

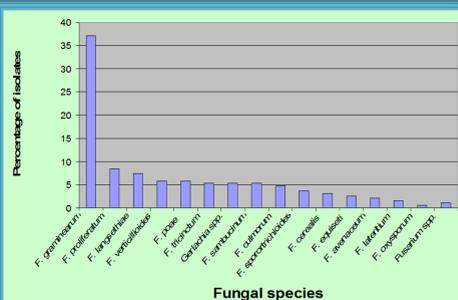
Etude des facteurs de résistances du blé tendre à la production des mycotoxines T2, HT2, DON et NIV par les fusarioses

La fusariose peut conduire à des pertes de rendement allant jusqu'à 70% mais elle est également responsable de l'accumulation de mycotoxines dans le grain. Chez les céréales, les mycotoxines les plus fréquentes sont les trichothécènes de type B (DON et NIV) et les trichothécènes de type A (T2 et HT2). Ces mycotoxines sont soumises à un seuil réglementaire par l'UE de 100µg/kg pour T2/HT2 et de 200 à 1250µg/kg selon les usages pour la DON. L'objectif de ce projet était d'obtenir de nouveaux outils (qPCR, FT-NIR, marqueurs moléculaires) qui facilitent l'obtention de variétés de blé tendre résistantes à la production de mycotoxines de fusarioses dans les grains.

Espèces naturelles de *Fusarium* présentes en France en 2012 et 2013

Sur 388 échantillons contaminés naturellement en France pendant 2 ans, l'espèce majoritaire présente est le producteur de DON *F. graminearum*. Les producteurs de T2 et HT2, *F. langsethiae*, *F. sporotrichioides* et *F. poae* apparaissent comme des pathogènes plutôt faibles sur le blé tendre tout comme les producteurs de fumosines, *F. proliferatum* et *F. verticillioides* qui sont des agents pathogènes importants sur le maïs.

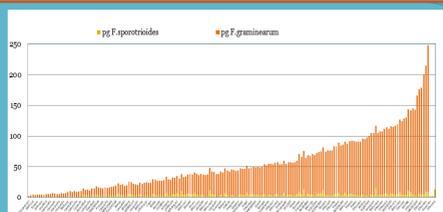
=> La répartition obtenue des espèces de *Fusarium* sur le blé en France est en accord avec la répartition des espèces en Europe.



Test en serre de la toxicité des trichothécènes DON, NIV, T2 et HT2 et de la résistance de type III contre les toxines

- A 1 mg de toxine/épi, DON, NIV, HT2 et T2 sont toutes phytotoxiques sur le blé avec le classement de toxicité suivant HT2≈DON>NIV≈T2.
- Les symptômes sont similaires à ceux de *Fusarium* (blanchiment des épillets, propagation du haut vers le bas, flétrissement de la partie supérieure de l'épi au dessus du point de traitement).
- Il y a une variabilité de la résistance; les lignées les plus résistantes sont celles qui possèdent le gène de résistance *Fhb1*.
- Il y a une forte corrélation des résistances aux 4 toxines $0,75 < r < 0,77$ et une corrélation moyenne entre la résistance aux champignons aux champs et la résistance aux toxines en serre ($0,49 < r < 0,5$).

Résistance au champs



=> Il y a une grande variation génétique de la sévérité de la fusariose. Les lignées les plus résistantes sont celles qui possèdent le gène de résistance *Fhb1*. Capo, Ambello et Oxebo sont les variétés les plus résistantes pour les 2 champignons et Bagou, Toison et Isengrain les plus sensibles.

=> La maladie est plus prononcée avec *F. graminearum* qu'avec *F. sporotrichioides* (confirmé par les teneurs en mycotoxines)

=> Les résistances à *F. graminearum* et *F. sporotrichioides* sont fortement corrélées.

=> L'extrusion d'anthers est négativement corrélée avec la sévérité de la fusariose => Une extrusion d'anthers rapide et complète pourrait être une composante de résistance passive du blé.

Quantification des mycotoxines

Elisa (Labs Roemer - Autriche) : test sur farine

HPLC/MS/MS (Capinov – France) : test sur farine => La quantité de DON atteint 49100 µg/kg pour les génotypes inoculés avec *F. graminearum* et la quantité de T2+HT2 3662 µg/kg pour les inoculations avec *F. sporotrichioides*.

L'*Elisa* et l'*HPLC* ont donné des résultats très comparables pour la DON ($r=0,99$), et un peu moins pour T2 ($r=0,75$).

FT-NIR (Multi Purpose Analyser – Brucker)

- On obtient une meilleure répétabilité des mesures de la concentration en DON sur farine que sur grains.

- Une calibration pour la concentration en DON a été produite en utilisant les concentrations obtenues par HPLC comme référence.

Le coefficient de détermination ($r^2=88$) indique que la droite obtenue peut prédire une concentration approximative et le RPD (2.91) que la classification qui sera obtenue sera acceptable mais grossière. Cependant, le root mean square error prediction est si élevé (RMSEP=3540 µg/kg) qu'il couvre la gamme de concentration disponible et donne ainsi parfois des prédictions négatives. => Le FT-NIR ne permet pas de quantifier la DON avec suffisamment de précision.



- 182 lignées ont été génotypées avec la puce Axiom de 420K. Les analyses d'association ont été réalisées sous R avec les packages GAPIT et EMMA.
- 5 QTL qui expliquent entre 6 et 18% de la variation totale de la résistance montrent une association claire avec le phénotype des 85 lignées en 2011 chez RAGT et ont été validés en 2013 à l'IFA. => Les lignées Apache, Bio4036, Oregrain, Graindor, K921Ab, K921AB18 et Miroir combinent les 5 QTL 1A, 2A, 2B, 3B et 4D.
- 1 QTL de la résistance à *F. sporotrichioides* montre sur le 6BS une association claire avec le phénotype des 51 lignées testés chez Arvalis en 2012. 19 lignées présentent l'allèle lié à la résistance.
- Pour les phénotypes observés à l'IFA, de très nombreuses associations sont mises en évidence avec de 5 à 11 QTL spécifiques par caractères et de 1 à 4 QTL associant 2 ou 3 caractères.
- => La recherche d'association avec un très grand nombre de marqueurs est complexe et nécessite une grande rigueur dans l'interprétation des résultats. Très peu de marqueurs ont montré une forte association avec des symptômes de fusariose. La résistance à la fusariose dans ce panel de lignées semble régir par de multiples QTL à effet relativement faible et hautement spécifiques du milieu et de l'année.

Conclusions

- Le FT-NIR n'est pas adapté à la détection de très faible quantité de DON (500µg/kg).
- L'extrusion des anthers semble être un caractère prometteur de sélection indirecte à une faible sensibilité à la fusariose.
- Il existe une forte corrélation entre la résistance variétale à *F. graminearum* (DON) et *F. sporotrichioides* (T2 - HT2)
- Les producteurs de T2 et HT2 *F. langsethiae* et *F. sporotrichioides* représentaient, ensemble, 12% des isolats de *Fusarium* identifiés. Ces champignons représentent une menace non négligeable pour la sécurité de blé, car T2 et HT2 sont considérés comme beaucoup plus toxiques que la DON.

Publications produites

Comparison of resistance of modern wheat cultivars to the DON producer *F. graminearum* and the T2/HT2 producer *F. sporotrichioides* H Buerstmayr et al 4th International Fusarium seminar in China, August 2012.
Fusarium head blight resistance in modern winter wheat: association of plant morphological traits with resistance and relation of resistance to *F. graminearum* with resistance to *F. sporotrichioides* H Buerstmayr et al Plant breeder meeting 2012 Gumpenstein, Austria.

Valérie LAURENT¹, Hermann BURSTMAYR⁴, Laure DUCHALAIS², Delphine HOURCADE³, Marc LEMMENS⁴, Olivier ROBERT¹

¹ Bioplante-Florimond Desprez, ² Bioplante-R2n, ³ ARVALIS-Institut du végétal, ⁴ IFA-Tulln



Partenaires

