

ACTUALITÉS

Comment lutter contre la cercosporiose ?

Le champignon *Cercospora beticola* constitue la principale maladie du feuillage dans les régions betteravières, ces dernières années en France. Ces deux pages sont consacrées à la stratégie de lutte et au choix des produits fongicides. Un nouveau document, la note commune betterave, donne une vision synthétique des problèmes de résistance.

Malgré un climat estival 2021 peu propice au développement des maladies du feuillage et de la cercosporiose en particulier, cette dernière s'est propagée à l'automne dans toute la France, confirmant la tendance des années précédentes. C'est désormais ce champignon qui déclenche le premier et le deuxième traitement fongicide sur l'ensemble des régions betteravières.

Une stratégie en trois étapes

En premier lieu, semer une variété tolérante demeure la mesure la plus efficace contre cette maladie. Une variété appropriée procure une plus grande flexibilité dans les traitements fongicides. Cela évite souvent un traitement supplémentaire et un moindre développement automnal des symptômes.

Ensuite, positionner précisément les traitements fongicides est primordial : il s'agit d'observer les symptômes dans chaque parcelle et de respecter les seuils d'intervention. L'Outil d'Aide à la Décision « Alerte Maladies » informe en temps réel sur l'apparition des maladies (plus de détails sur cet OAD dans la dernière page de ce cahier technique). Concernant la cercosporiose, le seuil pour le premier traitement est de 5 % de feuilles avec présence de symptômes pour la bordure littorale, et de 1 % pour les autres régions. Pour les deuxième et troisième traitements, les seuils sont respectivement de 20 et 25 % pour toutes les régions. Dernier point, le choix du produit doit être adapté à la maladie présente.

La figure ci-dessous, réalisée sur la base des essais de l'ITB, représente la performance des produits,

Suite en page suivante →

➔ Deux variétés présentant des différences de tolérance vis-à-vis de la cercosporiose dans le Loiret.

CHIFFRE CLÉ

1 l/ha

Dose du produit Spyrale (0,9 l/ha pour les sols artificiellement drainés).



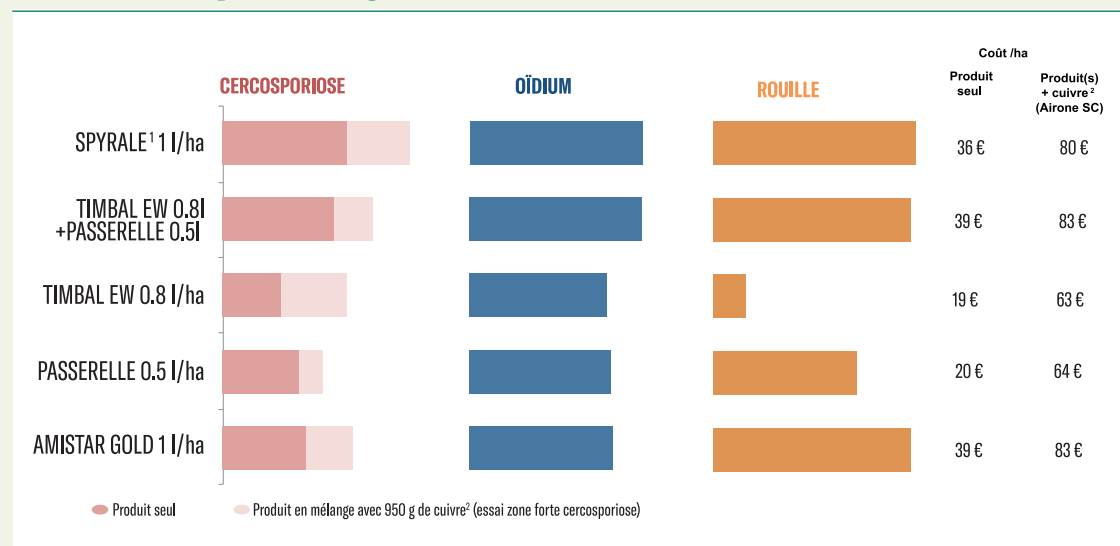
PROJET RECIFE : MIEUX CONNAÎTRE LES RÉSISTANCES

Les résultats ont montré que la résistance de *Cercospora beticola* aux strobilurines était généralisée et forte. Les spécialités à base de cette molécule sont donc déconseillées contre la cercosporiose. Concernant les triazoles, la majorité des souches présente une résistance croisée entre les différentes molécules de cette famille. Néanmoins, la proportion de spores résistantes au sein d'une population (mélange de spores présentes sur un lieu de prélèvement) est variable selon les substances actives. La performance des spécialités fongicides peut donc varier localement en fonction de la structure des populations de cercosporiose. Afin d'optimiser l'efficacité des traitements, l'alternance des molécules, ainsi que leur utilisation à leur dose d'homologation, sont nécessaires. Les résultats de ce projet ont été publiés en 2021 dans les numéros

1130 et 1139 des Cahiers Techniques du Betteravier français. Ils sont téléchargeables sur le site de l'ITB. Les travaux de Recife ont été réalisés en collaboration avec l'Inrae et l'Anses.



Performance des produits fongicides



Sur ce graphique, plus la barre est longue, plus le produit est performant (efficace et persistant) pour la maladie cible. Pour les traitements contre la cercosporiose, l'utilisation de produits à base de strobilurine (Amistar Gold) ou de triazole solo (Timbal EW ou Passerelle) est déconseillée.

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

2. Le produit Airon SC (à base de cuivre) mélangé avec un produit traditionnel (triazole à pleine dose selon la réglementation en vigueur) a permis en 2021 d'améliorer l'efficacité des traitements contre la cercosporiose.

ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES

- **L'ITB, avec l'appui de la société Phyteurop**, a demandé une dérogation d'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) de 120 jours pour le produit Airon SC. La réponse de l'administration est attendue dans les prochains jours.
- **Les produits à base de cyproconazole** (Zakéo Xtra, Azerty Xtra...) sont désormais PPNU (Produits Phytosanitaires Non Utilisables). Leur application est donc désormais interdite.



ITB

maladie par maladie. Afin d'éviter l'apparition de résistances et d'optimiser l'efficacité des produits, les doses d'homologation doivent être respectées. En cas de forte pression de cercosporiose, l'ajout au mélange fongicide du produit Airone SC à base de cuivre contribuera à mieux protéger la culture. Attention, l'usage de ce produit requiert une dérogation de 120 jours déposée par l'ITB et est encore en cours d'instruction (voir encadré sur les évolutions réglementaires).

Une note commune en betterave

Une note commune à l'Inrae, l'Anses et l'ITB, intitulée « Gestion des résistances des bioagresseurs aux produits phytopharmaceutiques en culture de betterave sucrière » a été publiée en avril de cette année. Ce document fait le point sur les bioagresseurs de



Présence de cercosporiose dans un essai fongicide du Nord-Pas-de-Calais.

CHIFFRES CLÉS

3

sections dans la note commune betterave : fongicides, insecticides, herbicides.

3

partenaires dans la note commune betterave : INRAE, ANSES, ITB.

la betterave qui ont posé problème au cours de l'année 2021 et sur les résistances aux produits phytopharmaceutiques utilisés. Cette note a pour objectif d'aider les agriculteurs à réduire les résistances déjà installées (gestion) ou de limiter le risque de sélection de nouvelles résistances (prévention) en utilisant des méthodes prophylactiques (variétés tolérantes, désherbage mécanique...), l'association de modes d'action différents ou leur alternance. En effet, l'utilisation répétée de produits phytopharmaceutiques peut mener à sélectionner des individus résistants de plus en plus nombreux. Ce risque est d'autant plus grand que le même mode d'action est toujours utilisé. Cette note est divisée en 3 sections : maladies du feuillage, insectes et adventices. Chacune d'entre elles présente le même plan : bilan épidémique de la campagne 2021, méthodes de lutte prophylactiques, état des lieux des résistances et recommandations.

Concernant la section maladies du feuillage

Les résultats présentés dans le cadre du projet Recife ont permis d'élaborer un tableau avec les différentes substances actives. Pour chacune d'entre elles (homologuée ou retirée du marché), des précisions sur le type de résistance et le mécanisme associé, la tendance observée en 2021, l'efficacité du mode d'action et les recommandations générales pour 2022 ont pu être mentionnés. Un état des lieux des résistances pour les autres maladies du feuillage est également indiqué.

Les prochaines spécialités homologuées avec un autre mode d'action ayant une efficacité contre la cercosporiose seront à utiliser en priorité.

En annexe de cette note, sont présentés les différents modes d'action des produits phytopharmaceutiques utilisés en betterave ainsi que les cartographies des résistances aux produits chez les bioagresseurs de la betterave sucrière (la cercosporiose pour les fongicides, *Myzus persicae* pour les pucerons, ray-grass, vulpins des champs, chénopodes et atriplex pour les herbicides).

OÙ TROUVER LA NOTE COMMUNE BETTERAVE ?

Cette note est téléchargeable gratuitement :

- Sur le site internet de l'ITB : www.itbfr.org



- Sur le site R4P : Réseau de Réflexion et de Recherches sur les Résistances aux Pesticides : <https://www.r4p-inra.fr/fr/notes-communes/> Sur ce site, les notes communes des autres cultures sont également consultables.

COMPLÉMENT

La note commune : les autres sections

Ce document possède également une partie sur les insectes

ravageurs et une autre sur les adventices de la betterave.

A propos des insectes, les résistances concernent essentiellement le puceron vert *Myzus persicae*.

De nombreuses études et expérimentations montrent qu'ils sont résistants aux pyrèthres et aux carbamates. D'autres molécules sont donc à utiliser dans la lutte contre *Myzus persicae*.

À propos des adventices, ce sont les graminées et, en particulier, les vulpins et ray-grass qui sont concernées par les problèmes de résistance, notamment aux « dimes » et aux « fops ».

Dans ces situations, d'autres modes d'action ainsi que la lutte agronomique doivent être privilégiés. D'autre part, depuis 2019, des situations d'échec avec de fortes présences de chénopodes avant la récolte montrent une

résistance aux modes d'actions de la métamitron ou du phenmédiphame.

Ces situations concernent quelques pourcents des surfaces françaises.

Dans ces parcelles, d'autres molécules efficaces sur les chénopodes doivent compléter le mélange herbicide.

Le désherbage mécanique peut également être employé si les conditions le permettent.

Le désherbage mécanique peut également être employé si les conditions le permettent.

Le désherbage mécanique peut également être employé si les conditions le permettent.

Le désherbage mécanique peut également être employé si les conditions le permettent.

Le désherbage mécanique peut également être employé si les conditions le permettent.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Afin de protéger au mieux les parcelles de betteraves contre la cercosporiose :

- **Consulter la note commune betterave** en suivant les recommandations 2022 : choisir une variété tolérante, ne plus utiliser de produits à base de strobilurines et privilégier l'alternance des modes d'action.
- **Respecter les seuils** et intervenir au bon moment d'apparition de la maladie.
- **Utiliser les produits** à la pleine dose d'homologation.

La note commune intègre également les préconisations concernant les insecticides et les herbicides.

Note commune betterave

Avril 2022

Note commune :
Gestion des résistances des bio-agresseurs aux produits phytopharmaceutiques en culture de betterave sucrière






Cette note, co-rédigée par des représentants d'INRAE, de l'Anses et de l'Institut Technique de la Betterave (ITB), dresse l'état des lieux de la nuisibilité des bioagresseurs de la betterave sucrière pour la campagne 2022 et de leurs résistances aux produits phytopharmaceutiques utilisés pour la contrôler. Cette note formule également des recommandations pour limiter les risques de sélection de résistance, maintenir une efficacité satisfaisante et éviter les applications inutiles. Elle se base d'une part sur la connaissance du statut des résistances dans les populations (occurrences et fréquences des résistances, régions concernées, pertes d'efficacité éventuelles), et d'autre part sur la connaissance des mécanismes de résistance et les caractéristiques des individus résistants (niveau de résistance, spectre de résistance croisée...).

Ces différentes informations sont issues :

- du projet de recherche RECIFE (2019-2021) co-réalisé par INRAE, l'Anses (laboratoire de Lyon) et l'ITB.
- des données de terrain, notamment issues d'essais d'efficacité en situation de résistance,
- des analyses en laboratoire issues de prélèvements effectués dans des parcelles,
- des communications de professionnels et des sociétés phytopharmaceutiques auprès des experts du groupe de travail,
- de la littérature scientifique.

Généralités sur les résistances et leur gestion

L'utilisation répétée de produits phytopharmaceutiques pour lutter contre les populations de bioagresseurs (champignons phytopathogènes, insectes ravageurs, adventices) exerce une pression de sélection qui peut aboutir à l'évolution de résistances vis-à-vis de ces produits. La résistance peut être définie comme la capacité héréditaire d'un individu d'une espèce de bioagresseur à survivre à un traitement phytopharmaceutique appliqué correctement. Lorsqu'un individu est résistant à un produit phytopharmaceutique, il ne sera pas (ou peu) affecté par le traitement, et sera capable de produire une descendance viable. On parle alors de résistance en pratique¹. La gestion des résistances nécessite en premier lieu de les connaître et de les surveiller. L'objet de cette note commune est de dresser un état des lieux des résistances des principaux bioagresseurs aux substances actives autorisées ou autorisées sous forme dérogatoires sur betterave.

¹ <https://www.r4p-inra.fr/fr/quest-ce-que-la-resistance-aux-ppp/>

RECHERCHE EN COURS

Cap sur 2022 pour le projet Cercocap

Les derniers travaux en matière de modélisation de la cercosporiose et de mesure automatisée des symptômes seront testés pendant cette campagne 2022, avant une diffusion de l'OAD en 2023.

Modélisation de l'évolution de la cercosporiose

Les travaux de prédiction de la cercosporiose ont été approfondis par l'Association de Coordination Technique Agricole (ACTA) afin d'anticiper sa dynamique en cours de saison. Une première synthèse bibliographique a été réalisée afin d'identifier les covariables agronomiques et météorologiques d'intérêt. En parallèle, une dizaine d'années d'observations avaient été compilées pour servir de référence aux algorithmes. Les essais menés par l'ITB ces 10 dernières années sont également intégrés au fur et à mesure pour consolider les analyses. Aussi, les données du modèle Safran de Météo France (maillage de 8 km) sont utilisées afin d'avoir les informations les plus précises possibles pour chaque parcelle sur tout l'historique considéré. L'Acta avait déjà travaillé sur l'estimation de la précocité et de la sévérité des épidémies en utilisant des algorithmes de type « forêt aléatoire » et « gradient boosting ». Ces derniers mois, d'autres méthodes ont été mises en place pour prédire au jour le jour l'évolution des symptômes de cercosporiose. Les réseaux de neurones convolutifs ont été choisis pour leur capacité à modéliser ces phénomènes temporels, tout en restant relativement simples à paramétrer. Le taux d'erreur actuel est d'environ 5 % mais doit



Une des caméras connectées utilisée.

CHIFFRES CLÉS

5 %

c'est le taux d'erreur actuel du modèle épidémiologique.

60 %

C'est le taux de reconnaissance de la cercosporiose à l'échelle du pixel.



ITB

être confronté à des tests en conditions réelles.

Agrandissement du réseau de capteurs

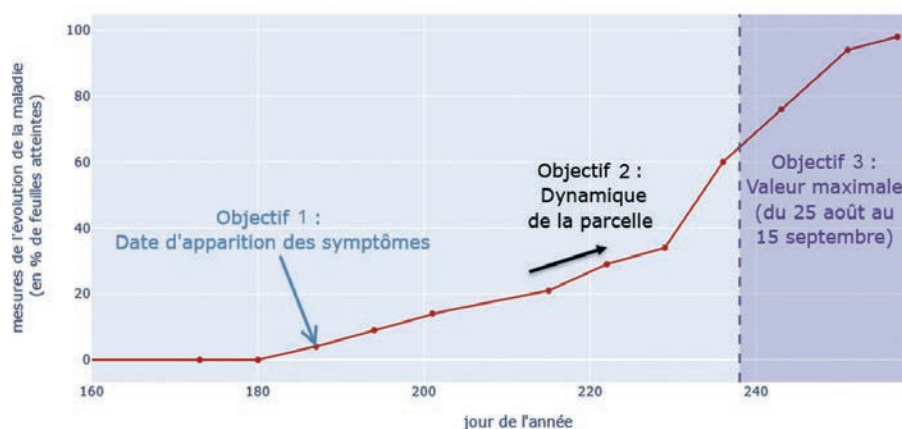
La quantification autonome des symptômes de la maladie vient en complément de la modélisation. En effet, l'utilisation de capteurs connectés permet de surveiller un plus grand nombre de parcelles sans mobiliser plus d'observateurs. Plusieurs fois par jour, des appareils photos fixes prendront des images du couvert des betteraves situées juste en dessous d'eux. La haute définition des capteurs couvre une zone d'environ 1 m² tout en assurant une résolution suffisante des symptômes larges de quelques millimètres. Ces images seront envoyées par 3G jusqu'aux serveurs de l'ITB, où elles seront analysées par des algorithmes entraînés à reconnaître les taches de cercosporiose (voir encadré). Les résultats obtenus pourront alors enrichir les réseaux d'observation classiques comme celui du BSV et alimenter

Suite en page suivante →

L'APPRENTISSAGE PROFOND POUR LA RECONNAISSANCE DES SYMPTÔMES

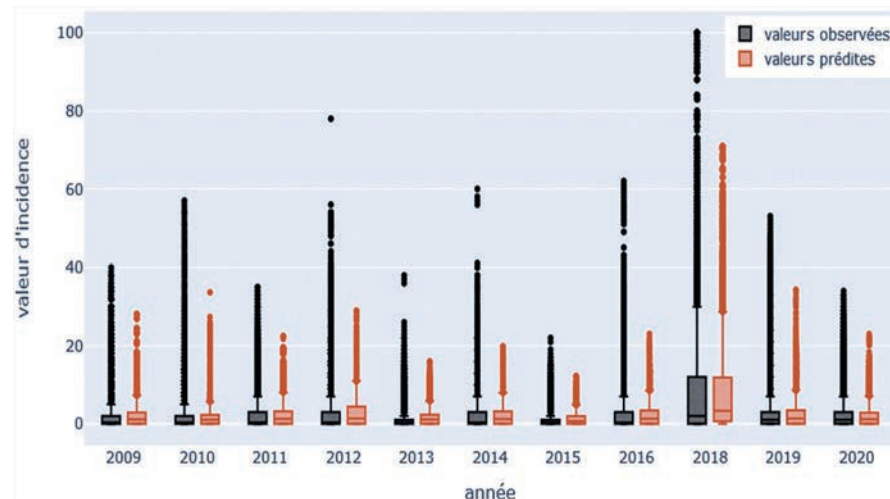
Le « deep learning » est l'utilisation d'algorithmes très complexes (d'où le terme profond) constitués de neurones artificiels connectés en réseau. Ces techniques ont révolutionné l'analyse d'image au cours des dix dernières années, grâce à leur précision. Elles sont également plus simples à mettre en œuvre car leur apprentissage est automatisé. Cependant, il faut fournir un jeu d'entraînement fiable et très varié pour que le modèle puisse généraliser son apprentissage. Concrètement, pour Cercocap, cela consiste d'abord à récolter des milliers d'images de betteraves atteintes par la cercosporiose, ou saines, dans de multiples conditions de culture et de prises de vue. Commence ensuite un travail long et minutieux d'annotation, où il faut identifier sur les images les plus intéressantes la nature de chaque pixel. Cette association entre les images de feuilles et la segmentation de la maladie va servir de cible d'entraînement à des modèles inspirés des dernières publications. Les experts de l'Université d'Angers supervisent ce travail et optimisent les paramètres de l'algorithme et la diversité des images fournies. Des ordinateurs puissants sont mobilisés afin de manipuler une grande quantité de données et de réaliser rapidement une aussi grande quantité de calculs. Le précédent modèle, qui atteignait déjà les 60 % de précision, est ainsi en voie d'amélioration grâce à l'ajout de nouvelles données. En même temps, on « augmente » les images en reproduisant artificiellement des variations naturelles pour aider les algorithmes à généraliser leur entraînement : changement de luminosité, position des symptômes, rotation des feuilles... Une fois éprouvé sur les photos prises par les caméras connectées, le modèle sera intégré à une API afin de pouvoir être utilisé en cours de campagne sur les images acquises en temps réel. Ses performances pourront encore être améliorées au fil des années.

Objectifs de la modélisation (figure 1)



La dynamique d'évolution de la cercosporiose se compose de plusieurs caractéristiques. Le travail de modélisation a permis de modéliser successivement la date d'apparition, la fréquence maximale, ainsi que la dynamique journalière. Ces indicateurs permettront d'adapter la surveillance des parcelles et de retarder des interventions trop précoces.

Validation des sorties du modèle épidémiologique (figure 2)



Comparaison des fréquences de feuilles touchées prédites par un modèle (orange) par rapport aux valeurs observées (noir), sur 10 ans. La distribution des différentes années est correctement estimée malgré une légèrement sous-estimation des fortes infestations

le modèle de prévision développé dans Cercocap. L'intégration de ces données acquises sur le terrain en temps réel permettra ainsi de diminuer l'incertitude des prédictions et de corriger d'éventuels biais grâce à des méthodes de couplage mathématique. Pour la campagne 2022, une vingtaine de parcelles seront équipées de ce dispositif et serviront à valider les algorithmes et la fiabilité opérationnelle de ce réseau de surveillance innovant.

L'Outil d'Aide à la Décision (OAD) en préparation

Le développement d'un outil d'aide à la décision permet d'intégrer de manière ergonomique les sorties des différents algorithmes tout en rendant possible la saisie des informations parcellaires. L'outil sera organisé en sous-modules

« L'outil développé dans le projet Cercocap prodiguera des conseils personnalisés »

interopérables permettant de récolter d'un côté les mesures de symptômes en temps réel, et de l'autre les résultats du modèle épidémiologique. Le couplage entre les deux permettra de diminuer l'incertitude sur les données météo et la physiologie de la maladie en recalant les calculs sur les observations au champ. De manière réciproque, les informations recueillies à un instant T sur les parcelles seront extrapolées grâce aux prévisions. Les capteurs connectés corrigeront le niveau de risque estimé de manière absolue, tandis que le modèle se projetera dans le temps et anticipera les contaminations. Ce découpage en API servira aussi potentiellement à l'avenir pour connecter un autre réseau de capteurs connectés, une source de données météo privée ou à enrichir un autre modèle. Une fois éprouvée, l'interface sera disponible gratuitement à partir du site de l'ITB. Chaque planteur pourra renseigner les caractéristiques déterminantes des parcelles : localisation, variété, date de semis... Celles-ci permettront de calculer les covariables utilisées par le modèle à partir des mesures météo et de la tolérance variétale. Les modèles seront ensuite actualisés pour estimer la dynamique

→ L'OAD intégrera les caractéristiques parcellaires, les données météo ainsi que les mesures issues de capteurs connectés.

Prototype d'OAD en développement



future de la cercosporiose au niveau de la parcelle. L'outil fournira un conseil personnalisé en fonction des informations saisies et du risque de baisse de productivité.

Le développement a commencé pour fournir une version de test cet été. Quelques utilisateurs pourront manipuler l'interface et faire des retours sur son ergonomie, la fiabilité des prédictions et la pertinence des conseils

prodigués. À partir de 2023, la version grand public prendra en compte ces évaluations et sera complétée par les modèles enrichis des observations des dernières campagnes.

« Le projet Cercocap bénéficie de la contribution financière du compte d'affectation spéciale de développement agricole et rural CasDar du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. »

ALERTE MALADIES PRÊT POUR LA CAMPAGNE 2022

Les betteraves vont parvenir au stade de sensibilité aux maladies foliaires. Bien que ce début d'été soit annoncé plus chaud et sec que la moyenne saisonnière, il faudra être vigilant pour ne pas se laisser dépasser par une attaque fongique.

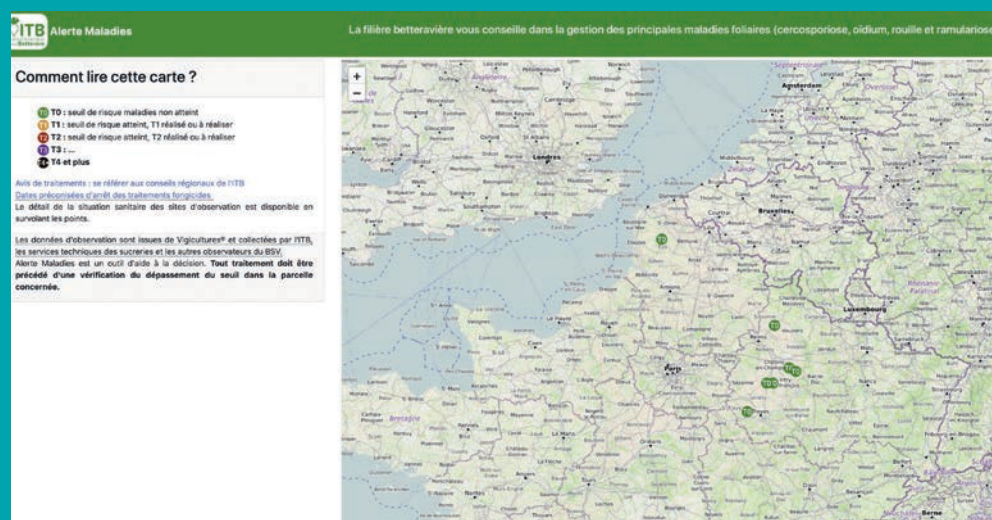
Des observations fiables

À partir de la couverture foliaire, l'ITB coordonne le réseau de suivi biologique du territoire en surveillant plus particulièrement les 4 maladies foliaires suivantes : cercosporiose, rouille, oïdium et ramulariose. Chaque semaine, les experts de la filière parcourent les parcelles des agriculteurs du réseau, identifient et estiment l'étendue des symptômes de maladies. Ces données sont remontées au niveau régional et vérifiées afin de déceler d'éventuelles erreurs de saisies ou d'identification, et de ne valider que les observations fiables.

Un outil interactif

pour la visualisation du risque

Fort de ce maillage, l'OAD Alerte Maladies vous propose une carte interactive de la situation sanitaire. Plusieurs fois par jour, les dernières informations sont récupérées et analysées par un algorithme. De manière automatisée, les valeurs sont vérifiées de nouveau et comparées aux seuils préconisés par la filière. Les seuils sont ainsi adaptés selon le renouvellement des traitements, la proximité de la bordure littorale et la date du début de la protection, conformément aux recommandations du Pense-Betterave. Ainsi, chaque parcelle suivie se voit attribuer un nombre de traitements conseillés qui évolue au cours de la saison et selon la pression observée. Comme les itinéraires culturaux et les conditions locales influent beaucoup sur le développement des bioagresseurs, la carte vous offre un aperçu de



chaque région et permet d'afficher la variété semée. Les pourcentages de feuilles touchées sont également disponibles, en survolant les points, afin de vérifier si un champ est plus ou moins proche du seuil d'intervention. Le site est accessible à tous, gratuitement, sans connexion ni inscription. Néanmoins, il ne se substitue pas à l'observation de ses propres parcelles avant de décider toute intervention.

Alerte Maladies est disponible sur www.itbfr.org, dans la rubrique «Outils»

