



HAL
open science

Renforcer les résistances du triticales à l'oïdium et à la fusariose par l'intégration de leviers génétiques et agronomiques

Annaig Bouguennec, Denis Tourvieille de Labrouhe, Frédéric Serre, E. Masson, Guéno­lé Grignon, D. Hourcade-Marcolla, R. Valade, Philippe Lonnet

► **To cite this version:**

Annaig Bouguennec, Denis Tourvieille de Labrouhe, Frédéric Serre, E. Masson, Guéno­lé Grignon, et al. Renforcer les résistances du triticales à l'oïdium et à la fusariose par l'intégration de leviers génétiques et agronomiques. *Innovations Agronomiques*, 2016, 50, pp.171-180. <10.15454/1.4721165034865454E12>. <hal-01652914>

HAL Id: hal-01652914

<https://hal.science/hal-01652914v1>

Submitted on 30 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Renforcer les résistances du triticales à l'oïdium et à la fusariose par l'intégration de leviers génétiques et agronomiques

Bouguennec A.¹, Tourvieille de Labrouhe D.², Serre F.², Masson E.³, Grignon G.⁴, Hourcade-Marcolla D.⁴, Valade R.⁵, Lonnet P.⁶

¹ INRA-UBP UMR1095 GDEC, 5 chemin de Beaulieu F-63039 Clermont-Ferrand Cedex 2

² INRA UE PHACC1375, 5 chemin de Beaulieu F-63039 Clermont-Ferrand Cedex 2

³ ARVALIS - Institut du végétal, Avenue Borgnis Desbordes BP 398 56009 Vannes Cedex

⁴ ARVALIS - Institut du végétal, Avenue Lucien Brétignières, 78850 Thiverval-Grignon

⁵ ARVALIS - Institut du végétal, Laboratoire d'analyses, F-91720 Boigneville

⁶ GIE TRITICALE, 7 rue Coq-Héron, 75030 Paris Cedex 01

Correspondance : Annaig.Bouguennec@clermont.inra.fr

Résumé

Afin de lutter contre deux maladies préoccupantes pour la culture du triticales, l'oïdium et la fusariose sur épi, nous avons étudié à la fois des approches agronomiques et génétiques. Concernant l'oïdium, des associations variétales ont été testées durant trois années. Par ailleurs, les virulences de populations naturelles du pathogène *Blumeria graminis* du triticales ont été déterminées à l'aide d'hôtes différentiels de blé au stade 2-3 feuilles. Puis une collection de triticales a été caractérisée par la même technique d'une part et aussi à l'aide de souches isolées d'autre part. Ces tests n'ont pas permis d'identifier les différents gènes de résistance présents chez les triticales mais ils ont apporté de nombreuses connaissances utiles. Concernant la fusariose, les analyses de flore ont montré que cette maladie du triticales est principalement causée par *Fusarium graminearum* et *Microdochium spp* en France, comme pour les blés. Pour l'accumulation de la mycotoxine déoxynivalenol (DON), de même que pour le blé tendre, les facteurs de risques les plus importants ont été les précédents maïs ou sorgho et l'absence de travail du sol. Sur la collection de triticales, évaluée en conditions semi-contrôlée à l'aide d'une souche de *F. graminearum*, la notation des symptômes a été grandement facilitée par la mise au point d'une méthode d'imagerie associée à la création d'un logiciel Fusanote®. Cependant, les interactions génotype x année ont été fortes. Pour les deux maladies, une recherche de QTL sur plusieurs populations a permis d'identifier quelques marqueurs intéressants. En tenant compte des informations et outils précédents, la collection de triticales a été génotypée pour les marqueurs jugés pertinents. Enfin, des blés et seigles intéressants ont été croisés et ont permis d'obtenir de nouveaux triticales primaires potentiellement résistants qui serviront de géniteurs dans les programmes de sélection triticales et apporteront de la diversité.

Mots-clés : Triticales, Oïdium, Fusariose, Résistance, Marquage moléculaire, QTL

Abstract: Strengthening resistance of triticales to powdery mildew and Fusarium Head Blight by integration of agronomic and genetic levers

To face powdery mildew and Fusarium Head Blight (FHB) on triticales, agronomic and genetic approaches were studied. Concerning powdery mildew, cultivars mixtures have been tested for three years. Virulence of natural triticales powdery mildew populations was determined using a set of wheat differential hosts at seedling stage. Then, a collection of triticales was characterized in the same conditions and also with isolated powdery mildew strains. These tests did not make it possible to identify resistance genes carried by triticales; however they provided useful knowledge. As regards FHB, flora analysis showed this disease on triticales to be due mainly to *Fusarium graminearum* and *Microdochium spp* in France, similarly to wheat. For deoxynivalenol accumulation, agronomical main risks were the no-

tillage and corn or sorghum as previous crop. For triticale collection characterization with *F. graminearum* in semi-controlled conditions, new imagery method and Fusanote® software were helpful; however, cultivar x year interactions were strong. For both diseases, QTL analysis performed on three populations revealed some possible markers. Taking into account these results for powdery mildew and FHB, the collection was genotyped and new primary triticales were created by crossing wheat and rye, for breeding programs.

Keywords: Triticale, Powdery mildew, Fusarium Head Blight, Resistance, Molecular markers, Quantitative Trait Loci

Contexte et objectifs du programme

Le triticale (*x Triticosecale* Wittmack) est une espèce récente (première inscription au catalogue officiel des variétés en 1983), issue de croisements intergénériques entre blés et seigles. C'est notamment pour sa rusticité (résistance au froid, à la sécheresse, moindres besoins en azote, assez bon état sanitaire général) que le triticale s'est développé de façon importante à la fin du XX^e siècle. Cependant, certaines maladies jusqu'alors marginales se développent actuellement sur triticale. Celles-ci, probablement favorisées par l'augmentation des surfaces cultivées, viennent pénaliser cette culture. Dans ce programme, nous nous sommes intéressés à deux d'entre elles. Il s'agit d'une part de la fusariose et d'autre part de l'oïdium. La fusariose, outre des réductions de rendement, conduit à la production de mycotoxines dont le taux est réglementé pour la DON (déoxynivalenol). Cette maladie reste difficile à contrôler par voie chimique. L'oïdium, quant à lui, est apparu sur triticale seulement à partir des années 2000 mais peut aussi causer de fortes chutes de rendement. Pour l'ensemble de la filière triticale et plus généralement pour la société, étant donné les avantages que cette espèce apporte par ailleurs, il est extrêmement important de comprendre et de pouvoir endiguer la progression de ces maladies en associant des méthodes à la fois agronomiques et génétiques.

Les objectifs sont donc, pour l'oïdium de : (1) tester des associations variétales en essais (2) suivre les virulences des populations naturelles de triticale sur plantules d'hôtes différentiels de blés et de triticales. Pour la fusariose, ils sont de : (1) établir une grille de risque agronomique pour l'accumulation de DON dans le triticale, (2) étudier les complexes d'espèces présents sur triticale, (3) développer des outils de phénotypage par imagerie. Enfin, pour les deux maladies, en utilisant les outils et connaissances précédentes, il s'agit de : (1) réaliser une recherche de QTL sur plusieurs populations, (2) évaluer la collection de triticale, à différents niveaux, (3) continuer la création et l'exploitation de triticales primaires obtenus avec les blés porteurs de résistances intéressantes. Seuls certains de ces travaux sont présentés dans cet article.

Travaux concernant l'oïdium

Associations variétales

Les associations variétales peuvent permettre de contrôler les maladies de façon efficace et de gérer les diverses résistances actuelles et futures de façon plus durable. Cette technique semble particulièrement intéressante pour des maladies comme l'oïdium (Finckh et al, 2000). Nous l'avons donc testée.

Dans un premier temps, nous avons déterminé des mélanges potentiellement intéressants d'après les résultats des programmes antérieurs : association de trois variétés de hauteurs et précocités similaires, dont une variété sensible à l'oïdium et 2 variétés résistantes ou assez résistantes. Nous avons ainsi constitué trois associations en utilisant des variétés actuelles mais aussi une lignée issue de la population de gestion dynamique (INRA-GIE Triticale) car ces lignées peuvent être bien adaptées à la culture en mélange (Finckh et al, 2000). Pendant trois années, les essais ont été implantés dans trois

lieux par an : à Clermont-Ferrand (INRA GDEC) et 2 lieux du GIE TRITICALE, alternativement chez l'un ou l'autre des sélectionneurs, avec à chaque fois une condition traitée fongicide et une condition non traitée, avec répétitions. Cependant, la recrudescence d'attaques de rouille jaune à partir de la campagne 2011-2012 a perturbé ces essais, conduisant dans un premier temps à la modification d'une des associations (deux constituants trop sensibles à la rouille jaune) et au final à une étude plus globale sur le rendement.

Les graphiques (Figures 1 et 2) illustrent le comportement de l'association SeTbOr (constituée des variétés Seconzac, Tribeca et Orval) par rapport à chaque variété individuellement ainsi que par rapport à la moyenne des constituants pour le rendement en grain. Les milieux sont classés selon leur rendement moyen. Ainsi, on trouve majoritairement les essais traités sur le côté droit de l'axe (forts rendements). D'une manière générale, dans les trois cas étudiés, l'association a présenté un rendement plus régulier et proche de la moyenne des trois constituants (Figure 2), voire l'a dépassée légèrement dans certaines conditions.

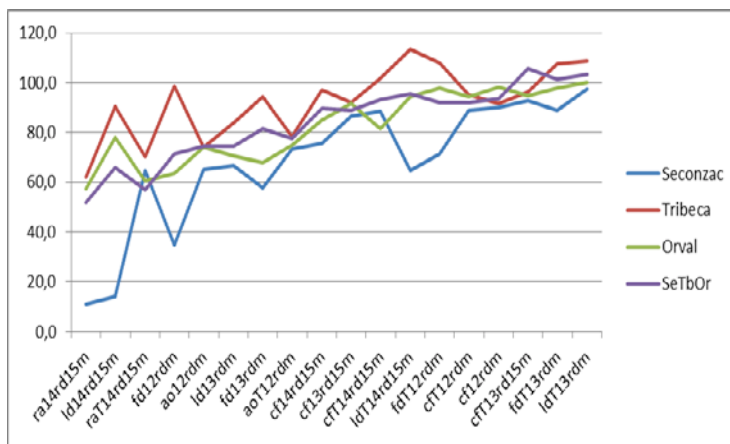


Figure 1 : Association SeTbOr et ses trois constituants dans chaque milieu, désigné par l'établissement réalisant l'essai (ao : AgriObtentions, cf : INRA GDEC ; fd : Florimond-Desprez, ld : Lemaire-Deffontaines, ra : R2n) ; traité/non traité (T/-) ; l'année de récolte (12, 13 ou 14) pour le rendement moyen (rdm ou rdm15 ramené à 15% d'humidité).

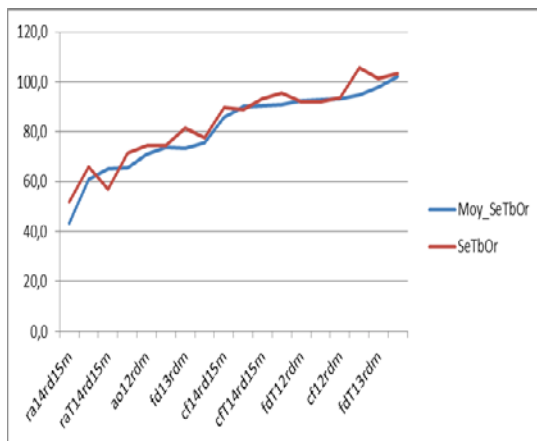


Figure 2 : Association SeTbOr comparée à la moyenne des trois constituants Moy_SeTbOr dans chaque milieu (idem figure 1)

En conclusion de cette partie, les associations testées sont proches de la moyenne des trois constituants ; elles ont contribué à une meilleure stabilité des rendements, les aléas ont été tamponnés. L'association a montré en général, un rendement meilleur que le moins bon des constituants mais aussi inférieur au meilleur des constituants (quoique souvent non significativement).

Caractérisation des populations d'oïdium présentes par pépinières mobiles d'hôtes différentiels blé tendre et caractérisation conjointe de la collection de triticale

L'objectif est de caractériser indirectement les populations de souches d'oïdium triticale en présence dans les différents environnements et de faire un lien avec les gènes *Pm* et *Ml* connus chez le blé tendre, puis d'utiliser ces informations pour caractériser notre collection de triticale testée conjointement.

Les cultivars (hôtes différentiels de blé tendre et la collection triticale), au stade 2-3 feuilles, ont été inoculés une journée au champ, sous couvert d'un triticale sensible contaminé naturellement, dans différents environnements (lieu x année), pour capter la population d'oïdium présente. Les tests ont été faits sous couvert de plusieurs variétés et/ou à plusieurs dates. Après incubation de 10 à 15 jours dans des conditions favorables au développement de l'oïdium, les jeunes plantes ont été notées sur une échelle de 0 (indemne) à 9 (très sensible). Les résultats ont été présentés au 8th International Triticale Symposium (Bouguennec et al, 2013).

Ces nouvelles observations confirment les résultats de l'étude précédente (Bouguennec et al, 2014), sans évolution majeure, à savoir que les populations présentes sont virulentes contre les gènes *Pm* du blé suivants : *Pm1a*, *Pm2*, *Pm3g*, *Pm7*, *Pm8*, *Pm17*, gènes de Mascot (gènes contournés) mais que certains gènes semblent efficaces contre les souches triticale, du moins dans un fond génétique blé : *Pm1*-allèle de Chopin, *Pm3d*, *Pm4*, *MITo*, *MISo* notamment et dans une moindre mesure *MISi2*, *MITa2* et *Mld*. Les blés Robigus, Tonic, Shamrock, Wembley, porteurs de gènes de résistance non déterminés, restent indemnes au stade 2-3 feuilles. La même méthode appliquée à la collection de triticale montre une forte sensibilité au stade 2-3 feuilles de la majorité des variétés de triticale (y compris celles qui sont résistantes au stade adulte). Néanmoins, plusieurs génotypes sont résistants dès le stade plantule, sur les trois années, comme illustré par l'analyse en composantes principales (Figure 3) : Cultivo, Kortego, Dinaro, JKI5015, Grenado, 03HT15c1, Agrano, Titan, Mostral, 04HT4t11. Il s'agit soit de lignées provenant de Pologne, Roumanie et Allemagne, introduites dans l'étude pour leur résistance connue (au stade adulte), soit de lignées dérivant de triticales primaires susceptibles de contenir des résistances différentes.

Cependant, compte tenu de l'homogénéité de réponse de ces tests quelques soient les environnements utilisés et donc les mélanges de souches en présence, il n'a pas été possible de faire des déductions concernant les gènes *Pm* présents ou non dans les lignées de triticale, comparativement aux blés connus. Pour préciser ceci, certaines de ces lignées ainsi que d'autres génotypes d'intérêt, ont été envoyées à l'Université de Gand en Belgique pour réaliser des tests avec un jeu de souches isolées collectées lors d'une collaboration précédente en France, Belgique et Pologne et décrit en détail dans les publications de Troch (2013) et Troch et al (2013). Cependant, suite à des difficultés de conservation des souches de ce champignon biotrophe obligatoire, seules 8 souches ont pu être utilisées et celles-ci ne se sont pas montrées assez discriminantes pour pouvoir conclure. Ceci pourrait aussi être dû à une faible diversité des résistances au sein de l'espèce, d'où la nécessité d'introduire de nouveaux gènes de résistance dans l'espèce triticale.

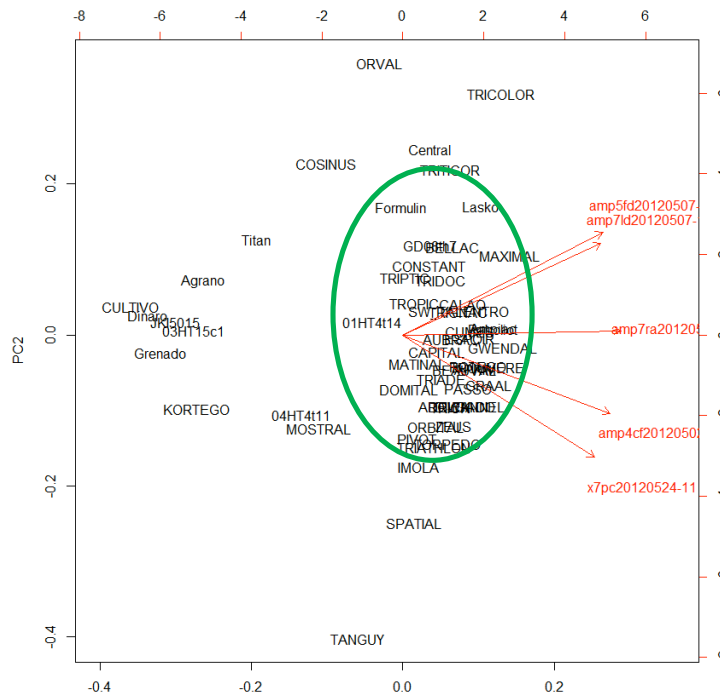


Figure 3 : Analyse en Composantes Principales des notes d'oïdium au stade 2-3 feuilles en 5 lieux 2012 (codés en rouge). Le cercle vert indique les lignées résistantes dès le stade plantule.

Travaux concernant la fusariose

Grilles de risque agronomique

L'objectif est de produire un outil d'aide à la décision permettant de donner un niveau de risque en fonction de l'itinéraire agronomique et/ou du climat afin de gérer ce risque.

Une base de données pluriannuelle issue d'enquêtes triticale entre 2010 et 2013 a été utilisée. Cette base contient 257 données incomplètes. La variable à expliquer est la teneur en déoxynivalenol (abrégée DON) exprimée en μg (microgramme) de toxine par kg (kilogramme) de matrice. Les variables explicatives retenues sont les mêmes que sur blés tendre et dur car nous avons postulé dans un premier temps que ces espèces présentaient beaucoup de similarités : année, précédent cultural, travail du sol, sensibilité variétale à l'accumulation de DON. Deux approches ont été mises en œuvre pour construire une grille de risque : (1) une première approche consistant à modéliser **la teneur moyenne en DON** par scénario, puis à discriminer les différents scénarii sur la base de la moyenne ajustée de teneur en DON en y introduisant de l'expertise, (2) une seconde approche consistant à modéliser **la probabilité de dépassement du seuil réglementaire** par scénario puis à discriminer les différents scénarii sur la base du risque de dépassement du seuil réglementaire. La Figure 4 présente les résultats de façon synthétique.

En conclusion, les facteurs agronomiques importants sont le précédent cultural et le travail du sol, sans aucune interaction entre ces facteurs. Le facteur « sensibilité variétale » est proche de la significativité. La méthode permet de distinguer une tendance dans les risques associés aux différents scénarii mais les différences de risque (estimé par la teneur moyenne en DON ou la probabilité de dépassement du seuil) entre scénarii ne sont pas toujours statistiquement significatives. La communication demeure identique à celle réalisée sur blé tendre. Nous maintenons aussi la même communication sur la sensibilité variétale en dépit du fait que ce facteur ne soit sensu-stricto pas significatif (Gourdain et al., 2015).

Flore fusarienne présente sur triticale

La Fusariose des épis de céréales est causée par un complexe de plusieurs espèces (*Fusarium spp* et *Microdochium*), productrices ou non de toxines et générant des symptômes difficiles à distinguer au champ. Les espèces prépondérantes sont bien connues sur blé tendre (*F. graminearum*, *F. culmorum* et *Microdochium*) et varient selon le climat. Sur triticale, les espèces majoritaires peuvent être *F. culmorum* et *F. avenaceum*, selon des études en Pologne (Chelkowski et al., 2000), ou *F. graminearum* au Brésil (Angelotti et al., 2006) par exemple. En France, la flore fusarienne du triticale a été peu étudiée. L'objectif principal de cette action est donc d'identifier le complexe d'espèces responsables des symptômes de Fusariose sur triticale et les liens entre symptômes et teneurs en mycotoxines.

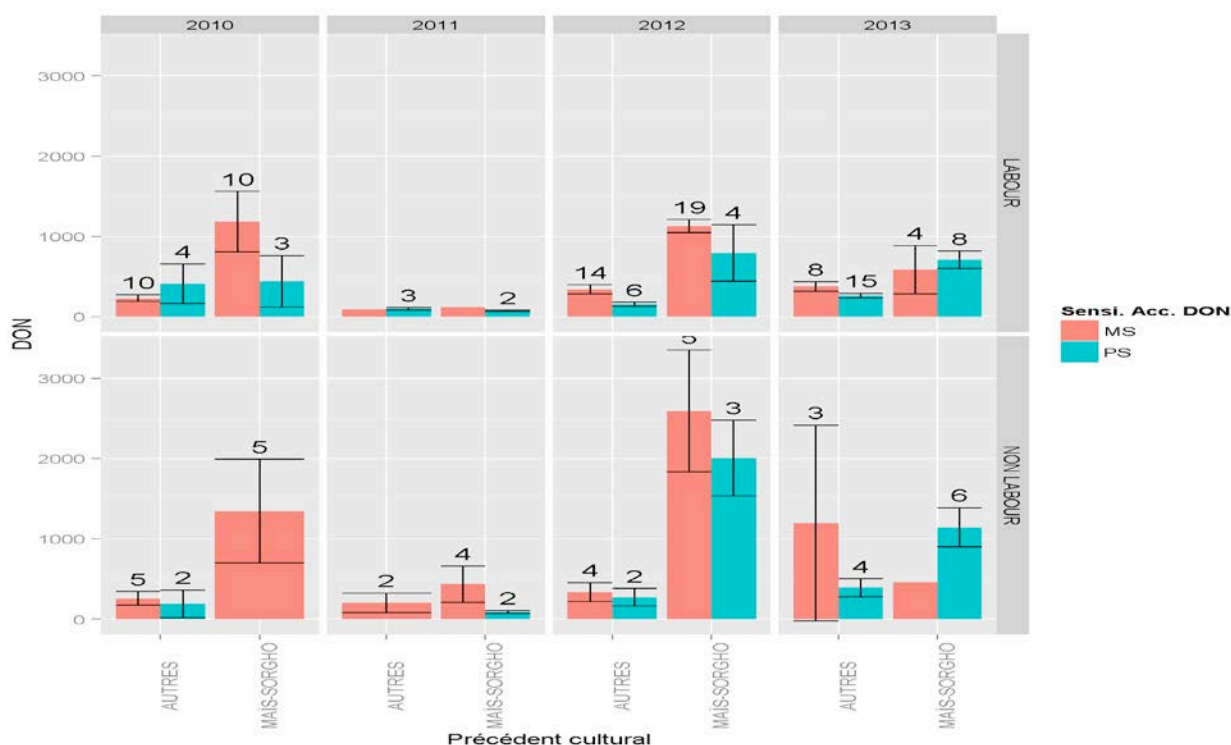


Figure 4 : Moyenne arithmétique de la teneur en DON pour les différents scénarii agronomiques. Les barres d'erreur sont l'intervalle de confiance à 95%, les chiffres sont le nombre de données par scénario. Une absence de chiffre et de barre d'erreur signifie qu'il n'existe qu'une seule donnée disponible

Des analyses de flore ont été réalisées en 2012 (24 lots) et 2013 (23 lots) à partir d'un sous-échantillonnage des enquêtes agriculteurs utilisées pour mettre au point la grille de risque agronomique (2.1). Les lots ont été principalement sélectionnés selon leur origine, leurs teneurs en mycotoxines et l'itinéraire technique afin d'être représentatifs de la diversité des pratiques agricoles. La méthode utilisée est basée sur la méthode officielle MH-03.16 version B, LNPV/ANSES. Une partie des souches observées a également été monosporee, isolée et conservée dans la mycothèque du laboratoire de pathologie végétale d'Arvalis. Ces isolats pourront être caractérisés pour leur pouvoir toxigène et être utilisés pour des essais en contamination artificielle.

Les analyses de flore des 24 et 23 lots représentatifs des pratiques agricoles françaises, collectés en 2012 et 2013, montrent la présence majoritaire de *Fusarium graminearum* et *Microdochium spp*, représentant respectivement 49% et 37% de la flore fusarienne totale identifiée (Figure 5). Les autres espèces de *Fusarium* identifiées sont par ordre d'importance : *F. poae*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F.*

oxysporum, *F. tricinctum*, *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae* et *F. liseola*. Cependant, l'ensemble de ces autres espèces ne représentent que 10% de la flore fusarienne totale et l'importance de *F. poae* provient majoritairement d'un seul échantillon très contaminé (70% du nombre total de *F. poae* identifié).

Cette composition du complexe d'espèces est sensiblement identique à la flore fusarienne identifiée sur blé tendre et blé dur. Une analyse détaillée des résultats montre une différence significative pour la présence de *F. graminearum* selon les précédents (mais comparé aux autres précédents) alors que cette différence n'est pas significative pour *Microdochium*. Ces résultats sont cohérents avec les analyses effectuées dans l'action 2.1.

Ces souches ont aussi servi à une étude des symptômes causés par ces différentes espèces, non détaillée ici.

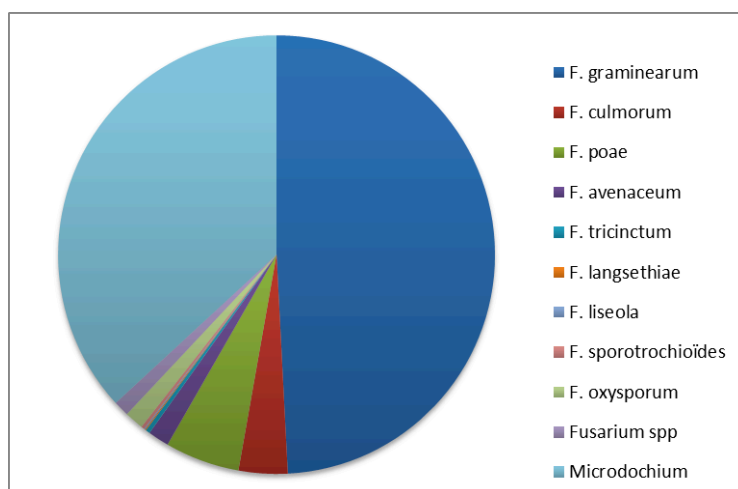


Figure 5 : Composition de la flore fusarienne en 2012 et 2013 identifiée dans les 47 enquêtes analysées (en pourcentage)

Outils de phénotypage par imagerie à moyen débit

L'objectif est de disposer d'une méthode de notation à moyen débit. Ce travail a été affiné progressivement au cours de trois années d'observation de la collection de triticale en conditions semi-contrôlées (Théron, 2012 ; Bargoin, 2013 ; Mulatier, 2014). Après les étapes classiques d'inoculation (avec la souche de *F. graminearum* FU 10 008), des échantillons de 25 épis sont prélevés et photographiés lorsque la somme de température après inoculation est atteinte (350 et 450°C.J). Après indication d'une zone saine et d'une zone fusariée, le logiciel Fusanote® (développé dans le cadre de ce programme¹) permet ensuite le calcul du pourcentage de surface d'épis fusariée. Ceci permet une notation objective, qui peut être décalée dans le temps et conservée.

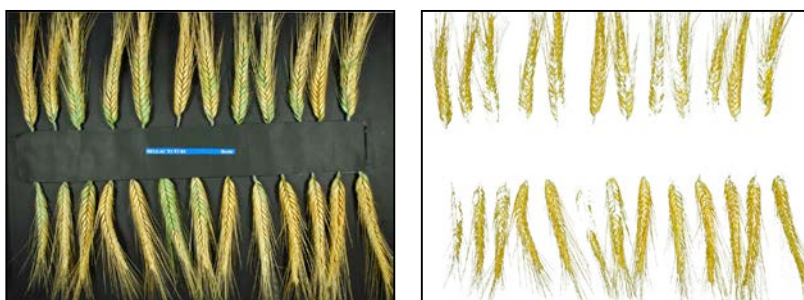


Figure 6 : Image brute d'un échantillon de 25 épis fusariés puis la même image retouchée présentant uniquement les parties nécrosées des épis

¹ Méthode de phénotypage moyen débit et logiciel Fusanote® co-développé INRA/Créatis INSA Lyon

Etudes génétiques des résistances à l'oïdium et à la fusariose sur épi

Recherche d'association et de QTL

Cette partie ne sera pas détaillée ici, elle fait l'objet de 2 rapports de stage niveau Master 2 et ingénieur (Malbouyres, 2014 ; Batoqui Costa e Silva, 2013). Pour l'oïdium, à la population d'haplodiploïdes étudiée dans le programme précédent SW Talentro x Maximal (Bouguennec et al, 2014), s'ajoute une autre de même type : Tricolor x Bellac, et une population à base génétique large, issue de triticales octoploïdes, suivie en gestion dynamique à Rennes. Pour la fusariose, nous avons utilisé la même population Tricolor x Bellac. Le marquage par micro-satellites (SSR) n'a pas permis d'obtenir des cartes complètes (chromosomes manquants), ni saturées. Elles permettent cependant d'identifier quelques QTL et il est intéressant de remarquer que la population à base large permet de détecter des effets repérés dans les deux autres populations individuellement (marqueurs mwg68, scm304, cfd80, gwm319, scm150, wmc75) pour l'oïdium. Pour la fusariose, le QTL le plus fort détecté est situé sur le chromosome 7BL (marqueur wmc517), s'exprimant à 350°C.J et 450°C.J. Dans les 2 cas, nous trouvons à la fois des QTL venant du blé (génomes A et B) et des QTL venant du seigle (génome R).

Obtention de triticales primaires à partir de blés résistants à l'oïdium

De 2009 à 2014, 40 croisements ont été réalisés (jusqu'à 10 épis par croisement). Ils impliquent 7 blés tendres choisis pour leur résistance à l'oïdium et 18 seigles et ont permis l'obtention de 277 grains de triticales primaires. Les blés tendres utilisés sont d'une part Lancelot, Koreli, Péricle et Robigus, repérés dans des études antérieures (Walker et al., 2009) et parmi nos hôtes différentiels comme résistants aux souches d'oïdium triticales et d'autre part, des blés tendres allemands dont les gènes *Pm* sont connus et porteurs notamment de *Pm6* considéré comme efficace chez le triticales par Kowalczyk et al (2011) ou de résistance intermédiaire d'après nos tests sur plantules (Bouguennec et al, 2013). Les seigles sont des variétés de type population ou hybride actuellement cultivées en France, sans information particulière sur leur résistance à l'oïdium. De 2012 à 2015, 70 de ces triticales primaires, majoritairement issus de Lancelot mais aussi de Péricle et Pamier, ont été remis aux membres du GIE Triticale pour observations communes et utilisation potentielle. Parmi eux, 17 ont été utilisés en croisement en 2014 ou 2015. Vingt-cinq triticales primaires, incluant Meister, Robigus, Lancelot sont encore en multiplication.

De même, en ce qui concerne la fusariose, 53 triticales primaires sont en cours de multiplication ; ils proviennent de 27 croisements entre 6 blés tendres connus pour leur résistance à la fusariose (Apache, Arche, Lyrik, Meister, Pamier, Renan) et 6 blés tétraploïdes d'origine interspécifique résistants à la fusariose (venant de *T. dicoccum*). Leur résistance effective à la fusariose reste à confirmer.

Conclusion

Ce vaste programme a permis de préciser de nombreux aspects concernant l'oïdium et la fusariose spécifiquement sur l'espèce triticales. Il met à disposition de nombreux outils de divers types : agronomie, pathologie, génétique, marqueurs moléculaires, imagerie et informatique. Certaines parties ont déjà fait l'objet de mémoires d'étudiants ou de publications plus détaillées. Ce programme apporte aussi une caractérisation fine de notre collection de triticales (résultats non présentés ici), qui sera utile pour l'avenir. De plus, nous avons produit de nombreuses triticales primaires en nous appuyant sur ces études. Ceci constitue un matériel original qui est en cours d'utilisation par les membres du GIE triticales dans leurs programmes de sélection de triticales.

Remerciements

Ce programme a bénéficié du financement du Ministère en charge de l'Agriculture. Il a pu être réalisé grâce à la forte implication des sélectionneurs du GIE TRITICALE : Christophe Jeudi (Florimond-

Desprez), Jean-Paul Le Goff (RAGT 2n), Eric Delaleau (Lemaire-Deffontaines) et Frédéric Fantin (Agri-Obtentions). Julie Ferreyrolle, Emmanuelle Gourdain, Faharidine Mohamadi, Estelle Moreau et Cindy Vitry d'ARVALIS, ainsi que tout le personnel technique et les stagiaires des différents partenaires sont vivement remerciés, de même que Geert Haesaert (Université de Gand, Belgique)

Références bibliographiques (en gras : publications et études issues de ce programme)

Angelotti F., Tessmann D.J., Alves T.C.A., Vida J.B., de Souza Jaccoud Filho D., Harakava R., 2006. *Morphological characterization and molecular identification of Fusarium graminearum isolates associated with fusarium head blight in wheat and triticale in Southern Brazil.* (Caracterizacão morfológica e identificação molecular de isolados de *Fusarium graminearum* associados a giberela do trigo e triticale no sul do Brasil.) Summa Phytopathologica 32 (2), 177-179

Bargoin K., 2013. Mise au point de méthodes de phénotypage à moyen débit (RVB et IR) en vue d'évaluer la résistance du triticale à la fusariose de l'épi. Mémoire de Licence professionnelle de Biotechnologies végétales et création variétale, Université Claude Bernard Lyon 1

Batoqui Costa e Silva A., 2013. Mise en place d'un test pathologique pour la sélection de résistance à la fusariose de l'épi chez les céréales à paille. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, SupAgroMontpellier (APIMET)

Bouguennec A., Trottet M., du Cheyron P., Hourcade-Marcolla D., Lonnet P., 2014. Recherche de nouvelles variétés de triticale plus résistantes à l'oïdium. Innovations Agronomiques 35, 97-106

Bouguennec A., Trottet M., du Cheyron P., Lonnet P., 2013. Identification of wheat Pm genes efficient against triticale powdery mildew. 8th International Triticale Symposium June 10th-14th 2013 in Ghent, Belgium. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences. Ghent University vol 79(4), 106-121

Chelkowski J., Kaptur P., Tomkowiak M., KostECKI M., Golinski P., Ponitka A., Slusarkiewicz-Jarzina A., Bocianowski A., 2000. Moniliformin Accumulation in Kernels of Triticale accessions inoculated with *Fusarium avenaceum*, in Poland. Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift 148, 433-439.

Finckh M. R., Gacek E. S., Goyeau H., Lannou C., Merz U., Mundt C. C., Munk L., Nadziak J., Newton A. C., De Vallavieille-Pope C., Wolfe M.S., 2000. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. Agronomie 20, 813-837.

Gourdain E., Maumene C., Valade R., Labreuche J., 2015 La prophylaxie pour combattre la fusariose sur épis du blé. Phytoma 382, 28-31

Kowalczyk K., Gruszecka D., Nowak M., Lesniowska-Nowak J., 2011. Resistance of triticale hybrids with *Pm4b* and *Pm6* genes to powdery mildew. Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica 53(1), 57-62

Malbouyres C., 2014. Analyse génétique des résistances à l'oïdium et à la fusariose chez trois populations de triticale (*x Triticosecale*) Mémoire de fin d'études d'ingénieur VetAgroSup.

Mulatier R., 2014. Caractérisation phénotypique de 54 accessions de triticale en vue d'évaluer la résistance à la fusariose de l'épi dans le cadre d'une expérimentation triennale. Mémoire de Licence professionnelle de Biotechnologies végétales et création variétale, Université Claude Bernard Lyon 1

Taillieu D., 2013. Optimisation du phénotypage d'essais variétaux dans le cadre de la création d'idéotypes résistants à la fusariose des épis sur le blé dur et le triticale, Mémoire de Master 2 IUP PVIA, Université de Picardie Jules Verne

Théron A., 2012. Mise au point de méthodes de phénotypage par imagerie (RVB et IR) en vue d'évaluer la résistance du triticale à la fusariose de l'épi. Mémoire de Licence professionnelle de Biotechnologies végétales et création variétale, Université Claude Bernard Lyon 1

Troch V., 2013. Insight into the recent emergence of powdery mildew (*Blumeria graminis*) on its 'new' host triticale (*x Triticosecale* Wittmack): from origine to disease control. PhD Thesis, Ghent University, Belgium.

Troch V., Audenaert K., Vanheule A., Beckaert B., Höfte M., Haesaert G., 2013. Evaluation of resistance to powdery mildew in triticale seedlings and adult plants. Plant Disease 97(3), 410-417.

Walker A.S., Bouguennec A., Confais J., Morgant G., Leroux P., 2009. Caractérisation des populations d'oïdum française infestant le triticales. AFPP 9° Conférence Internationale sur les maladies des plantes 8-9 décembre 2009 Tours.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)