. Pendant la floraison, et plus particulièrement pendant l'ouverture des glumes (sortie des étamines), l'irrigation, comme la pluie, crée des conditions favorables à la contamination et aggrave les risques de fusariose. Si l'impact est limité en cas d'irrigation en période très sèche, celui-ci peut devenir plus important si l'irrigation est suivie d'une période humide.

Par prudence, il est donc, déconseillé d'irriguer pendant une durée de huit jours environ à partir de la sortie des étamines.

Pour le blé dur, l'irrigation réalisée entre les stades floraison et grain laiteux peut dans certains cas favoriser la moucheture. Ce risque doit être pris en compte au niveau du choix variétal : éviter de semer des variétés sensibles dans les parcelles en sols peu profonds où, en cas de sécheresse post-épiaison, l'arrêt de l'irrigation au stade épiaison peut pénaliser fortement le rendement. Dans les sols plus profonds, il est possible de limiter le risque de perte en cas de sécheresse tardive, en " refaisant le plein " de la réserve en eau du sol à l'épiaison.

**Pilotage de l'irrigation des céréales : périodes où l'irrigation est valorisée en cas de déficit hydrique et règles de décision basées sur le bilan hydrique**

Type de sol et réserve utile estimée (mm)	Période d'irrigation	Déficit en eau du sol à ne pas dépasser en mm	
		Avant le stade dernière feuille	Après le stade dernière feuille
Sol argileux ou limoneux avec profondeur d'enracinement supérieure à 80 cm (réserve utile de 130 à 180 mm)	BT : 3 nœuds-épiaison + 20 jours BD : 2 nœuds-épiaison + 20 jours à grain laiteux si déficit élevé OP : 2 nœuds-épiaison + 15 jours	80 mm (70 mm OP)	100 mm (90 mm OP)
Sol argileux ou limoneux avec profondeur d'enracinement à 50-80 cm (réserve utile de 80 à 130 mm)	BT : 2 nœuds-épiaison + 25 jours (grain laiteux) BD : 1 nœud-épiaison + 25 jours (grain laiteux) OP : 1 nœud-épiaison + 20 jours	60 mm	70 mm
Sol superficiel 30 à 40 cm d'enracinement (réserve utile inférieure à 80 mm)	BT : 2 nœuds-épiaison + 25 jours (grain laiteux) BD : 1 nœud-épiaison + 25 jours (grain laiteux) OP : 1 nœud-épiaison + 20 jours	40 mm	50 mm

4



**Lors de sécheresse précoce, le manque de pluie affecte à la fois l'alimentation azotée et la consommation d'eau de la culture.**

te tenu des besoins en eau encore importants après ce stade et le risque élevé de déficit hydrique. Toutefois, si un certain nombre de précautions ne sont pas prises, elle peut créer ou aggraver la verse.

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 selon la taille du canon.

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

Compte tenu de ce risque, il faut être vigilant sur la protection contre la verse des céréales que l'on veut irriguer.

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.

### Adapter la fertilisation azotée en conditions irriguées

En conditions irriguées, la fertilisation azotée doit répondre aux besoins en azote plus important des céréales. Elle doit également satisfaire l'objectif de teneur en pro-

téines recherché. Par rapport à une conduite en sec, le supplément de dose à apporter en irrigué sera d'autant plus élevé que l'écart de rendement attendu avec l'irrigation est important comme le suggèrent les résultats des essais irrigation conduits à la station du Magneraud (tab. 5). Ainsi, en sol plus profond où le gain de rendement moyen avec l'irrigation est de 7 q/ha, un supplément de 10 à 20 kg N/ha permet d'obtenir une teneur en protéines équivalente, alors que dans le sol superficiel, l'irrigation génère un gain moyen de 17 q/ha, mais il faut 30 kg N/ha de plus pour obtenir une teneur en protéines équivalente. Ce supplément de dose est inférieur au supplément de dose qui résulterait d'une prise en compte stricte de l'augmentation des besoins.

Pour le blé tendre et le blé dur, ce supplément de dose doit être apporté au 3<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup> apport. ■

Dose d'azote, rendement et teneur en protéines moyennes sur la période 1996-2003, selon le régime d'irrigation, sur deux types de sols (essais irrigation à la station du Magneraud)					
Type de sol	Régime d'irrigation	Espèce	Dose d'azote kg N/ha	Rendement q/ha	% protéines
Groie profonde (RU 150 mm)	Sec	Blé tendre	184	82	11,8
		Blé dur	190	68	13
		Orge de printemps	108	73	9,6
	Irrigué	Blé tendre	194	90	12,1
		Blé dur	208	77	13
		Orge de printemps	129	80	10,4
Groie superficielle (RU 70 mm)	Sec	Blé tendre	161	66	11,8
		Blé dur	177	56	14
		Orge de printemps	107	55	9,8
	Irrigué	Blé tendre	194	83	12
		Blé dur	203	74	13,8
		Orge de printemps	136	71	9,9

## Irriguer du pois

# Surtout pas "d'à peu près"

Si l'irrigation du pois est indispensable dans les régions soumises à un déficit hydrique important, elle doit être maîtrisée pour en tirer un maximum de profit. Apporter de l'eau sans s'appuyer sur des critères de décision précis et argumentés peut s'avérer néfaste pour le rendement de la culture et l'environnement.

La méthode IRRINOV® répond précisément aux exigences de cette culture.



La station de mesure : poste clé de la méthode IRRINOV®.

© Challenge Agriculture

### Une expérimentation de longue date, conduite avec de nombreux partenaires

Les travaux réalisés par LARVALIS – Institut du végétal sur l'étude des besoins en eau et la conduite de l'irrigation du pois protéagineux remontent à la fin des années 80 ; c'est d'abord sur la station du Magneraud en Charente-Maritime, entièrement dédiée à la nutrition et à l'irrigation des grandes cultures que les expérimentations ont démarré, avec un dispositif original et unique en France, capable de créer une sécheresse à tout moment du cycle. Les essais ont ensuite été élargis à d'autres stations expérimentales d'ARVALIS-Institut du végétal : Baziège (31) – Lyon-St-Exupéry (69) – Etoile-sur-Rhône (26) ; le réseau a été complété par les travaux de la FNAMS sur la production de semences de pois à Brain-sur-l'Authion (49), Bourges (86) et Montpellier (34). Enfin, de nombreux essais et tests en grandes parcelles ont été conduits par les partenaires, notamment en Beauce, en Poitou-Charentes et en Midi-Pyrénées par les Chambres d'Agriculture.

La production des protéines végétales en Europe et en France est un enjeu important : les éleveurs et les entreprises de l'alimentation animale sont très dépendants des importations de tourteaux de soja du continent américain.

Améliorer et conforter la production de protéagineux en quantité et en qualité, notamment grâce à l'irrigation dans le Centre, le Centre Ouest et le Sud de la France est donc un objectif qui répond à ce contexte économique, mais également à la diversité des assolements et aux souhaits de la société en matière d'environnement et de gestion des ressources en eau.

### Des besoins en eau bien connus

Pour exprimer son potentiel de rendement, une culture de pois consomme entre 250 et

300 mm d'eau, dont la moitié pendant la floraison et la mise en place du nombre de grains, soit environ pendant 5 à 7 semaines (de la mi-mai à la fin juin, par exemple, dans le Centre).

Un déficit hydrique de 100 mm conduit à une chute du potentiel de rendement d'environ 20 q/ha (30%), ainsi qu'à la baisse de la teneur en protéines de la graine.

Les besoins en d'eau pour compléter la fourniture d'eau par les pluies varient selon les régions et les grands types de sol.

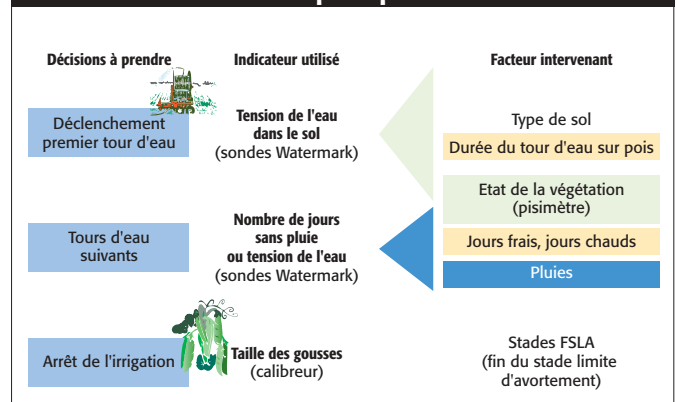
### Une bonne efficacité de l'irrigation

L'efficacité de l'eau apportée doit être jugée en terme de gain de rendement pour 10 mm d'eau apportés, ainsi qu'en terme économique (prise en

### Besoins en eau d'irrigation en pois de printemps dans le Centre et le Centre Ouest (en mm)

Type de sol	Année moyenne (1 année sur 2)	Année sèche (2 années sur 10)
Superficiel (RU < 50 mm)	90	120
Moyen (RU de 50 à 100 mm)	60	90
Profond (RU > 100 mm)	30	60

### IRRINOV® Pois : les principes de la méthode



Bernard Gaillard

b.gaillard@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal - UNIP

Alain Bouthier

a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

compte des charges liées à l'irrigation : coût direct + amortissement de l'investissement).

Sur le plan technique, les gains de rendement générés par l'irrigation sont variables suivant le type de sol et le contexte climatique de l'année. Le *tableau 2* présente des valeurs moyennes obtenues dans les essais et les suivis de parcelles au cours des dernières années en Poitou-Charentes.

Ces valeurs moyennes masquent une variabilité liée au contexte climatique : ainsi en année particulièrement sèche, comme 1998 ou 2001, les gains de rendement atteignent respectivement 20 q/ha en sol profond avec 90 mm et 25 q/ha en sol superficiel, avec 95 mm ; à l'inverse, les années à printemps humide, comme 1999 ou 2000, les gains de rendement sont inférieurs à 5 q/ha pour un seul apport d'eau de 30 mm.

L'irrigation a, par ailleurs, un effet favorable sur la teneur en protéines du pois car certaines années, l'eau apportée permet un meilleur fonctionnement de la fixation symbiotique : l'augmentation de teneur en protéines est en moyenne de 2 % sur les 8 années d'essais (1996-2003) irrigation conduits par la station du Magneraud et a pu at-

**Le démarrage et l'arrêt : les deux clés de la réussite de l'irrigation du pois**

Ces deux opérations s'appuient sur des mesures précises : la tension de l'eau dans le sol pour la 1<sup>ère</sup>, le suivi des dernières gousses du pois pour la 2<sup>e</sup>.

**Règle d'arrêt :**  
Dans une zone bien irriguée et représentative de la parcelle, prélever 20 gousses (1 par plante) au sommet de la végétation (dernier étage, ayant au moins 1 gousse avec plusieurs graines à l'intérieur) ; passer les gousses à plat dans le calibre fourni avec la méthode. Si au moins 10 gousses ne passent plus dans le calibre, arrêter l'irrigation ; sinon, poursuite de l'irrigation.

**Exemples de seuils de déclenchement**

	Sol profond (type 1 de la méthode)	Sol peu profond (type 3 de la méthode)
Durée du tour d'eau (exemples)	Moins de 7 jours	Moins de 5 jours
Stade (exemple)	Après début floraison	De 8 f à début floraison
Seuil de hauteur pisimètre	Inférieur au seuil (par variété)	-
Règle de décision	2 sondes sur 3 à 60 cm de profondeur ont atteint 60 centibars et 2 sondes sur 3 à 30 cm de profondeur ont atteint 80 centibars	3 sondes sur 4 à 30 cm de profondeur ont atteint 80 centibars

teindre 5 % certaines années sèches en début de cycle où l'irrigation a été nécessaire avant le stade début floraison

La méthode IRRINOV® permet de prendre en compte cette variabilité.

**Le pilotage de l'irrigation avec IRRINOV® : simplicité et rigueur**

C'est sur la culture du pois que la méthode IRRINOV® a été mise au point et développée en premier. Ce n'est pas un hasard car l'irrigation de la culture du pois met en jeu des interactions fortes entre les spécificités de la plante (caractère indéterminé), la résér-

ve en eau des sols, très variable dans les secteurs de production du pois, comme les limons de Beauce, les argilo-calcaires de Poitou-Charentes ou les boubènes du Lauragais et la pluviométrie de printemps, très aléatoire, entre la mi-avril et la fin juin !

La méthode du bilan hydrique, outre les difficultés à apprécier la réserve en eau du sol, ne prend pas en compte l'état de végétation du pois, qui est très variable suivant les conditions agroclimatiques et le type variétal de la culture (port court et ramifié, port « monotige »...).

La méthode IRRINOV® est capable de prendre en comp-

te ces interactions (*schéma*).

Les outils à utiliser pour sa mise en œuvre sont pratiques et faciles à utiliser. La qualité des sondes WATERMARK® a été améliorée, le boîtier est simple d'utilisation ; de même les outils « plante » sont pratiques : le pisimètre (ou le simple mètre linéaire, proposé dans la version 2005) pour détecter un développement végétatif « exubérant » qui justifie un déclenchement retardé et le calibre de gousses, pour décider de l'arrêt.

Néanmoins, pour que la réussite soit au rendez-vous de l'utilisation d'IRRINOV®, quelques points clé doivent être rappelés :

- l'emplacement de la station de mesure doit être judicieusement choisi, dans la zone la plus représentative du sol de la parcelle,
- les sondes doivent être posées tôt, en sol humide et soigneusement installées, pour obtenir un bon contact sol-sonde, notamment en sols caillouteux où c'est plus délicat,
- les lectures tensiométriques doivent être régulières, ainsi que le suivi des stades de la culture. ■

**Gains de rendement, dose d'eau apportée et efficacité de l'irrigation du pois de printemps sur la station du Magneraud – ARVALIS-Institut du végétal**

Type de sol	Rendements moyens (q/ha)		Gain de rendement		Dose d'eau moyenne (mm)	Efficacité de l'eau (q/ha/10 mm)
	Sec	Irrigué IRRINOV®	q/ha	%		
Groie profonde 10 ans (de 1995 à 2004)	60,3	71,1	10,8	18	80	1,34
Groie superficielle 8 ans (de 1995 à 2003, sauf 1997)	41,4	57,1	15,7	38	92	1,71



**La production de pois, un double enjeu : une graine de qualité et un assolement bonifié.**



**IRRINOV® Mais s'appuie sur le stade de la culture, l'état hydrique du sol et les prévisions météo pour la décision de fin d'irrigation.**

### IRRINOV® Mais en Poitou-Charentes **1**

Une trentaine d'irrigants de la région, installés sur le bassin de la Boutonne, ont reconduit pour la 3<sup>e</sup> année, la mise en œuvre de la méthode IRRINOV® Mais terres de groies avec un appui technique assuré par la Chambre d'Agriculture de Charente-Maritime et ARVALIS – Institut du végétal. Une évaluation par enquête réalisée par la Chambre d'Agriculture en fin 2004 (16 réponses sur 26 agriculteurs enquêtés) montre :

- que pour la 3<sup>e</sup> année, les irrigants sont satisfaits tant au niveau des économies d'eau réalisées (estimées à 35 mm en moyenne sur les 3 campagnes) que des rendements obtenus (qui sont proches de ceux réalisés par des irrigants non équipés) ;
- que l'évolution des pratiques des 30 irrigants équipés (qui représentent 15 à 18 % des surfaces irriguées du bassin) semble avoir eu un impact significatif sur la consommation en eau à l'échelle du bassin. En effet, dès la 2<sup>e</sup> année, les pratiques des irrigants équipés ont influencé celles des autres irrigants ;
- que 13 irrigants sur 16 pensent être autonomes pour piloter l'irrigation avec la méthode, à condition qu'un service de pose soit assuré (pose avec un marteau perforateur), et qu'une ou deux réunions en cours de campagne soient organisées pour faire un point sur l'ensemble des suivis ;
- que 14 irrigants sur 16 souhaitent poursuivre l'opération avec un appui technique (service de pose et une réunion).

## Décision de fin des irrigations sur maïs

# Avec IRRINOV® Mais des règles bien établies

**En fin de campagne, la diversité des stades de maïs complique singulièrement les décisions d'arrêt des irrigations. La méthode IRRINOV® apporte ici des réponses claires, en fonction d'une série de critères précis**

**L**a campagne d'irrigation 2004 a fourni des scénarios intéressants sur les questions de décision de fin des irrigations.

Dans plusieurs régions, les semis ont été très étalés dans le temps - de début avril à début juin - comme en Midi-Pyrénées (*figure 1*) avec parfois une adaptation des précocités, mais pas toujours.

Dans ces conditions, à la fin de la campagne, les maïs étaient à des stades très variés comme l'illustre le graphique des mesures d'humidité réalisées à différentes dates en Midi-Pyrénées (*figure 2*).

Les conditions climatiques du mois d'août ont aussi été très variées : soit la sécheresse a été relativement

continue, soit après des pluies parfois importantes un retour au temps chaud et sec a souvent été observé à la fin du mois et au début de septembre.

Les décisions à prendre pour décider la fin des irrigations étaient donc loin d'être standard.

La méthode IRRINOV® Mais propose des règles maintenant bien établies qui s'appuient sur trois critères avec des moyens pratiques pour les déterminer accessibles à l'irrigant :

- le stade de la culture,
- l'état hydrique du sol,

Bernard Lacroix  
b.lacroix@arvalisinstitutduvegetal.fr

Alain Bouthier  
a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

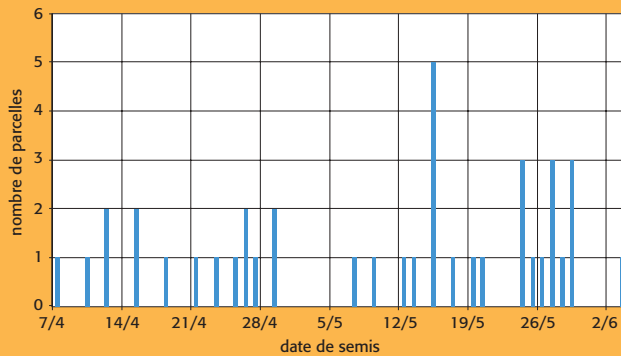
Jean-Marc Deumier  
jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Michel Mangin  
m.mangin@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

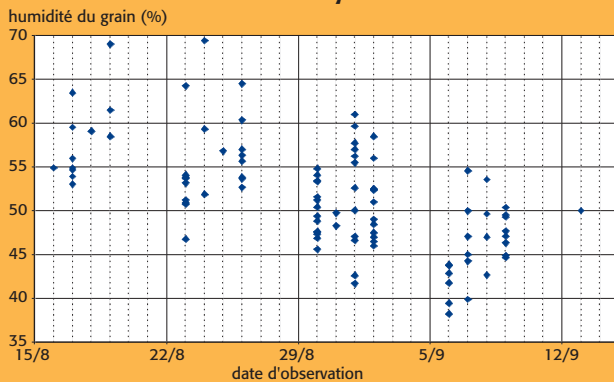
**Des semis très étalés dans le temps en 2004 en Midi-Pyrénées**

**Histogramme des dates de semis sur 40 parcelles du programme IRRINOV® Midi-Pyrénées 2004**



**Mesures d'humidité du grain réalisées à différentes dates en Midi-Pyrénées**

**98 déterminations de l'humidité du grain à différentes dates sur 52 parcelles - Programme IRRINOV® Midi-Pyrénées 2004**



**Sommes de températures base 6-30 depuis la floraison femelle pour atteindre le stade « humidité du grain 50 % » selon la précocité**

Groupe de précocité	degrés-jours base 6-30
Précoces	500 - 540
Demi-précoces C1	540 - 580
Demi-précoces C2	570 - 630
Demi-Tardives	600 - 660
Tardives et très tardives	650 - 700

**Principe de la méthode d'observation morphologique pour le repérage du stade du grain**



Couronne centrale des grains côté pointe de l'épi



Observation d'un grain côté opposé au germe

• les prévisions météo, L'objectif est d'utiliser au maximum la réserve en eau du sol, de ne pas apporter d'irrigation inutile et de prendre une décision sans risque pour le rendement.

**Le stade 50 % d'humidité du grain**

Il constitue le stade repère intéressant autour duquel se prennent les décisions de fin des irrigations.

**IRRINOV® Maïs en Rhône-Alpes**

En Rhône-Alpes, une quarantaine de suivis de parcelles ont été organisés, dans des contextes de sols variés, graviers plus ou moins profonds, mais aussi limon plus ou moins argileux.

La tendance est la même que les années passées : les agriculteurs convaincus ont bien joué le jeu et valorisé la démarche, pour des rendements compris entre 115 et 140 quintaux. Si le début de campagne n'était pas passionnant, avec un temps uniformément chaud et sec, IRRINOV® a permis de bien prendre en compte les pluies du mois d'août, et de gérer la fin de l'irrigation, en fonction de l'avancement des cultures. Le retour d'un temps sec et chaud en septembre n'a donné lieu qu'exceptionnellement à une dernière irrigation.

Des essais antérieurs ont montré en effet qu'il fallait assurer une bonne alimentation en eau jusqu'au stade 45 % d'humidité du grain, ce qui revient à anticiper pour la décision d'irrigation et à repérer le stade 50 % d'humidité.

Sa détermination par l'irrigant peut s'appuyer sur plusieurs approches complémentaires : avertissements irrigation et observation morphologique des grains.

Les avertissements irrigation publient à partir de mi-août une estimation de l'état d'avancement des cultures de maïs basée sur :

- des sommes de températures depuis la floraison femelle et depuis le semis pour une gamme de dates de semis et de variétés représentatives de la région,
- l'avancement effectif de parcelles de référence avec les humidités du grain mesurées par prélèvement et passage à l'étuve à plusieurs dates.

Certains avertissements proposent une estimation prévisionnelle des dates d'obtention du stade 50 % d'humidité et peuvent indiquer la vitesse d'évolution de l'humidité dans différents cas.

Le tableau indique les besoins en degrés-jours depuis la floraison femelle pour atteindre le stade « humidité du grain 50 % » selon la précocité de la variété.

L'irrigant peut donc situer ses maïs par rapport à ce référentiel. L'estimation du stade sera d'autant plus précise que l'irrigant aura noté avec précision la date de floraison femelle et que les conditions de sol, de climat et de culture (date de semis, variété, date de floraison) seront proches de celles d'une parcelle de référence.

**La détermination du stade humidité du grain 50 % par observation morphologique.**

Dans le cadre de la méthode IRRINOV® nous proposons maintenant à l'agricul-



**A retenir : entre 55 et 45 % d'humidité du grain, il faut 16 degrés-jours (base 6-30) en moyenne pour perdre un point d'humidité. En conditions climatiques normales fin août – début septembre, la vitesse de dessiccation du grain est de l'ordre de 0,8 à 0,9 point par jour en moyenne.**

### IRRINOV® Maïs en Midi-Pyrénées

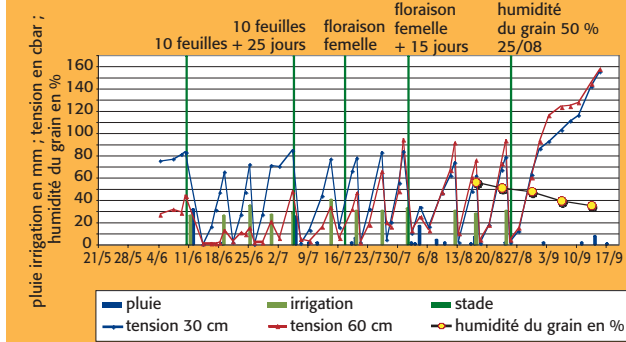
3

Environ 50 irrigants de Midi-Pyrénées ont utilisé la méthode sur les sols de brouillades en 2004. Ils ont bénéficié d'un appui technique réalisé par les Chambres d'Agriculture : formation à la méthode, une ou deux visites du technicien pendant la campagne et une réunion de bilan. La diffusion de la méthode et l'accompagnement sont aidés financièrement par l'Agence de l'Eau Adour Garonne et par le Conseil Régional de Midi-Pyrénées. Un climat chaud et sec a succédé après le 15 mai à un temps pluvieux et froid qui a retardé certains semis. Le déclenchement des irrigations a été parfois trop précoce, avant le

stade 10 feuilles et sans attendre les premières données tensiométriques. Pendant la floraison, le rythme des irrigations a été très soutenu et les tensions dans le sol ont souvent été inférieures aux tensions seuils. Après la floraison, les tensions seuils ont été mieux respectées et la méthode a permis aussi de bien gérer les reprises d'irrigation après les pluies. L'arrêt des irrigations a été bien négocié par plus de la moitié des utilisateurs ; dans 25 % des cas cependant, la dernière irrigation a été trop tardive. En 2005, la méthode sera proposée pour le maïs grain sur les sols d'alluvions perméables.

### Conduite IRRINOV® en sol d'alluvion perméable en Haute-Garonne en 2004

4



teur d'approcher lui-même au champ le stade de ses maïs.

Il s'agit d'apprécier, sur des

grains de la couronne centrale de plusieurs épis représentatifs, la part de la zone jaune orange brillante d'allu-

re vitreuse au sommet du grain (*figure 3*). Cette part progresse avec l'avancement du stade.

La méthode permet avec un peu d'entraînement de situer le stade du grain selon 4 classes :

- plus de 50 % d'humidité,
- autour de 50 %,
- moins de 50 %,
- moins de 45 %.

### L'état hydrique du sol

C'est évidemment le deuxième critère à prendre en compte dans la décision de fin des irrigations. Selon l'état hydrique du sol à l'approche du stade 50 % d'hu-

midité comparé aux seuils de tension donnés dans chaque guide, on pourra décider une dernière irrigation ou non.

La mesure tensiométrique proposée dans la méthode IRRINOV® présente l'avantage de permettre une bonne estimation de l'efficacité des pluies et des irrigations par une mesure au champ.

### Les prévisions météo

IRRINOV® propose de prendre en compte les prévisions météo pour la semaine qui suit le passage du stade 50 % ce qui permet dans certains cas de ne procéder à une irrigation que si le temps prévu est chaud et sec.

La *figure 4* illustre l'application en 2004 de la règle IRRINOV® dans le cas d'un sol d'alluvion perméable de Midi-Pyrénées à réserve utile faible : les relevés de la *figure 4* ont été faits sur la première position du tour d'eau (tour d'eau de 5 jours). La dernière irrigation a été réalisée au stade 50 % d'humidité du grain sur un maïs conduit avec IRRINOV® tout au long de la campagne. Après cette dernière irrigation, les tensions sont remontées rapidement à des niveaux élevés dans un climat chaud et sec. La comparaison réalisée avec une irrigation de plus a montré que celle-ci était inutile. Les rendements ont été mesurés sur des mailles entières de couverture intégrale sur des surfaces de 756 m<sup>2</sup> : avec ou sans l'irrigation supplémentaire, les rendements ont été équivalents y compris sur la dernière position du tour d'eau à 129 q/ha et le pourcentage de tiges creuses est resté faible.

Cet essai confirme donc une fois de plus la validité des règles de décision de fin des irrigations proposées dans IRRINOV®. L'application de ces règles demande bien sûr la réalisation effective et précise des observations de stade et d'état hydrique proposées dans la méthode. ■

## Pommes de terre

# Les irrigations précoces sont-elles utiles ?

**L'irrigation des pommes de terre permet d'augmenter notablement les rendements et la qualité de la production. En apportant des éléments précis pour déclencher une irrigation aux bons moments, la méthode IRRINOV® assure une utilisation optimale de la réserve en eau.**

**E**n 2000, plus de 56 000 ha de pommes de terre étaient irriguées en France, soit 36 % des surfaces et 6 800 exploitations agricoles.

L'irrigation de la pomme de terre a connu une forte progression ces 20 dernières années (figure 1).

Les gains de production générés par l'irrigation sont élevés. A titre d'exemple, nous avons obtenu des gains de 4 à 20 t/ha de calibre supérieur à 50 mm sur variété Bintje à Villers-St-Christophe (02) de 1996 à 2000. En d'autres termes, l'efficacité de l'eau d'irrigation, c'est-à-dire la production supplémentaire permise par l'irrigation, a varié de 1,8 à 2,9 t/ha par irrigation de 25 mm.

L'irrigation améliore également la qualité : régularité des calibres, bonne présentation et diminution des repousses, des tubercules difformes ou présentant des crevasses.

Des essais sur le thème de l'irrigation en culture de pomme de terre sont menés chaque année sur la plateforme expérimentale d'AR-

VALIS – Institut du végétal/ITPT (Institut Technique de la Pomme de Terre) de Villers-Saint-Christophe.

### Impact de l'irrigation précoce

En 2002, des expérimentations ont montré un effet positif, des irrigations précoces

sur la variété Charlotte dès la levée, pendant la formation des stolons, sur le nombre de tubercules par plante.

La figure 2 illustre combien des irrigations précoces effectuées dès la levée permettent de maintenir les tensions en eau du sol à des niveaux faibles. Cette tension,

**L'irrigation améliore la production et la qualité des tubercules.**

### IRRINOV® Pomme de terre : une méthode pour bien irriguer

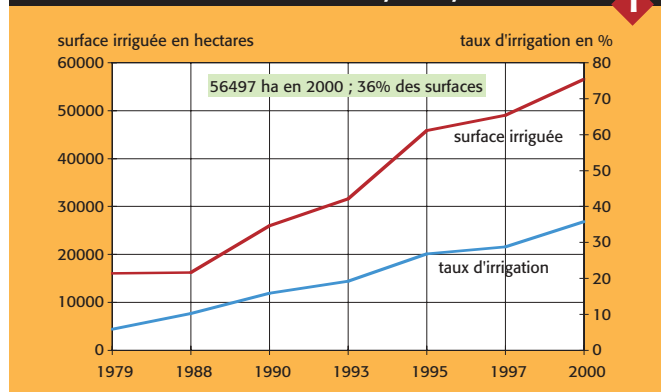
Mise au point par MARVALIS - Institut du végétal/ITPT avec le concours de Mc Cain, du GITEP et de la Chambre d'Agriculture du Nord - Pas-de-Calais, la méthode est opérationnelle depuis 2004 sur les terres de limon du Santerre et du Pas-de-Calais sur deux types variétaux :

- variétés de type transformation pour frites : Bintje, Santana et Russet Burbank,
- variétés de type chair ferme : Charlotte, Amandine, Chérie, Franceline, Ratte, Exquisa.

Cet outil est le premier à intégrer les réels besoins en eau des plantes. Il fonctionne avec l'aide de sondes tensiométriques Watermark® et débouche sur quatre types de règle adaptée à chaque variété :

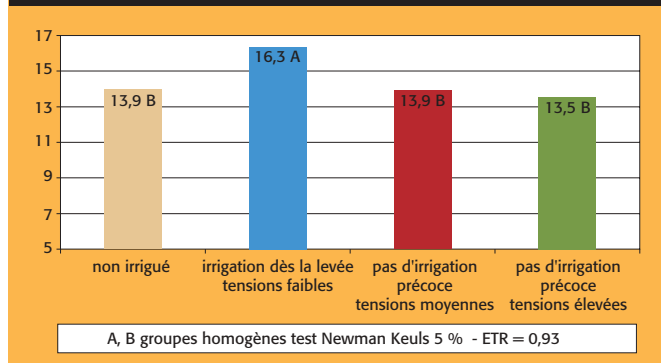
- une règle de démarrage,
- une proposition de dose-fréquence et de retour des irrigations,
- la prise en compte de la pluie,
- une règle d'arrêt d'irrigation.

**Evolution des surfaces irriguées en pomme de terre en France - RA 1979, 1988, 2000**



Source : SCEES

**Nombre de tubercules par plante à la récolte Charlotte 2002**



François-Xavier Broutin  
fx.broutin@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jean-Marc Deumier  
jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Denis Gaucher  
d.gaucher@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal





qui mesure la force que les racines de la plante fournissent pour extraire l'eau du sol, est à relier au nombre de tubercules par plante. En l'espèce, des irrigations précoces à la levée génèrent un nombre de tubercules à la récolte en moyenne supérieur à 16.

Par contre pour les autres conduites sans irrigation précoce et les parcelles non irriguées, le nombre de tubercules ne dépasse pas 14.

Cette même différen-

ce se retrouve au niveau du rendement. Dans la classe de calibre 35-55 mm, le rendement observé avec une irrigation précoce réalisée sur la culture atteint 49 t/ha au lieu de 44 t/ha pour les autres modalités.

Une irrigation précoce semble donc présenter un intérêt certain sur la tubérisation.

Des résultats qui n'aboutissent pas à la même conclusion en 2004. En effet, l'an

<b>Calendrier des irrigations</b> <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span>				
<b>Charlotte 2004 - Villers-Saint-Christophe</b>				
Traitements expérimentaux	Conduite IRRINOV® tensions de début de tour d'eau	Conduite IRRINOV® tensions de fin de tour d'eau	Conduite avec tensions élevées	Pluie
Plantation 13 avril - levée 18 mai				
17 mai	14			
24 mai	14	14		
28 mai	14	14		
30 mai				13
1 <sup>er</sup> juin				7
Initiation tubérisation 6 juin				
8 juin		14		
9 juin	14			
10 juin				10
17 juin	14			
Fermeture des rangs 20 au 23 juin				
23 juin		17		
25 juin	17			
28 juin			17	
30 juin	17	17		
3 juillet				3
5 juillet			17	
7 au 12 juillet				42,5
Défanage 15 juillet puis 17 juillet				
nombre total d'irrigation	7	5	2	
Total mm	104	76	34	87

dernier, 4 modalités ont été étudiées (tableau 1) : conduite d'irrigation IRRINOV® avec tensions de début de tour d'eau, conduite IRRINOV® avec tensions de fin de tour d'eau, conduite avec tensions élevées et témoin non irrigué.

Malgré les irrigations précoces des deux premières conduites, le nombre de tubercules par plante observé à la récolte n'est pas différent de celui observé sur les parcelles irriguées plus tard (conduite avec tensions élevées). Seul le témoin non irrigué se démarque avec neuf tubercules par plante quand ce chiffre oscille en moyenne entre 11 et 12 ailleurs (figure 3).

Les mêmes tendances peuvent être observées sur le nombre de tubercules récoltés par mètre carré, c'est-à-dire en tenant compte du peuplement.

Finalement, en 2004, les ir-

Caractéristiques des gales communes		
	Gale en pustules	Gale en réseau
Espèce représentative de <i>Streptomyces</i>	<i>Streptomyces scabies</i>	<i>Streptomyces spp</i>
Réaction à l'humidité du sol	Attaque réduite	Attaque aggravée
Température optimale du sol	19 °C - 24 °C	13 °C - 17 °C
pH du sol favorable	5,5 - 7,5	5,5 - 7,5
Effet sur le rendement	Nul	Réduction
Effet sur la qualité	Qualité de présentation + qualité industrielle (perte à l'épluchage)	Qualité de présentation



L'irrigation constitue un des principaux moyens de lutte contre la gale commune en pustules.

des problèmes importants de commercialisation des tubercules sur le marché du frais suite au lavage des tubercules qui met en évidence leurs défauts externes.

Avec la résistance variétale et le respect d'une rotation longue, l'irrigation constitue un des principaux moyens de lutte.

Il existe deux types de gale commune (*Streptomyces*) : liéeuse et pustuleuse.

La gale liéeuse est également appelée gale réticulée, gale en réseau ou gale plane. Elle se caractérise par un épaissement de l'épiderme et des attaques peu profondes.

La gale en pustules se traduit par des lésions rondes en relief ou en dépression qui peuvent être assez profondes.

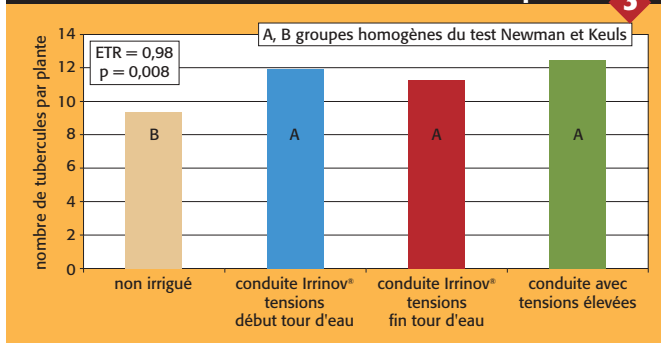
Des essais menés par le centre de recherche agronomique de Gembloux (Belgique) en 1994 et 1995 (J.P. Goffart et D. Ryckmans) ont montré que l'irrigation précoce pouvait diminuer la présence de gale en pustules mais pouvait augmenter la présence de gale en réseau. Nous avons noté également en 2000 plus de gale commune en réseau sur Bintje irriguée que sur Bintje non irriguée sur la plate-forme expérimentale de Villers-Saint-Christophe.

En 2004 sur Charlotte irriguée, nous avons noté plus de gale en pustules sur les parcelles non irriguées et sur les parcelles irriguées tardivement (figure 4) que sur les parcelles irriguées tôt.

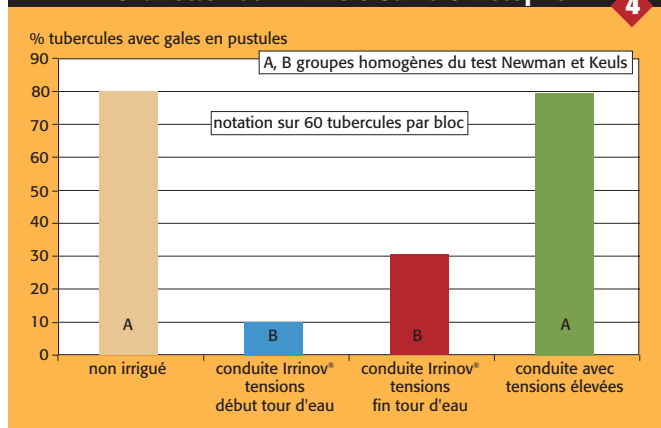
L'effet du régime d'irrigation est significatif sur la fréquence d'attaque, mais aussi sur l'intensité de l'attaque (nombre de pustules sur les tubercules atteints).

La méthode IRRINOV® semble permettre un contrôle tout à fait satisfaisant de la gale commune en pustule, particulièrement sur les positions irriguées les premières.

Nombre de tubercules par plante à la récolte Charlotte 2004 - Villers-Saint-Christophe



Pourcentage de tubercules avec présence de gale en pustules Charlotte 2004 - Villers-Saint-Christophe



rigations précoces n'ont pas eu d'effet positif sur le nombre de tubercules par mètre carré par rapport aux irrigations tardives, contrairement à ce qui a été observé en 2002.

Notons que ces résultats ont été obtenus dans un contexte de faible potentiel de la culture : le nombre de tiges par tubercule mère, le rendement et le nombre de tubercules par plante sont peu élevés (figure 3).

Le suivi de l'évolution des ébauches de tubercules est à poursuivre dans les essais futurs, afin de mieux appréhender certains éléments explicatifs : effet irrigation sur une meilleure alimentation en eau des plantes ou (et) sur la température des buttes.

### Irrigation et gale commune

Les symptômes de gale commune sur pomme de terre de consommation posent