

## INNOVATION

# Modélisation de la cercosporiose, de gros progrès en 2025

L'ITB utilise ses données d'observation et des algorithmes d'apprentissage automatisé pour anticiper l'arrivée de la maladie.

### Les observations de maladies, enjeu n°1 de la modélisation

Les modèles agronomiques ont besoin de données de terrain fiables pour être calibrées et validées. Parmi la multitude d'acteurs qui lancent leur outil sur la cercosporiose, l'ITB se distingue par son réseau d'experts betteraviers qui recueille des notations nombreuses et fiables. En effet, une cinquantaine de parcelles sont suivies chaque année dans le cadre du réseau de suivi biologique du territoire, auxquelles il faut ajouter les nombreux essais fongicides et variétés. En parallèle, les covariables météorologiques sont issues de la réanalyse SAFRAN de Météo France : la référence des données météo spatialisées à 8 km.

### Les modèles pour prévenir la maladie

Pour pouvoir prévoir l'apparition de la maladie, il faut « modéliser », c'est-à-dire trouver un algorithme ou une formule mathématique qui décrit bien l'évolution de la maladie. À l'ITB, de nombreux formalismes sont appliqués puis évalués. L'objectif est de trouver celui qui explique au mieux

le développement de la cercosporiose sur l'historique des essais, mais qui sera également capable de prédire la dynamique d'une nouvelle année. L'ITB a ainsi testé les formalismes américains basés sur un indicateur journalier du risque et les a améliorés avec des techniques d'apprentissage automatisé (ou « machine learning »). Ces techniques sont conçues pour générer automatiquement des combinaisons de variables (météo, variété...) qui expliquent au mieux la maladie.

### Tirer des enseignements de la modélisation

Localement, le microclimat et la présence d'inoculum peuvent précipiter ou non l'explosion de la maladie. Les algorithmes ont donc fort à faire pour remplacer les tours de plaine, mais ils apportent toutefois des résultats intéressants. Par exemple, on savait déjà que la cercosporiose bénéficiait de températures et d'hygrométrie élevées, mais on peut aussi corréler son développement avec la vitesse du vent. On mesure aussi plus finement l'impact des variétés tolérantes sur l'apparition et la dynamique de la maladie.

### CHIFFRES CLÉS

**400**

situations utilisées pour entraîner le modèle.

**84 %**

de cas sont prédits à temps.

## UNE DIFFUSION FACILITÉE PAR DES API ET UN OAD

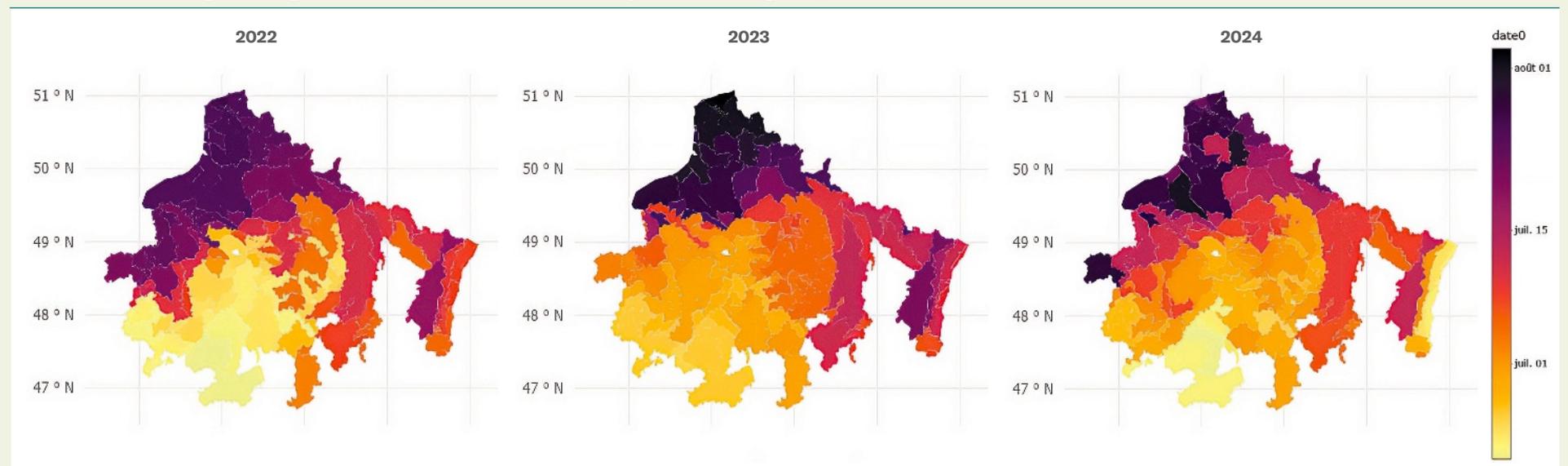
Un outil n'est vraiment utile que s'il peut être appliqué. C'est pourquoi l'ITB met en place des API (des briques logicielles) pour pouvoir plus facilement diffuser et maintenir ses modèles (stades des betteraves, dynamique des pucerons, arrivée des charançons...) et les publier dans des outils d'aide à la décision. Les algorithmes présentés sont en cours d'intégration pour un objectif de diffusion courant d'été 2025. Comme depuis déjà plusieurs années, les prototypes seront d'abord testés par la filière afin de recueillir des remarques supplémentaires sur la qualité des prévisions et d'améliorer l'ergonomie des interfaces. Les nouveaux détails de l'avancement sont à retrouver dans les prochains numéros du *Betteravier français* ou sur le site internet de l'ITB.

### CE QU'IL FAUT RETENIR



- **L'expertise terrain est primordiale** pour avoir des observations de qualité.
- **L'ITB calibre et évalue ses modèles épidémiologiques** sur son propre historique de données.
- **L'ITB utilise un large éventail de méthodes statistiques**, mais ne sélectionne que les plus fiables.
- **Les modèles prédictifs apportent un certain confort**, mais l'observation régulière des parcelles et le respect des seuils restent le premier moyen de contrôler efficacement la cercosporiose.

### Date de traitements prédites par le modèle (tolérance variétale moyenne, sans irrigation)



Classement des situations prédites par le modèle.

CONSEIL DE SAISON

# La cercosporiose : la principale maladie du feuillage

Ces deux dernières années ont été caractérisées par un fort développement de la cercosporiose. En 2025, les variétés très tolérantes ainsi que le produit Propulse sont de nouveaux leviers pour protéger le feuillage des betteraves.

## Stratégie des traitements fongicides sur les variétés très tolérantes

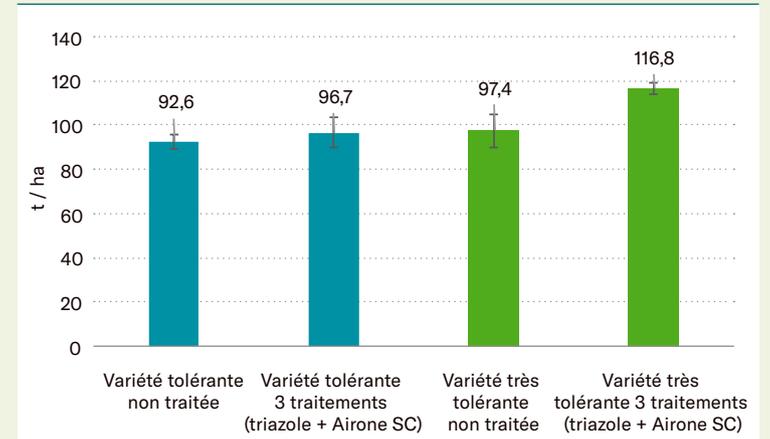
L'année 2024, marquée par une forte pression de cercosporiose, a confirmé que le choix variétal est le premier critère de lutte contre la maladie. Les nouvelles variétés très tolérantes obtiennent une bonne productivité lorsqu'elles sont protégées avec un programme fongicide. C'est ce que montre l'essai ITB réalisé dans le Loiret en 2024 où deux niveaux de tolérance ont été comparés. Pour la variété très tolérante (en vert sur la figure 1), les trois traitements fongicides ont permis un net gain de productivité (environ 20 tonnes par hectare). Par contre, pour la variété tolérante (en bleu sur la figure) le gain de productivité est faible avec trois traitements fongicides (environ 4 tonnes par

hectare). Dans cet essai réalisé dans le Loiret, la gravité de la maladie était de 9 sur 10 (soit 90 % du feuillage touché par la cercosporiose) fin septembre pour les deux variétés dans les parcelles sans traitement fongicide. La récolte a eu lieu le 24 octobre. Ces nouveaux hybrides, très tolérants à la maladie, limitent la reprise de la cercosporiose à l'automne et valorisent les traitements fongicides. L'essai était situé dans un secteur de très forte pression de cercosporiose, les variétés tolérantes restent de bonnes alternatives pour des pressions de maladie plus modérées.

## Produits efficaces contre les maladies fongiques

Pour la première année, en 2025, l'utilisation du produit Propulse (second nom commercial :

## Productivité d'une variété tolérante et d'une variété très tolérante - essai ITB dans le Loiret en 2024 (figure 1)



Différences de productivité entre une variété tolérante et une variété très tolérante en fonction de la protection fongicide dans le Loiret en 2024. La récolte s'est déroulée le 24 octobre.

## CHIFFRE CLÉ

**1,2 l/ha**

Dose d'utilisation du fongicide Propulse.

Yearling) sera possible dès les premiers traitements (il a obtenu une autorisation de mise sur le marché en août 2024). Cette spécialité obtient de bonnes performances contre la cercosporiose. Elle est constituée de 125 g/l de prothioconazole (nouvelle molécule triazole pour la betterave) et de 125 g/l de fluopyram (nouvelle substance active de la famille des SDHI). La dose d'homologation est de 1,2 l/ha et deux applications sont possibles. L'intervalle minimum entre 2 applications est de

## TÉMOIGNAGE D'EXPERT

### Éclairage sur les travaux de l'ANSES et de l'ITB concernant la résistance de la cercosporiose

#### Séverine Fontaine

Chargée d'expertise scientifique et technique à l'ANSES (Agence nationale de la sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail)



#### Sur quoi travaille votre laboratoire ?

L'Unité Sous Contrat « caractérisation et suivi des phénomènes d'évolution des résistances » aux produits de protection des plantes (USC CASPER)

étudie les résistances aux produits de protection des plantes (PPP) chez les bioagresseurs des cultures (insectes, champignons phytopathogènes, adventices). L'USC CASPER fait partie du laboratoire de l'ANSES à Lyon. C'est également une plateforme commune à l'Anses et à l'INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) pour l'étude et la recherche sur les phénomènes de résistance aux PPP. L'étude des résistances à l'USC CASPER repose sur deux grands types de méthodes d'analyse de laboratoire des tests biologiques ou des tests de biologie moléculaire.

#### Quels essais menez-vous sur la cercosporiose ?

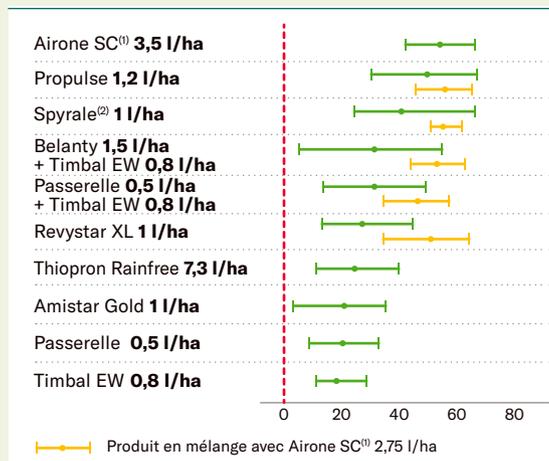
L'USC CASPER travaille sur la cercosporiose de la betterave depuis 2018. Les premiers travaux ont été réalisés dans le cadre de « Recife »,

mené par l'ITB, INRAE et l'ANSES. Ce projet a permis de réaliser un état des lieux des résistances chez l'agent phytopathogène (*Cercospora beticola*), à différents fongicides, dont les triazoles. Chez *C. beticola*, la résistance aux triazoles est complexe et repose sur divers mécanismes. Plusieurs mutations connues pour être impliquées dans une baisse de sensibilité aux triazoles ont été identifiées dans les populations françaises du pathogène. La résistance aux triazoles liée à ces mutations est considérée comme croisée partiellement entre les différentes substances actives triazoles, c'est-à-dire que pour une mutation, le niveau de résistance à différentes triazoles est variable. Les travaux menés actuellement avec l'ITB, dans le cadre d'essais d'efficacité, visent à suivre l'évolution dans le temps des différentes mutations impliquées dans la résistance aux triazoles en tenant compte de l'inoculum présent au moment du traitement. Ce suivi permettra d'évaluer si certaines mutations sont sélectionnées ou contre-sélectionnées en fonction des substances actives appliquées.

#### Quels conseils donneriez-vous aux planteurs de betteraves afin de limiter l'impact des résistances sur les performances des traitements ?

C'est une question complexe. Idéalement et lorsque l'efficacité d'une substance active est affectée, il faudrait stopper l'utilisation de la substance active concernée. Cela n'est évidemment pas toujours possible ou réaliste. Il est toutefois recommandé de diversifier au maximum les méthodes de lutte, afin de réduire la pression de sélection exercée par une substance active et ainsi ralentir l'évolution des phénomènes de résistance. Dans le cas de la cercosporiose, l'utilisation de variétés tolérantes est un levier important et intéressant à mobiliser. Pour limiter la pression de sélection exercée par les traitements fongicides, il convient d'alterner les modes d'action appliqués. Pour les triazoles, compte tenu de la multiplicité des mutations et de la diversité des phénotypes résistants observés au sein des populations, il est important de ne pas les appliquer seuls et d'exploiter leur diversité en alternant les différentes substances actives entre les traitements.

## Performances sur cercosporiose (figure 2)



Dans les essais ITB, la gravité de la maladie est quantifiée au cours du temps (AUDPC). La performance est calculée par rapport au témoin non traité pour chaque modalité en pourcent.



Photos : ITB

21 jours. Pour des questions de durabilité et de résistance, l'ITB conseille d'utiliser cette spécialité à la pleine dose d'homologation.

Les produits les plus performants pour lutter contre la cercosporiose sont à retrouver sur la figure 2. Si l'on considère les produits seuls, l'Airone SC<sup>(1)</sup> est le plus efficace. Il est suivi des spécialités Propulse à 1,2 l/ha et Spyrale à 1 l/ha. L'utilisation de produits à base de strobilurine (Amistar Gold) ou de triazole utilisée en solo (Timbal EW, Belanty ou Passerelle) est à proscrire.

L'oïdium et la rouille peuvent également être présentes. L'ensemble des conseils de l'ITB sont à retrouver dans le Pense-Betterave, disponible gratuitement sur itbfr.org (rubrique « Publications ») et accessible à l'aide du QR code ci-contre.

L'ITB conduit, chaque année, des essais comparatifs des spécialités fongicides homologuées sur betterave afin de mieux connaître leurs performances contre les maladies du feuillage (photo 1). Les résultats proviennent des essais dont le témoin non traité a obtenu une gravité supérieure à 6 sur 10.

Pour avoir une bonne protection sanitaire jusqu'à la récolte, il est indispensable de coupler programme

fongicide performant et semis d'une variété tolérante aux maladies du feuillage. Dans tous les cas, il convient de consulter l'Outil d'aide à la décision (OAD) Alerte Maladies et d'observer ces parcelles avant tout traitement.

### Utilisation du produit Airone SC<sup>(1)</sup>

Pour cette campagne 2025 et afin de lutter contre la cercosporiose, l'ITB a obtenu une dérogation 120 jours afin de pouvoir utiliser l'Airone SC<sup>(1)</sup> sur la culture de la betterave industrielle. Ce produit est la seule spécialité à base de cuivre autorisée sur la culture pour cette campagne. Il permet, en mélange avec un produit traditionnel à base de triazole, d'améliorer l'efficacité des traitements contre la cercosporiose (photo 2).

Comme en 2023, les résultats des essais ITB de 2024 mettent en évidence l'efficacité de l'apport de ce produit comparativement à une référence traditionnelle.

Les résultats d'un essai dans le Loiret (figure 3) montrent une réduction significative de la gravité de la maladie avec l'ajout de 2,75 l/ha d'Airone SC<sup>(1)</sup> en mélange avec Spyrale 1 l/ha (en violet sur la figure).

1 Photographie d'un essai comparant la performance de différents produits fongicides mis en place par l'ITB dans le Loiret.

2 Photographie d'un essai ITB dans le Loiret. Au premier plan, à gauche la parcelle a été traitée avec Spyrale 1 l/ha + Airone SC<sup>(1)</sup> 2,75 l/ha en comparaison avec celle de droite traitée uniquement avec Spyrale 1 l/ha.

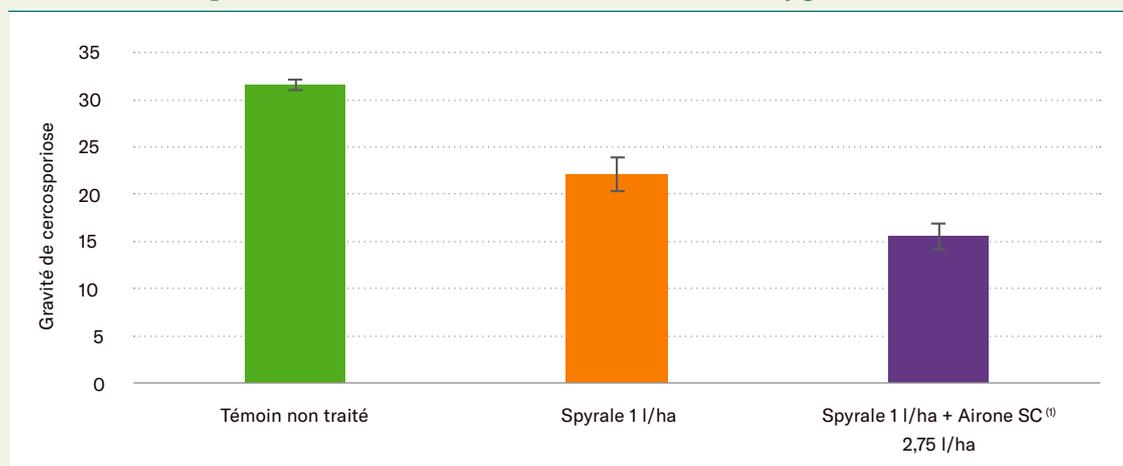
En orange, au centre de la figure, la modalité avec uniquement le Spyrale n'a réduit que partiellement la maladie. La gravité représente le pourcentage de la surface foliaire de la parcelle atteinte par la maladie. La maladie a profité du climat chaud et humide de 2024 pour se développer en fin d'été.

D'un point de vue réglementaire, l'approbation des composés à base de cuivre a été renouvelée par la Commission européenne en 2018 pour une durée de 7 ans. Aujourd'hui, le renouvellement de l'homologation de la molécule de cuivre, au niveau européen, est toujours en cours. La procédure a pris du retard et ne pourra vraisemblablement pas se conclure fin 2025 comme initialement prévu. La réponse de l'administration française sur la demande d'homologation du produit sur betterave devrait suivre.

(1) Le produit Airone SC à base d'hydroxyde et d'oxychlorure de cuivre a obtenu pour la betterave industrielle une dérogation 120 jours du 1<sup>er</sup> juin au 29 septembre 2025.

(2) Pour les sols artificiellement drainés, l'autorisation du Spyrale est limitée à 0,9 l/ha avec un seul passage par an (ZNT 20 m et DVP 5 m).

## Gravité de cercosporiose dans un essai ITB en 2024 dans le Loiret (figure 3)



Dans cet essai sur une variété sensible (Aigle), la gravité de la maladie est quantifiée au cours du temps (AUDPC). Le témoin non traité est représenté par la barre verte. La modalité avec Spyrale 1 l/ha seul est en orange. En violet est représentée la modalité qui associe Spyrale 1 l/ha avec 2,75 l/ha d'Airone SC<sup>(1)</sup>. Cette dernière modalité a obtenu la meilleure performance.

L'ensemble des conseils de l'ITB sont à retrouver dans le Pense-Betterave, disponible gratuitement sur itbfr.org



## CE QU'IL FAUT RETENIR

- Les variétés très tolérantes, protégées contre la cercosporiose, ont confirmé leur productivité en 2024.
- L'alternance des matières actives dans les programmes fongicides est un des moyens de limiter l'apparition des résistances.
- Le produit Propulse à base de prothioconazole et de fluopyram a été homologué en août 2024 sur la culture de la betterave.
- Le produit Airone SC<sup>(1)</sup> obtient de bonnes efficacités dans la lutte contre la cercosporiose. Cette spécialité est utilisable grâce à une dérogation 120 jours du 1<sup>er</sup> juin au 29 septembre 2025.
- L'ITB et l'ANSES poursuivent leurs travaux sur la résistance de la cercosporiose.

CONSEILS DE SAISON

# Irriguer ses betteraves au bon moment

L'utilisation de l'outil Irribet, développé par l'ITB, couplé à une stratégie d'irrigation adaptée, permet de déclencher les tours d'eau au bon moment.

Irribet permet de savoir quand il est opportun de déclencher des tours d'eau. Cet outil d'aide à la décision est disponible gratuitement sur le site internet de l'ITB, [www.itbfr.org](http://www.itbfr.org), dans la rubrique « Outils ».

À partir du réservoir en eau utilisable par la betterave et de données météorologiques, il indique, à un pas de temps journalier, la réserve en eau disponible, et son positionnement par rapport à la réserve de survie. En-dessous de cette limite, la betterave sucrière subit un stress hydrique, préjudiciable à l'élaboration de son rendement : il est alors utile de déclencher un tour d'eau. Afin de l'anticiper, Irribet calcule ce bilan hydrique avec une projection à 10 jours sans pluie, et en considérant une valeur d'évapotranspiration potentielle égale à la moyenne des trois derniers jours.

## Renseigner les bonnes informations pour obtenir un conseil fiable

La fiabilité de ce bilan hydrique repose sur la qualité des données d'entrée renseignées. Pour cela, l'ITB a augmenté le nombre de stations météorologiques mises à disposition pour se rapprocher au mieux des conditions de chaque parcelle.

Par ailleurs, pour la pluviométrie, susceptible de varier fortement à une échelle géographique très restreinte, il est possible de renseigner ses propres données. Une fonctionnalité d'ajout d'une donnée ponctuelle est mise à disposition, utile par exemple en cas d'orage non détecté par la station renseignée. De plus, il est possible d'importer des fichiers de données issus de stations météorologiques

CHIFFRE CLÉ

+ de  
**2 t/ha**

c'est le gain moyen de rendement à 16° observé sur betterave en Centre-Val de Loire pour 10 mm d'eau d'irrigation apportés.

personnelles grâce à une simple fonction de copier-coller des données. Pour les données manquantes, la station renseignée par défaut au moment de la création de la parcelle prend le relais.

L'autre paramètre primordial est l'estimation du réservoir en eau utilisable par la betterave. Un tableau d'aide est renseigné lors de la création d'une nouvelle parcelle. La sollicitation d'experts locaux peut aussi être une aide précieuse. Une erreur importante sur ce paramètre peut engendrer des écarts conséquents sur les résultats obtenus et surestimer ou sous-estimer le nombre de tours d'eau à réaliser.

## Combiner l'utilisation de l'outil à une bonne stratégie d'irrigation

La lecture de ce bilan hydrique doit être couplée à une stratégie d'irrigation dépendant notamment des contraintes de matériel et d'éventuelles restrictions sur les volumes d'eau. Les essais conduits par la délégation ITB Centre-Val de Loire étudient plusieurs modalités d'irrigation pour répondre aux interrogations des agriculteurs betteraviers.

Dans cette région, l'intérêt de l'irrigation des betteraves sucrières a été démontré et les gains de rendement ont été établis expérimentalement par la délégation ITB. Sur les 24 essais conduits entre 2006 et 2024, avec des déclenchements des tours d'eau réalisés sur la base du bilan hydrique Irribet, un gain moyen d'environ 1 060 €/ha est observé, pour un prix de betterave fixé à 40 €/t et un coût de l'eau de 3 €/mm.

En cas de volumes d'eau disponibles restreints, la

réalisation de tours d'irrigation précoces sur les essais conduits par la délégation a globalement été bien valorisée. Sur 13 essais pilotés avec Irribet, avec un arrêt de l'irrigation autour du 5-15 juillet, un gain moyen d'environ 720 €/ha est constaté, selon les mêmes hypothèses de calcul.

Concernant la date de fin d'irrigation, des réponses très variables sont obtenues en fonction des conditions, comme le montre la *figure 1*. Le réseau d'essais teste une modalité avec des tours d'eau qui sont déclenchées au-delà du 15 août environ. La médiane du gain moyen permis par ces tours d'eau est proche de 0 €/ha, avec les mêmes hypothèses de prix que celles retenues précédemment. Mais la variabilité des résultats est très grande. Lors d'années où des relais de pluie de plusieurs dizaines de millimètres sont observés au mois de septembre, les derniers tours d'eau sont finalement très mal valorisés, et entraînent un gain de rendement racine insuffisant pour compenser la perte de richesse et le surcoût en eau. À l'inverse, des années où ces relais de pluie sont peu conséquents, ces derniers tours d'eau peuvent être très bien valorisés. Il est donc délicat de prodiguer un conseil certain à l'échelle d'une année sur la date de fin des tours d'eau, compte tenu de l'incertitude liée aux prévisions météorologiques des semaines à venir.

## CE QU'IL FAUT RETENIR



**Irribet est un outil d'aide à la décision fourni gratuitement par l'ITB**, permettant de piloter l'irrigation des betteraves sucrières. **La qualité de l'outil repose sur des informations renseignées fiables.** Un réseau de stations météorologiques conséquent est mis à disposition et des données personnalisées peuvent être indiquées pour la pluviométrie. **En région Centre-Val de Loire**, l'intérêt économique de l'irrigation a été démontré grâce à des essais conduits annuellement.

## Comparaison des résultats économiques d'un arrêt tardif de l'irrigation par rapport à un arrêt conseillé (figure 1)

