

FICHE DE RECUEIL DES FAITS MARQUANTS DES DEPARTEMENTS/CENTRES/METAPROGRAMMES

(Renseigner une fiche par fait marquant, classification des rubriques en annexe)

Année concernée : 2019

Fiche envoyée par : MIA / INRA Jouy-en-Josas

Priorité attribuée au FM (à renseigner par le CD/PC/Directeur de MP) :

Titre du fait marquant : L'utilisation régionale des fongicides structure les dynamiques de résistance aux fongicides chez *Zymoseptoria tritici*, agent de la septoriose du blé.

Catégorie: <https://doi.org/10.1002/ps.5360>

Publication (indiquer le DOI) , Colloque, Partenariat, ESCO/prospective/étude, Innovation/invention/brevet (indiquer le numéro de brevet/COV), Prix/distinction, Inauguration/lancement, Autres : précisez)

Contact : florence.carpentier@inra.fr

Unité : MalAGE

Département : MIA

Centre INRA de Recherche : Jouy-en-Josas

Méta-programme (si adapté): SMACH

Priorité principale du Document d'Orientation:

Priorité complémentaire du Document d'Orientation (pas plus d'une) : #3Perf-2

Plan d'action (si adapté) :

Metaprogramme (si adapté) : SMACH

Mots-clés (rubrique libre) : Résistance, fongicides, Modélisation, Statistiques, Dynamique spatiotemporelle, Durabilité.

Résumé (10 lignes) :

La gestion de la résistance des champignons pathogènes des plantes aux fongicides est un enjeu majeur en agriculture car elle constitue un frein à la réduction des traitements. Afin de mieux caractériser l'évolution de ces résistances, qui reste encore mal comprise, nous avons

étudié un jeu de données unique par son échelle spatiale mais aussi temporelle. Il consistait en 70 essais annuels pendant 13 ans des performances des fongicides utilisés pour lutter contre la septoriose du blé sur l'ensemble de la France. Les modèles statistiques que nous avons développés ont montré une évolution des résistances très contrastée spatialement. En particulier, les quantités de fongicides utilisées à l'échelle régionale modifient la dynamique d'évolution des résistances. Ainsi, nos résultats montrent que développer des stratégies de gestion coordonnées à l'échelle du territoire améliorerait la gestion de ces résistances.

Contexte et enjeux :

L'agriculture moderne repose fortement sur les produits phytopharmaceutiques. La réduction de leur utilisation est devenu un enjeu socio-environnemental majeur. Un des frein à cette réduction est la résistance à ces traitements. Cependant, l'optimisation des stratégies de lutte chimique limitant le développement des résistances reste complexes car leur évolution dans le temps ou l'espace est encore mal connue.

Depuis 2004, le réseau « Performance », coordonné par l'INRA et ARVALIS - Institut du végétal, met en place sur plus de 70 sites en France des essais pour évaluer les performances des fongicides utilisés pour lutter contre une des maladies majeures du blé, la septoriose (*Z. tritici*). L'enjeu de nos travaux était d'analyser ce jeu de données unique par son étendue temporelle et spatiale mais aussi de par le nombre de phénotypes de résistances observés (4 mode d'actions). D'un point de vue statistique, l'enjeu était d'intégrer aux modèles une composante spatio-temporelle permettant de comprendre la dynamique d'évolution temporelle des résistances à l'échelle du territoire français en réponse à l'intensité et la répartition des traitements fongicides.

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du projet SMACH Fondu, portant sur la gestion durable des fongicides à l'échelle des territoires, et s'appuient sur une collaboration entre les unités MalAGE et BIOGER au travers de la thèse de M. Garnault (CIFRE - BAYER).

Résultats :

Nous avons tout d'abord montré que les dynamiques spatiotemporelles des résistances sont très différentes selon le mode d'action des fongicides considérés : (i) nous avons mis en évidence à la fois des distributions spatiales stables dans le temps (e.g. Figure 1) mais aussi des fronts de colonisation (e.g. Figure 2) et (ii) des taux de croissances très différenciés entre régions et modes d'actions.

Nous avons ensuite montré que l'utilisation des fongicides à une échelle régionale est le facteur principal structurant la dynamique des résistances. Nous montrons aussi que la surface de blé cultivée en agriculture biologique ainsi que la *fitness* des phénotypes résistants ont aussi un effet, bien que beaucoup plus modéré, sur cette dynamique. Finalement, les valeurs prédites par notre modèle correspondent aux structures spatiotemporelles observées sur le terrain (Figures 1 et 2) ce qui valide nos résultats.

Perspectives : Dans la poursuite de ces travaux, nous souhaiterions améliorer la prédiction de l'évolution des résistances, à la fois des résistances actuelles, mais aussi des résistances futures en intégrant dans notre modèle la sensibilité des pathogènes aux fongicides, mesurée à partir de données expérimentales.

Valorisation : 1 article :

Garnault, M., Duplaix, C., Leroux, P., Couleaud, G., Carpentier, F., David, O., & Walker, A. S. (2019). Spatiotemporal dynamics of fungicide resistance in the wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* in France. *Pest management science*.

Illustrations (au format jpg, avec légende, auteur de la photo, et copyright s'il y en a un)

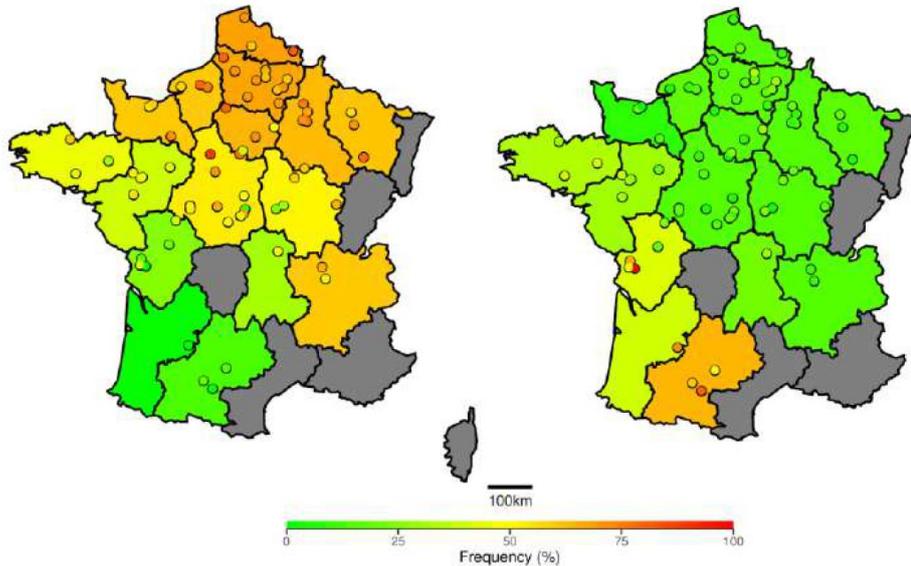


Figure 1 : **Carte des fréquences de résistances observées et prédites pour les phénotype de résistance aux triazoles (i.e. fongicide) en 2008.** Les observations sont représentées par des points, leur couleur indique la fréquence observées dans l'essai. La couleur des régions représente la valeur prédite par le modèle. A gauche : phénotype TriR6 A droite : phénotype TriR7-TriR8



Figure 2 : **Carte des fréquences de résistances observées et prédites pour le phénotype de résistance aux strobilurines (i.e. fongicide) de 2005 à 2007.** Les observations sont représentées par des points, leur couleur indique la fréquence observées dans l'essai. La couleur des régions représente la valeur prédite par le modèle.

CLASSIFICATION

Priorités du Document d'Orientation (voir <http://2025.inra.fr/>)

[#Global] L'ambition globale d'atteindre la sécurité alimentaire dans un contexte de transitions

- **#Global-1** : Des transitions globales assumées
- **#Global-2** : La disponibilité des bio-ressources gérée aux différentes échelles
- **#Global-3** : Une vision intégrée des comportements, des marchés et des échanges
- **#Global-4** : Des approches territorialisées au service d'une compréhension générique des performances des systèmes alimentaires

[#3Perf] Des agricultures diverses et multi-performantes

- **#3Perf-1** : L'agro-écologie mobilisée au service de la multi-performance des agricultures
- **#3Perf-2** : D'autres leviers biologiques et technologiques pour la multi-performance
- **#3Perf-3** : L'évaluation multicritère pour objectiver les performances
- **#3Perf-4** : Des transitions comprises et facilitées

[#Climat] Les systèmes agricoles et forestiers face au défi climatique

- **#Climat-1** : L'adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique
- **#Climat-2** : La maîtrise de la contribution de l'agriculture et de la forêt à l'effet de serre
- **#Climat-3** : La conservation de la biodiversité et la valorisation des services
- **#Climat-4** : La préservation et la valorisation des ressources en eau et en sol

[#Food] Une alimentation saine et durable

- **#Food-1** : De nouveaux systèmes alimentaires territorialisés, notamment urbains
- **#Food-2** : Les systèmes alimentaires alliés de la santé
- **#Food-3** : Les qualités des aliments élaborées dès l'amont

[#BioRes] Des bio-ressources aux usages complémentaires

- **#BioRes-1** : Le développement des biotechnologies vertes et blanches
- **#BioRes-2** : L'apport des biotechnologies et des procédés pour de nouvelles ressources adaptées aux usages
- **#BioRes-3** : La conception de systèmes bioéconomiques

[#OpenScience] Une science ouverte grâce au numérique

- **#OpenScience-1** : Des infrastructures de recherche connectées
- **#OpenScience-2** : Une organisation des données pour le partage et la réutilisation
- **#OpenScience-3** : Des approches prédictives en biologie
- **#OpenScience-4** : De nouveaux modes de diffusion de la connaissance
- **#OpenScience-5** : Le métier et l'environnement du chercheur adaptés au numérique

[#OpenInra] Un acteur national de l'innovation ouvert dans les territoires

- **#OpenInra-1** : Une ouverture vers l'enseignement supérieur et un partenariat territorial renforcés
- **#OpenInra-2** : La mobilisation de toute l'expertise de l'Inra en appui aux politiques publiques
- **#OpenInra-3** : Le chemin vers l'innovation bénéficie d'un pilotage renforcé

- **#OpenInra-4** : La Science ouverte aux acteurs non-marchands de la société

[#Appui] Anticiper et accompagner les évolutions

- **#Appui-1** : Une organisation efficiente, agile, résiliente
- **#Appui-2** : Une stratégie de financement fiable et solidaire
- **#Appui-3** : Un Institut attractif et motivant pour ses agents
- **#Appui-4** : Les actions et les valeurs de l'Institut visibles et partagées par une communication externe et interne active
- **#Appui-5** : Un pilotage institutionnel efficace et partagé

Plans d'action

- **Ressources humaines et communication interne** : pour assurer l'attractivité et la cohésion d'une communauté de travail chargée d'une mission majeure de service public, en veillant à la motivation et à la qualité de vie au travail des agents titulaires, contractuels ou partenaires
- **Coopération avec l'enseignement supérieur** : pour décliner les thématiques prioritaires de l'Inra en stratégies scientifiques de sites, partagées avec nos partenaires dans les territoires, contribuant à faire de chaque grand site universitaire un pôle de rayonnement international sur les thématiques d'excellence de l'Inra
- **Innovation** : pour valoriser et élargir le formidable potentiel d'innovation de l'Institut, en combinant les disciplines, en co-construisant avec les acteurs des filières et des territoires, en valorisant nos infrastructures et en ciblant des domaines d'innovation prioritaires
- **Stratégie européenne et internationale** : pour décliner la stratégie scientifique de l'Inra avec un plan d'action visant à mobiliser nos principaux partenaires sur nos priorités au sein d'un réseau mondial de la recherche agronomique et alimentaire, et à assurer notre présence dans les institutions internationales
- **Prospective scientifique interdisciplinaire** : pour éclairer les futurs fronts de science, enrichir nos orientations, développer des actions incitatives, favoriser des partenariats scientifiques, économiques, disciplinaires ou de formation
 - ✓ Sciences pour les élevages de demain
 - ✓ Intégration des recherches (nexus) santé-alimentation-élevage
 - ✓ Agro-écologie
 - ✓ Approches prédictives en biologie et en écologie

Méta-programmes

- SMACH
- M2E-MEM
- GISA
- SELGEN
- DID'IT
- ACCAF
- EcoServ
- Glofoods