



La sélection du blé en Suisse

Le programme des stations fédérales

D. FOSSATI et Cécile BRABANT, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon 1



@ E-mail: dario.fossati@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 444.

Résumé

La production de blé a suivi une progression impressionnante, en grande partie grâce aux travaux de sélection. Cet article présente la sélection du blé en Suisse par les stations fédérales de recherches agronomiques, les résultats qu'elles ont obtenus au cours du siècle passé, ainsi que quelques perspectives.

Une progression impressionnante

La sélection a été un facteur majeur de la progression qu'a connue le blé au cours des deux derniers siècles.

A la fin du XIX^e siècle, les premiers sélectionneurs ont commencé par améliorer les blés indigènes en choisissant et en multipliant les meilleures plantes provenant de populations locales. De ces travaux sont issues des variétés telles que **Mont-Calme XXII**, **Plantahof**, **Rothenbrunner** ou **Strickhof**. En parallèle, à l'instar des Vilmorin en France, W. Rimpau en Allemagne, E. von Tschermak en Autriche ou A. Volkart en Suisse alémanique, Gustave Martinet entreprend en Suisse romande, dès 1904, les premières hybridations à partir de populations, de variétés locales, puis de variétés issues d'hybridations (GALLAY, 1956). Ces variétés issues d'hybridation remplaceront complètement les variétés locales vers la moitié du XX^e siècle (tabl. 1 et 2).

De 1850 à nos jours, les emblavures de céréales panifiables (blé, seigle, méteil) ont fluctué de 70 000 à plus de 150 000 ha au gré des vicissitudes de l'Histoire et de la politique agricole. Durant cette période, le rendement moyen national

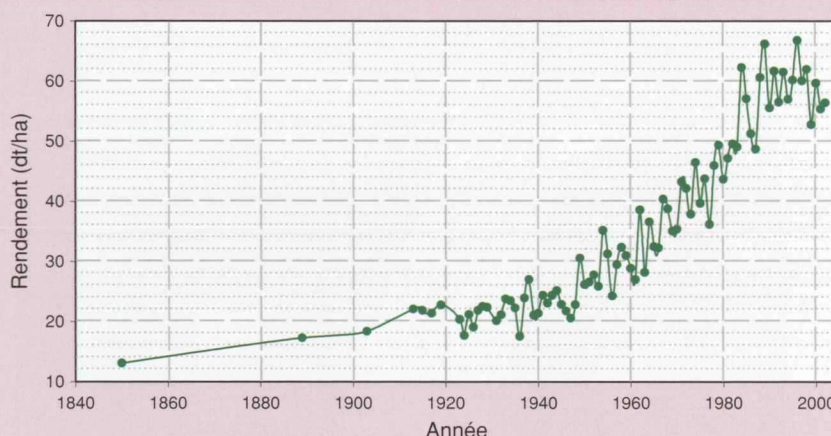
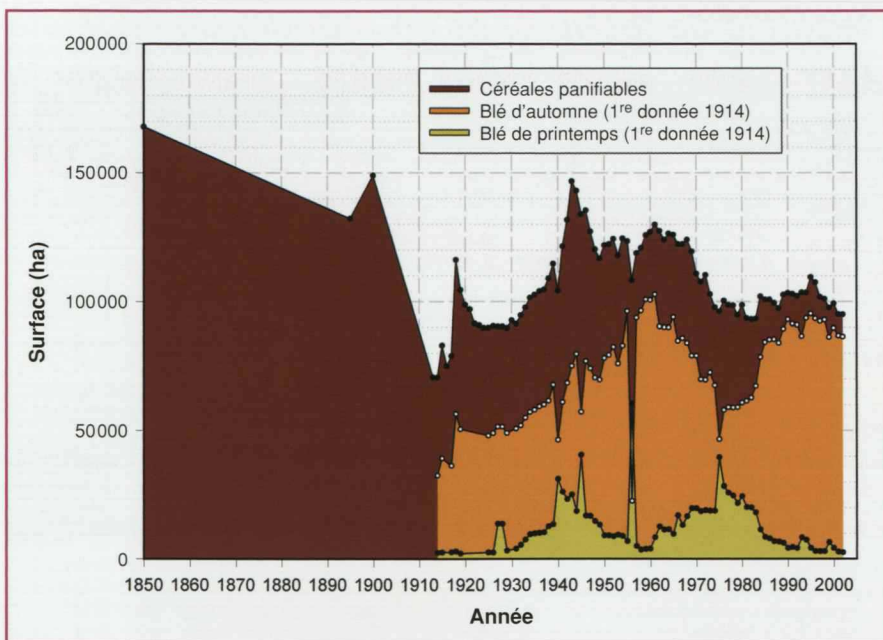


Fig. 1. Rendement national du blé en Suisse entre 1850 et 2002. Après une faible progression jusqu'au milieu du XX^e siècle, le rendement augmente ensuite d'environ 80 kilos par hectare et par an. (Principales sources: USP; OFAG; Huber, 1956, 1978.)

Tableau 1. Principales variétés locales issues (sans hybridation) des populations de blé du début du XX^e siècle.

POPULATIONS	VARIÉTÉS LOCALES (année d'introduction)
PETIT ROUGE DU PAYS	Blanc du Jorat Bretonnières Vuiteboeuf Baulmes ...
BLANC DU PAYS (Blanc précoce, Blanc de Savoie)	Haute-Broye Blanc précoce de Savoie Peissy Pailly Rouge de la Venoge (1918) ...
BLÉ D'ALTKIRCH	Rouge de Gruyère Rouge de Cernier Rouge de Vaumarcus ...
BLÉS DU PAYS GRISON	Plantahof Rothenbrunner ...
BLÉS DU PAYS ZURICHOIS	Strickhof ...
ERLACHER LANDWEIZEN (Rütti)	MC XXII (1913) Barbut du Tronchet



◁ Fig. 2. Surface des céréales panifiables en Suisse entre 1850 et 2002. Au XIX^e siècle, les données sont approximatives et peu nombreuses. Pour le blé (données depuis 1914), il est intéressant de noter la compensation apportée par les blés de printemps lors d'années difficiles. (Principales sources: USP; OFAG; Huber, 1956, 1978).

est passé d'environ 13 dt/ha à plus de 60 dt/ha (fig. 1 et 2). Le rendement a suivi en Suisse le même type de progression qu'en France. Il est resté faible jusqu'à la fin des années cinquante avec un gain de productivité proche de 10 kg/ha par année. Ensuite, la progression a été très rapide (environ 80 kg/ha/an), bien que moins prononcée que chez nos voisins (126 kg/ha/an) (BRANCOURT-HUMEL *et al.*, 2003). Cette progression des rendements a été rendue possible par l'amélioration des variétés, accompagnant et favorisant les progrès des techniques culturales. Selon les résultats regroupés par BRANCOURT-HUMEL *et al.* (2003), 33 à 63% de ce gain de rendement peut être attribué à l'amélioration génétique.

Les principales variétés

En Suisse, chaque période a été dominée par une variété (fig. 3 et 4; tabl. 1 et 2). Après le **Plantahof**, et surtout le **Mont-Calme XXII** qui a été le blé le plus cultivé jusqu'en 1932 (INGOLD, 1998), les variétés **Mont-Calme 245** et **268** sont restées dans les mémoires comme les froments de la Seconde Guerre mondiale, lors du plan Wahlen. Dans les années soixante, **Probus** a couvert jusqu'à 90% des surfaces de blé d'automne de toute la Suisse, malgré sa forte sensibilité aux rouilles jaune (*Puccinia striiformis*) et brune (*P. recondita*). Cet énorme succès s'explique par sa bonne qualité boulangère et sa tolérance à la septoriose sur épi (*Stagonospora nodorum*). A cette époque, l'intensification de la culture du blé se met en place avec, principalement, une augmentation de la fumure azotée. **Zénith**, grâce à sa taille courte et sa résistance à la verse, en sera la variété modèle. Puis, autre «*success story*», arrive **Arina** qui reste aujourd'hui, plus de vingt ans après son inscription, la variété dominante. C'est au début de sa carrière, vers le milieu des années quatre-vingt, que la Suisse atteint l'autosuffisance pour les céréales panifiables. A nouveau, Arina est une variété qui combine

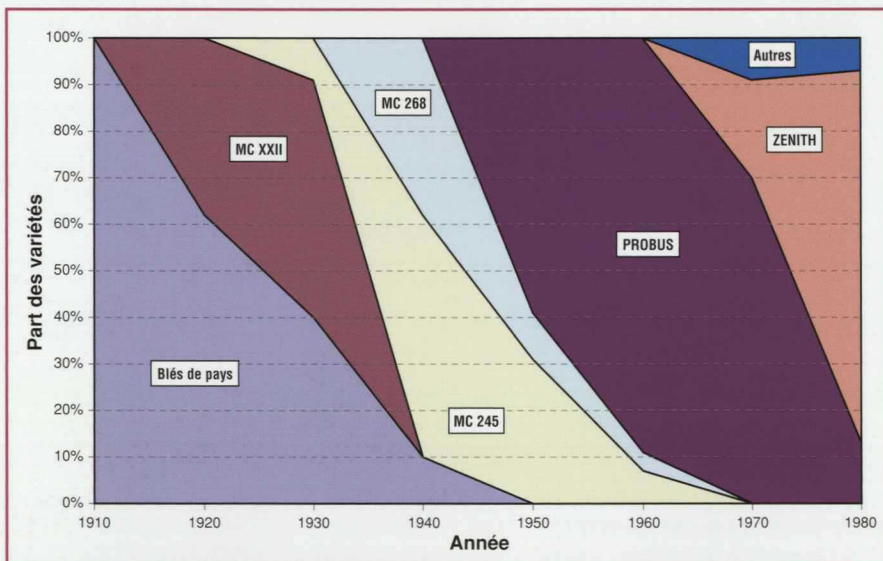
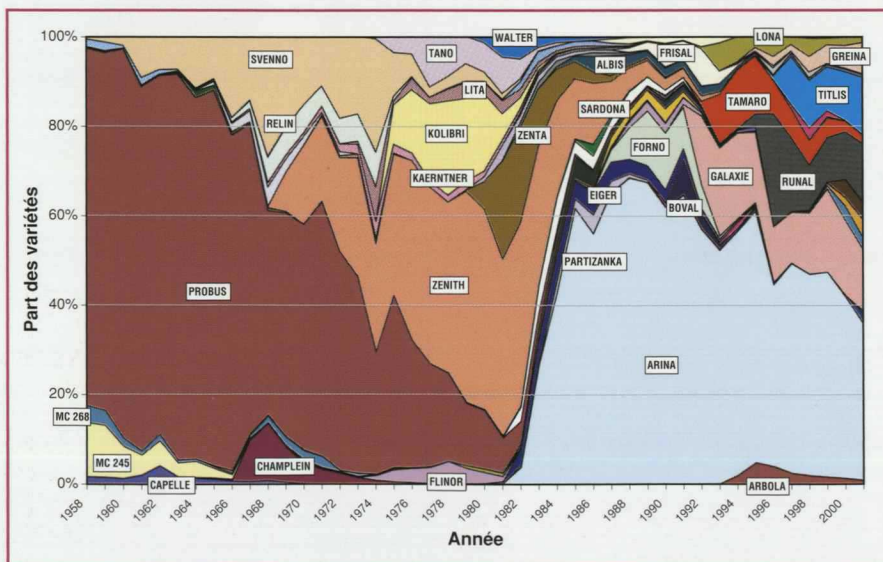


Fig. 3. Importance relative des principales variétés de blés d'automne en Suisse romande entre 1910 et 1980. (Source: ASS.)



◁ Fig. 4. Importance relative des principales variétés de blés en Suisse entre 1958 et 2001. (Source: FSS/DSP.)

Tableau 2. Variétés de blé (issues d'hybridations) cultivées en Suisse entre 1900 et 2002.

BLÉS D'AUTOMNE					
Nom	Année d'inscription	Pays	Nom	Année d'inscription	Pays
ALPHA*	?	CH	PARTIZANKA	1981	YUG
BISNACHTER*	?	CH	BERNINA**	1983	CH
MC 223*	?	CH	ASIAGO	1985	I
MC 269*	?	CH	TAMBO	1985	CH
PRECOCE CD*	?	CH	FORNO	1986	CH
CARRE VAUDOIS*	1913	CH	IENA	1986	F
MC XXII*	1913	CH	GARMIL	1987	CH
PLAINE*	1923	CH	RAMOSA	1989	CH
MC 245*	1926	CH	BOVAL	1990	CH
MC 268*	1926	CH	OBELISK	1990	NL
PROBUS	1948	CH	GALAXIE	1991	F
SALTO	1948	I	TAMARO	1992	CH
CAPELLE	1956	F	CAMINO**	1993	CH
FRANCEST	1963	F	ARBOLA**	1994	CH
PROBELLE	1963	CH	GREIF	1994	D
VILRON	1963	CH	ARLAS	1995	CH
CHAMPLEIN	1966	F	DANIS	1995	CH
FERMO	1969	CH	GENIAL	1995	F
FUNONE	1969	I	RUNAL	1995	CH
ZENITH	1969	CH	TERZA	1996	CH
TAPRO	1971	I	TITLIS	1996	CH
ARDUS	1972	CH	LEVIS	1997	CH
FLINOR	1974	F	ORSINO	1997	CH
HARDI	1978	F	TANEDA	1997	CH
VALLE d'ORO/ZLATNA DOLINA	1978	YUG	HABICHT	1998	D
ZENTA	1979	CH	PEGASSOS	1998	D
EIGER	1980	CH	ASKETIS	2001	D
SARDONA	1980	CH	SEMPER	2001	NL
ARINA	1981	CH	DRIFTER	2002	D
CARIMULTI**	1981	D	TIRONE	2002	CH
MOLESON	1981	CH			
BLÉS DE PRINTEMPS					
Nom	Année d'inscription	Pays	Nom	Année d'inscription	Pays
MANITOBA #	?	CND	BESSO	1982	CH
PEKO	?	?	HERMES	1982	D
HURON	1927	CH/CND	ORELLO	1982	CH
WAGENBOURG	1931 ?	?	ALBIS	1983	CH
LICHTI I	1953	D	DADORA	1984	CH
SVENNO	1957	S	REMI	1986	CH
KAERTNER	1958	CH	FRISAL	1987	CH
HINAL	1963	CH	LONA	1991	CH
RELIN	1963	CH	BALMI	1994	CH
ARKA	1964	A	GOLIN	1994	CH
RONEGA	1966	CH	GREINA	1994	CH
GRANAT	1970	CH	TORONIT	1996	CH
LITA	1972	CH	MOLERA	1997	CH
TANO	1972	CH	PIZOL	1997	CH
KOLIBRI	1975	D	FIORINA	2001	CH
CALANDA	1979	CH	NADRO	2002	CH
WALTER	1980	S			

*Premières variétés issues de croisements à partir des variétés locales. ** Variété de qualité biscuitière.

type commercial composé d'environ cinq variétés.

En gras, les variétés les plus importantes.

une bonne qualité boulangère avec un épi très sain. Cette variété possède encore l'une des meilleures résistances à la fusariose et à la septoriose que l'on connait en Europe (BARTOS *et al.*, 2000). Des lignées de qualité comparable à Arina, mais avec un rendement économique et des résistances aux maladies supérieures, sont actuellement en phase d'homologation. Elles sont atten-

dues avec impatience par les agriculteurs et la meunerie, car Arina est actuellement la seule variété de blé d'automne dans sa classe de qualité. Ces dernières années, plusieurs variétés d'excellente qualité boulangère (**Tamaro**, **Titlis**, **Runal**, **Lona**) ont rencontré un certain succès. Toutefois, la meunerie n'utilise guère plus de 20 à 25% de ces blés de qualité exceptionnelle.

Les variétés suisses, issues des travaux de sélection des stations fédérales, ont couvert en moyenne plus de 85% des emblavures entre 1958 et 2001. Ce succès est le résultat de notre politique agricole et de la poursuite obstinée des mêmes objectifs par les programmes de sélection, autrefois de Mont-Calme et d'Oerlikon, puis de Reckenholz et Changins.

Définir les objectifs de sélection

La plante, le milieu, l'homme

Pour définir des objectifs de sélection, il faut considérer, comme dans toute activité agricole, trois éléments: la **plante**, le **milieu** et l'**homme**. L'élément le plus stable est certainement la plante. La complexité de son génome, sa physiologie, et en particulier son mode de reproduction, vont imposer le type et la durée du schéma de sélection. Pour le blé d'automne, un schéma classique demande de douze à quinze ans entre un croisement et la commercialisation d'une variété.

Le milieu, compris ici comme le climat et le sol, peut être aussi considéré comme relativement stable. Pour le blé, la Suisse a un climat particulier: les précipitations, relativement élevées pendant les mois de juin et juillet, en particulier à l'est du pays, et supérieures à 1000 mm par an, sont favorables au développement des maladies fongiques de l'épi; en revanche, les risques d'échaudage sont modérés, puisque le nombre de jours dont la température maximale dépasse 30 °C pendant la croissance du grain est, en moyenne, inférieur à deux en juin, à cinq en juillet et à trois en août (FOSSATI et INGOLD, 2001).

Des trois, l'élément le plus variable et certainement le plus imprévisible est l'homme. Il est difficile de prédire à plus de dix ans quels seront la politique agricole nationale et internationale, le niveau d'intensification des pratiques agricoles, les souhaits des consommateurs et des transformateurs, etc. En conséquence, le sélectionneur doit, sur la base de l'état de son programme et de ses connaissances, faire un pari constamment renouvelé sur le futur.

La qualité, les résistances, le rendement

Le programme suisse a toujours été orienté vers la meilleure qualité boulangère possible, la résistance aux maladies et le rendement économique.

La qualité

La qualité boulangère est un objectif de sélection difficile car son déterminisme génétique est complexe et nécessite de nombreux tests pour en cerner tous les aspects (KLEIJER, 2002). Parmi les caractéristiques recherchées, il faut citer un taux de protéines élevé et des pro-

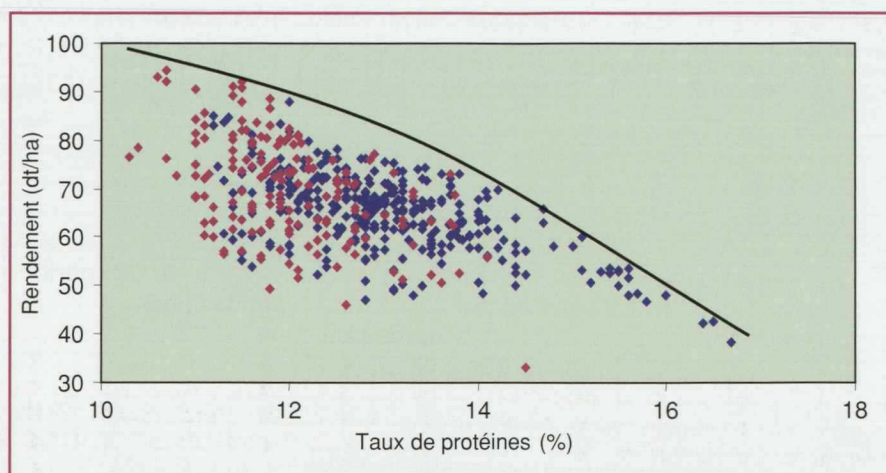


Fig. 5. Relation entre taux de protéines et rendement pour des lignées ou variétés suisses (◆) et étrangères (◆) testées dans les essais de rendements entre 1983 et 2001. La courbe-enveloppe montre que le rendement potentiel est limité par le taux de protéines. Les lignées du programme suisse ont en général un taux de protéines élevé.

téines du gluten de qualité. Malheureusement, il existe une forte corrélation négative entre taux de protéines et rendement (fig. 5). Ainsi, dans les pays où le rendement est fortement encouragé par le marché ou par le système d'homologation, il est rare de trouver des variétés de haute qualité car les sélectionneurs hésitent à consacrer beaucoup de moyens pour un objectif difficile, un marché restreint et mal rémunéré. On peut toutefois observer une augmentation de la demande pour ce type de blé à cause du développement des processus industriels qui nécessitent des glutens forts (pétrissages intensifs, pâtes surgelées, temps de fermentation plus longs, etc.). Dans notre pays, la demande pour des blés de qualité a toujours été importante pour plusieurs raisons. La Confédération exerçait un monopole d'achat. Le blé produit n'était destiné qu'à la panification et à la consommation indigène, seuls les lots germés ou excédentaires étaient affouragés. La qualité demandée était donc élevée. La Suisse ne pouvait se permettre, comme d'autres pays, d'exporter des blés de qualité moyenne sur des marchés moins exigeants ou de produire du blé pour l'alimentation du bétail. Le consommateur suisse (en particulier alémanique) apprécie des pains à base de farine bise, voire complète. Ce type de farine comporte une plus grande part d'éléments provenant des enveloppes extérieures du grain. Il est alors important que les protéines du gluten soient de très bonne qualité pour garder au pain un bon volume et une mie aérée. Le pain doit, de plus, se conserver plusieurs jours. En effet, notre «pain quotidien» n'est plus forcément acheté chaque jour. Pour cela, il faut une farine qui absorbe fortement l'eau et des pains qui main-

tiennent après cuisson l'eau bien répartie dans le réseau de protéines et d'amidon constituant la mie, sans migration vers la croûte (pain rassis) et sans pertes (pain sec) importantes. La production industrielle de pain, relativement importante en Suisse, est également un secteur qui exige un niveau qualitatif élevé et régulier. Actuellement, les variétés suisses l'ont atteint. Paradoxalement, nos variétés de blés de haute qualité sont, à l'étranger, moins utilisées pour des pains complets que pour permettre d'intensifier le processus de fabrication de pains industriels. A l'avenir, il est probable que des types de qualités requises vont se diversifier en fonction de l'utilisation (lire l'encadré). La stabilité de la qualité sera de plus en plus importante et de nouveaux critères, liés par exemple à la valeur nutritionnelle ou au goût, vont apparaître.

Les résistances

Le deuxième objectif, la sélection de variétés résistantes aux maladies, a pour but d'éviter, dans la plupart des situations, tout traitement phytosanitaire. Cet objectif ne vise pas uniquement à diminuer les coûts de production mais également à stabiliser les rendements et à réduire la charge pour l'environnement. Les maladies évoluant constamment, la lutte contre les maladies au moyen des résistances génétiques n'est jamais définitivement gagnée. L'article de MICHEL (2001) développe en détail cet aspect du programme. Le niveau moyen de résistance aux maladies des obtentions des stations est relativement élevé, suffisant en tout cas pour que, en 1991, des mesures telles que les primes «extenso» aient pu être introduites. On estime que les variétés résistantes ont per-

Blé panifiable, biscuitier, fourrager et autres usages

Si le blé est, en Suisse, principalement utilisé pour les produits de la boulangerie, il existe d'autres utilisations et donc d'autres types de qualité sont nécessaires.

Moins de 5% de la récolte est utilisée pour les besoins de la biscuiterie. Pour la fabrication de biscuits, en particulier si la recette comporte peu d'ingrédients autres que la farine et l'eau, il faut des grains qui ont une faible dureté, une farine qui absorbe peu d'eau, des protéines du gluten qui donnent une pâte très extensible, peu élastique, qui ne se déforme pas en cours de cuisson. Un nombre limité de croisements par année (et, entre 1987 et 1994, un programme spécifique) permet de renouveler les une ou deux variétés de type biscuitier figurant sur la liste nationale.

Comme fourrage pour le bétail, le blé utilisé jusqu'à présent était surtout le blé panifiable de moindre qualité ou germé sur pied. Si on veut produire spécifiquement du blé «fourrager», celui-ci doit surtout posséder un fort rendement afin de compenser son prix du grain plus faible. Il doit ensuite, en plus des caractéristiques agronomiques usuelles, avoir le plus possible de protéines et d'acides aminés essentiels, une viscosité faible (s'il est destiné à l'élevage de poulets), une teneur en acide phytique basse et, si possible, une forte activité phytasique (en particulier pour l'élevage porcin). Enfin, sa résistance aux maladies fongiques de l'épi (septoriose et surtout fusariose) doit être suffisante pour éviter les problèmes liés aux mycotoxines chez le bétail. Les variétés de triticale créées à Changins poursuivent ces objectifs (FOSSATI, 1998) et sont une alternative compétitive au blé «fourrager».

Les autres usages possibles du blé (production de bière, d'amidon ou d'éthanol, etc.) sont en Suisse inexistantes ou marginaux.

fédérale des blés. Durant l'après-guerre, comme dans toute l'Europe, la production a été fortement encouragée. Le rendement était alors clairement un objectif prioritaire (BADOUX, 1979). A l'arrivée du spectre de la surproduction, au début des années quatre-vingt, les baisses de prix et l'introduction de mesures écologiques ont tenté de contenir la production nationale. Les classes de prix tentaient d'égaliser les différences de productivité entre blés de qualité différente. L'objectif de sélection mis en avant était alors surtout la stabilité du rendement (FOSSATI et PACCAUD, 1986). Actuellement, la libéralisation du marché des céréales et la reconnaissance réciproque des catalogues nationaux entre la Suisse et l'Union européenne ont sensiblement augmenté la concurrence entre variétés. Le rendement économique d'une variété redevient un facteur prioritaire. Il faut, pour chaque type de qualité désirée par le marché, rechercher le potentiel de rendement le plus élevé possible.

A ces trois buts de sélection principaux s'ajoutent d'autres objectifs tels que la résistance à la verse, au froid et à la germination sur pied. Cependant, il faut toujours se rappeler que plus le nombre d'objectifs poursuivis simultanément est grand, moins le progrès sur chaque objectif sera important.

mis d'économiser approximativement 11 millions de francs par an en frais de traitements (~200 fr./ha) et de diminuer de 22 t/an la charge en matière active (0,4 kg/ha) pour l'environnement, entre 1998 et 2001. Pour parvenir à ces chiffres, on considère un nombre moyen de traitements fongicides de 1,25/an et des surfaces de céréales panifiables cultivées en «extenso» de 41 844 ha/an et en «bio» de 2239 ha/an pendant cette période (source: OFAG; Bio Suisse; R. Charles, RAC, comm. pers.). Bien qu'elle soit difficile à estimer, il faut ajouter à ces valeurs la diminution du nombre de traitements dans les systèmes conventionnels ou intégrés.

L'importance relative des maladies à combattre évolue. La septoriose, favorisée par nos conditions climatiques, a toujours joué le premier rôle (fig. 6). La rouille jaune, en particulier après l'épidémie de 1961, a pris une grande importance à côté de la rouille brune et de l'oïdium. Actuellement, à cause notamment de nouvelles pratiques culturales (comme le non-labour et les rotations «maïs-blé») et de l'amélioration de la détection des toxines, les fusarioses ont pris de l'importance.

Le rendement

Au siècle dernier, la Confédération a joué un rôle prépondérant dans l'orientation de la culture des céréales panifiables par la législation, la fixation des prix et le monopole d'achat de la Régie

Exploiter ou créer la diversité

Le sélectionneur doit exploiter ou créer une diversité pour y repérer les individus qui se rapprochent le plus des objectifs qui ont été fixés. La diversité



Fig. 6. Différence de sensibilité à la septoriose entre deux lignées. La septoriose est une des plus importantes maladies du blé en Suisse.

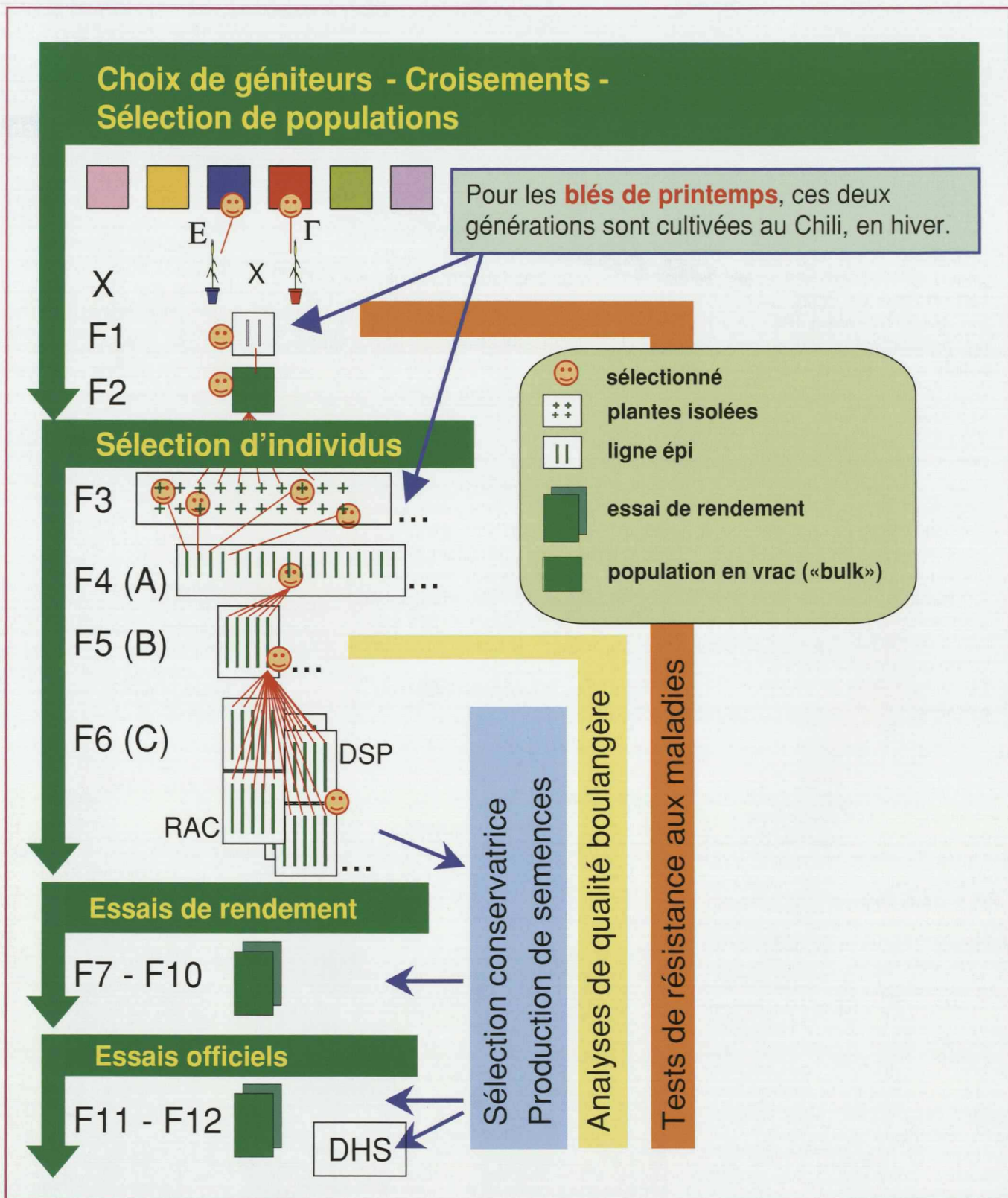
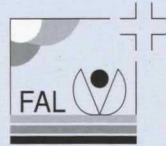


Fig. 7. Schéma de sélection du blé.

immédiatement disponible provient des lignées ou des variétés des collections (de Changins par exemple), des lignées obtenues par des échanges réguliers ou ponctuels avec d'autres sélectionneurs, des essais internationaux et de ses propres lignées. Les quelque 350 combinaisons effectuées chaque année sont

essentiellement des croisements entre ces lignées. Ces croisements créent de nouvelles combinaisons de gènes mais rarement de nouveaux traits. Pour certains caractères, il faut rechercher les gènes intéressants dans d'autres espèces proches du blé (*Triticum sp.*, *Aegilops sp.*, *Agropyron sp.*, etc.). Ensuite, par

croisements et grâce à un patient et très long travail, il s'agit d'intégrer ces gènes «exotiques» au génome de lignées de blé modernes. Une bonne partie des gènes de résistance des variétés actuelles sont issus de ces croisements interspécifiques. Si, pour certains caractères, il n'y a pas assez de variabilité ni



<http://www.racchangins.ch>

<http://www.reckenholz.ch>

<http://www.swissgranum.ch>

Variétés de céréales recommandées par l'interprofession pour la récolte 2004

Les résultats agronomiques proviennent du réseau d'essai des Stations fédérales de Changins et de Reckenholz et, pour le blé et l'orge d'automne, du réseau d'essai du Groupe culture Romandie et du Forum Ackerbau Ostschweiz.

Auteurs: J.-F. COLLAUD, R. SCHWÄRZEL et M. BERTOSSA,
Station fédérale de recherches en production végétale de Changins,
CH-1260 Nyon
M. MENZI et M. ANDERS,
Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture de Reckenholz,
CH-8042 Zurich

Coordination: D. PETER, swiss granum, CH-3011 Berne

Avec la collaboration de: Groupe culture Romandie, B. CHAUVIN, CH-1000 Lausanne 6
Forum Ackerbau Ostschweiz, U. VÖGELI, CH-5722 Gränichen



Revue suisse Agric. 35 (4): 2003

Liste recommandée des variétés de blé pour la récolte 2004

Blé d'automne

La liste recommandée par l'interprofession comprend 14 variétés de blé d'automne. Le principal changement par rapport à l'année dernière est l'inscription en classe I de deux nouvelles variétés de sélection suisse: Arolla et Zinal.

Zinal est une variété productive, précoce, avec une très bonne résistance aux rouilles et à la verse. Arolla a une bonne te-

neur en protéines et une bonne résistance à la rouille jaune et à la verse. Les deux variétés renferment des protéines de bonne qualité (indice Zeleny élevé). Arolla a obtenu un meilleur volume de pain qu'Arina. Zinal possède un excellent indice de gluten. Ces deux nouveautés offrent enfin un choix au sein de la classe I qui ne comptait jusqu'alors que la variété Arina. Malheureusement, les semences de Zinal et Arolla ne seront pas encore disponibles en automne 2003 (en cours de multiplication).

Blé d'automne

Classe	TOP					I			II			III		Biscuit	
	Variété	LONA	RUNAL	TAMARO	TITLIS	SEGOR	ZINAL ¹	AROLLA ¹	ARINA	LEVIS	GALAXIE	ASKETIS	PEGASSOS	HABICHT	ARBOLA
Année d'inscription	1991	1995	1992	1996	2002	2003	2003	1981	1997	1991	2001	1998	1998	1994	
Rendement (<i>Extenso</i>) ²	-	Ø	Ø	+	Ø	++	+	Ø	++	++	+++	+++	+++	+	
Rendement (conventionnel) ³	?	Ø	?	Ø	Ø	?	?	Ø	++	++	+++	+++	+++	?	
Précocité à l'épiaison ²	tp	mp	mp	mt	mp	p	mt	mt	mp	tp	mp	mp	mt	mt	
Hauteur des plantes ²	m	ml	tl	tl	ml	m	m	tl	m	m	tl	tl	mc	ml	
Résistance	Verse ² / ³	++	++	++	+++	++	++	Ø / -	+++	+	+	Ø / -	+	++	
	Oïdium ²	+	++	+	+	+	Ø	Ø	Ø	-	+	++	++	+	
	Rouille jaune ²	+	++	+	+++	++	+++	+++	Ø	+++	Ø	++	++	+++	Ø
	Rouille brune ²	-	--	-	++	+++	+++	Ø	--	+++	--	++	++	++	+
	<i>Septoria nodorum</i> feuilles ² / ⁴	Ø	-	Ø	-	Ø	Ø	-	-	+	-	Ø	+	Ø	-
	<i>Septoria nodorum</i> épi ² / ⁴	+	Ø	-	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	-	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
	<i>Septoria tritici</i> feuilles ² / ⁴	-	-	-	-	Ø	Ø	-	Ø	Ø	-	Ø	+	-	Ø
	Fusariose épi ² / ⁴	-	Ø	Ø	Ø	+	-	Ø	+	-	-	-	Ø	Ø	Ø
	Germination sur pied ²	+	Ø	Ø	Ø	+	+	+	+	+	+	Ø	Ø	Ø	Ø
Teneur en protéines ²	++	+++	++	+++	++	Ø	++	+	-	-	--	--	-	Qualité biscuitière	
Zéleny ²	+++	++	+++	+++	++	+	+	Ø	++	-	Ø	Ø	Ø		
Poids/hl ²	+	Ø	++	+	+	+	+	++	Ø	Ø	Ø	Ø	-		
PMG ²	p	m	g	g	p	m	g	m	p	m	g	g	m		m

D'après les données des Stations fédérales de recherches en production végétale de Changins et de Reckenholz.

Légende: +++ = très bon - = moyen à faible Poids de 1000 grains (PMG): p = petit; m = moyen; g = grand
 ++ = bon -- = faible Précoce: tp = très précoce; p = précoce; mp = mi-précoce; mt = mi-tardif; t = tardif
 + = moyen à bon --- = très faible Hauteur des plantes: c = courte; mc = moyenne à courte; m = moyenne; ml = moyenne à longue; l = longue; tl = très longue
 Ø = moyen ? = pas d'information

¹ Semences non disponibles. ² Résultats du réseau d'essais des stations fédérales. ³ Résultats du réseau d'essais culturaux (essais pratiques). ⁴ Echelle d'appréciation de seulement 3 niveaux (+, Ø et -). L'appréciation du rendement (relatif à Arina) s'entend entre variétés au sein d'un même type de production (lecture horizontale!). La description ci-dessus ne permet donc pas une comparaison entre types de production (extenso ou conventionnel).

La classe TOP comprend la variété Runal, très appréciée pour son excellente qualité boulangère. Cette variété n'est toutefois pas recommandée dans les régions humides, en raison de sa résistance moyenne à la germination sur pied. La variété Ségor, inscrite l'année dernière, possède une excellente qualité boulangère avec un taux de protéines élevé et un excellent volume de pain. Cette variété est moyennement précoce à l'épiaison et possède une bonne résistance à toutes les maladies, en particulier à la rouille brune et aux fusarioses sur épi. Malheureusement, quelques cas de mauvais hivernage ont été signalés durant l'hiver 2002-2003, dont les conditions climatiques étaient toutefois exceptionnelles (abondantes précipitations suivies de forts gels). La variété Tirone a été radiée de la liste recommandée, principalement à cause de sa sensibilité marquée à la septoriose et à la rouille jaune et de son potentiel de rendement moyen dans la pratique.

En ce qui concerne la classe II, on rappellera que Levis possède globalement une meilleure qualité boulangère que les autres variétés. La qualité des protéines, l'indice du gluten et l'extensogramme sont plus élevés. Galaxie occupe une place intermédiaire, tandis que les résultats qualitatifs d'Asketis ont tendance à fluctuer selon les années. Taneda a finalement été radiée de la liste, principalement en raison de son rendement insuffisant pour la classe II.

Habicht et Pegasso figurent comme précédemment dans la classe III. Ces variétés peuvent entrer dans la composition de farines boulangères, mais il n'est pas certain que toute la production trouve un débouché dans ce secteur.

Pour terminer, rappelons que Drifter est inscrite comme blé fourrager depuis l'année dernière. Elle est décrite dans la partie traitant des céréales fourragères.

Blé de printemps

La liste recommandée des variétés de blé de printemps n'a pas changé, exception faite de la suppression de Pizol. Pour la variété Fiorina, inscrite l'année dernière, les semences seront disponibles en quantité suffisante. Rappelons que cette variété possède une excellente qualité boulangère avec une teneur en protéines très élevée et un excellent volume de pain. Sur le plan agronomique, Fiorina fournit un rendement élevé et montre de bonnes résistances à l'oïdium, aux rouilles et à la septoriose.

Blé de printemps

Classe	TOP				I	II	
	Variété	ALBIS	LONA	FIORINA	NADRO ¶	GREINA	TORONIT ¶
Année d'inscription		1983	1991	2001	2002	1994	1996
Rendement (<i>Extensio</i>)		-	-	+	Ø	Ø	+
Précocité à l'épiaison		mp	mp	mp	mp	p	mt
Hauteur des plantes		ml	mc	m	m	mc	mc
Résistance	Verse	Ø	Ø	+	Ø	+	++
	Oïdium	+	+	+++	+++	++	++
	Rouille jaune	+++	++	+++	+++	+	++
	Rouille brune	+	-	Ø	+	+++	Ø
	<i>Septoria nodorum</i> feuilles ¶	-	Ø	Ø	Ø	+	-
	<i>Septoria nodorum</i> épi ¶	-	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
	<i>Septoria tritici</i> feuilles ¶	-	-	Ø	Ø	-	Ø
	Fusariose épi ¶	Ø	Ø	+	+	Ø	Ø
	Germination sur pied	Ø	Ø	+	Ø	+	++
Teneur en protéines		++	+++	++	+++	+	+
Zélény		++	+++	++	++	++	Ø
Poids/hl		+	Ø	+	+	++	+
PMG		p	p	m	g	p	m

D'après les données des Stations fédérales de recherches en production végétale de Changins et de Reckenholz.

Légende: +++ = très bon - = moyen à faible Poids de 1000 grains (PMG): p = petit; m = moyen; g = grand
 ++ = bon -- = faible Précocité: tp = très précoce; p = précoce; mp = mi-précoce; mt = mi-tardif; t = tardif
 + = moyen à bon --- = très faible Hauteur des plantes: c = courte; mc = moyenne à courte; m = moyenne; ml = moyenne à longue;
 Ø = moyen ? = pas d'information l = longue; tl = très longue

¶ Semences non disponibles. ¶ Echelle d'appréciation de seulement 3 niveaux (+, Ø et -).

Liste recommandée des variétés de seigle et d'épeautre pour la récolte 2004

Seigle d'automne

L'unique changement dans la liste recommandée des variétés de seigle concerne la variété de population Oktavian. Cette variété ne figure plus que provisoirement sur la liste à cause de son faible potentiel de rendement. Comme aucune nouvelle variété de seigle intéressante n'a été annoncée, les examens ont été momentanément interrompus. Ils reprendront dès l'annonce de nouvelles obtentions.

Epeautre

La liste recommandée ne contient que des variétés d'épeautre de type ancien: Oberkulmer et Ostro. Les nouveaux types d'épeautre issus d'un croisement entre blé et épeautre n'ont que très peu d'importance dans la pratique et de ce fait ne figurent pas sur la liste recommandée.

Seigle d'automne et épeautre

Culture / Type		SEIGLE D'AUTOMNE			ÉPEAUTRE	
		Population		Hybride		
Variété		OKTAVIAN (provisoire)	MATADOR	PICASSO	OBERKULMER	OSTRO
Année d'inscription		1996	2002	2000	1948	1978
Rendement (<i>Extenso</i>)		Ø	++	+++	Ø	+
Précocité à l'épiaison		mf	ms	mf	mf	mf
Précocité à la récolte		ms	?	mf	mf	mf
Hauteur des plantes		l	m	c	tl	tl
Résistance	Verse	Ø	+	++	- - -	- -
	Hivernage	+	?	?	+	+
	Oïdium	+	?	?	-	-
	Rouille brune	Ø	Ø	-	-	Ø
	Rouille noire				+	Ø
	<i>Septoria nodorum</i> feuilles				+	+
	<i>Septoria nodorum</i> épi				-	+
	Ergot	Ø	?	++		
	Rhynchosporiose	++	++	++		
	Germination sur pied	-	?	?		
Teneur en protéines		Ø	-	+	+++	++
Zélény					Qualité épeautre	
Poids/hl		+	+	-	+	++
PMG*		c	m	g	g	g

D'après les données des Stations fédérales de recherches en production végétale de Changins et de Reckenholz.

Légende: +++ = très bon - = moyen à faible Poids de 1000 grains (PMG): p = petit; m = moyen; g = grand
 ++ = bon -- = faible Précocité: tp = très précoce; p = précoce; mp = mi-précoce; mt = mi-tardif; t = tardif
 + = moyen à bon --- = très faible Hauteur des plantes: c = courte; mc = moyenne à courte; m = moyenne; ml = moyenne à longue;
 Ø = moyen ? = pas d'information l = longue; tl = très longue

*Non décortiqué pour l'épeautre.

Liste recommandée des variétés d'avoine pour la récolte 2004

Avoine d'automne

Depuis 2000, Mirabel est la seule variété disponible sur le marché suisse pour les avoines d'automne.

Avoine de printemps

La liste recommandée des avoines de printemps comprend actuellement quatre variétés. President possède un très bon potentiel de rendement, supérieur à celui des autres variétés, mais est inférieur à Ebène pour les critères poids à l'hectolitre, résistances à la verse et à l'oïdium. Flämingstell possède des caractéristiques proches de celles d'Expander. Ces deux variétés demeurent intéressantes pour une utilisation en fourrage vert. President est inscrite sur la liste recommandée sans figurer au catalogue national suisse. Elle figure toutefois dans le catalogue européen.

Avoine

Type	Hiver	Printemps			
Variété	MIRABEL	PRESIDENT	FLÄMINGSTELL	EXPANDER	ÉBÈNE
Année d'inscription	1993	2002	2001	1995	1990
Rendement (<i>Extensio</i>)	+++	+++	++	+	-
Poids/hl	+++	+	Ø	Ø	++
Précocité à l'épiaison	tp	mt	mp	tp	mp
Précocité à la récolte	p	mp	mp	p	mp
Hauteur des plantes	m	mc	m	ml	mc
Résistance à la verse	+	+	+	-	+
Résistance à l'oïdium	+	+	Ø	Ø	Ø
Utilisation en fourrage vert		?	++	++	-
Teneur en protéines	++	Ø	Ø	-	++
PMG	g	g	g	p	p

D'après les données des Stations fédérales de recherches en production végétale de Changins et de Reckenholz.

Légende: +++ = très bon - = moyen à faible Poids de 1000 grains (PMG): p = petit; m = moyen; g = grand
 ++ = bon -- = faible Précocité: tp = très précoce; p = précoce; mp = mi-précoce; mt = mi-tardif; t = tardif
 + = moyen à bon --- = très faible Hauteur des plantes: tc = très courte; c = courte; mc = courte à moyenne; m = moyenne;
 Ø = moyen ? = pas d'information ml = moyenne à longue; l = longue; tl = très longue

Liste recommandée des variétés d'orge pour la récolte 2004

Orge d'automne

La liste recommandée comprend désormais onze variétés, dont deux nouvelles inscriptions: Palinka et Franziska. Palinka et Franziska sont de nouvelles orges à six rangs qui, malgré un poids à l'hectolitre légèrement moins bon, apportent un rendement intéressant en culture extenso. Toutes deux possèdent une bonne résistance à la verse. Elles ont également montré une bonne résistance à la plupart des maladies. (Palinka et Franziska, tout comme Ludmilla, ne sont pas inscrites au catalogue national suisse mais figurent dans le catalogue européen). Avec Lomerit, elles ont fourni le meilleur potentiel de rendement en culture extenso dans les essais des stations fédé-

rales, ces deux dernières années. En raison de son poids à l'hectolitre sensiblement moins bon, la variété Djebel est encore inscrite de manière provisoire sur la liste recommandée, en vue d'un probable retrait en 2005. Avec un potentiel de rendement inférieur aux autres variétés en culture extenso, Lyric et Plaisant fournissent cependant les meilleurs poids à l'hectolitre. Aucun changement n'est intervenu dans l'assortiment des variétés à deux rangs. Elles se caractérisent par un rendement moyen à faible (faible pour Jasmin) mais un poids à l'hectolitre moyen à bon (très bon pour Jasmin). L'appréciation du poids à l'hectolitre présentée ici peut paraître globalement un peu sévère. Cela est dû aux valeurs plus faibles enregistrées durant les récoltes 2001 et 2002 pour la plupart des variétés, comme c'était d'ailleurs le cas dans la pratique.

Orge d'automne

Type		6 rangs							2 rangs			
Variété		PALINKA	FRANZISKA	LOMERIT	LUDMILLA	DJEBEL (provisoire)	LANDI	LYRIC	PLAISANT	ANTONIA	JASMIN	BARETTA
Année d'inscription		2003	2003	2002	2002	1998	1997	1997	1993	1999	1996	1995
Rendement (Extenso)		+++	++	++	++	+	+	Ø	-	-	--	-
Poids/hl		Ø	-	Ø	Ø	--	+	+++	++	+	+++	+
Précocité à l'épiaison		mp	mt	mp	mp	tp	mp	mp	p	p	mt	p
Précocité à la récolte		p	mp	mp	mp	mp	p	mp	mp	mt	mt	mp
Hauteur des plantes		ml	m	l	ml	c	mc	ml	m	c	c	mc
Résistance	Verse	++	++	Ø	+	Ø	Ø	-	+	++	++	+
	Oïdium	+	+	Ø	+	-	+	Ø	-	+	+	Ø
	Helminthosporiose	+	+	Ø	+	+	Ø	+	--	+	+	+
	Rhynchosporiose	Ø	Ø	Ø	Ø	-	+	+	-	Ø	+	-
	Rouille naine	+	+	Ø	Ø	++	-	+	-	+	++	-
Mosaïque jaune		résistante	résistante	résistante	sensible	résistante	résistante	sensible	sensible	résistante	sensible	sensible
Etat après l'hiver		+	+	+	+	+	+	Ø	Ø	+	+	+
Teneur en protéines		Ø	-	-	Ø	Ø	-	-	--	+	+	+
PMG		m	m	m	g	m	p	p	p	g	g	g

D'après les données des Stations fédérales de recherches en production végétale de Changins et de Reckenholz.

Légende: +++ = très bon - = moyen à faible Poids de 1000 grains (PMG): p = petit; m = moyen; g = grand
 ++ = bon -- = faible Précocité: tp = très précoce; p = précoce; mp = mi-précoce; mt = mi-tardif; t = tardif
 + = moyen à bon --- = très faible Hauteur des plantes: tc = très courte; c = courte; mc = moyenne à courte; m = moyenne;
 Ø = moyen ? = pas d'information ml = moyenne à longue; l = longue; tl = très longue

Orge de printemps

La liste recommandée comprend dorénavant cinq variétés: Bacon, Célinka, Eunova, Meltan et Estana. Déjà inscrite au catalogue national en 2002, la nouvelle variété Estana a finalement été retenue par la commission technique. Estana possède un bon potentiel de rendement ainsi qu'un bon poids à l'hectolitre. Sa résistance à la verse est également intéressante. Etant donné la faible part de marché des orges de printemps et l'amélioration peu concrète qu'auraient apporté les

autres variétés testées durant deux ans, la commission technique n'a pas voulu faire figurer d'autres variétés sur sa liste recommandée.

Orge de printemps

Type		2 rangs				
Variété		ESTANA	EUNOVA	CÉLINKA	BACON	MELTAN
Année d'inscription		2003	2001	1998	1996	1993
Rendement		++	+++	+	Ø	-
Poids/hl		++	+	+++	+	+
Précocité à l'épiaison		tp	p	mp	p	p
Précocité à la récolte		p	p	mp	p	p
Hauteur des plantes		tc	l	l	mc	tc
Résistance	Verse	++	Ø	-	Ø	++
	Oïdium	+	++	-	--	++
	Helminthosporiose	+++	++	++	++	++
	Rhynchosporiose	?	+	++	+	+
	Rouille naine	?	-	Ø	+	++
	Mosaïque jaune	?	?	sensible	?	résistante
Teneur en protéines		++	+	+	+	+
PMG		g	g	p	m	m

D'après les données des Stations fédérales de recherches en production végétale de Changins et de Reckenholz.

Légende: +++ = très bon - = moyen à faible Poids de 1000 grains (PMG): p = petit; m = moyen; g = grand
 ++ = bon -- = faible Précocité: tp = très précoce; p = précoce; mp = mi-précoce; mt = mi-tardif; t = tardif
 + = moyen à bon --- = très faible Hauteur des plantes: tc = très courte; c = courte; mc = moyenne à courte; m = moyenne;
 Ø = moyen ? = pas d'information ml = moyenne à longue; l = longue; tl = très longue

Liste recommandée des variétés de triticales pour la récolte 2004

Triticale d'automne

La liste recommandée des variétés de triticales comprend sept variétés, dont les nouveautés suisses Bedretto et Blenio. Ces nouvelles variétés se caractérisent par un bon potentiel de rendement. Leur résistance à la verse est légèrement moins bonne que celle de Prader ou de Tridel, mais toutefois supérieure à celle de Timbo ou de Lamberto. Bedretto résiste bien à la rouille jaune et à la rouille brune. Son indice calculé pour la résistance à la septoriose, tant sur feuille que sur épi, est actuellement l'un des meilleurs des variétés recommandées. Blenio possède un niveau de résistance semblable à Bedretto pour l'oïdium et la rouille brune, mais est un peu moins performant contre la rouille jaune et la septoriose. Blenio possède également un très bon poids à l'hectolitre.

Triticale de printemps

Etant donné la très faible part de marché du triticales de printemps, Trado demeure actuellement la seule variété inscrite sur la liste recommandée.

Blé fourrager

Drifter est la première variété inscrite dans la classe «blé fourrager» en raison de sa faible aptitude à la panification. Par rapport aux «standard» (autres blés), cette nouvelle variété est de trois jours plus tardive à l'épiaison, possède un très bon potentiel de rendement, mais son poids à l'hectolitre et sa teneur en protéines sont par contre moyens à faibles. En moyenne des deux ans d'expérimentation 2000-2001, Drifter a obtenu un rendement de 23% supérieur à celui des standard, un poids à l'hectolitre de 76,7 kg et un taux en protéines de 11,6%. Cette variété possède d'excellents caractères de résistance aux maladies, notamment aux rouilles et à la septoriose. La description de Drifter figurant dans le tableau ci-dessous n'est pas à comparer avec celle des triticales mais avec celle des blés panifiables (essais différents).

Triticale et blé fourrager

Culture / Type	Triticale d'automne						Triticale d'automne ou de printemps	Blé fourrager	
	Variété	BEDRETTO	BLENIO	LAMBERTO	TIMBO	PRADER	TRIDEL	TRADO 1	DRIFTER 2
Année d'inscription		2003	2003	2002	1998	1997	1994	1998	2002
Rendement (<i>Extensio</i>)		++	++	+++	++	+	-	Ø	+++
Poids/hl		++	+++	+++	+	+	Ø	+	-
Précocité à l'épiaison		mp	mp	mt	mp	mp	mt	p	mt
Précocité à la récolte		p	p	mp	p	p	mp	p	mt
Hauteur des plantes		m	ml	tl	ml	m	mc	m	ml
Résistance	Verse	+	+	Ø	-	+	++	Ø	++
	Oïdium	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	++
	Rouille jaune	++	+	+	++	-	++	++	+++
	Rouille brune	+++	+++	++	+	+++	+++	+++	++
	Septoriose feuilles	+++	+	+++	+	-	Ø	++	Ø
	Septoriose épi	Ø	+	++	+	Ø	++	+	+
	Fusariose épi	Ø	+	++	+	+	+	+	Ø
	Germination sur pied	Ø	-	?	-	Ø	+	+	-
Teneur en protéines		++	++	-	Ø	Ø	Ø	+	-
PMG		m	g	m	m	m	g	p	p

D'après les données des Stations fédérales de recherches en production végétale de Changins et de Reckenholz.

Légende: +++ = très bon - = moyen à faible Poids de 1000 grains (PMG): p = petit; m = moyen; g = grand
 ++ = bon -- = faible tp = très précoce; p = précoce; mp = mi-précoce; mt = mi-tardif; t = tardif
 + = moyen à bon --- = très faible Hauteur des plantes: tc = très courte; c = courte; mc = moyenne à courte; m = moyenne;
 Ø = moyen ? = pas d'information ml = moyenne à longue; l = longue; tl = très longue

1 Trado possède un potentiel de rendement inférieur en semis de printemps (valeur indiquée = semis d'automne).

2 Les caractéristiques de Drifter ne peuvent pas être comparées directement à celles des variétés de triticales (résultats d'essais différents). Pour les critères agronomiques, la comparaison est toutefois possible avec les variétés de blé panifiable (voir le tableau concerné).



Fig. 8. Castration d'un épi de blé. Sur le parent A (la femelle), les trois anthères de chaque fleur sont arrachées à la pincette. L'épi est ensuite recouvert d'un sachet pour empêcher une fécondation involontaire avant l'apport du pollen du parent B (le mâle).

dans les blés ni dans des espèces proches, il faut la créer. Par mutagenèse, il est possible de produire des caractères nouveaux, mais de manière non ciblée. Il faut donc ensuite, par un criblage (*screening*) efficace, isoler parmi beaucoup d'autres les individus les plus intéressants. Cette méthode a rencontré plus ou moins de succès selon les espèces et les caractères recherchés. Il y avait à travers le monde, en 1999, plus de 1961 variétés issues de mutations, dont plus de 153 variétés de blé tendre directement issues de mutations, dont la variété suisse **Tambo** (MALUSZYNSKI *et al.*, 2001). Enfin, depuis peu, le blé se laisse transformer par transgénèse. La plupart des recherches dans ce domaine sont conduites par des compa-



Fig. 9. Fécondation d'un épi de blé. Le pollen est récolté à partir d'un bouquet d'épi du parent B et déposé à la pincette dans chaque fleur du parent A.

gnies privées en Amérique du Nord. Des essais en plein champ y ont déjà eu lieu et les premières variétés pourraient prochainement être cultivées. Les types de transformations sont principalement axés sur la résistance aux herbicides, les résistances aux maladies fongiques et virales, la performance agronomique et les modifications de la qualité (BARSBY *et al.*, 2001). Tant que la transgénèse rencontrera en Europe l'hostilité du public, il ne peut être question pour notre programme de s'engager dans cette voie qui reste coûteuse et n'est pour l'instant pas indispensable pour atteindre nos objectifs. Il

serait toutefois dangereux de voir les recherches dans ce secteur limitées aux seules firmes privées.

Le schéma de sélection

Le programme actuel suit un schéma classique d'espèce autogame (fig. 7) proche de celui décrit par WINZELER *et al.* (1994). Pour chacune des combinaisons, on castré deux épis de la variété A qui seront fécondés quelques jours plus tard par le pollen de la variété B (fig. 8 et 9). Entre-temps et après la fé-

La sélection assistée par marqueurs

Les marqueurs moléculaires permettent d'identifier les individus qui possèdent certains gènes sans qu'il soit nécessaire de réunir les conditions pour observer l'expression de ces gènes. L'utilité des marqueurs est évidente lorsque l'on effectue des croisements en retour (*back-cross*). Cette méthode consiste à croiser une lignée-élite avec une lignée qui possède un gène intéressant, puis de croiser de manière répétée la descendance du croisement qui a intégré le gène avec la lignée-élite. A la fin du processus, on obtient une lignée qui n'a gardé de la lignée «donneuse» quasiment que le gène intéressant mais dans le fond génétique de la lignée-élite. Le nombre d'années et de cycles nécessaires dépend en grande partie de la difficulté à observer, si l'on n'a pas de marqueurs, l'expression du gène dans la descendance. Parfois, le caractère recherché est sous le contrôle de plusieurs gènes. On explore alors toutes les régions du génome qui jouent un rôle dans son expression. Pour les identifier, on utilise une population issue d'un croisement entre deux cultivars ayant une forte variabilité dans le caractère recherché. Ensuite, par l'observation des corrélations entre les variations phénologiques (les observations au champ) et les variations génétiques (observées sur l'ADN), on peut attribuer, aux positions (loci) de la carte génétique identifiées par des marqueurs, des scores qui correspondent à l'importance de ces endroits dans l'expression du caractère étudié. Ces localisations sont appelées des «**QTLs**» (*quantitative trait loci*). Malheureusement, les travaux sur les QTLs sont fréquemment décevants. Il est souvent difficile et laborieux de récolter des données phénotypiques de qualité et donc les QTLs sont médiocres. Les scores des QTLs sont très souvent surestimés et surtout l'extrapolation à d'autres populations que celle qui a servi à identifier les QTLs est parfois peu satisfaisante.



◁ Fig. 10. Environ 350 combinaisons sont réalisées chaque année pour le programme de sélection du blé.

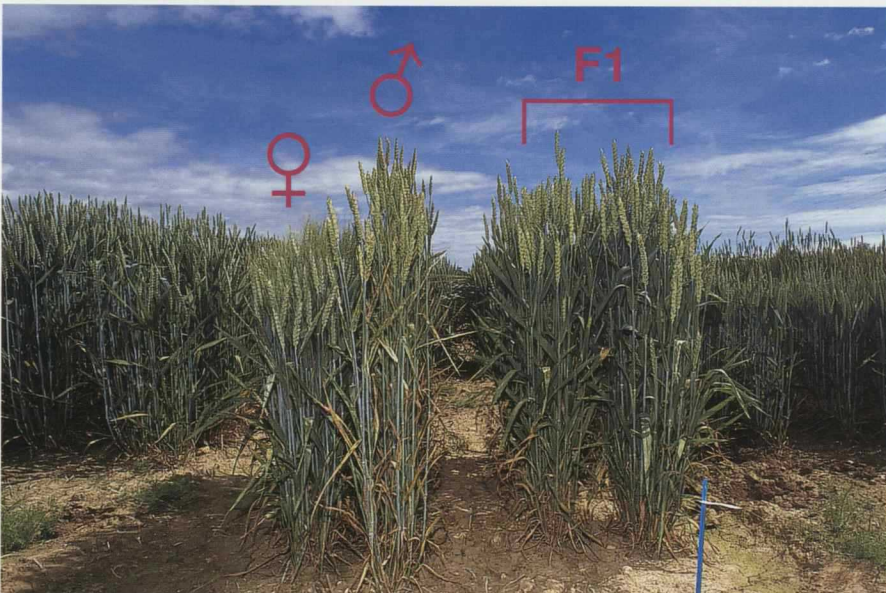


Fig. 11. En génération F1, les grains récoltés sur les deux épis castrés puis fécondés sont semés sur 2×1 m de long. Sur cette photo, à gauche, figurent une ligne avec la «mère» et une ligne avec le «père» et, à droite, les deux lignes de F1.



condition, les épis sont protégés d'autres pollens par des sachets (fig. 10). Les grains de ces deux épis sont semés en ligne sur 2×1 m de long. Les plantes de cette première génération (F1) sont, conformément aux lois de Mendel, toutes semblables lorsqu'elles sont issues de parents homozygotes¹ (fig. 11). Au contraire, lors de la deuxième génération (F2), la variabilité génétique s'exprime pleinement. Chaque plante de la population est différente de sa voisine et fortement hétérozygote² (fig. 12 et 13). A ce stade, on préfère ne pas encore éliminer d'individus dans la population, sauf les plantes les plus hautes. A la troisième génération (F3), les grains sont semés individuellement dans une pépinière au Chablais. Les plantes sont confrontées aux maladies d'une manière particulièrement forte à cause des conditions locales et des infections artificielles de plusieurs maladies. Les plantes les plus saines et les plus vigoureuses sont marquées. A partir des épis choisis sur cette génération, la sélection pedigree se poursuit. La descendance de chaque épi récolté dans les lignes sélectionnées l'année précédente est semée sur une ligne («ligne-épi»). La première année, on sème une ligne-épi issue de la plante sélectionnée (lignée A) (fig. 14). La deuxième année, on sème quatre lignes-épis (lignées B) issues de chaque lignée A sélectionnée (fig. 15). Enfin, la dernière année en pépinière, les lignées C sont constituées à partir des 30 épis récoltés l'année précédente dans les meilleures lignées B. Dix épis sont semés à nouveau dans la pépinière du Chablais, et les vingt autres à Delley auprès de Delley Se-

¹**Homozygote**: se dit d'un être dont les cellules possèdent en double le gène d'un caractère donné.

²**Hétérozygote**: se dit d'un sujet dont les gènes allèles, pour au moins un caractère bien défini, sont différents (ces gènes proviennent l'un du père, l'autre de la mère).

◁ Fig. 12. Parcelles de plantes F2. Chaque parcelle contient les descendants d'un croisement.

Fig. 13. Epis de plantes F2. Chaque \triangleright plante d'une parcelle est différente de sa voisine comme l'illustre la forme des épis.

mences et plantes SA (DSP). La mise en commun des données récoltées dans les deux lieux permet de choisir les quelque 200 à 350 lignées les plus prometteuses et les plus fixées pour les essais de rendement (fig. 16). Si une lignée C est prometteuse mais pas assez stable, elle est semée à nouveau en pépinière encore une ou deux années. Dès le stade de l'expérimentation, DSP est responsable de fournir les semences pour les essais, de développer commercialement les lignées et surtout d'assurer la sélection conservatrice. Après trois à quatre années d'essais préliminaires dans un réseau de quatre ou cinq lieux, les meilleures lignées (moins de dix par année) sont annoncées pour les essais officiels. En parallèle, elles subissent les tests de distinction, homogénéité et stabilité (DHS) qui sont conduits en France.

Chaque année, on collecte le plus grand nombre possible de caractères agronomiques (hauteur, précocité, tallage, type de plante et d'épis, résistance à la verse, résistance à l'hivernage, aspect du grain, etc.), on note le niveau de résistance aux maladies et on mesure les caractères qualitatifs. Le défi à relever est d'éliminer le plus tôt et le moins arbitrairement possible les lignées indésirables alors que les lignées sont encore en partie hétérozygotes et donc peu stables génétiquement (fig. 17). Pour les résistances, dès la F1, l'ensemble de la pépinière est soumis, selon les techniques décrites par MICHEL (2001), à une forte pression des principales maladies: septoriose (*Stagonospora nodorum*), rouille brune, rouille jaune et oïdium. Ensuite, en parallèle des essais

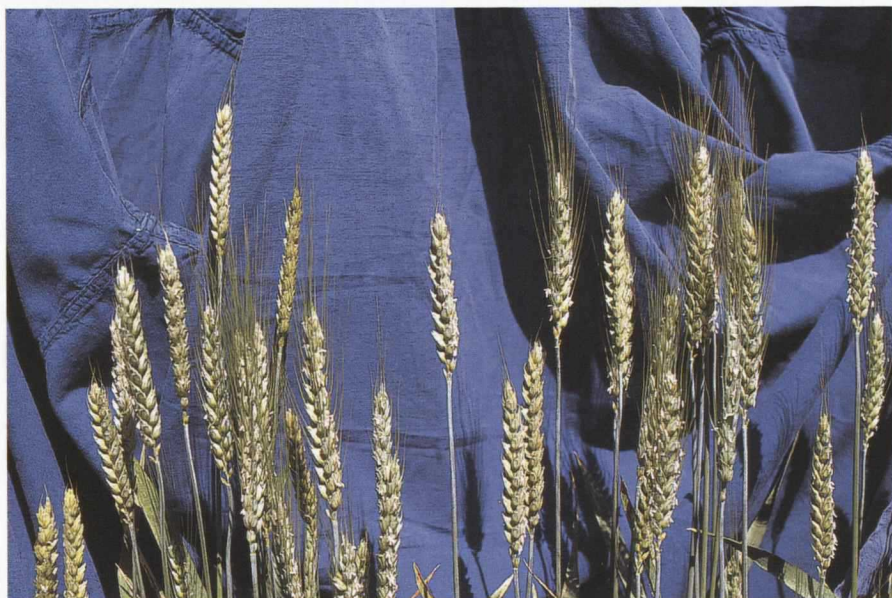


Fig. 14. Lignées A. Chaque «ligne-épi» est issue d'une plante différente de la même population.



Fig. 15. Lignées B. Les quatre «lignes- \triangleright épis» d'une parcelle se ressemblent. Elles sont issues de quatre épis d'une seule lignée A.



Fig. 16. Essai de rendement. Chaque lignée ou variété est semée sur deux ou trois parcelles de 7 m² réparties sur le champ.

de rendements, la résistance des lignées est encore examinée de manière plus approfondie. En plus des maladies déjà citées, la fusariose et le deuxième type de septoriose (*Septoria tritici*) sont inoculés séparément aux lignées. Ces observations tout au long du schéma de sélection sont le moyen de ne conserver que des lignées qui ont un niveau de résistance stable et élevé. L'observation de la qualité boulangère est plus difficile. Les premiers tests (taux de protéines, dureté, test Zéleny) sont actuellement appliqués à partir des lignées B. Les résultats sont néanmoins à utiliser avec prudence. Ce ne sont que des mesures indirectes de la qualité boulangère et surtout, la grande hétérogénéité de nos sols perturbe la fiabilité des résultats car chaque «ligne-épi» est unique. Toutefois, à partir des essais de rendement, la panoplie des tests et des panifications est suffisante pour apprécier avec précision la qualité obtenue. C'est par la poursuite obstinée du même objectif qualitatif que l'on a cumulé autant de caractères positifs dans les lignées du programme. Elles sont à leur tour la base pour le choix des géniteurs du

programme. L'utilisation de l'électrophorèse des protéines du gluten doit augmenter l'efficacité de la sélection pour la qualité.

Perspectives et conclusions

Les rapides progrès de la biologie moléculaire sont en train de révolutionner le monde de la sélection végétale. La connaissance de l'énorme génome du blé (il contient environ quarante fois plus d'ADN que le riz ou six fois plus que le maïs) progresse. Les cartes génétiques sont de plus en plus détaillées, le nombre de marqueurs moléculaires d'intérêt augmente, des domaines de recherche récents, comme la protéomique, qui s'intéresse davantage à l'expression des gènes, complètent l'approche génétique et commencent à livrer des résultats passionnants. Pourtant, malgré les outils déjà développés à partir des marqueurs moléculaires, les retombées actuelles au niveau de la sélection pratique sont moins importantes que ce que l'on pourrait attendre.

▽ Fig. 17. Observer et noter des milliers de lignées pour trouver celle qui deviendra une variété.



Les marqueurs (lire l'encadré) permettent de mieux choisir les géniteurs et de sélectionner plus rapidement les descendants qui ont cumulé les caractères positifs. Les moyens disponibles étant toujours limités, une stratégie d'utilisation des marqueurs est indispensable, qu'ils soient moléculaires (par exemple le marqueur lié au gène de résistance à la rouille brune *Lr 24*) (SCHACHERMAYR *et al.*, 1995), enzymatiques (par exemple l'endopeptidase *Epd 1b* liée à une résistance au piétin-verse) ou protéiques (par exemple les allèles des gluténines à hauts poids moléculaires liés aux qualités de la pâte). L'utilisation encore limitée de la sélection assistée par marqueurs moléculaires (SAM) est parfois due à des marqueurs intéressants inexistant ou trop spécifiques à une population. Mais c'est surtout, bien qu'il diminue chaque année, le coût élevé de la SAM en équipements et personnel qualifié, par rapport aux méthodes conventionnelles, qui freine son utilisation (RAJARAM et VAN GLINKEL, 2001). Ces équipements ne sont probablement rentables pour une sélection privée que si on peut les utiliser également pour d'autres espèces plus rémunératrices telles que le maïs, la betterave ou le colza.

Les coûts des biotechnologies s'ajoutent aux coûts déjà élevés d'un programme classique alors que l'argent gagné grâce aux variétés de blés, surtout dans les pays où le taux de renouvellement de la semence est bas, peine à rémunérer les programmes existants. En effet, chaque année, des programmes sont mis en vente, disparaissent ou fu-

Le blé de printemps

Alors que, pour le reste du monde, le blé est presque toujours un blé de printemps, ce type de blé ne joue qu'un rôle mineur en Suisse. Il est surtout destiné à être un blé de secours lorsque les conditions hivernales ou de semis à l'automne sont trop difficiles, comme en 1956, cas extrême, quand 80% du blé avait dû être ressemé (OEHLER *et al.*, 1956) (fig. 2). Historiquement, les variétés de blés de printemps qui ont été cultivées sur plus de 10% de la surface totale sont des blés dont la résistance au froid était suffisante pour pouvoir prendre le risque de les semer aussi en automne (fig. 4, tabl. 2).

Le schéma de sélection se singularise par l'utilisation de pépinières à contre-saison, au Chili. Les générations F1 et F3 y sont cultivées (sans sélection), permettant ainsi de raccourcir de deux ans la durée du programme par rapport à celui d'automne. Le nombre de combinaisons annuelles est limité à une centaine. Les obtentions des stations fédérales rencontrent un certain succès à l'étranger avec plus de 12 inscriptions dans huit pays ces huit dernières années (fig. 18).

sionnent. Il y a un risque réel d'assister, davantage encore, à une concentration des programmes de sélection dans quelques grands groupes et sur peu d'espèces cultivées, celles qui seront les plus importantes, les plus rentables et les moins récalcitrantes aux méthodes des biotechnologies.

Pourtant, les industries céréalières recherchent des qualités précises et différentes selon l'utilisation finale. De même, les agriculteurs souhaitent des variétés adaptées à leurs différents systèmes culturaux alors que, pour le blé en particulier, les variétés ne sont adaptées qu'à une zone géographique limi-

tée. Les meilleurs blés de la Beauce ne sont pas les plus performants en Allemagne ou en Italie. Il est donc primordial de maintenir une diversité des variétés, des qualités, des espèces et donc des programmes de sélection. Le programme suisse a créé un grand nombre de variétés pour l'agriculture suisse et avec une qualité qui est maintenant recherchée par d'autres marchés. La poursuite de nos objectifs de sélection et l'intégration de tous les moyens possibles permettront de continuer à créer des variétés toujours mieux adaptées à un système agricole soumis à de rapides et profondes mutations.



Fig. 18. Visite par les représentants et les vulgarisateurs d'un champ de 40 ha de la variété suisse Greina. Région de Tandil, province de Buenos Aires (Argentine).

Bibliographie

- Annuaire statistique de la Suisse, années 1932 à 1988. Bureau fédéral de la statistique.
- Statistique et évaluations concernant l'agriculture et l'alimentation, années 1929-2001. USP, Brugg.
- BADOUX S., 1979. L'amélioration des plantes à la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins. *Revue suisse Agric.* **11** (2), 77-88.
- BARSBY T., POWER J. B., FREEMAN J., INGRAM H. M., LIVESSEY N. L., RISACHER T., DAVEY M. R., 2001. Chapitre 42. Transformation of Wheat. In: *The World Wheat Book, A History of Wheat Breeding*, Bonjean A., Angus W. J. (éd.), Lavoisier, Editions TEC & DOC, Paris, 1081-1103.
- BARTOS P., SIP V., VACKE J., STUCHLIKOVA E., BLASKOVA V., CHRPOVA J., 2000. Erfolge und Perspektiven der Weizenzüchtung auf Krankheitsresistenz. In: Bericht über die 50. Arbeitstagung 1999 der Vereinigung österreichischer Pflanzzüchter, BAL Gumpenstein, 23-25. November 1999, Vereinigung österreichischer Pflanzzüchter (éd.), BAL, Gumpenstein, 111-118.
- BRANCOURT-HULMEL M., DOUSSINAULT G., LECOMTE C., BÉRARD P., LE BUANEZ B., TROTTET M., 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Science* **43**, 37-45.
- BRUGGER H., 1956. Die schweizerische Landwirtschaft in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Verlag Huber & Co. Aktiengesellschaft, Frauenfeld, 270 p.
- BRUGGER H., 1978. Die schweizerische Landwirtschaft 1850-1914. Verlag Huber, Frauenfeld, 423 p.
- FOSSATI A., PACCAUD F.-X., 1986. La sélection du blé en suisse: passé, présent, futur. *Revue suisse Agric.* **18** (2), 73-80.
- FOSSATI A., 1998. De Mont-Calme (1898) à Changins (1998): 100 ans de recherches au service des grandes cultures et des herbages. Amélioration des plantes: réflexions d'un sélectionneur. *Revue suisse Agric.* **30** (6), 251-253.
- FOSSATI D., INGOLD M., 2001. Chapitre 11. Mountain Wheat Pool. In: *The World Wheat Book, A History of Wheat Breeding*, Bonjean A., Angus W. J. (éd.), Lavoisier, Editions TEC & DOC, Paris, 311-332.
- GALLAY R., 1956. La sélection de nos blés, voies anciennes et voies nouvelles. In: Ouvrage publié à l'occasion du 75^e anniversaire de la Fédération des sociétés d'agriculture de la Suisse romande, mars 1956, 34-48.
- INGOLD M., 1998. De Mont-Calme (1898) à Changins (1998): 100 ans de recherches au service des grandes cultures et des herbages. L'Histoire. *Revue suisse Agric.* **30** (6), 243-250.
- KLEIER G., 2002. Sélection des variétés de blé pour la qualité boulangère. *Revue suisse Agric.* **34** (6), 253-259.
- MALUSZYNSKI M., SZAREJKO I., MALUSZYNSKA J., 2001. Chapitre 36. Induced Mutations in Wheat. In: *The World Wheat Book, A History of Wheat Breeding*, Bonjean A., Angus W. J. (éd.), Lavoisier, Editions TEC & DOC, Paris, 939-977.
- MICHEL V., 2001. La sélection de variétés de blé et de triticales résistantes aux maladies. *Revue suisse Agric.* **33** (4), 133-140.
- OEHLER E., ZWEIFEL J., INGOLD M., 1956. L'hiver 1955-1956. Ses douloureuses conséquences pour les cultures de Suisse romande. II. Les céréales. *Revue romande d'agriculture, de viticulture et d'arboriculture* **12** (11), 96-100.
- RAJARAM S., VAN GINKEL M., 2001. Chapitre 22. Mexico: 50 Years of International Wheat Breeding. In: *The World Wheat Book, A History of Wheat Breeding*, Bonjean A., Angus W. J. (éd.), Lavoisier, Editions TEC & DOC, Paris, 580-608.
- SCHACHERMAYR G. M., MESSMER M. M., FEUILLET C., WINZELER H., WINZELER M., KELLER B., 1995. Identification of molecular markers linked to the *Agropyron elongatum*-derived leaf rust resistance gene *Lr24* in wheat. *Theor. Appl. Genet.* **90**, 982-990.
- WINZELER H., WINZELER M., KELLER B., SAURER W., WEILENMANN F., 1994. Wheat and Spelt Breeding at the FAP-Reckenholz. In: Eucarpia Cereal Section: «Prospectives of cereal breeding in Europe», Abstracts, 4-7 September 1994, Landquart, Switzerland. Brönimann A., Keller B., Winzeler H. (éd.), FAP, Zurich, 136-137.

Summary

The Swiss wheat breeding program

Selection has played a major role in the impressive yield increase in wheat production. This paper presents the wheat breeding at the Swiss federal research stations, the results obtained during the last century and some prospects.

Key words: wheat breeding, bread quality, yield, quality, disease resistance.

Zusammenfassung

Weizen Züchtungsprogramm in der Schweiz

In der Weizenproduktion wurden zu einem grossen Teil dank den Züchtungsarbeiten beeindruckende Fortschritte gemacht. Dieser Artikel präsentiert das Weizen Züchtungsprogramm der Eidgenössischen Forschungsanstalten, die im vergangenen Jahrhundert erzielten Resultate sowie einige Zukunftsperspektiven.

Riassunto

Il programma di miglioramento del frumento in Svizzera

La produzione di frumento a seguito un aumento notevole della resa in gran parte grazie ai lavori di miglioramento genetico. Questo articolo presenta la selezione presso le stazioni federali di ricerche agronomiche, i risultati ottenuti durante il secolo scorso e alcune prospettive per il futuro.

