



© D. Caron, ARVALIS - Institut du végétal

Contrôler la synthèse des mycotoxines

La recherche s'active pour comprendre les mécanismes de production et d'accumulation des mycotoxines dans les grains. De nombreux partenariats se concentrent autour de cet objectif et les questions trouvent petit à petit leurs réponses.

Des programmes de recherche sont en cours pour mieux caractériser les *Fusarium* et l'impact des interactions plante/champignon sur la production de mycotoxines (toxinogénèse).

La caractérisation de l'inoculum fusarien revêt moults aspects : identification et caractérisation des espèces toxigènes, détermination du pouvoir pathogène et potentiel toxigène des souches, interactions entre espèces, modélisation des mécanismes d'infection...

Florence Forget
fforget@bordeaux.inra.fr

INRA

Laurent Guerreiro
l.guerreiro@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

Les pistes de recherche suivent trois grands axes : caractériser les espèces fongiques productrices de mycotoxines, décrypter la toxinogénèse et identifier les résistances variétales.

Les espèces de *Fusarium* sont en effet très diverses et, au sein d'une même espèce, la toxinogénèse peut varier selon les individus. Si cette diversité est particulièrement importante chez les espèces productrices de trichothécènes (DON), les souches fusariennes productrices de fumonisines semblent beaucoup plus homogènes. Les souches appartenant aux espèces *Fusarium verticillioides* et *Fusarium proliferatum* sont toutes susceptibles de pro-

duire des niveaux très élevés de fumonisines, en conditions optimales.

L'INRA dispose d'amorces moléculaires pour détecter la présence de la majeure partie des espèces fusariennes dans un échantillon de blé, orge ou maïs. La PCR quantitative permet d'aller plus loin et précise la proportion des espèces présentes dans un échantillon de grains. Ces informations ouvrent la voie à une meilleure prévision du risque.

Quantifier précocement la contamination des grains par des espèces toxigènes pourrait représenter un indicateur précoce du niveau de contamination en toxines. Le chemin est cependant encore long car il reste à préciser les interactions entre espèces toxigènes, susceptibles de modifier les dynamiques de colonisation des champignons et de synthèse des toxines. Par exemple, en maïs, les expérimentations menées par Daniel Caron (ARVALIS – Institut du végétal) semblent suggérer qu'une infection précoce du grain par *Fusarium graminearum*, producteur de DON, faciliterait l'installation et le développement de *Fusarium*



© D. Caron, ARVALIS - Institut du végétal

▲ **Pierre angulaire de la maîtrise du risque, la caractérisation du pouvoir pathogène et toxigène des *Fusarium* est suivie par l'INRA (ascospores vues au microscope électronique).**

verticillioides, producteur de fumonisines.

Intervenir à la source

Les mécanismes de biosynthèse des mycotoxines et leur régulation à travers le « dialogue » plante/champignon sont également explorés. Les chercheurs souhaitent identifier les facteurs qui modulent cette biosynthèse et sur lesquels il serait possible d'agir. L'objectif est de la bloquer. Deux pistes sont possibles : développer de nouvelles ma-

La génomique qui cherche à identifier des gènes impliqués dans l'expression d'un caractère agronomique ouvre des perspectives pour sélectionner des variétés plus résistantes, mais aussi pour affiner les modèles de prévision. ►

© A.M. Rivière, Perspectives Agricoles



tières actives fongicides neutralisant cette synthèse ou stimuler des processus biochimiques de la plante (ou du grain).

Une des réactions précoces de défense des plantes à une infection par *Fusarium* est la production de molécules oxygénées réactives, stressantes pour le champignon. Les premiers travaux ont montré que la biosynthèse des trichothécènes était activée par de telles conditions oxydantes. Il est alors logique de penser que certains métabolites secondaires des grains, tels les composés phénoliques et caroténoïdes, qui sont de puissants antioxydants, pourraient interférer avec les voies de toxino-génèse. De fait, l'acide férulique, un des acides phénoliques majoritaires des grains, possède une activité inhibitrice vis-à-vis de l'accumulation de trichothécènes. Ces connaissances pourraient orienter la sélection variétale pour développer ces caractères dans le matériel génétique.

► On recherche des facteurs biochimiques de la plante ou du grain capables d'inhiber la synthèse de mycotoxines.

LINRA et ses partenaires étudient en parallèle la cinétique de toxino-génèse sur épis afin de préciser la période exacte de production de mycotoxines et de définir quel stade de remplissage du grain est concerné. Les résultats obtenus permettront de mieux caractériser la nature du substrat grain rencontré par *Fusarium* lorsqu'il produit ses toxines et donc de mieux préciser la nature des

Les cinq barrières de protection des variétés

La communauté scientifique a déterminé cinq types de résistance variétale.

- Type I : la plante résiste à l'installation du champignon et reste indemne de symptômes sur feuille et sur épi. C'est la source de résistance la plus rencontrée en Europe.
- Type II : la plante résiste au développement du champignon sur l'épi : il se pose, mais ne colonise pas tout l'épi.
- Type III : le champignon se développe sur l'épi, mais ne pénètre pas dans le grain.
- Type IV : la présence du champignon dans le grain n'engendre pas de pertes de rendement.
- Type V : le grain est capable de dégrader les mycotoxines ou d'inhiber leur biosynthèse. Cette hypothèse a été récemment découverte.

Les types I et II sont communément décrits et validés. Le type V commence à l'être. Les types III et IV sont encore sujets à discussion. Une fois ces types de résistance identifiés, il sera possible d'avoir une préconisation variétale minimisant le risque fusariotoxines. Ces « barrières de protection » devraient se cumuler dans chaque variété pour garantir l'efficacité et la durabilité de leur résistance.

métabolites secondaires susceptibles d'interférer avec la toxino-génèse.

Développer les résistances variétales

La sélection de variétés tolérantes à la fusariose constitue une des voies les plus promet-

teuses à moyen et long terme. Des variétés exotiques de blé tendre comme Frontana (au Brésil) et Sumai3 (en Chine) sont très résistantes et restent quasiment indemnes de symptômes lors d'une contamination artificielle avec de la fusariose. Les régions des chromosomes responsables de leur résistance ont été identifiées et les sélectionneurs, grâce au marquage moléculaire, sont en passe de les intégrer dans leur matériel génétique. Des variétés adaptées au contexte pédoclimatique français qui posséderont ces sources de résistance pourraient être rapidement disponibles pour les producteurs.

► Les résistances variétales ne se limitent pas à l'absence de symptômes sur épi.

Aujourd'hui, les résistances variétales les plus répandues sont de type I ou II : la plante empêche l'inoculum fusarien d'atteindre l'épi. Mais des travaux ont avancé l'hypothèse que certaines variétés seraient capables d'interférer spécifiquement avec l'accumulation de

toxines produites par le champignon. On parle de résistance de type V. Le champ d'action des résistances variétales ne se limite donc pas à l'absence de symptômes sur épis. Une connaissance plus approfondie des mécanismes en jeu et des sources génétiques impliquées dans ces mécanismes constitue le chantier de la recherche fondamentale d'aujourd'hui. Elle se dote d'outils capables de caractériser les forces en présence, du pathogène à la variété.

Les voies de progrès sont nombreuses pour résoudre la question de la qualité sanitaire des céréales et peut-être pourra-t-on un jour se libérer partiellement de l'influence du climat ! ■

Pour lire à livre ouvert dans les variétés ou les champignons, la connaissance du génome apportera de nouvelles solutions. ►

