

LUTTE DE PRÉCISION CONTRE LA SEPTORIOSE DU BLÉ

DÉTECTER LE CHAMPIGNON avant qu'il ne s'exprime



Le spectrofluorimètre « scanne » la feuille de blé en laboratoire et met en évidence les métabolites fluorescents produits par la plante attaquée par la septoriose.

Quantifier la présence de la septoriose pendant sa phase asymptomatique d'incubation est une des voies pour améliorer la lutte contre ce champignon. Dans ce but, un projet de recherche vise à mettre au point un capteur optique de détection. À la clé, des applications au champ pour réduire l'usage des fongicides.

La septoriose, provoquée par le champignon *Zymoseptoria tritici*, est actuellement la maladie la plus dommageable sur le blé, en France et en Europe. Sa nuisibilité interannuelle moyenne est de 15 q/ha. Elle peut monter jusqu'à 50 q/ha dans les situations les plus exposées. Les traitements fongicides sur blé représentent aujourd'hui le moyen de lutte le plus efficace avec la résistance variétale. Leur raisonnement au plus proche des besoins réels peut apporter des économies significatives de

traitements sans perte de performance technique. L'outil d'aide à la décision « Septo-LIS » existe dans ce but (1). Il est basé sur des prédictions agroclimatiques du développement simultané de la plante hôte et de l'épidémie. Les règles de décision utilisées s'appuient sur la prévision des quantités de symptômes en incubation. La plus-value de cet outil réside dans la caractérisation

« La quantité de métabolites est une mesure efficace pour prédire le moment où les symptômes vont fortement se développer. »

de la phase présymptomatique, particulièrement longue, entre deux à quatre semaines (figure 1), les produits étant plus efficaces lorsqu'ils sont appliqués durant cette phase.

Tout modèle possède une erreur intrinsèque car il peut difficilement tenir compte de tous les effets locaux de micro-climat, de variabilité des populations, d'inoculum, etc. Les expérimentations

Les bases d'un capteur optique sont posées

Le projet MiCODetect s'est déroulé de 2011 à 2013, autour d'un consortium de plusieurs instituts de recherche : ARVALIS, Force-A et l'Institut de Biologie des Plantes (IPS2) de l'Université Paris-Sud et du CNRS. Il a bénéficié du soutien du ministère de l'Agriculture, dans le cadre de l'appel à projets « Recherche finalisée et Innovation dans les instituts techniques agricoles » de 2010.

ARVALIS a apporté son expertise de terrain sur la lutte contre la septoriose et l'expérimentation au champ. La société Force-A est spécialisée dans le développement de capteurs agricoles basés sur la fluorescence. L'IPS2 a une compétence unique en France sur le métabolisme des plantes infectées par des champignons phytopathogènes. Le projet a confirmé la faisabilité d'un tel capteur pour la septoriose et déterminé les éléments techniques de celui-ci. Les partenaires cherchent aujourd'hui de nouveaux financements pour préciser le cahier des charges, au travers d'expérimentations supplémentaires, et bâtir un prototype à tester au champ.

d'ARVALIS ont démontré qu'une quantification par biologie moléculaire (PCR quantitative) peut prédire avec succès le développement ultérieur de la maladie sur un étage foliaire donné, corrigeant ainsi en partie les erreurs du modèle. Mais cette technique moléculaire possède des limites opérationnelles, notamment du fait du temps nécessaire au traitement des échantillons par un laboratoire spécialisé. Les techniques de détection basées sur les signatures optiques se présentent comme le moyen le plus efficace de lever ces contraintes. Les réactions des plantes aux maladies se caractérisent souvent par la synthèse de métabolites secondaires possédant des propriétés de fluorescence. Ces propriétés pourraient servir à quantifier le champignon pendant sa phase asymptomatique d'incubation grâce à un capteur optique spécifique. Le projet « MiCODetect » a été mis en place dans ce but (encadré).

Une photographie en temps réel de la présence de la maladie

La démarche, dans le cadre d'un partenariat rassemblant plusieurs instituts de recherche (encadré), visait principalement à identifier une signature présymptomatique détectable par fluorescence de l'infection dans ses stades précoces. Ce travail a été réalisé en plusieurs étapes : identification des métabolites fluorescents en conditions contrôlées, validation au champ de la production de ces métabolites et de leur caractère prédictif de l'évolution des symptômes, évaluation du potentiel d'une mesure fluorimétrique.

Un protocole d'analyse transcriptomique et métabolomique de l'interaction blé-septoriose a identifié

SEPTORIOSE : une longue phase d'incubation

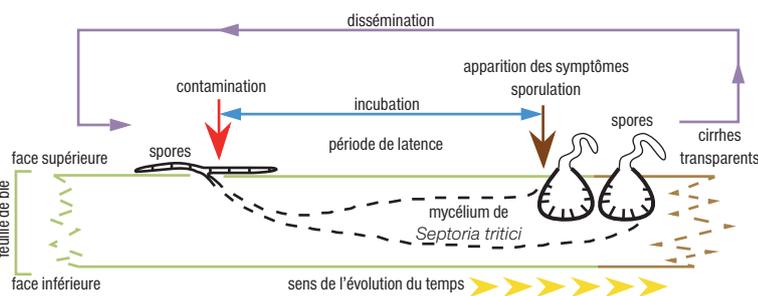


Figure 1 : Schéma synthétique du cycle de développement du champignon *Zymoseptoria tritici*.

plusieurs voies métaboliques induites lors d'une infection par *Zymoseptoria tritici*. Des plantes de blé ont été infectées en appliquant au pinceau sur les feuilles une solution de spores. Au fil des jours, avant et après l'apparition des symptômes, les feuilles ont été prélevées et broyées. L'analyse transcriptomique consiste à quantifier les ARN messager (molécule permettant à la plante d'exprimer les informations contenues dans ses gènes). On quantifie ainsi si, en réaction à l'infection, la plante essaye d'exprimer plus ou moins fortement certaines de ses capacités intrinsèques, comme celles de défense.

L'analyse métabolomique consiste à doser tous les composés chimiques que produit la plante (sucres, acides aminés, etc.). Trois métabolites de la voie du tryptophane (sérotonine, tryptamine et tryptophane) sont produits en quantité plus importante lors de l'infection. Ils émettent une fluorescence dans une gamme de longueur d'onde spécifique (figure 2). Il a été vérifié que cette production de métabolites est bien liée à l'infection et a lieu à des stades pertinents

80

% d'économie potentielle de produit de traitement ont été évalués dans une étude de cas sur la rouille jaune, en Angleterre, grâce à une modulation intraparcélaire.



Un capteur de détection de la présence de la septoriose ouvre des possibilités d'optimisation des traitements, avec des baisses d'utilisation de produit.



Une intégration complète du modèle agrométéorologique Septo-LIS avec le futur capteur optique offrirait une aide à la décision encore plus précise.

pour la mise en œuvre de traitements phytosanitaires. De plus, la quantité de métabolites est une mesure efficace pour prédire le moment où les symptômes vont fortement se développer. Au champ, les spectres ultra-violets de feuilles inoculées se distinguent bien de ceux de feuilles saines. Développer un capteur portable capable de mesurer les longueurs d'onde en question apparaît donc pertinent.

MESURE FLUORIMÉTRIQUE : des métabolites bien identifiables

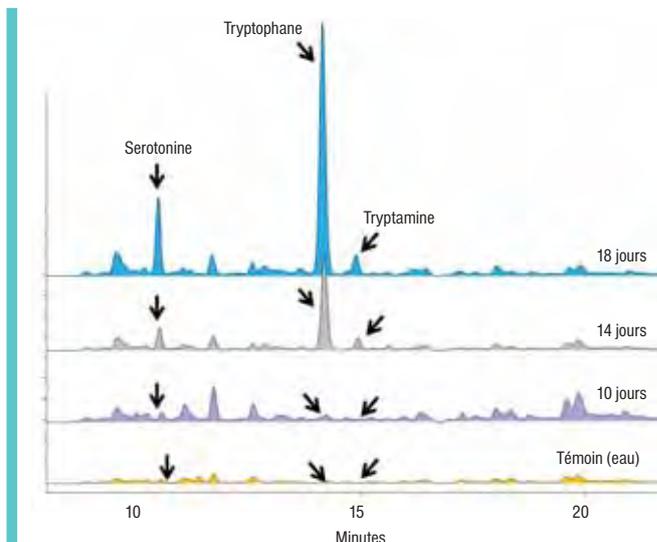


Figure 2 : Chromatogrammes montrant l'accumulation de trois métabolites fluorescents à 10, 14 et 18 jours après inoculation, en comparaison au témoin inoculé avec de l'eau.

De nombreuses perspectives d'application

Ce type de capteur pourrait compléter les outils d'aide à la décision pour améliorer leur précision. La mise en réseau de capteurs, dans le cadre du Bulletin de Santé du Végétal par exemple, apporterait une plus-value d'anticipation par rapport aux observations visuelles des symptômes actuellement utilisées. La modulation intraparcellaire de la dose de fongicides, en vue de leur réduction, serait également envisageable. Des travaux d'ARVALIS, menés avec la Chambre d'Agriculture d'Ile-de-France en 2008 (encadré), ont montré qu'au sein d'une même parcelle agricole des niveaux d'infestation très hétérogènes peuvent exister. L'optimisation des traitements contre la septoriose, première source de consommation de fongicides à l'échelle européenne, serait à même d'offrir des économies de produit évaluées entre 25 et 80 %.

Avant cela, il reste toutefois à définir les spécifications techniques du capteur, en particulier les meilleures longueurs d'onde à mesurer pour établir une équation de prédiction du développement des symptômes. Acquérir un nombre de spectres suffisant pour calculer de telles équations est la prochaine étape majeure de recherche. Il sera aussi nécessaire de vérifier si l'induction de la voie métabolique, et la signature fluorescente qu'elle crée, est spécifique à *Zymoseptoria tritici*, ou si elle peut également être due à d'autres pathogènes. La robustesse de cette signature fluorescente, en fonction du niveau de résistance du blé et de virulence et/ou d'agressivité du pathogène, sera aussi à évaluer.

[1] Voir Perspectives Agricoles n° 365, mars 2010, p. 42 « Positionnement des traitements ciblant la septoriose : un enjeu de 5 q/ha ».

David Gouache - d.gouache@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS - Institut du végétal

Une pression maladie intra-parcellaire hétérogène

En 2008, ARVALIS et la chambre d'Agriculture Ile-de-France ont collaboré pour évaluer l'intérêt de la modulation des fongicides avec les outils d'agriculture de précision disponibles. Plusieurs parcelles présentant des hétérogénéités de biomasse ont été identifiées chez des agriculteurs. Des essais « courbes de réponse » aux fongicides, avec des observations régulières de maladies, ont été réalisés. Il a été mis en évidence qu'au sein d'une même parcelle agricole coexistent des zones où l'optimum technico-économique est atteint pour une dose proche de la pleine dose et d'autres zones où aucun traitement n'est justifié, car la pression maladie y est inexistante.