



**HAL**  
open science

## Recherche de nouvelles variétés de triticales plus résistantes à l'oidium

Annaig Bouguennec, Maxime Trottet, Philippe Du Cheyron, Delphine Hourcade-Marcolla, Philippe Lonnet

► **To cite this version:**

Annaig Bouguennec, Maxime Trottet, Philippe Du Cheyron, Delphine Hourcade-Marcolla, Philippe Lonnet. Recherche de nouvelles variétés de triticales plus résistantes à l'oidium. Innovations Agronomiques, 2014, 35, pp.97-106. hal-01606982

**HAL Id: hal-01606982**

**<https://hal.science/hal-01606982>**

Submitted on 27 May 2020

**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 Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## Recherche de nouvelles variétés de triticales plus résistantes à l'oïdium

Bouguennec A.<sup>(1)</sup>, Trottet M.<sup>(2)</sup>, du Cheyron P.<sup>(3)</sup>, Hourcade-Marcolla D.<sup>(4)</sup>, Lonnet P.<sup>(5)</sup>

(1) INRA-UBP UMR1095 GDEC, 5 chemin de Beaulieu F-63039 CLERMONT-FERRAND Cedex 2

(2) INRA IGEPP, Domaine de la motte, F-35327 Le Rheu

(3) ARVALIS – Institut du végétal, IBP Rue de Noetzlin – Bât. 630, F-91405 ORSAY CEDEX

(4) ARVALIS – Institut du végétal, Laboratoire d'analyses, F-91720 BOIGNEVILLE

(5) GIE TRITICALE, 7 rue Coq-Héron, 75030 PARIS Cedex 01

Correspondance : Annaig.Bouguennec@clermont.inra.fr

### Résumé

Face au problème récent qu'est l'apparition de l'oïdium sur l'espèce triticales, un programme impliquant sélectionneurs, recherche publique et institut technique a été conduit de 2008 à 2011 avec le financement du Ministère de l'Agriculture. Il avait pour objectifs de suivre l'évolution de la maladie, d'avoir une meilleure connaissance des virulences de l'agent pathogène, de rechercher des sources de résistance à l'oïdium variées qui permettront de créer de nouvelles variétés résistantes, et de mieux comprendre la génétique de la résistance à l'oïdium et en particulier des résistances présumées durables. Nous savons que l'agent pathogène provient de la forme spéciale attaquant le blé tendre. Nous avons identifié des gènes du blé tendre qui semblent efficaces contre les souches attaquant le triticales (*Pm1*-allèle de Chopin, *Pm3d*, *Pm4*, *MITo*, *MISo* notamment et dans une moindre mesure *MISi2*, *MITa2* et *Mld*). Nous avons identifiés des génotypes résistants (ressources génétiques et matériel issu de nouveaux croisements blé x seigle) et des marqueurs moléculaires microsatellites potentiels soit en partant de bibliographie, soit en étudiant des populations de triticales en ségrégation. Il reste cependant de nombreux aspects à approfondir.

**Mots-clés :** Triticales, Oïdium, Marquage moléculaire, Résistance

### Abstract: Breeding new triticales varieties with an improved resistance to powdery mildew

To face the recent emergence of powdery mildew on triticales species, a collaborative programme between breeders, public research and technical institute has been conducted from 2008 to 2011 with financial support of French Agriculture Ministry. The aims were: a survey of disease evolution, a better knowledge of pathogen virulence, finding new and varied resistance genes to create new resistant varieties, a better understanding of genetic resistance and especially durable resistance. Now, we know that powdery mildew on triticales came from bread wheat *formae speciales*. We identified bread wheat genes that seem to be efficient against triticales powdery mildew (*Pm1*-Chopin's allele, *Pm3d*, *Pm4*, *MITo*, *MISo* especially and in a lesser extend *MISi2*, *MITa2* et *Mld*). We identified resistant genotypes (genetic resources and material derived from new wheat x rye crosses) and potential molecular SSR markers from bibliography and from segregating triticales populations. Nevertheless, several points remain to be investigated more deeply.

**Keywords:** Triticales, Powdery mildew, Molecular markers, Resistance

### Historique, contexte et objectifs du programme

Le triticales (*x Triticosecale* Wittmack) est une espèce récente, issue du croisement intergénérique entre blé et seigle. C'est une espèce rustique. Alors que sur blé tendre, l'oïdium est une maladie importante

dans certaines régions françaises (en Champagne et en Bretagne, par exemple) et qui, dans certaines régions du monde, peut occasionner des pertes de rendement importantes, le triticales est resté indemne de cette maladie jusque dans les années 2000. C'est, entre autres, grâce à son plutôt bon état sanitaire général, que le triticales s'est développé de façon importante au cours du dernier quart du XX<sup>e</sup> siècle. Cependant, dans les années 2000, cette maladie s'est développée sur triticales un peu partout en Europe (Strzembicka *et al*, 2006 ; Mascher *et al*, 2006 ; Flath *et al* 2008 ; du Cheyron and Masson, 2007). Lorsque cette maladie sévit sur le triticales, elle peut être très nuisible, parfois plus qu'elle ne l'est sur le blé. Pour l'ensemble de la filière triticales 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 du contournement des résistances à l'oïdium sur les nouvelles variétés de triticales.

Des travaux préliminaires en 2007 ont montré que l'agent pathogène responsable aurait dérivé de la forme spéciale *Blumeria graminis sp. tritici*, forme qui attaque habituellement le blé, et non de celle qui attaque le seigle (Walker *et al*, 2011)

En 2008, le projet s'est articulé autour de deux objectifs principaux :

- le suivi de l'évolution de la maladie, une meilleure connaissance des virulences de l'agent pathogène et la recherche de sources de résistance à l'oïdium qui permettront de créer de nouvelles variétés résistantes,
- la compréhension de la génétique de la résistance à l'oïdium et en particulier des résistances présumées durables.

## 1. Agent pathogène, évolution de la maladie et sources de résistances

### 1.1 Etude des populations d'oïdium attaquant le triticales

En l'absence de laboratoire français pouvant s'investir dans des cultures et caractérisation de souches d'oïdium, nous avons utilisé un jeu d'hôtes différentiels blés tendres (Tableau 1) associé à quelques triticales. Ces cultivars, au stade 2-3 feuilles, ont été inoculés une journée au champ, sous couvert d'un triticales sensible (variété contaminatrice) dans différents environnements (lieu x année). Les tests ont aussi été faits sous 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 étaient notées sur une échelle de 0 (indemne) à 9 (très sensible). L'objectif de ce test était de caractériser indirectement les populations de souches d'oïdium triticales en présence dans les différents lieux et de faire un lien avec les gènes *Pm* et *Mi* connus chez le blé tendre.

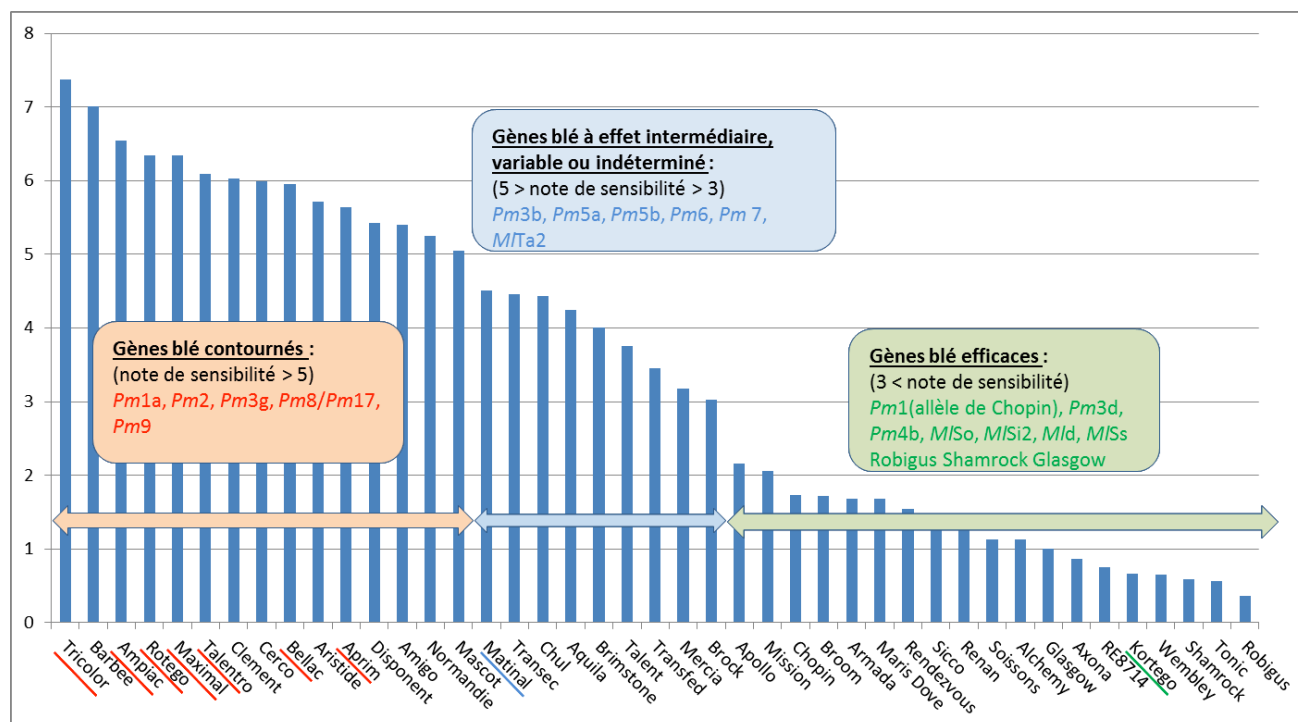
Sur les 78 séries observées de 2009 à 2012, seules 46 ont pu être utilisées valablement. En effet, dans près de 40% des cas, les témoins sensibles Barbee et Cerco ne présentaient pas assez de symptômes (soit inoculation insuffisante, soit conditions d'incubation insuffisamment favorables au développement). Pour les 46 situations exploitables, nous n'avons pas pu mettre en évidence des différences importantes ni en fonction de la variété contaminatrice, ni entre lieux, ni au cours du temps. Les différentes populations testées semblent donc présenter des virulences assez semblables, à l'exception d'un seul lieu qui serait à confirmer. Ces observations (Figure 1) nous ont permis d'identifier des gènes *Pm* blé qui sont contournés (*Pm1a*, *Pm2*, *Pm3g*, *Pm7*, *Pm8*, *Pm17*, ceux de Mascot) et d'autres qui semblent efficaces contre les souches triticales, 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*). Nous avons aussi identifié des variétés de blé indemnes au stade 2-3 feuilles (Robigus, Tonic, Shamrock, Wembley). Sur Triticales, nous avons observé une très forte sensibilité au stade 2-3 feuilles de la quasi-

totalité des variétés (y compris celles qui sont résistantes au stade adulte), à l'exception de la variété Kortego.

Cette partie, bien qu'imparfaite par rapport à des cultures et caractérisations de souches isolées, apporte un éclairage original et global sur l'oïdium qui touche les triticales en France.

**Tableau 1** : Hôtes différentiels blé et leurs gènes de résistance à l'oïdium. En gras : témoins sensibles

<b>Cultivar</b>	<b>Gènes de résistance</b>	<b>Localisation</b>
Alchemy	<i>(Pm2+Pm4b)</i>	(5DS+2AL)
Amigo	<i>Pm17 (allélique de Pm8)</i>	1RS+1AL
Apollo	<i>Pm2+Pm4b+Pm8</i>	5DS+2AL+1RS.1BL
Aquila	<i>Pm5b</i>	(7B)
Aristide	<i>Pm3g (=Mlar)</i>	1AS
Armada	<i>Pm4b</i>	2AL
Axona	<i>Pm2+Pm3d+Mld / MIAx</i>	(5DS)+1AS+(4B)
<b>Barbee</b>	<b>Aucun</b>	
Brimstone	<i>Pm2+Pm6</i>	5DS+2B
Brock	<i>Pm2 + MITa2 / Pm2+Tal</i>	5DS+?
Broom	<i>Pm3d</i>	1AS
<b>Cerco</b>	<b>Aucun</b>	
Chopin	<i>Pm1.+9</i>	7A+7A
Chul	<i>Pm3b</i>	1AS
Clement	<i>Pm8</i>	1RS.1BL
Disponent	<i>Pm8</i>	1RS.1BL
Glasgow	<i>Unknown</i>	
Maris Dove	<i>Pm2+Mld</i>	5DS+4B
Mascot	<i>Unknown</i>	(5DS+2AL+2B)
Mercia	<i>Pm5a + MITa2</i>	7BL+(7B)
Mission	<i>Pm4b+Pm5b</i>	2AL+(7B)
Normandie	<i>Pm1a+Pm2+Pm9</i>	7AL+5DS+7A
RE8714	<i>Pm4b (=Mle)+ Mlre</i>	2AL+6AL
Renan	<i>Pm4b</i>	2AL
Rendezvous	<i>Pm2+Pm4b+Pm6</i>	5DS+2AL+2B
Robigus	<i>Unknown</i>	
Shamrock	<i>Unknown</i>	
Sicco	<i>Pm5a+ MISi2</i>	7BL + ?
Soissons	<i>Pm3g / MISs</i>	1AS+?
Talent	<i>Pm5.+? / Tal</i>	
Tonic	<i>MITo (=Pm3d + ?)</i>	1AS + ?
Transec	<i>Pm7</i>	4BS.4BL-2RL
Transfed	<i>Pm7</i>	4BS.4BL-2RL
Wembley	<i>MISo (Pm12?)</i>	? (6B)



**Figure 1 :** Classement des gènes de résistance du blé tendre selon leur efficacité contre les populations d'oïdium triticales par utilisation de tests sur jeunes plantes de 34 hôtes différentiels blé tendre et 9 triticales (soulignées) dans 46 environnements (16 lieux en France x dates, variétés contaminatrices)

## 1.2 Suivi de l'évolution de la sensibilité à l'oïdium des variétés de triticales

Chaque année de 2009 à 2011, environ 4 à 6 lieux d'essais triticales d'Arvalis-Institut du végétal, dans divers départements (Aveyron, Cher, Dordogne, Isère, Loire-Atlantique, Mayenne, Morbihan), ont été impliqués dans ce programme. Une soixantaine de variétés au total a été étudiée. Afin de caractériser plus précisément ces essais variétaux vis-à-vis de l'oïdium, 9 témoins triticales spécifiques oïdium y étaient implantés (les mêmes que ceux présents sur la Figure 1), notés au stade adulte dans les mêmes conditions que les variétés étudiées. Des tests « hôtes différentiels » précédemment décrits y ont été réalisés. Toutes les expérimentations n'ont pas toujours fourni des résultats exploitables (attaques insuffisantes ou problèmes expérimentaux) mais, les données de plusieurs autres lieux et de l'année 2008 ont été ajoutées pour être analysées. Des interprétations graphiques et des analyses de variances ont été réalisées. Les premiers résultats permettent :

- de bien confirmer le comportement de nos témoins (Figure 2), qui ont gardé un comportement conforme à ce qui était attendu sur cette période (sauf peut-être une légère évolution de Rotego à confirmer)
- de suivre l'évolution des variétés inscrites à différentes dates en France ou seulement sur le catalogue européen et pas encore bien caractérisées dans nos conditions (Vuka, Remiko, Cascador ... plutôt assez résistantes) (Figure 3)

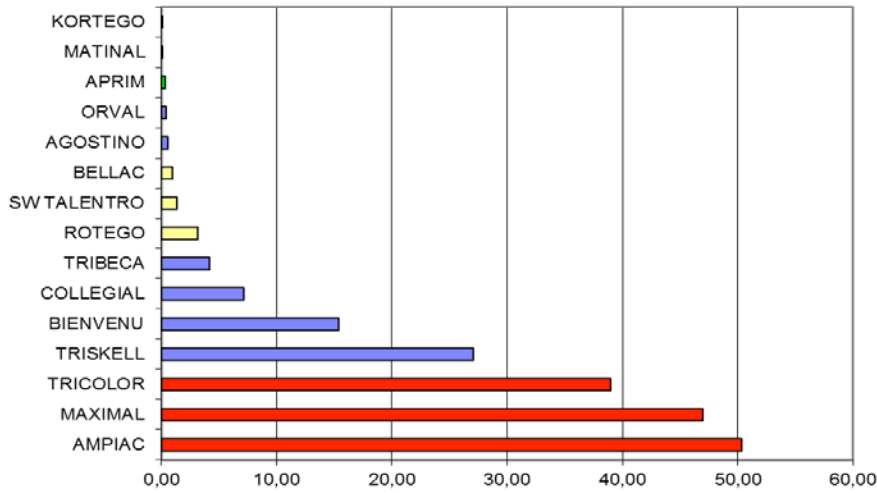


Figure 2 : Comportement de nos témoins et de quelques variétés en % de surface foliaire atteinte. (moyenne ajustée 2008-2011)

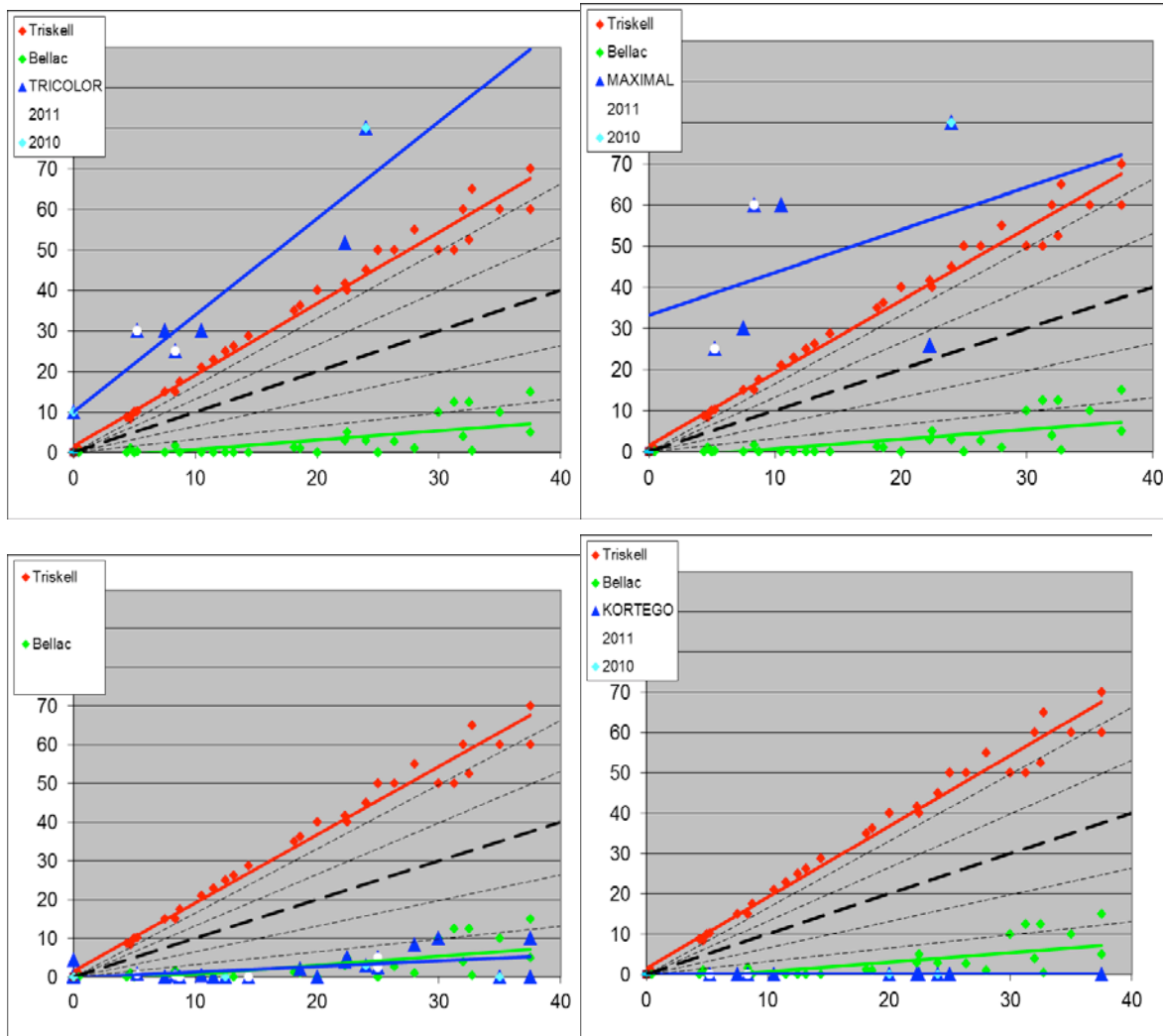


Figure 3 : Suivi de l'évolution des variétés Tricolor, Maximal, SW Talentro, Kortego comparée à Bellac et Triskell. En abscisse : moyenne des notes de Triskell et Bellac dans le lieu - En ordonnée : note de la variété examinée dans les divers lieux. Avec un losange bleu clair : expérimentations réalisées en 2011 - Avec un rond blanc : expérimentations réalisées en 2010 - Sans signe : expérimentations réalisées en 2009 ou antérieures

### 1.3 Recherche de sources de résistances originales

Deux sources de matériel ont été exploitées : des ressources génétiques (variétés ou lignées étrangères) d'une part et d'autre part, du matériel végétal original issu de nouveaux croisements blé x seigle, susceptibles d'apporter de nouvelles résistances (développé dans le cadre d'une collaboration depuis 1996 entre le GIE Triticale et l'INRA). De même que pour les essais Arvalis, l'évaluation a été améliorée par l'utilisation des témoins spécifiques triticales et les hôtes différentiels blé et triticales. L'objectif était d'identifier des résistances d'origines variées et potentiellement différentes.

**Ressources génétiques :** Nous nous sommes heurtés à plusieurs difficultés :

- du fait de l'apparition récente de l'oïdium sur triticales, on ne dispose généralement pas d'informations sur la résistance du matériel végétal ancien disponible. Nous avons donc surtout privilégié la diversité d'origine géographique,
- le matériel dit résistant, à une date donnée (même relativement récente, après 2000) et dans une zone géographique éloignée, ne l'est plus forcément actuellement et/ou dans nos conditions de culture,
- il est parfois difficile d'obtenir des semences et en quantité suffisante de matériel décrit dans la littérature et provenant d'autres pays (par exemple, nous n'avons pas pu obtenir de semences d'un triticales bulgare « Mulei »).

Sur les trois ans (2009, 2010 et 2011), 24 génotypes (provenant de la collection INRA), issus de 17 pays d'Europe, Asie, Amérique (Nord, sud et centrale) et Océanie ont été évalués, à raison d'une dizaine de génotypes par an. Les notations oïdium ont été effectuées par les 5 sélectionneurs du GIE Triticale et l'INRA Clermont-Ferrand. Excepté le cultivar PFT817 (Brésil) qui s'est montré très sensible à l'oïdium, beaucoup de génotypes se sont révélés soit moyennement sensibles soit assez résistants et six génotypes sont restés complètement indemnes dans tous les lieux : Coorong et Torrs (Australie), Sv.HT2 (Suède), 23ITSN-73 (Mexique), Purdy (Pays-Bas) et Fenzhi-1 (Chine). Même si ces résultats seront à confirmer, il semble qu'on puisse trouver des sources de résistance dans du matériel d'origines très variées et on pourrait espérer que celles-ci ne soient pas toutes identiques mais cela reste à étudier.

**Matériel issu de triticales primaires (blé x seigle) :** Tous les ans (en 2009, 2010 et 2011), 3 séries successives de lignées ont été observées dans 8 lieux INRA et établissements de sélection, respectivement 200 lignées, 50 lignées (en pépinières) et 10 lignées (en essai avec témoins CTPS). Les lignées observées jusqu'à 3 années consécutives ont été choisies annuellement sur des critères agronomiques. Ainsi, 622 lignées issues de croisements entre triticales primaires et triticales adaptés ont été observées au moins une année dans 8 lieux et jusqu'à trois ans pour une trentaine d'entre elles. Les origines de ce matériel sont très diversifiées : divers parents blé tendre voire blé dur, croisés à divers parents seigle. Il en résulte une forte proportion de lignées résistantes à l'oïdium et de nombreuses lignées ont été utilisées en croisements dans les programmes de sélection des membres du GIE Triticale. L'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas d'affirmer que ce sont des résistances forcément différentes de celles déjà présentes dans l'espèce triticales mais ceci est cependant fort probable.

## 2. Génétique des résistances à l'oïdium chez le triticales

### 2.1 Recherche de QTL

Trois populations d'étude, issues de croisements impliquant des variétés contrastées pour la résistance à l'oïdium, ont été obtenues (débutées en 2008, une évaluée en 2011, une évaluée ultérieurement) :

- Ampiac x Matinal (croisement fait par Agri-Obtentions, population SSD réalisée par R2n par générations accélérées) : 255 F5 en 2010,
- Tricolor x Bellac (croisement fait par Serasem, population d'HaploDiploïdes doublés (HD) faite par Florimond-Desprez) : 236 lignées HD en 2010,
- SW Talentro x Maximal (croisement et population d'HD faite par l'INRA Clermont, Guilloteau (2009)) : 281 HD en 2010.

Une dizaine d'autres croisements entre les variétés de triticales témoins ont été réalisés, les F1 ont été multipliées chez Florimond-Desprez pour être observées en F2 en 2010 chez Lemaire-Deffontaines, Florimond-Desprez et Serasem. Quant au croisement Ampiac x Matinal, il était observé au stade F4 uniquement chez R2n. Les disjonctions en F2 (% de plantes résistantes, sensibles et intermédiaires) ont été utilisées afin d'identifier si nous sommes en présence de diverses sources de résistance dans ces variétés ou non et pour aider au choix de la population la plus adaptée à la poursuite de l'étude parmi les 3 populations initiées. Les résultats n'étaient pas toujours faciles à interpréter (difficulté de noter des maladies sur des plantes isolées) et parfois variables selon les lieux (souches de pathogènes variables d'un lieu à l'autre) mais il semblerait que les parents résistants (R) utilisés ne portent pas tous les mêmes gènes de résistance car des disjonctions sont observées dans les F2 issues de croisements R x R.

Suite à ces observations, nous avons évalué en 2011, les 2 populations HD dont les disjonctions en F2 étaient plus compatibles avec la présence d'un ou deux gènes majeurs dans 2 voire 3 lieux chacune, mais seul un des deux croisements a été marqué par microsatellites (SSR) en 2011 dans le cadre de ce programme (Ghouat, 2011), la deuxième est en cours de marquage dans un programme ultérieur.

Le marquage moléculaire par plus de 200 marqueurs SSR (issus du blé tendre et du seigle, parfois déjà testés sur triticales et incluant les marqueurs de la partie 2.2), répartis sur les 21 chromosomes du génome, a été réalisé sur 281 lignées HaploDiploïdes issues du croisement SW Talentro x Maximal. De nombreux marqueurs se sont révélés biaisés et tous n'ont pas pu être cartographiés (logiciel mapmaker). Cependant, une première carte a été établie avec 80 marqueurs (Figure 4), avec une bonne cohérence par rapport aux localisations attendues sur blé ou sur seigle. On trouve 21 groupes de liaison, contenant de 2 à 7 marqueurs, dont 14 ont pu être assignés sans ambiguïté à des chromosomes identifiés. Pour les autres groupes, seules des hypothèses ont pu être formulées. Alors que ce travail était en cours de réalisation, une carte génétique du triticales (marqueurs SSR et DArT) a été publiée en mai 2011 (Tyrka *et al*, 2011). Ceci nous a permis de vérifier une bonne cohérence de notre carte avec celle-ci pour les quelques marqueurs communs (sur 12 marqueurs communs, seul un n'est pas répertorié sur le même chromosome sur les deux cartes). Les notations d'oïdium réalisées sur une fraction de ce matériel par Lemaire-Deffontaines et Florimond-Desprez ont été utilisées pour une première recherche de QTL et/ou de gène majeur (logiciel QTLCartographer). Cette recherche a donc été réalisée sur une carte assez pauvre en marqueurs et sur une évaluation dans 2 lieux seulement, elle est donc à prendre avec grandes précautions. Elle laisse supposer un lien entre les marqueurs du chromosome 2B et la notation d'oïdium faite chez Lemaire-Deffontaines (Tableau 2) mais le  $r^2$  est faible. Plusieurs gènes *Pm* sont répertoriés sur ce chromosome : *Pm26* et *Pm33* d'origine interspécifique (probablement absents de l'espèce triticales) et *Pm6*. Dans les tests Hôtes Différentiels, nous n'avons pas pu statuer sur l'efficacité de ce gène. En effet, il est toujours associé à d'autres *Pm* dans nos hôtes différentiels et cela nous empêche de conclure (effet masqué). Pour des études ultérieures, le blé Holger a été ajouté pour lever cette incertitude. Cependant, Kowalczyk *et al* (2011) considèrent ce gène comme efficace pour la résistance du triticales à l'oïdium. L'intérêt de cette zone du chromosome 2B est donc vraisemblable.



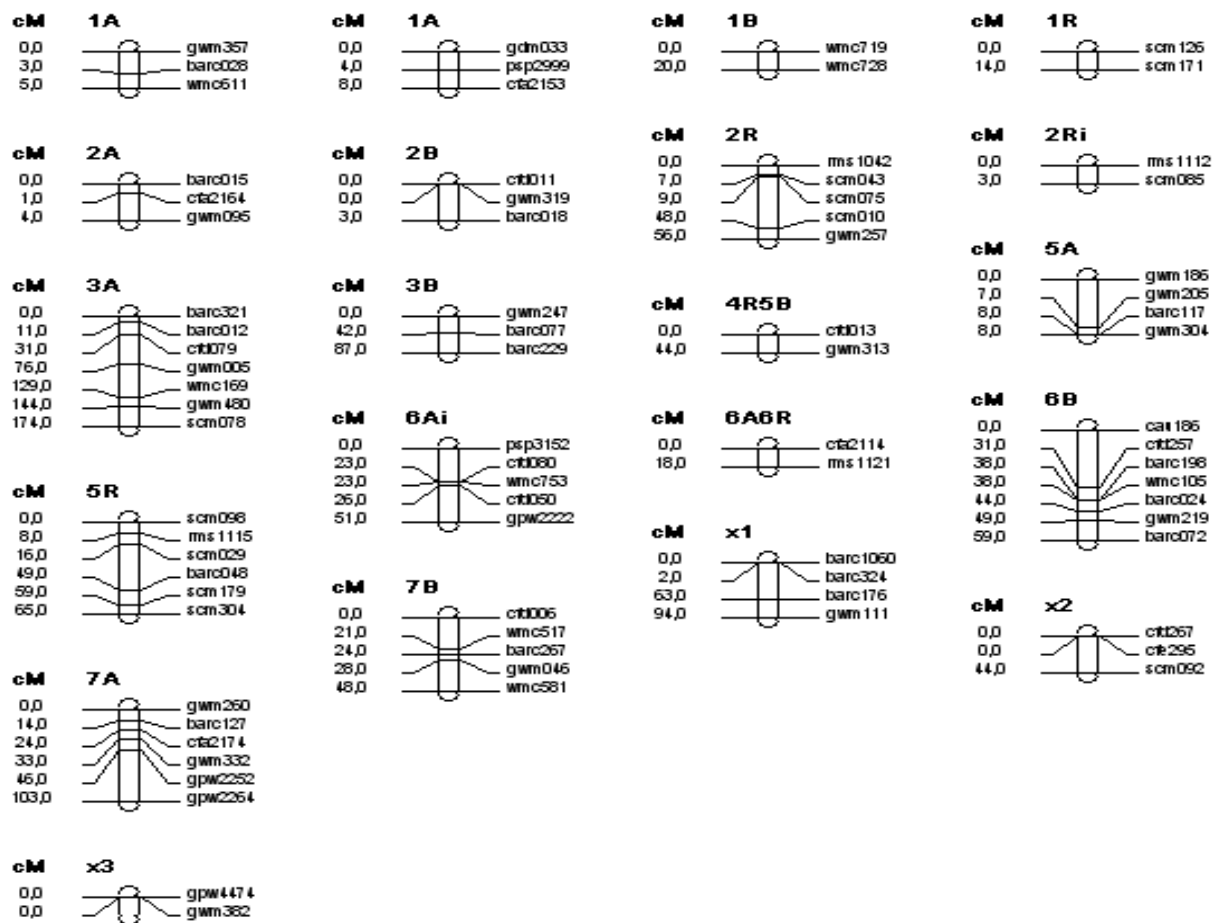


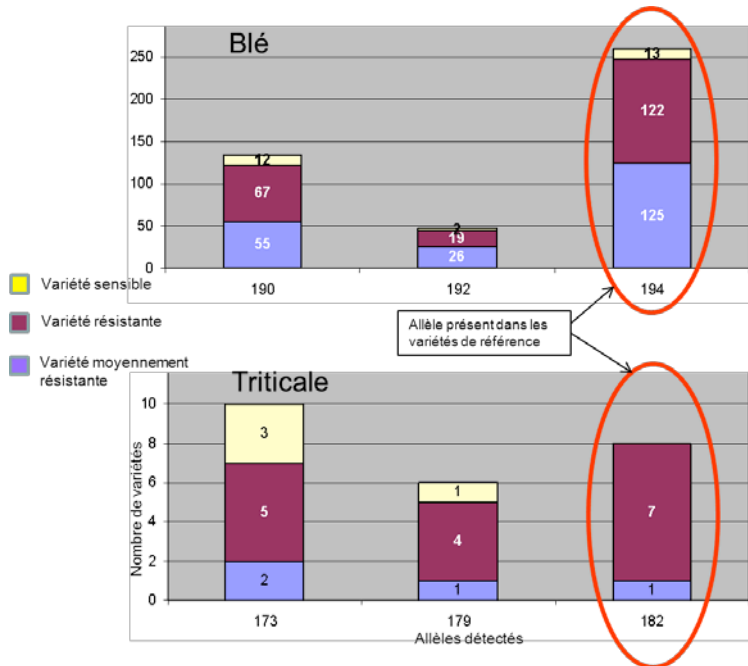
Figure 4 : Carte génétique établie sur la population HD SW Talentro x Maximal (Ghouat, 2011)

## 2.2 Marquage moléculaire de gènes *Pm* connus chez le blé tendre

Afin d'exploiter les connaissances de la communauté scientifique sur les gènes de résistances à l'oïdium du blé tendre, un travail de recherche bibliographique a été réalisé. Il a permis d'identifier environ 40 articles axés sur les 36 gènes de résistance à l'oïdium. Seuls 16 gènes ont été retenus et 93 marqueurs ont été testés sur les variétés de référence de la bibliographie contenant *a priori* les gènes ciblés et les 9 triticales témoins oïdium de notre étude. Les marqueurs exploitables ont ensuite été analysés sur une collection de blé tendre et de triticales pour valider leur intérêt pour détecter les gènes. Sur triticales, 4 marqueurs (Tableau 2 et Figure 5) concernant 4 gènes (*Pm3*, *Pm4*, *Pm12* et *Pm13*) permettraient de discriminer les variétés résistantes des sensibles (Latchoumaya, 2010). Cependant, les notations oïdium considérées pour les variétés de blé tendre et de triticales sont issues d'essais post-inscription conduits par Arvalis. Certaines notes ont donc été générées il y a plusieurs années et peuvent ne plus être représentatives de la sensibilité variétale vis-à-vis des souches actuelles d'oïdium. Ces résultats doivent donc être confirmés à la lumière d'évaluations agronomiques plus actuelles. Cependant, cette étude a permis d'identifier des marqueurs intéressants, notamment pour les gènes *Pm3* et *Pm4* qui restent efficaces d'après les tests sur hôtes différentiels. Mais il reste encore à approfondir les relations alléliques et ces marqueurs sont relativement éloignés des gènes eux-mêmes.

**Tableau 2 :** Marqueurs potentiellement liés à la résistance à l'oïdium

Marqueurs	Gène	Chromosome	Allèle	Blé	Triticale
Cau24	<i>Pm12</i>	6B	182		x
Xbarc119	<i>Pm3</i>	1A	229 et 231	x	x
Xgwm108	<i>Pm13</i>	3B	147		x
Gwm356	<i>Pm4</i>	2A	178+...		x

**Figure 5 :** Exemple de répartition des allèles obtenus avec le marqueur du gène *Pm12*

## Conclusion générale

Face au problème récent qu'est l'apparition de l'oïdium sur l'espèce triticales, ce programme a permis de nombreuses avancées et nouvelles pistes de recherches. Nous savons que l'agent pathogène provient de la forme spéciale attaquant le blé tendre, nous avons identifié des gènes du blé tendre qui sont efficaces contre les souches attaquant le triticales, nous avons identifié des génotypes résistants (ressources génétiques ou nouveaux croisements blé x seigle) et des marqueurs potentiels soit en partant de bibliographie, soit en étudiant des populations de triticales en ségrégation. Les recoupements de ces résultats avec les travaux récents de collègues européens (Troch, 2013 ; Kowalczyk *et al*, 2011 ; Flath *et al*, 2008) forment un ensemble assez cohérent. Il reste néanmoins de nombreux travaux à approfondir et c'est ce qui a été poursuivi dans le cadre d'un nouveau programme 2011-2014, avec les mêmes partenaires. Nous développons aussi des collaborations avec nos collègues européens notamment pour le test de génotypes avec des souches isolées, point qui fait défaut en France. Les prochains travaux concernent l'amélioration du jeu d'hôtes différentiels et si possible l'acquisition d'un jeu d'hôtes triticales au lieu de blé tendre seulement ; une meilleure connaissance des allèles des gènes de résistances impliqués ; la recherche de marqueurs plus proches ; le marquage d'une deuxième population, porteuse d'une résistance qui semble différente.

## Remerciements

Ce programme a bénéficié du financement du Ministère de l'Agriculture. Ce travail n'a pu être réalisé que par l'implication de chacun des sélectionneurs du GIE TRITICALE, en particulier Pierre Blanc (Florimond-Desprez), Jean-Paul Le Goff (RAGT 2n), Eric Delaleau (Lemaire-Deffontaines) et Hubert Havegeer (Serasem), qu'ils en soient tous chaleureusement remerciés ainsi que tout le personnel technique INRA, ARVALIS - Institut du végétal et des membres du GIE TRITICALE. Plusieurs stagiaires ont aussi contribué à ce travail à l'INRA et chez Arvalis, encadrés par Isabelle Gateau pour leur travail technique : Rodolphe Guilloteau, Séverine Latchoumaya, Najoua Ghouat.

## Références bibliographiques

- 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. Présentation orale. Soumission d'article pour proceedings en cours.
- Cheyron P. du, Masson E., 2007. Variétés de triticale : décryptage du catalogue Français. Perspectives Agricoles 335, 38-46.
- Flath K., Klocke B., Herrmann M., 2008. Analyse und Integration wirksamer Mehlauresistenzen in Triticale (Analysis and Integration of Effective Resistance to Powdery Mildew in Triticale). Abwehrstrategien Gegen Biotische Schaderreger Zuchtung Von Hackfruchten Und Sonderkulturen. Tagungsband Der 59. Jahrestagung Der Vereinigung Der Pflanzenzüchter Und Saatgutkaufleute Österreichs, 25.-27. November 2008, Raumberg-Gumpenstein, Austria.
- Ghouat N., 2011. Marquage moléculaire et recherche de QTL sur une descendance entre triticale sensible et résistant à l'oïdium. Stage de Master 2 Université Blaise Pascal Clermont-Fd.
- Guilloteau R., 2009. Utilisation de différentes techniques de culture in vitro afin de produire une population de triticale. Stage de DUT Génie Biologique IUT La Rochelle.
- 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
- Latchoumaya S., 2010. Etude bibliographique et recherche de marqueurs moléculaires liés à des gènes de résistance *Pm* impliqués dans la résistance à l'oïdium chez le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le triticale (*X Triticosecale*). Stage de Master 2 Université Paris Est Créteil.
- Mascher F., Reichman P., Schori A., 2006. Impact de l'oïdium sur la culture du triticale. Revue Suisse d'Agriculture 38, 193-196.
- Strzembicka A, Arseniuk E., Poznan W., 2006. *Blumeria graminis* sp. – an emerging problem in triticale breeding in poland. In H. Roux (ed), 6th International Triticale Symposium, Programme and abstracts of oral presentations, 3-7 september 2006, Stellenbosch, South Africa, 51-85.
- Troch V., 2013. Insight into the recent emergence of powdery mildew (*Blumeria graminis*) on its 'new' host triticale (*x Triticosecale* Wittmack): from origin to disease control. PhD Thesis, Ghent University, Belgium.
- Walker A.S., Bouguennec A., Masson E., du Cheyron P., 2009. Résistance variétale : comment retrouver des triticales résistants à l'oïdium ? Perspectives Agricoles 357, 78-84.
- Walker A.S., Bouguennec A., Confais J., Morgant G., Leroux P., 2011. Evidence of host range expansion from new powdery mildew *Blumeria graminis* infections of triticale (*X Triticosecale*) in France. Plant Pathology 60(2), 207-220