

Deux espèces de champignons se cachent derrière les symptômes de fusariose : l'une appartient au genre *Fusarium* l'autre à *Microdochium*.

Fusariose des épis de blé Le degré d'infection fonction de l'équilibre entre deux champignons

© ARVALIS-Institut du végétal

À l'origine de la contamination des blés par la fusariose, les champignons des espèces *Fusarium graminearum* et *Microdochium spp.* peuvent coexister sur une même plante. C'est ce qu'ont montré des travaux menés assez récemment par ARVALIS-Institut du végétal et l'INRA. L'équilibre entre les deux populations influe sur les qualités technologiques et sanitaires du grain ainsi que sur le niveau de récolte.

La fusariose de l'épi est une maladie du blé induite par un complexe de plusieurs espèces de champignons des genres *Fusarium* et *Microdochium*, ayant des caractères épidémiologiques différents. Certaines années, cette maladie peut occasionner des pertes importantes de rendement, mais surtout, elle peut s'accompagner de la production de mycotoxines dommageable pour la qualité sanitaire de la récolte.

En France, deux espèces dominent le complexe de la fusariose : *F. graminearum* et *Microdochium spp.* qui est représenté par *M. nivale* et *M. majus*. Les champignons attaquent les épis de blé lors de la floraison et provoquent, après 15 jours d'incubation, des symptômes semblables : il n'est donc pas possible de les distinguer ni d'anticiper un

éventuel risque sanitaire. Or si *F. graminearum* domine, il existe un risque important d'avoir une accumulation dans les grains de déoxynivalénoles (Don), toxine réglementée en Europe depuis 2006 pour les blés destinés à l'alimentation humaine et animale.

Une forme de coexistence possible

S'il est communément admis que *Microdochium* prend le dessus en cas de températures fraîches alors que *F. graminearum* est favorisé

1

Les facteurs agronomiques influencent aussi l'équilibre

L'équilibre des deux populations, *Microdochium spp.* et *Fusarium graminearum*, peut être également influencé par les choix de l'agriculteur en matière de variétés ou de traitements phytosanitaires. L'objectif étant d'éviter un décalage de flore dans un sens ou dans l'autre, il faut privilégier des fongicides à spectre d'action large. Pour les variétés, la question de leur sensibilité à *M. spp.* reste sans réponse aujourd'hui mais des travaux de recherche sont en cours en collaboration avec l'INRA afin de répondre à cette question (projet Ecofusa financé par le Casdar).

par des températures plus proches de 20 °C, les études plus fines montrent que l'équilibre entre ces deux espèces est plus complexe. Au niveau d'un territoire, la cartographie réalisée annuellement par Bayer CropScience sur des grains de blé analysés à la récolte provenant de parcelles d'agriculteurs non traitées révèle que sur un même département, les deux espèces peuvent être présentes mais en proportion différente. En 2012 par exemple, *Microdochium* était davantage présent à l'ouest alors que *F. graminearum* prenait le dessus dans les autres départements. Néanmoins, dans les années à fusariose, les deux espèces fongiques sont majoritaires simultanément.

Une domination se met souvent en place

En zoomant à l'échelle de la parcelle, la coexistence reste vraie. Des essais co-inoculés réalisés sur la station de Boigneville (1) ont montré que les deux champignons pouvaient être quantifiés sur les grains d'une même parcelle. En descendant plus finement à l'échelle de l'épi, les travaux menés par l'INRA de Grignon (2) ont confirmé qu'ils pouvaient se trouver sur un même épi voire sur le même épillet. Ils ont également montré que l'un des deux finissait par dominer l'autre. Il s'agit probablement de celui qui a réussi à s'implanter le mieux au départ, c'est à dire dans la grande majorité des cas de *F. graminearum*. Une analyse microbiologique réalisée à l'échelle de grains individuels déposés sur milieu nutritif (figure 1) a elle aussi confirmé que les deux champignons étaient potentiellement présents sur un même grain. Mais cette coexistence semble d'autant plus marquée que la pression exercée par *F. graminearum* est forte. À l'inverse, des lots fortement infectés par *Microdochium* comportent généralement très peu de *Fusarium*. Ce résultat suggère que la présence de *F. graminearum* peut favoriser l'infection par *Microdochium*. Il concorde en tout cas avec l'idée selon laquelle

***M. spp* disposant d'un faible pouvoir d'agressivité, une première infection de l'épi par *F. graminearum* faciliterait l'installation ultérieure de *Microdochium* en présence de conditions climatiques plus fraîches.**

M. spp dispose d'un faible pouvoir d'agressivité. Une première infection de l'épi par *F. graminearum* faciliterait ainsi l'installation ultérieure de *Microdochium* en présence de conditions climatiques plus fraîches. Ce résultat a été conforté par un essai de co-contamination réalisé en 2011 sur la station expérimentale de Boigneville.

Il a consisté à inoculer *F. graminearum* à l'épiaison puis *Microdochium* à floraison. Ce dernier s'est bien développé alors qu'une infection simultanée des deux espèces ou une première inoculation par *Microdochium* ont conduit à une nette dominance de *F. graminearum*.

Les températures discriminantes

L'équilibre entre les deux espèces est aussi modulé par le climat. Les deux champignons ayant a priori le même besoin en humidité, c'est la température qui constitue le fac-

Microdochium et Fusarium coexistent à l'échelle du grain

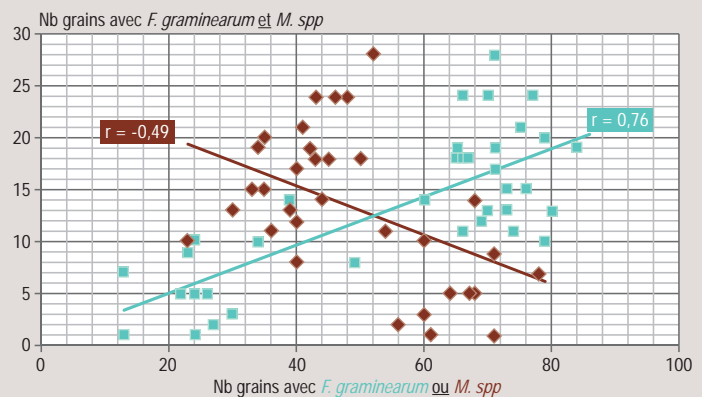


Figure 1 : Nombre de grains avec *F. graminearum* et *Microdochium spp* en fonction du nombre de grains présentant l'un ou l'autre de ces champignons. Source : essai co-contamination, Boigneville, 2012

Les essais menés au champ permettent de mieux connaître les comportements des champignons à l'origine de la fusariose.

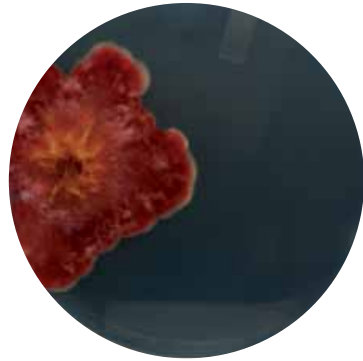
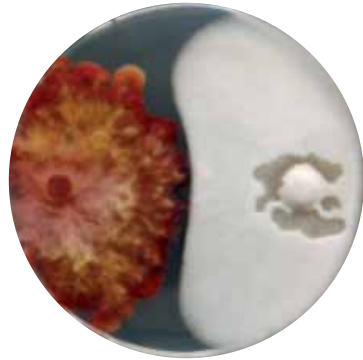




Microdochium majus est contrarié par le développement de *Fusarium graminearum*.



Sans contrainte d'humidité, les températures supérieures à 18 °C autour de la floraison semblent favoriser *F. graminearum*.



teur discriminant. Plusieurs expérimentations ont permis de mettre son rôle en évidence. Un premier essai a été conduit en conditions contrôlées en collaboration avec l'université de Padoue en Italie en 2009. *F. graminearum* et *M. majus* ont été mis en compétition sur un milieu favorisant leur croissance puis incubés 15 jours à 15, 20 ou 25 °C. L'observation visuelle des deux champignons a révélé que la croissance de *F. graminearum* était affectée par la température. Plus celle-ci est basse, plus la croissance est ralentie. La progression de *M. majus* est par ailleurs apparue contrariée par la présence de son compétiteur alors que *F. graminearum* continuait de croître normalement. Cela conforte la théorie selon laquelle mis en compétition simultanément, *F. graminearum* prend le dessus sur *M. spp.*

Des contaminations d'origines différentes

Alors qu'il est clairement établi que les spores de *F. graminearum* proviennent des débris de récolte présents à la surface des parcelles au moment de la floraison des blés, l'origine de l'inoculum de *M. spp* est beaucoup moins connue. Dans les pays tempérés, il fait de gros dégâts sur les gazons (fétuques, ray grass), notamment après un hiver rigoureux. Ce constat laisse imaginer un inoculum fortement présent en sortie d'hiver dans les gazons voire, de manière asymptotique, sur les blés. Il pourrait ensuite s'exprimer avec des symptômes sur feuilles et sur épis lors de floraisons et post floraisons pluvieuses avec des températures fraîches. Cette idée est renforcée par l'étude de la distribution des deux espèces sur les différents épis d'une parcelle, avec une distribution généralisée de *M. spp* tandis que *F. graminearum* est localisé sur certains épis, qu'il infecte fortement.

La fraîcheur réussit mieux à *Microdochium*

Trois années d'expérimentation au champ avec des parcelles témoins contaminées naturellement ont permis de confirmer ces résultats. L'humidité n'était pas limitante puisque l'ensemble de l'essai était brumisé durant 3 semaines après l'épiaison. Il a donc permis de mesurer plus spécifiquement l'effet de la température. Alors qu'en 2010 *F. graminearum* dominait, en 2011 *M. spp* était largement plus présent. Or en 2010, la floraison a eu lieu sous une température moyenne de 16 °C, avec 25 % de jours à plus de 18 °C et une fin de cycle plutôt chaude (56 % de jours à plus de 18 °C). Ces conditions correspondent bien à celles qui a priori favorisent *F. graminearum*. En 2011, la floraison s'est déroulée sous une température moyenne de 15 °C, donc plus faible, avec seulement 7 % de jours chauds et une fin de cycle fraîche (66 % de jours frais). Ces conditions sont plus propices au développement de *M. spp*, ce qui s'est bien vérifié. En 2012, un relatif équilibre entre les deux pathogènes a été constaté. De fait, la floraison s'est faite à une température moyenne de 17 °C, avec 50 % de jours à plus de 18 °C et une fin de cycle fraîche (66 % de jours frais). Ces conditions ont encouragé la co-dominance entre *F. graminearum* et *M. spp*. Sans contrainte d'humidité, les températures supérieures à 18 °C autour de la floraison semblent donc favoriser *F. graminearum* alors que les fins de cycle fraîches encourageraient le développement de *M. spp*.

Davantage de pertes avec *F. graminearum*

Les deux espèces produisant le même type de symptôme, il est difficile de déceler visuellement si leur présence simultanée renforce ou diminue la maladie, même lors d'inoculations contrôlées en serre. Les différents résultats exploitables montrent toutefois que les

Davantage de pertes de rendement avec *F. graminearum*

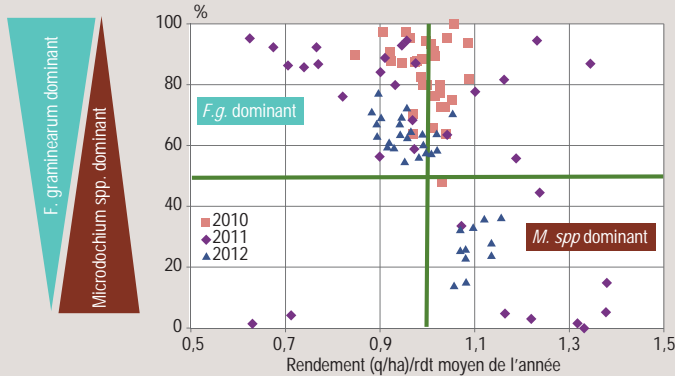


Figure 2 : Part de *F. graminearum* et *M.spp* en fonction du rendement relatif. Source : essais co-contamination, Boigneville

La présence de *Microdochium* n'augmente pas les concentrations en Don

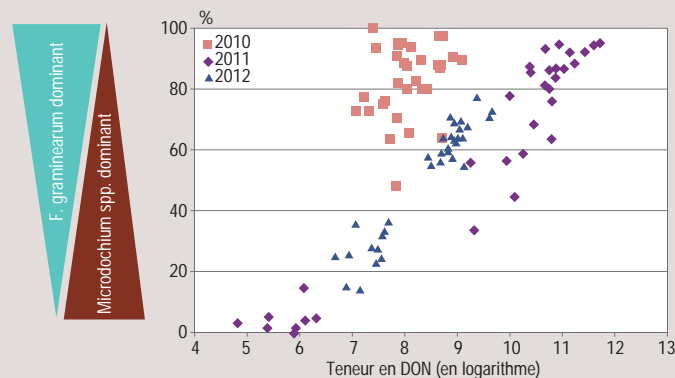


Figure 3 : Part de *F. graminearum* et *M.spp* en fonction de la teneur en DON exprimée en logarithme. Source : essais co-contamination, Boigneville

situations où *M. spp* domine apparaissent globalement moins symptomatiques.

À l'exception de 2010, où le niveau d'attaque global de l'essai était faible (moins de 30 % de grains infectés), le rendement s'est montré très nettement affecté lorsque *F. graminearum* était dominant (figure 2). Les pertes ont pu atteindre 10 à 30 % avec des intensités d'attaques de *F. graminearum* sur épis autour de 50 %.

En ce qui concerne la qualité sanitaire des grains, les résultats obtenus à l'échelle de l'épi ou de la parcelle montrent que *F. graminearum* ne produit pas plus de Don lorsqu'il est mis en compétition avec *M. spp*. Les expérimentations en serre confirment ce résultat. Lors d'infections réalisées avec *F. graminearum* et *M. spp* en compétition, la quantité de toxines obtenue par unité de biomasse de champignon est identique à celle qui serait obtenue en inoculant *F. graminearum* seul, voire inférieure. ■

(1) dans le cadre du projet de recherche Don & co réalisé en partenariat avec l'INRA et financé par l'ANR, auquel ont contribué pour la partie essais C. Compagnon, C. Lequeux et M. Guillou.

(2) Thèse de D. Siou encadrée par l'UMR Bioger et co-financée par Bayer CropScience sur les facteurs épidémiologiques déterminant la production de toxines chez les Fusarium.

Emmanuelle Gourdain
ARVALIS-Institut du végétal
e.gourdain@arvalisinstitutduvegetal.fr

Christian Lannou
INRA UMR BIOGER
Avec la contribution de Robert Canales, Bayer CropScience



Il est difficile de faire la différence entre les symptômes liés à *Microdochium spp* (photo) et ceux dus à *Fusarium graminearum*.

Un sujet qui doit être mieux maîtrisé

Il faut noter que les inoculations de *Microdochium* sont encore mal maîtrisées : l'étude fine de la compétition entre ces deux champignons ne fait donc que débiter. L'une des questions, qui fait l'objet d'une collaboration entre l'INRA et ARVALIS-Institut du végétal, concerne le rôle que la séquence des infections peut jouer sur la compétition.