

# Fertilisation PK : le raisonnement passe par l'analyse de terre

Un travail d'analyse sur la base des enquêtes annuelles des pratiques culturales de l'ITB, enquête ITB-Site, avait été consacré en 2012 aux pratiques de fertilisation P, K dans les successions de cultures incluant la betterave. Cette enquête avait montré que la gestion de la fertilisation, telle que perçue à travers la description de pratiques de fertilisation pluriannuelle, était très variée selon les exploitations. On sait que la conduite de la fertilisation de fond autorise une certaine souplesse, et peut être gérée sur le moyen terme dès lors que la parcelle est correctement pourvue. Ces disparités de conduite peuvent être un artefact lié à la courte période, 4 années, couverte par l'enquête. Pour autant, les résultats mettaient en évidence des décalages entre doses pratiquées et doses raisonnées, et pour la moitié des parcelles une absence d'analyse de terre récente, indicateur obligatoire pour conduire la fertilisation. L'ITB propose sur son site ([itbfr.org](http://itbfr.org)) un outil de calcul de dose basé sur la méthode Comifer, l'outil Fertibet, ainsi que des abaques dans son guide de culture que nous proposons de détailler ici.

## Résultats des enquêtes ITB-Site

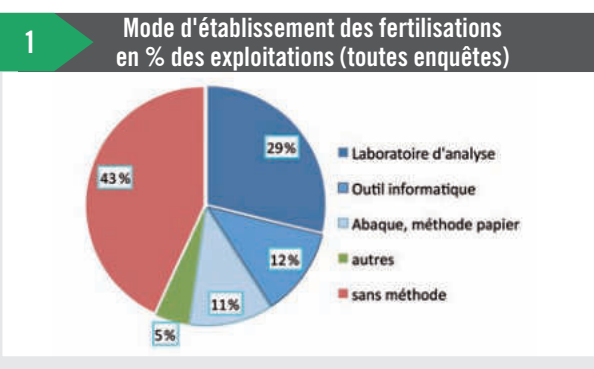
Les enquêtes menées en 2012 avaient montré que pour une parcelle de betteraves sur deux, en moyenne, les exploitants ne disposaient pas d'une analyse de terre récente. En l'absence d'analyse, il n'est pas possible d'établir un raisonnement de dose, et il est difficile de définir un régime de fertilisation approprié. C'est pourtant dans ces parcelles sans référence analytique qu'on constatait une plus forte proportion de conduites en régime de "déstockage" en  $P_2O_5$ , c'est-à-dire avec un bilan (apports – exports par les cultures) négatif.

On sait que, pour des sols à fort pouvoir fixateur, tels que des sols calcaires ou sols de craie, un régime déficitaire en phosphore peut amener assez vite à des teneurs faibles et des situations de subcarences qui doivent être anticipées par un suivi analytique de teneur du sol. Dans le cas général, il est risqué de gérer la fertilisation sans vérification

analytique de l'évolution de teneur. Cette mesure reste un indicateur incontournable.

Pour les parcelles disposant d'une analyse de terre récente, les données du questionnaire d'enquête permettaient de calculer a posteriori une dose selon la méthode Comifer. Les régimes de fertilisation pratiqués constatés n'apparaissent généralement pas incohérents avec les teneurs du sol. Cependant on constate très souvent un écart entre doses appliquées et doses calculées, avec deux cas bien distincts :

- Des doses appliquées inférieures à la dose recalculée selon les préconisations Comifer. On peut expliquer ces cas par l'utilisation d'une méthode de calcul autre, mais plus certainement par une volonté de l'exploitant de modérer sa fertilisation, et les raisons peuvent être simplement le prix de l'engrais.
- Cas inverse, des doses appliquées supérieures à la préconisation Comifer. Elles sont pour une bonne partie explicables



par des apports organiques dans la succession, mal pris en compte dans la gestion de la fertilisation et non déduits du raisonnement. L'analyse des enquêtes montre globalement que si les fertilisations organiques tendent à représenter une part de plus en plus importante dans l'alimentation des cultures en parcelles betteravières (estimées à 30 % de l'apport total en  $P_2O_5$ , et plus de 40 % des apports de  $K_2O$  pour les successions de 4 cultures incluant la betterave), elles ne sont pas encore suffisamment intégrées dans le raisonnement comme source d'éléments fertilisants à part entière.

## Quelques rappels sur le raisonnement

Les conseils basés sur la méthode Comifer sont établis spécifiquement pour chaque culture, en tenant compte de l'exigence de chacune. La notion d'exigence est bien distincte du besoin quantitatif en P ou K (quantité d'éléments prélevés par la plante au cours de sa croissance). La betterave sucrière est considérée comme exigeante à la fois pour le Phosphore et pour le Potassium. Le caractère exigeant amène à renforcer les fertilisations en parcelles jugées insuffisamment pourvues (critère établi par l'analyse de terre et la mesure de la teneur en élément disponible) et/ou après des impasses de fertilisation récentes. La dose préconisée est fonction, d'une part, de la teneur mesurée par l'analyse de terre, d'autre part, des apports réalisés sur les cultures précédentes qui définissent une situation favorable, neutre ou défavorable. La dose préconisée est ainsi corrigée selon ce critère de "passé de fertilisation". Lorsque la teneur de

Les apports organiques représentent une restitution importante d'éléments fertilisants, phosphore et potassium. Les enquêtes ITB-Site montrent qu'ils représentent 30 % des apports totaux de  $P_2O_5$  et 40 % des apports de  $K_2O$ . Ces fertilisations organiques contribuent à l'alimentation des cultures avec une disponibilité des éléments quasiment équivalente à celle des engrais minéraux. Les enquêtes montrent cependant que leur contribution est parfois mal prise en compte par les exploitants, lors de l'établissement des fertilisations minérales complémentaires.



sol issue de l'analyse est jugée très élevée, supérieure à deux fois la valeur du seuil d'impasse défini pour ce type de sol, les règles de calcul peuvent proposer une fertilisation inférieure aux exportations, voire un conseil d'impasse, même sur culture exigeante comme la betterave.

## Les valeurs conseillées sur betterave

L'outil en ligne Fertibet doit être privilégié pour réaliser des calculs précis, car il se base sur un calcul réel de bilan des fertilisations récentes, qui tient compte des quantités apportées en années n-1 et n-2, ainsi que des exportations par les cultures. Des conseils établis sur analyse en laboratoire tiennent aussi compte de la texture de sol avec des référentiels établis régionalement. Pour évaluer rapidement le niveau de dose à apporter pour une betterave sucrière, pour des types de sols standards, on pourra se baser sur les abaques proposés dans les tableaux 1 et 2, que l'on

peut également consulter dans le guide de culture ITB. Les valeurs proposées sont établies selon la texture de sol, le niveau de teneur établie avec une analyse de terre, et un bilan des fertilisations précédentes qui est résumé par le nombre d'années sans apport. Pour les fertilisations potassiques, si le précédent est une céréale, on prend en compte l'enlèvement éventuel des pailles, qui doit être compensé alors par une fertilisation augmentée (chiffres entre parenthèses). Ainsi, pour une parcelle en sol de limon argileux présentant une teneur à l'analyse de 370 ppm de  $K_2O$  échangeable, ayant reçu une fertilisation sur l'anté-précédent, mais pas de fertilisation sur la culture précédente, on lira le tableau comme suit : la teneur se place entre 360 et 400, et la fertilisation précédente correspond à une année sans apport. La fertilisation préconisée pour la betterave est de 190 kg/ha en unités  $K_2O$ , fertilisation qui sera portée à 240 kg/ha si le précédent est un blé pailles exportées. Si 3,5 t/ha de vinasses sont apportées sur les pailles enfouies, leur contribution d'environ 190 kg/ha couvrira les besoins de fertilisation (contribution qu'on peut établir à partir du tableau 3).

## Quand apporter les engrais minéraux ?

Dans la majorité des situations, la date d'apport de l'engrais n'aura pas d'incidence sur la disponibilité en éléments pour la culture et pour sa croissance. En effet, hors situation carencée, la contribution immédiate de l'engrais à la culture qui suit est relativement faible, et la ressource en éléments disponibles du sol reste prépondérante.

Ce facteur date d'apport est d'autant moins déterminant qu'il n'y a pas d'effet starter de l'engrais localisé au semis, comme cela peut être observé avec le phosphore sur d'autres cultures.

**Par contre, la période d'apport doit être considérée pour toute situation carencée, et aussi dans des situations de teneurs peu élevées en phosphore pouvant conduire à des débuts de carence en sols de craie ou tout type de sol fortement calcaire.** Pour ces situations, on réalisera des apports de printemps, rapprochés du semis, en particulier si la teneur est inférieure à 120 ppm en  $P_2O_5$  (J.H.) ou inférieure à 100 ppm Olsen.

Tableau 1 : Détermination de la dose de  $P_2O_5$  à apporter sur betterave en kg/ha (méthode Comifer)

Type de sol		Limon, limon argileux, argile						Craie, cranette, argilo-calcaire						
Seuils J.H.		100	160	180	200	360	540	280	360	400	440	800		
Seuils Olsen		50	90	100	110	200	300	140	180	200	220	400		
Apport $P_2O_5$ des 2 années précédant la betterave	Apport chaque année	95	65	55	45	35	0	0	95	65	55	45	35	0
	Une des 2 années sans apport	145	90	65	55	45	0	0	145	90	65	55	45	0
	Aucun apport sur les 2 années	165	120	90	65	55	35	0	165	120	90	65	55	35

Tableau 2 : Détermination de la dose de  $K_2O$  à apporter sur betterave en kg/ha (méthode Comifer)

Type de sol		Limon						Limon argileux, argile, sols crayeux						
Seuils $K_2O$ échangeables		170	270	300	330	600	900	200	360	400	440	800		
Apport $K_2O$ des 2 années précédant la betterave	Apport chaque année	270 (310)	190 (240)	160 (200)	130 (130)	95 (95)	0	0	270 (310)	190 (240)	160 (200)	130 (130)	95 (95)	0
	Une des 2 années sans apport	320 (360)	220 (270)	190 (240)	160 (160)	130 (130)	0	0	320 (360)	220 (270)	190 (240)	160 (160)	130 (130)	0
	Aucun apport sur les 2 années	360 (390)	240 (280)	240 (280)	210 (250)	160 (160)	120 (120)	0	360 (390)	240 (280)	240 (280)	210 (250)	160 (160)	120 (120)

### Comment utiliser les tableaux :

On choisit le type de sol correspondant à la parcelle à fertiliser. On utilise ensuite le résultat de l'analyse de terre qui indique une valeur de teneur et, pour le cas du phosphore, une méthode d'analyse (Joret-Hébert ou Olsen). Il n'y a qu'une méthode d'analyse pour le potassium. La teneur peut être mesurée en g/kg ou en ppm (partie par million). Le coefficient de passage de l'un à l'autre est : 0,1 g/kg = 100 ppm. Dans les tableaux proposés ci-dessus, les valeurs des seuils sont données en ppm. On situera la teneur de la parcelle dans un

des intervalles délimités par les différents seuils. Par exemple, une teneur en  $P_2O_5$  (J.H.) de 220 ppm en sol de limon enverra à la cinquième colonne (entre 200 et 360 ppm). Dans cette colonne, on choisira la dose à apporter (dans l'exemple choisi, 3 valeurs sont possibles, 35, 45, ou 55 kg/ha), en fonction des apports d'engrais des deux années précédentes. Par exemple, s'il n'y a pas eu apport d'engrais pendant les 2 années précédentes, la dose conseillée sera de 55 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Tableau 3 : Valeurs fertilisantes en  $P_2O_5$  et  $K_2O$  des principaux fertilisants organiques

	$P_2O_5$ disponible	$K_2O$ disponible
Boues pâteuses	6,4	0,8
Boues chaulées	8,0	0,9
Boues de papeterie	5	1
Boues liquides	2,3	0,4
Boues compostées	4,9	1,5
Boues déshydratées pâteuses	4,6	1
Boues déshydratées chaulées solides	7	1
Compost de déchets verts	1,6	7,3
Compost d'ordures ménagères	2,0	3,8
Ecumes de sucrerie	7,5	0,45
Fientes de volailles (à 75 % MS)	31,5	24
Fumier bovin frais (pailleux)	2,0	6,5
Fumier bovin décomposé	1,7	5
Fumier bovin	2,4	6
Fumier cheval	2,6	8
Fumier porcin	3,2	7,2
Fumier volailles	11,9	12,4
Lisier bovin	0,9	3
Lisier porcin	3,0	4,3
Vinasses concentrées	2	55

### Ce qu'il faut retenir

- La fertilisation PK doit être raisonnée comme toute pratique agronomique.
- Les apports organiques sont des sources d'éléments fertilisants, ne pas les négliger et bien les intégrer avant d'établir la dose d'engrais minéral complémentaire.
- Pour un calcul précis, se référer à l'outil en ligne Fertibet, sur itbfr.org

## Gestion de l'irrigation

L'irrigation est un intrant essentiel dans les régions betteravières du sud de Paris pour sécuriser les approvisionnements et les revenus du planteur. Selon les années, 10 à 13 % des surfaces de betteraves sont irriguées (enquête SITE-ITB). Dans les départements du Loiret et d'Eure-et-Loir, le taux d'irrigants atteint 63 % des surfaces. Les conseils d'irrigation diffusés par l'ITB sont issus d'expérimentations menées pour la plupart dans le Loiret. Elles ont pour objectif de comprendre le comportement des betteraves face au stress hydrique afin d'identifier les phases du cycle de culture prioritaires vis-à-vis de l'irrigation.

### Stratégie optimale d'irrigation

Une synthèse de 34 essais conduits en Ile-de-France et dans le Loiret de 1999 à 2014 a permis d'identifier les éléments du raisonnement d'une gestion optimale de l'irrigation. En moyenne, la comparaison des betteraves non irriguées aux betteraves irriguées selon le raisonnement Irribet montre les résultats suivants :

- Un gain de poids racine de 27,5 % en présence d'irrigation,
- Une perte de richesse de 3,5 %,
- Un gain de rendement en sucre de 23,5 %.

Cette synthèse d'essais a également montré que l'intensité de la perte de productivité en situation de stress hydrique est liée à la date du stress dans le cycle cultural. La figure 1 montre que sur les 28 essais présentant un stress hydrique précoce compris entre le 25 mai et le 19 juillet, la perte moyenne de rendement en sucre est de 24 %. Par contre, sur les 6 essais présentant un stress hydrique tardif compris entre le 25 juillet et le 10 août, la perte de rendement n'est que de 2 %. Les stress hydriques précoces sont donc les plus préjudiciables, l'irrigation est primordiale en cas de stress hydrique au mois de juillet. C'est également une période d'alimentation minérale, en particulier azotée, importante pour la culture. Or, le stress hydrique pénalise l'alimentation minérale associée à l'absorption de l'eau par la plante.

### Croissance et accumulation de sucre

De 2010 à 2012, des expérimentations mises en place à Bréau (45) ont permis de bien comprendre le comportement des betteraves face au stress hydrique, grâce à un suivi régulier de la croissance et de l'accumulation de

sucré. Lors d'un stress, nous avons mesuré un ralentissement, voire une stagnation de la croissance si le stress perdure. Les données expérimentales ont ensuite montré que, lors du retour des pluies, la vitesse de croissance des plantes stressées devient supérieure à celle des plantes normalement arrosées. Cela s'exprime par une nette augmentation du poids de la racine. En revanche, la teneur en sucre diminue fortement car l'augmentation de masse résulte principalement d'une forte accumulation d'eau. Le gain de rendement en sucre reste donc limité. La betterave se concentre en eau et en composants structuraux. Dans la situation la plus stressée en 2011, les niveaux de richesse au cours de la période estivale fluctuent de 21% pendant le pic de stress à 14,5 % après un retour de pluies abondantes (figure 2). Sur ce même essai, les betteraves normalement arrosées sont restées à des niveaux de richesse compris entre 15,5 et 16 %. Nous pouvons conclure qu'une gestion optimale de l'irrigation permet de stabiliser les niveaux de richesse et d'optimiser la production de sucre. Cela passe par une croissance régulière sans à-coups pour sécuriser le rendement en sucre. L'absence de stress hydrique est le meilleur moyen d'atteindre cet objectif.

### Irribet : outil interactif de pilotage de l'irrigation

Pour bien gérer l'irrigation, l'ITB propose en accès libre sur son site Internet l'outil Irribet qui calcule un bilan hydrique à la parcelle à partir d'un modèle spécifiquement adapté à la betterave. Il permet de raisonner la date de déclenchement de l'irrigation et la quantité d'eau à apporter. Pour cela, le modèle simule l'évolution du réservoir hydrique sous l'hypothèse d'absence de pluies dans les jours qui suivent la date de simulation. La date d'apport simulée correspond au moment où le niveau d'eau disponible atteint la réserve de survie.

#### Expérimentations mises en place par l'ITB et objectifs visés

##### 1- Essais de comparaison de différentes stratégies d'irrigation

Analyse des rendements à la récolte

- Quantification du gain apporté par l'irrigation sur la productivité
- Quantification des besoins en eau de la betterave
- Positionnement optimal des tours d'eau
- Gestion optimale de l'irrigation en situation de restriction d'eau

Mise au point de l'outil d'aide à la décision Irribet

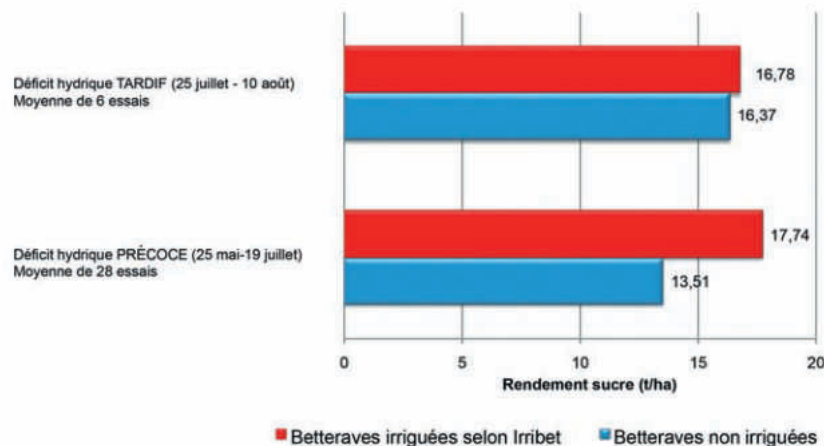
##### 2- Essais de suivi dynamique de la croissance des betteraves tout au long du cycle de culture

Analyse des prélèvements successifs

- Identification des phases du cycle cultural les plus sensibles au stress hydrique
- Quantification de l'impact du stress hydrique sur la croissance et l'accumulation de sucre

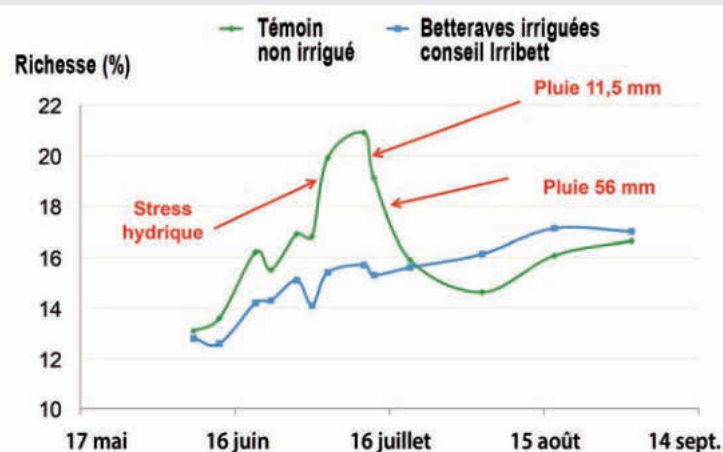
1

#### Synthèse des essais irrigation 1999-2014 (Loiret - Ile-de-France)

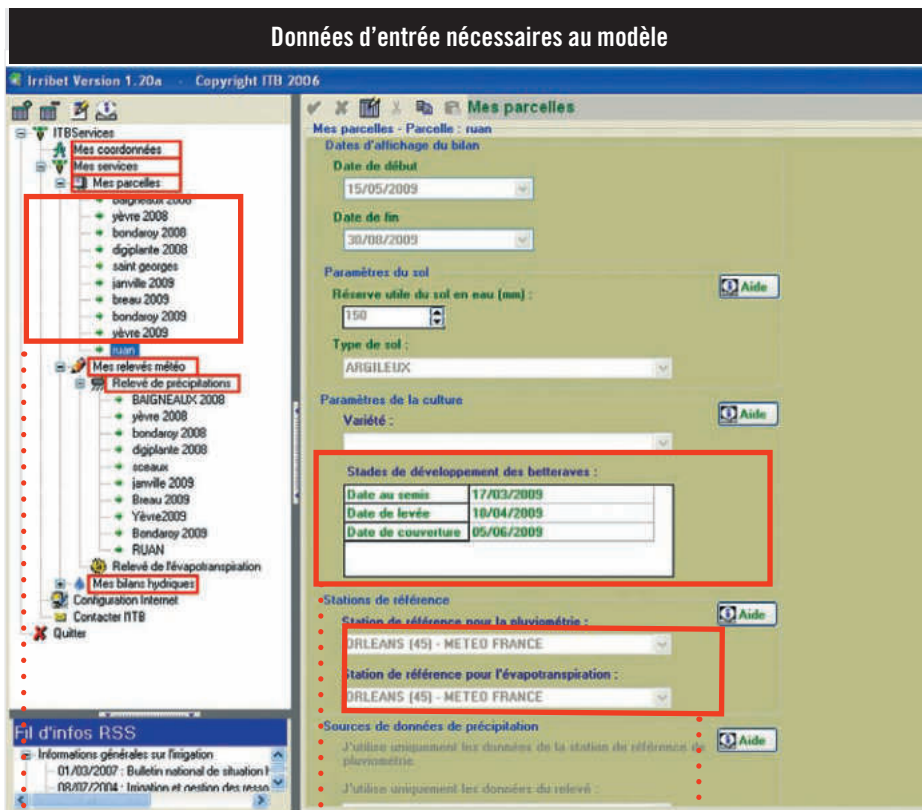


2

#### Evolution de la richesse et effet de l'irrigation - Bréau 2011



Essai 2011 : on constate une forte augmentation de la richesse des betteraves non irriguées pendant toute la durée du stress hydrique jusqu'à début juillet. Le 12 juillet, 11,5 mm de pluies font passer la richesse de ces betteraves de 20,9 à 19,1 %. Puis du 13 au 20 juillet, 56 mm de pluies font passer la richesse de 19,1 à 14,5 %.



### Pour une bonne utilisation d'Irribet :

- **Bien estimer la réserve utile du sol**  
Exprimée en mm, elle correspond au volume d'eau que le sol peut contenir et qui est en partie restituable à la culture. C'est le paramètre le plus important du bilan hydrique : mal l'évaluer, c'est réaliser un bilan hydrique faux. Une erreur d'estimation de la réserve utile de 30 mm joue sur 1 tour d'eau. Elle peut être calculée à partir de la profondeur et de la texture du sol. Pour un limon, il faut compter 1,5 mm d'eau par cm de sol ; pour une argile, la valeur moyenne est plus proche de 1,7 mm/cm.
- **Suivre régulièrement le bilan hydrique dans Irribet**  
15 jours de stress hydrique (réserve hydrique au-dessous de la réserve de survie pour la culture) entraînent en moyenne une perte de rendement de 5%. Il est donc nécessaire de suivre régulièrement le bilan pour visualiser l'état hydrique du sol par rapport à la réserve de survie. Les tours d'eau apportés après le 15 août sont peu valorisés. Après cette date, l'irrigation peut même devenir néfaste et entraîner une chute brutale de la richesse si l'automne est pluvieux.

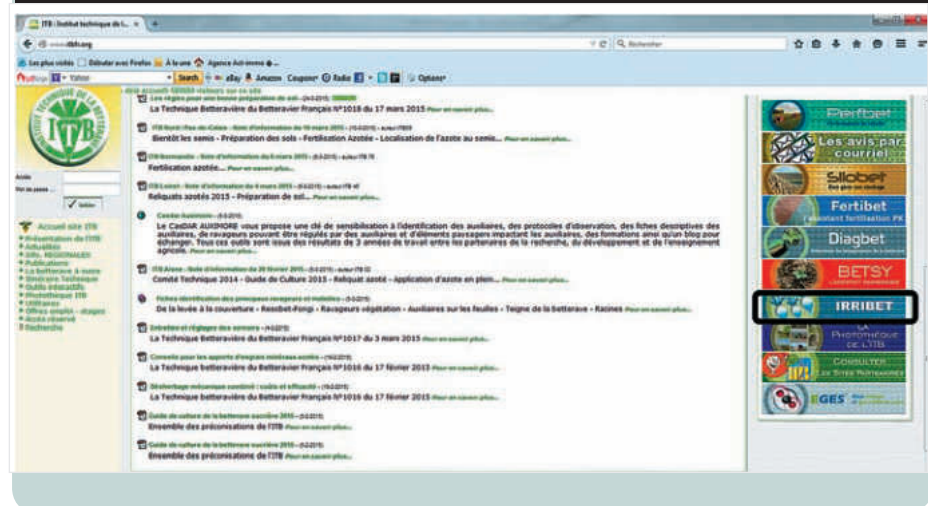
Plusieurs parcelles correspondant aux différentes situations de l'exploitation (dates de semis, sols) peuvent être renseignées simultanément.

A défaut de renseignement de stades, un calcul par défaut basé sur le cumul de températures depuis le semis est pris en compte.

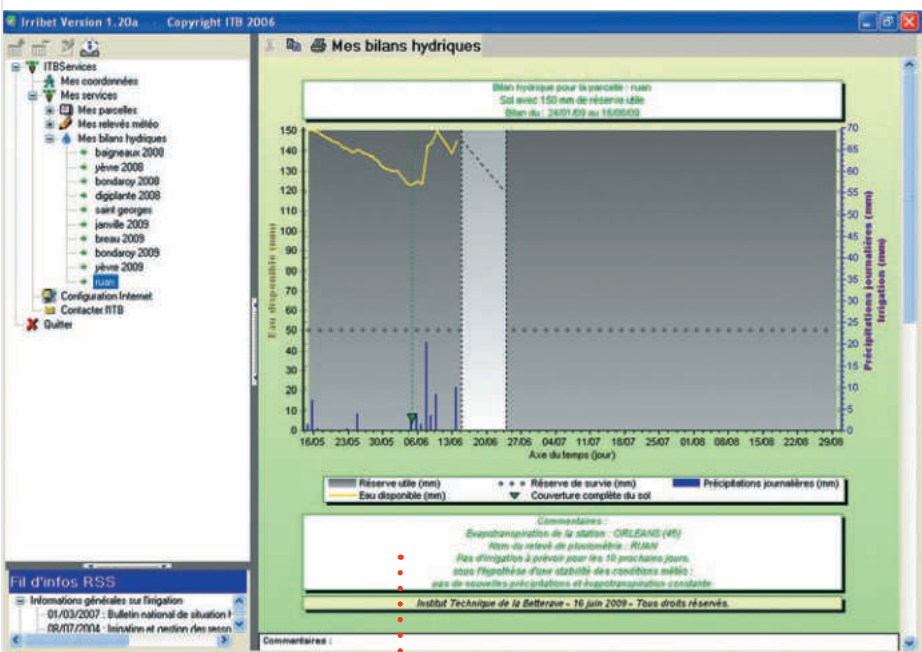
L'agriculteur choisit soit une station climatique disponible à l'ITB, ou de préférence son propre relevé pluviométrique.

Un écran de saisie des tours d'eau déjà réalisés et des relevés pluviométriques est ensuite proposé.

### Où trouver Irribet ?



### Visualisation du bilan hydrique



La date du prochain tour d'eau à prévoir apparaît dans les commentaires

### Ce qu'il faut retenir

- L'ITB a développé un outil de simulation du bilan hydrique à la parcelle accompagné de préconisations d'irrigation. Il est en libre accès sur le site Internet [www.itbfr.org](http://www.itbfr.org).
- Pour garantir le meilleur équilibre poids/richeesse, ne pas prolonger exagérément l'irrigation en respectant une date d'arrêt au 20 août.

