

La sélection de variétés de blé et de triticale résistantes aux maladies

V. MICHEL, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon 1

 E-mail: vincent.michel@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22/36 34 444.

Résumé

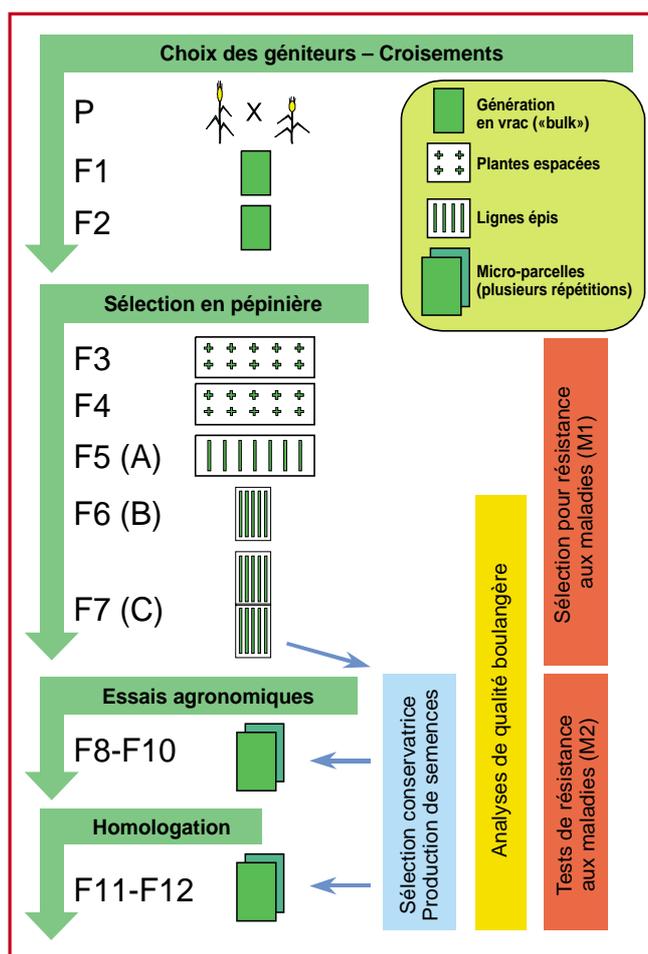
La sélection de variétés de blé et de triticale résistantes aux principales maladies en Suisse implique certaines tâches très précises. L'inoculation artificielle des pépinières de sélection avec les pathogènes de l'oidium, des rouilles jaunes et brunes, et de la septoriose causée par *Stagonospora nodorum*, est l'une des principales. La seconde activité est l'évaluation de la résistance aux maladies du matériel de sélection avancé (tests maladies). En plus des quatre maladies mentionnées, ces tests incluent la septoriose causée par *Septoria tritici* et la fusariose sur épi. Les résultats de ces évaluations permettent aux sélectionneurs de retenir des lignées dans le processus de sélection mais également de choisir les géniteurs des futurs croisements. De plus, ces données servent de base à la description des variétés suisses et étrangères dans le processus d'homologation.

Introduction

La sélection des céréales dans les Stations fédérales de Changins et de Reckenholz a une longue tradition (FOSSATI, 1998), datant du début du XX^e siècle, et un poids particulier y est mis sur la résistance du blé et du triticale aux diverses maladies sur feuilles et épis. Le travail d'un groupe de pathologie au sein de la section Amélioration et certification des plantes (AMC) assure la base nécessaire à la création de variétés résistantes. Le but de cet article est de présenter un aperçu des différentes activités liées à la création de variétés résistantes telles qu'elles sont pratiquées actuellement à Changins.

La sélection du blé et du triticale: les bases

Connaître un peu le processus de sélection est nécessaire pour bien comprendre les différents travaux des pathologistes qui y collaborent.



Quelle que soit l'espèce, la fixation des objectifs d'amélioration précède le choix d'un schéma de sélection et d'une méthodologie. Pour les blés sélectionnés à Changins, ces objectifs sont le rendement économique, la qualité boulangère et la résistance aux maladies. Un haut rendement, un grain bien formé, la résistance aux maladies et à la verse sont les objectifs de la sélection du triticale. Les schémas de sélection varient légèrement en fonction de l'espèce (blé ou triticale) et de la période de semis (automne ou printemps). Dans le schéma de sélection du blé d'automne (fig. 1) par exemple, différentes étapes peuvent être distinguées. Le choix des géniteurs

◁ Fig. 1. Schéma de sélection du blé d'automne. Les maladies testées dans la sélection en pépinière sont l'oidium, la rouille jaune, la rouille brune et la septoriose causée par *Stagonospora nodorum* (M1). En plus de ces quatre maladies, la septoriose causée par *Septoria tritici* et la fusariose sur épi sont incluses dans les tests maladies (M2).



◁ Fig. 2. L'oïdium se reconnaît facilement à ces pustules poudreuses qui se forment sur les feuilles, surtout pendant les périodes fraîches printanières. Le champignon, qui se développe principalement à la surface des feuilles et qui forme des spores riches en eau, supporte mal les grandes chaleurs.



visé la meilleure combinaison possible de deux parents (P) complémentaires pour leur valeur agronomique, leur qualité et leur résistance. Après croisement, une première étape consiste à fixer (rendre homozygote) le matériel tout en lui faisant subir une pression de sélection. Lors de ces premières générations (F1 et F2), l'ensemble des descendants du croisement est considéré comme une unité. La deuxième étape est la sélection en pépinières qui aboutit à des lignées fixées. Chaque descendant est alors pris en considération individuellement. A ce stade, l'inoculation artificielle de l'oïdium, de la rouille jaune, de la rouille brune et de la septoriose causée par *Stagonospora nodorum* (anciennement *Septoria nodorum*) permet l'identification et l'élimination des génotypes sensibles à ces maladies. Les premiers tests pour la qualité boulangère commencent dès la récolte de la sixième génération (F6). A la troisième étape commencent les essais agronomiques, c'est-à-dire des essais en micro-parcelles et en plusieurs lieux, qui permettent une première mesure du potentiel de rendement. A partir de ce moment, l'évaluation de la résistance se fait séparément pour chacune des six maladies. Aux quatre maladies notées en pépinière s'ajoutent la septoriose cau-



△◁ Fig. 3. La rouille jaune se traduit par des symptômes de stries sur la feuille (ce que suggère bien son nom latin *Puccinia striiformis*) qui la rendent facile à identifier. C'est une maladie qui se développe déjà à des températures relativement froides, et une attaque précoce peut causer d'importants dégâts. Elle est actuellement peu fréquente en Suisse, mais des souches portant une nouvelle virulence sont apparues en Suisse au printemps 2001.

◁ Fig. 4. *Septoria tritici*, un des deux pathogènes qui causent la septoriose. *S. tritici* ne se développe que sur les feuilles et se distingue de *Stagonospora nodorum* par la présence de petits points noirs à l'intérieur des lésions (zones de tissu végétal mort). Ce sont les corps de fructification dans lesquels se forment des masses de nouvelles spores.

sée par *Septoria tritici* et la fusariose sur épi. Le nombre de tests sur la qualité boulangère augmente pour une meilleure évaluation de ce caractère complexe. Dès la huitième génération (F8) débute alors la sélection conservatrice par Delley Semences et Plantes SA, le co-obtenteur et représentant des variétés des Station fédérales. Le travail des sélectionneurs de Changins est pratiquement terminé à la fin de cette troisième étape par le choix des lignées à présenter en essai officiel. La dernière étape, qui est l'homologation des variétés suisses et étrangères, est conduite par d'autres équipes. La nature très spécifique des tests de résistance aux maladies et de qualité boulangère implique que ces tests restent délégués pour leur exécution aux collaborateurs de la section AMC.

Résistance du blé et du triticale aux maladies importantes

Environ vingt maladies du blé et du triticale causées par des champignons ou des virus ont une certaine importance en Suisse (HÄNI *et al.*, 1990). La sélection pour la résistance se concentre sur les six maladies jugées particulièrement critiques pour l'ensemble de la Suisse (tabl. 1). Les pathogènes causant ces maladies sont tous des champignons qui exigent une humidité élevée afin d'infecter leur plante hôte. L'oïdium (fig. 2), la rouille jaune (fig. 3) et la septoriose causée par *S. tritici* (fig. 4) sont des maladies qui se développent bien aux températures fraîches du printemps. En revanche, la rouille brune (fig. 5), la septoriose causée par *S. nodorum* (fig. 6) et la fusariose sur épi (fig. 7) ont besoin de températures plus estivales. L'importance de ces maladies ne varie pas seulement selon la saison mais aussi en fonction des régions et de leurs conditions environnementales spécifiques (météo, nature du sol, etc.), des résistances déployées dans les variétés cultivées et de l'évolution des populations de pathogènes. Un exemple actuel pour ce dernier cas est l'apparition d'une nouvelle virulence dans *Puccinia striiformis*, le pathogène de la rouille jaune. Ces souches virulentes de *P. striiformis* peuvent contourner la résistance spécifique Yr17, une résistance de type gène-pour-gène largement utilisée dans les programmes de sélection de blé en Europe et en Suisse. Pour créer des variétés résistantes aux maladies, la base génétique de la résistance doit être bien comprise. Deux

Tableau 1. Maladies pour lesquelles la résistance chez le blé et le triticale fait l'objet d'une sélection.

Maladie	pathogène	(autre nom)	Plante hôte
Oïdium	<i>Blumeria graminis</i>	<i>Erysiphe graminis</i>	blé et triticale
Rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i>		blé et triticale
Rouille brune	<i>Puccinia recondita</i>	<i>Puccinia triticina</i>	blé et triticale
Septoriose	<i>Stagonospora nodorum</i>	<i>Septoria nodorum</i>	blé et triticale
Septoriose	<i>Septoria tritici</i>		blé et triticale
Fusariose sur épi	<i>Fusarium graminearum</i> <i>Fusarium culmorum</i>		blé et triticale

genres de résistance jouent un rôle dans la sélection du blé et du triticale. La résistance de type gène-pour-gène, aussi appelée résistance qualitative ou résistance spécifique, est en général celle qui permet une résistance complète aux rouilles et à l'oïdium. De manière imagée, on pourrait dire qu'une variété est pourvue d'une serrure qui empêche le pathogène d'entrer dans la plante et d'y faire des dégâts (fig. 8). Le seul moyen pour le pathogène d'entrer est de disposer de la clé qui lui permet d'ouvrir cette serrure. En termes de pathologie, la serrure est appelée gène de résistance et la clé gène de virulence. A un gène de résistance de la variété correspond un gène de virulence de la souche (gène-pour-gène). Quand une souche dispose du gène de virulence nécessaire pour rendre inefficace une résistance spécifique d'une variété,

on dit que la résistance a été «cassée». Afin de diminuer ce risque, les sélectionneurs tentent parfois d'accumuler plusieurs gènes de résistance dans la même variété. Dans pareil cas, la souche doit disposer de tous les gènes de virulence correspondants pour casser la résistance. En revanche, un seul gène de résistance peut offrir une protection parfaite même contre des souches possédant un grand nombre de

▽

Fig. 6. Stagonospora nodorum (ancienne-
ment *Septoria nodorum*) cause la septoriose aussi bien sur les feuilles (a) que sur les épis (b). A part la forte diminution de rendement qu'elle occasionne par ses attaques sur les feuilles et les épis, *S. nodorum* altère aussi la qualité du grain. La maladie est en plus transmise par les grains atteints et peut causer des dégâts lors de la levée de la plante.

Fig. 7. Une attaque de fusariose sur épi commence par l'infection de quelques épillets si ceux-ci sont sensibles. Ensuite, la maladie se répand plus ou moins vite à l'intérieur de l'épi. A part une diminution de rendement, la fusariose provoque aussi la formation de mycotoxines dans les grains. De plus, la maladie est transmise par les grains et peut altérer la qualité du semis.

▽





Fig. 8. Mécanisme de résistance de type gène-pour-gène comme dans le cas de l'oïdium, de la rouille jaune et de la rouille brune, schématisé par une serrure (gène de résistance dans la plante) et une clé (gène de virulence dans le pathogène). Il est important de constater que ce n'est pas forcément un grand nombre de gènes de résistance qui garantit une bonne protection contre le pathogène.



Fig. 9. Un semoir spécialement conçu pour un semis où chaque ligne semée est une autre lignée expérimentale. Il est alors possible de semer sur une surface de 35 m² cent lignées différentes.

gènes de virulences, pour autant qu'elles soient privées de la virulence correspondante.

Le deuxième groupe de résistance inclut les résistances quantitatives, aussi appelées résistances non spécifiques. Elles sont génétiquement basées sur plusieurs gènes de résistance dont chacun contribue partiellement à la résistance de la plante. Contrairement à la résistance qualitative, où une plante peut rester complètement indemne de dégâts causés par le pathogène, la résistance de type quantitatif ne protège que partiellement la plante. La résistance aux deux septorioses et la résistance à la fusariose sur épi font partie de ce groupe. Dans le cas de la septoriose causée par *S. tritici*, une résistance de type gène-pour-gène semble aussi exister (KEMA *et al.*, 2000).

Inoculation artificielle des maladies dans les pépinières

Les pépinières sont semées à l'aide de semoirs expérimentaux (fig. 9) qui permettent de sélectionner chaque plante individuelle (F3 et F4) ou la descendance d'un seul épi (ligne épi, F5-F7). Pour assurer un bon établissement des semis, le traitement des semences avec un fongicide est la règle. De ce fait, aucune sélection pour une résistance aux maladies du sol ou transmises par la semence ne se fait à Changins. Les pépinières sont implantées à Changins ou à Vouvry (Chablais valaisan). Cette deuxième région possède des conditions optimales pour le développement des maladies du blé et du triticale. L'inoculation des pépinières avec la rouille jaune, la rouille brune et l'oïdium se fait à l'aide de «bandes d'infection» (fig. 10). Le principe est d'insérer à intervalles réguliers un semis d'un mélange de variétés ou de lignées extrêmement sensibles à ces maladies. Au printemps, les bandes d'infection sont inoculées avec les pathogènes des trois maladies de deux façons différentes. Pour l'oïdium, des plantules sont inoculées en serre avec un mélange de souches. Dès que les conditions météorologiques le permettent, ces plantules sont plantées dans les bandes d'infection à l'aide d'une planteuse (fig. 11). Après sporulation, les spores produites par les plantules infectent les plantes sensibles dans les bandes d'infection qui à leur tour transmettent les pathogènes aux plantes en observation dans les pépinières. Depuis cette année, l'inoculation des rouilles se fait sans le



recours au repiquage de plantules infectées. Les bandes d'infection sont inoculées directement avec une suspension de spores de rouille dans une huile minérale non phytotoxique. A cette fin, des spores sont aspergées sur les bandes d'infection avec une quantité équivalant à cinq grammes de spores à l'hectare. Ce travail se fait avec un pulvérisateur porté sur le dos conçu pour l'application à très bas volume. Cette technique diminue le travail mais, surtout, permet l'accès au terrain même dans des conditions où le passage des machines est rendu difficile. Les avantages de cette méthode sont particulièrement flagrants lors d'années humides comme 2001.

L'inoculation des pépinières avec *S. nodorum* se fait à l'aide d'une pompe à traiter traditionnelle. Une suspension de spores est préparée après une multiplication du pathogène sur du grain de blé stérile (FRIED, 1989). Quand la dernière feuille de la plupart des plantes est complètement sortie, 300 l/ha d'une suspension de spores à une concentration de un million de spores par ml sont répartis sur les pépinières. Cette concentration permet d'obtenir une infection assez forte pour facilement détecter les plantes sensibles sans toutefois trop diminuer la qualité des grains des plantes retenues. En effet, une trop forte attaque de *S. nodorum* aurait un effet néfaste sur la qualité des grains utilisés pour la prochaine génération de sélection.

L'infection artificielle dans les pépinières aide les sélectionneurs à faire leur travail en diminuant la variabilité de la pression des maladies à l'intérieur d'une parcelle mais aussi entre les années. De plus, par l'utilisation de souches isolées dans différentes régions de Suisse, une partie de la spécificité de ces régions, exprimée dans la composition des populations des pathogènes, est transférée dans l'espace standardisé des pépinières de sélection.

Evaluation de la résistance des variétés et des lignées par les «tests maladies»

Les essais d'évaluation de résistance pour chaque maladie à un stade avancé de la sélection, c'est-à-dire parallèlement aux essais agronomiques et d'homologation, sont appelés les «tests maladies». Pour chaque test, et donc pour chaque maladie, la totalité des lignées est mise en place dans un dispositif permettant une infection uniforme et une évaluation précise (fig. 12). Les tests de résistance à l'oïdium et aux rouilles ont recours à des «lignes d'infection» pour arriver à une forte pression de la maladie dans la parcelle. Les lignes d'infection sont semées à une densité beaucoup plus élevée que les bandes d'infection. Une ligne de 65 cm de long est semée

◁ Fig. 10. La rouille jaune est bien visible sur cette bande d'infection. Partant de cette bande, cette maladie, de même que la rouille brune et l'oïdium, se répand sur le matériel de sélection se trouvant des deux côtés.



Fig. 11. L'utilisation d'une planteuse permet la mise en place rationnelle des plantules infectées avec l'oïdium.



△ Fig. 12. Le test maladie de fusariose sur épi montre bien le principe de ces tests. On compare les différentes lignées de sélection dans les conditions les plus uniformes possible.

Fig. 13. Infection du test maladie de rouille jaune grâce à des lignes d'infection insérées à intervalles réguliers (la ligne du milieu dans chaque deuxième parcelle). La parcelle au premier plan contient des variétés spécialement sensibles utilisées pour les lignes et bandes d'infection. Les autres parcelles contiennent les lignées du programme de sélection.





◁ Fig. 14. Différents systèmes d'irrigation utilisés dans les tests maladies. Les installations fixes (a, b) servent à l'irrigation journalière des tests de fusariose sur épi et de *S. tritici*. La rampe d'irrigation mobile (c), en revanche, n'est utilisée que ponctuellement pour l'irrigation des autres tests maladies lors de périodes de sécheresse prolongée.

tous les deux mètres au centre des bandes de semis qui ont une largeur de 1,5 m (fig. 13). Le repiquage des plantules infectées d'oïdium au centre de cette ligne se fait à la main. L'inoculation du test *S. nodorum* a lieu à deux stades, à la sortie de la dernière feuille et sur l'épi, à deux concentrations différentes: cinq millions de spores par ml sur les feuilles et un million de spores par ml sur épi. La plus faible concentration de la deuxième inoculation vise à éviter une trop forte altération des grains. L'évaluation séparée de la résistance à *S. nodorum* sur feuille et sur épi est fondée sur la différence du contrôle génétique de ces résistances (FRIED et MEISTER, 1987). En effet, une plante peut être sensible à cette maladie au niveau de la feuille mais résistante au niveau de l'épi, et vice versa. Ces différences de résistance des variétés homologuées en Suisse sont indiquées dans le catalogue national des variétés de céréales (COLLAUD *et al.*, 2000).

La septoriose due à *S. tritici*, en revanche, ne se développe que sur les feuilles. Pour inoculer la dernière feuille, une suspension de spores à une concentration de dix millions de spores par ml est préparée après une multiplication des souches dans un milieu nutritif liquide. Pour assurer une infection optimale de *S. tritici*, le recours à l'irrigation est parfois nécessaire, car la durée minimale pour l'infection est de 48 heures (KEMA *et al.*, 1996). Une installation fixe d'irrigation (fig. 14) permet d'assurer une humidité élevée durant cette période.

Un système d'irrigation est systématiquement utilisé pour le test de fusariose sur épi. Les pathogènes de cette maladie, *Fusarium culmorum* et *F. graminearum*, attaquent l'épi au stade de la floraison, et une humidité très élevée est une condition primordiale pour que réussisse l'infection. Trois inoculations consécutives, avec une suspension de spores à une concentration de un million de spores par ml, sont faites après la multiplication des souches de *F. culmorum* sur des grains stériles d'avoine et de *F. graminearum* dans un milieu nutritif liquide. L'inoculation à plusieurs reprises est liée aux stades de floraison différents des lignées testées (KLEIJER et MICHEL, 2001).

Un apport d'eau sur les autres tests maladies pendant une période de sécheresse accrue, comme c'était le cas en 2000, est possible grâce à une rampe d'irrigation d'une largeur de 24 m (fig. 14c).

En plus de l'inoculation artificielle avec des souches de provenances différentes, les multiples possibilités d'irrigation permettent de modifier l'environnement en faveur des maladies dans le cadre de l'évaluation des résistances.

Utilisation des résultats des tests maladies

L'évaluation de la résistance se fait par la notation des symptômes visibles sur la dernière feuille ou sur l'épi. Pour ces «notations visuelles», dont le nombre varie selon la maladie, on utilise une échelle standardisée (tabl. 2). Cette échelle ne tient pas seulement compte de l'évolution dynamique des maladies mais aussi des exigences de la transformation statistique pour la mise en valeur des résultats. L'utilisation de schémas d'évaluation des surfaces de feuille ou d'épi, élaborés dans le cadre de la coopération scientifique européenne (action COST 817), permet de réduire la variation entre les notes prises par les différents collaborateurs du groupe de pathologie du service de sélection.

Les résultats des notations sont directement utilisés pour la description de la résistance à l'oïdium, aux rouilles et à la fusariose sur épi. Le cas est différent pour les septorioses où les données de plusieurs notations sont transformées en un indice de résistance. La base de cette transformation est la surface sous la courbe de la progression de la maladie, une méthode d'évaluation de la résistance développée aux Etats-Unis (SHANER et FINNEY, 1977). L'indice de résistance est la valeur relative de cette surface avec comme référence (indice = 100) la moyenne de la surface de toutes les lignées testées. L'indice final est obtenu après une correction pour la précocité, à cause de la diminution de la résistance avec le vieillissement de la plante. L'interprétation de cet indice se fait comme pour les notes décrivant le niveau de résistance à l'oïdium, aux rouilles et à la fusariose sur épi. Plus la valeur est basse, plus le niveau de résistance est élevé.

Les résultats des tests maladies ont deux utilisations principales. Premièrement, ils servent à la description de la résistance aux maladies des variétés homologuées ou recommandées en

Tableau 2. Echelle de notation pour l'évaluation de la résistance aux maladies du blé et du triticale.

Note	% surface	Symptômes
1	0	pas de symptômes
2	2,5	quelques symptômes
3	10	1/10 de la feuille/épi couvert de symptômes
4	25	1/4 de la feuille/épi couvert de symptômes
5	50	1/2 de la feuille/épi couvert de symptômes
6	75	1/4 de la feuille/épi exempt de symptômes
7	90	1/10 de la feuille/épi exempt de symptômes
8	97,5	traces de la feuille/épi sans symptômes
9	100	feuille/épi complètement couverts de symptômes

Tableau 3. Conversion de la note (oïdium, rouilles, fusariose sur épi) et de l'indice (septorioses) en catégories de résistances.

Note (= x)	Indice (= x)	Catégorie	Description
$x \leq 2$	$x \leq 60$	+++	très résistant
$2 < x \leq 3$	$60 < x \leq 75$	++	résistant
$3 < x \leq 4$	$75 < x \leq 90$	+	légèrement résistant
$4 < x \leq 5$	$90 < x \leq 110$	∅	moyen
$5 < x \leq 6$	$110 < x \leq 130$	-	légèrement sensible
$6 < x \leq 7$	$130 < x \leq 160$	--	sensible
$7 < x$	$160 < x$	---	très sensible

Suisse. Un schéma a été élaboré récemment pour transformer ces résultats en catégories de résistance (tabl. 3). Ce classement est basé sur les résultats de deux ans au moins et peut être modifié en tenant compte d'observations sup-

plémentaires faites dans des parcelles d'expérimentation naturellement infectées. Deuxièmement, les résultats des tests maladies donnent aux sélectionneurs les informations nécessaires pour identifier les lignées possédant une

Fig. 15. L'inoculation de spores d'oïdium à des plantules protégées par un sachet de cellophane se fait sous une hotte stérile spécialement transformée pour cette tâche. Chaque pot est inoculé avec une autre souche d'oïdium et est ensuite placé dans une chambre froide avec un éclairage permettant de conserver la souche pendant six mois. Le maintien de l'oïdium sur une plante vivante est le seul mode de conservation de ce pathogène, qui ne se multiplie que sur du tissu végétal vivant (organisme biotrophe) et ne peut pas être stocké sous forme congelée ou lyophilisée.



bonne résistance générale, et constituent donc une indication précieuse pour le choix des géniteurs dans les futurs croisements.

Et quelques activités en plus...

Pour le bon déroulement de tous ces travaux, plusieurs activités «annexes» font partie du quotidien des pathologistes au service de la sélection. L'inoculation artificielle des pépinières et des tests maladies exige de collectionner de nouvelles souches de pathogènes. Chaque année, des échantillons des différents pathogènes sont collectés dans les principales régions céréalières de Suisse. Après isolation, les souches doivent être conservées jusqu'à leur multiplication pour les infections artificielles. Cette opération se fait par lyophilisation, un procédé qui permet de stocker les souches de tous les pathogènes, sauf de celui de l'oidium. Ce dernier est, comme la rouille jaune et brune, un organisme strictement biotrophe, c'est-à-dire qu'il ne peut se nourrir que de tissu végétal vivant. La multiplication de ces trois pathogènes se fait donc seulement sur des plantes vivantes. De plus, l'oidium ne peut être conservé que sur des plantules vivantes. A cette fin, des plantules de blé très sensibles sont couvertes avec un sachet de cellophane qui laisse passer l'air mais pas les spores. Elles sont inoculées avec des spores prélevées sur une plante malade (fig. 15). Les plantules inoculées sont alors stockées dans une chambre froide avec un éclairage permettant de maintenir les plantules vivantes, et avec elles l'oidium, pendant six mois.

La participation à des programmes internationaux d'échange de variétés soumises à des tests de résistance est une autre activité importante en pathologie. Ces échanges concernent la résistance à l'oidium et aux rouilles jaune et brune du blé d'automne. Depuis 2001, l'oidium du blé de printemps est également inclus dans ces comparaisons. Des variétés provenant de plusieurs pays européens (jusqu'à huit pays) sont alors incluses dans les tests maladies réalisés à Changins. En contrepartie, des lignées avancées de notre programme de sélection sont testées pour leur résistance à ces trois maladies dans de nombreux pays d'Europe. Ce travail permet de vérifier la valeur des résistances de nos variétés dans d'autres environnements et surtout d'examiner des variétés étrangères en vue de leur utilisation comme géniteurs pour les futurs croisements.

Pour conclure

La sélection pour des variétés résistantes aux maladies implique une exposition continue du matériel de sélection aux pathogènes afin de n'en retenir que le plus résistant. L'absence d'une maladie dans les pépinières ou tests maladies doit être évitée à tout prix. La tâche prioritaire du groupe de pathologie d'un service de sélection est d'assurer que de bonnes conditions pour l'évaluation de la résistance des variétés existent chaque année.

Remerciements

Je remercie tous les membres de la section AMC et le photographe de la RAC pour leur excellente collaboration et leur grand intérêt concernant tous les aspects de la sélection des variétés résistantes.

Bibliographie

COLLAUD J.-F., FOSSATI A., FOSSATI D., SCHWÄRZEL R., MENZI M., WEILENMANN F., WINZELER M., 2000. Description des variétés de céréales du catalogue national 2000. *Revue suisse Agric.* 32 (3), I-VIII.

FOSSATI A., 1998. Amélioration des plantes: réflexions d'un sélectionneur. *Revue suisse Agric.* 30 (6), 251-253.

FRIED P. M., 1989. Improved method to produce large quantities of *Septoria nodorum* inoculum. In: *Septoria of cereals, Proceedings of 3rd International Workshop on Septoria Diseases of Cereals*, July 4-7, 1989, Zurich, Switzerland, 28-31.

FRIED P. M., MEISTER E., 1987. Inheritance of leaf and head resistance of winter wheat to *Septoria nodorum* in a diallel cross. *Phytopathology* 77, 1371-1375.

HÄNI F., POPOV G., REINHARD H., SCHWARZ A., TANNER K., VORLET M., 1990. Protection des plantes en production intégrée. *LmZ, Zollikofen*, 334 p.

KEMA G. H. J., DAZHAO Y., RIJKENBERG F. H. J., SHAW M. W., BAAYEN R. P., 1996. Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola* in wheat. *Phytopathology* 86, 777-786.

KEMA G. H. J., VERSTAPPEN E. C. P., WAALWIJK C., 2000. Avirulence in the wheat *Septoria tritici* leaf blotch fungus *Mycosphaerella graminicola* is controlled by a single locus. *MPMI* 13, 1375-1379.

KLEIJER G., MICHEL V., 2001. Observations sur la résistance du triticale et du blé à la fusariose sur épi. *Revue suisse Agric.* 33, à paraître.

SHANER G., FINNEY R. E., 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67, 1051-1056.

Summary

Breeding disease resistant wheat and triticale varieties

Breeding for resistance to the major diseases in Switzerland is part of the wheat and triticale improvement program at Changins. Therefore, the breeding nurseries are artificially inoculated with the pathogens of powdery mildew, stripe and leaf rust, and leaf and glume blotch caused by *Stagonospora nodorum*. Another important activity is the evaluation of the disease resistance of the advanced breeding material (disease tests). In addition to the four diseases mentioned above, the resistance to speckled leaf blotch, caused by *Septoria tritici*, and to fusarium head blight are also measured. The results of the tests help the breeders to select the advanced breeding lines but also to choose the parents for the future crosses. Furthermore, they are the bases on which the description of the newly registered Swiss and foreign varieties is established.

Key words: resistance breeding, wheat, triticale, powdery mildew, stripe rust, leaf rust, leaf and glume blotch, speckled leaf blotch, fusarium head blight.

Zusammenfassung

Züchtung von krankheitsresistenten Weizen- und Triticaleorten

Die Züchtung von Sorten, welche gegen die wichtigsten in der Schweiz vorkommenden Krankheiten resistent sind, umfasst eine Anzahl gezielter Tätigkeiten. Dazu gehört das künstliche Beimpfen der Zuchtgärten mit den Krankheitserregern des Mehltaus, des Gelb- und Braunrosts, sowie der durch *Stagonospora nodorum* verursachten Blatt- und Spelzbräune. Eine weitere wichtige Aktivität betrifft die Bestimmung der Krankheitsresistenz des fortgeschrittenen Züchtungsmaterial (Krankheitstests). Zusätzlich zu den bereits erwähnten vier Krankheiten schliessen diese Tests die durch *Septoria tritici* verursachten Blattdürre sowie die Ährenfusariose ein. Die Ergebnisse der Krankheitstests sind eine wichtige Entscheidungshilfe beim Bestimmen der im Züchtungsprogramm zurückgehaltenen Zuchtlinien aber auch für die Auswahl der zukünftigen Kreuzungspartner. Sie dienen zudem als Grundlage der Beschreibung der Resistenzeigenschaften der in dem Zulassungsverfahren stehenden in- und ausländischen Sorten.