

Définition d'idéotypes pour le triticale

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

Résumé

Une étude des lignées du programme de sélection a débouché sur la proposition de modèles de plante (**idéotype**) pour le triticale: l'un pour un milieu relativement extensif de moyenne altitude, l'autre, plus intensif, pour les régions céréalières de plaine.

Introduction

Tout programme d'amélioration des plantes commence par la définition des objectifs, c'est-à-dire répondre aux questions: *que veut-on améliorer et dans quels buts?* C'est une tâche indispensable qui demande un peu d'aptitude à spéculer sur l'avenir. En effet, dans un programme de sélection de blé ou de triticale, il s'écoule de douze à quinze ans entre le croisement de deux génotypes

et la mise sur le marché d'une nouvelle variété. Une fois que le sélectionneur a défini ses objectifs et qu'il a rassemblé les moyens nécessaires à leur réalisation, il se retrouve, après quelques années, devant un grand nombre de plantes parmi lesquelles il doit reconnaître la future variété. Ce choix est pour l'essentiel visuel et a lieu au champ, car avant de pouvoir tester le rendement et les qualités d'une lignée en essais, il faut au préalable choisir parmi

des milliers de plantes isolées et de «lignes-épis». Chaque sélectionneur doit donc avoir en tête, plus ou moins consciemment, plus ou moins intuitivement, l'idée d'un «modèle de plante». Sa définition n'est pas seulement nécessaire à la sélection, mais c'est aussi un moyen de «stimuler la réflexion» (RASMUSSEN, 1987). Car «l'idéotype» ressort de la confrontation des objectifs, du milieu de culture visé, des possibilités d'amélioration des caractères individuels, des connaissances et des estimations que l'on a du matériel en sélection.

Les observations sur les lignées de notre programme de sélection du triticale et en particulier une étude approfondie de 10 génotypes représentatifs (FOSSATI, 1995) nous ont amenés à proposer un idéotype du triticale qui est confronté ici aux modèles définis par d'autres auteurs.



Fig. 1. Le triticale idéal n'existe pas dans l'absolu: il varie selon les conditions climatiques et le mode d'exploitation.

Les particularités du triticale

Il existe un certain nombre d'études comparant le triticale au blé (FORD *et al.*, 1984; SWEENEY *et al.*, 1992; ELLEN, 1993). Ces travaux ont montré que la principale différence entre le blé et le triticale réside dans le plus grand nombre de grains par épi du triticale. Par contre, le poids du grain et le tallage peuvent être du même ordre de grandeur. Le rendement et la biomasse du triticale sont le plus souvent équivalents ou supérieurs au blé, alors que l'indice de récolte (**IR**) est parfois plus élevé (SWEENEY *et al.*, 1992), mais en général plus faible (FORD *et al.*, 1984; ELLEN, 1993). L'étude conduite sur 10 génotypes représentatifs de l'ensemble de notre programme de sélection a montré

que les IR (en moyenne 35,5%) sont nettement plus faibles que ceux observés (46,5 %) dans des conditions similaires sur des blés de printemps (BÄNZIGER, 1992; FOSSATI, 1995). Cela nous laisse envisager une marge importante de progression du rendement si l'on arrive à augmenter l'IR du triticale au niveau de celui du blé. AUSTIN *et al.* (1980), qui ont observé des IR d'environ 35% et de 50% entre des variétés de blé homologuées respectivement en 1908 et en 1978, estiment que l'IR maximum théorique se situe à environ 62%.

La structure du rendement de ces 10 génotypes a montré qu'un grand nombre de grains par mètre carré, grâce à un tallage abondant, est la meilleure voie pour atteindre un rendement élevé. L'augmentation du rendement ne conduira pas nécessairement à la diminution de la teneur en protéines du grain. En effet, certains de ces génotypes s'écartent de la classique corrélation négative entre la teneur en protéines du grain et le rendement (FOSSATI *et al.*, 1993).

Les triticales traditionnels ont, en général, des tailles plus élevées et sont plus sensibles à la verse que le blé. Toutefois, des lignées de hauteur inférieures à 100 cm ont pu être créées par mutagenèse et par l'utilisation des gènes de nanisme du blé et du seigle (FOSSATI, 1996). Mais, par rapport au blé où le rendement a été amélioré avec la diminution de la taille des plantes, les triticales «courtes» n'ont pas encore suffisamment augmenté leur productivité pour supplanter définitivement les variétés à paille longue. L'observation d'une centaine de lignées de triticale de notre programme de sélection a confirmé les relations entre la taille et le rendement (FOSSATI, 1995). Les lignées les plus courtes, en particulier celles qui possèdent le gène de nanisme *Rht3*, ont un rendement faible causé par un tallage insuffisant, qui n'est compensé ni par le nombre de grains par épi ni par le poids du grain. De plus, les grains de ces lignées sont davantage ridés et ont un très médiocre poids à l'hectolitre (PHL), ce qui est déjà en général un point faible du triticale. On a observé que les génotypes qui ont le grain le plus dense sont ceux dont la croissance du grain est modérée et longue, en particulier lors de la phase initiale d'accumulation de la matière sèche. Les volumes maximal et final de ce grain sont modestes. Sa teneur en eau est faible lorsqu'il atteint son volume maximal. Ensuite, il se contracte, en proportion du volume d'eau qu'il perd, sans former de cavités (FOSSATI, 1995).

Propositions d'idéotypes

Pour quel milieu?

Avant de définir un idéotype, il faut se poser la question du futur milieu de culture. En Suisse comme en France, le triticale s'est surtout imposé dans des exploitations polyvalentes qui pratiquent l'élevage et les grandes cultures (FOSSATI, 1992). Ce sont, en Suisse, des milieux peu intensifs, situés le plus souvent à moyenne altitude (600-800 m). La production de triticale y est parfois destinée à l'alimentation du bétail de l'exploitation elle-même. Ce type de milieu devrait continuer, ces prochaines années, à être favorable à la culture du triticale. En France, la situation est similaire dans le Massif central. Les nouveaux territoires du triticale sont les régions d'élevage aux conditions plus intensives, comme la Bretagne, où il remplace assez rapidement l'orge. S'il se développe un véritable marché du triticale, il progressera aussi dans les régions céréalières intensives plus traditionnelles où il concurrencera les blés et les orges fourragères. Ces régions seront celles où des triticales hybrides F1 ont la plus grande probabilité d'être intéressants. En résumé, on doit imaginer deux idéotypes. L'un pour que les lignées sélectionnées soient adaptées aux conditions intensives des zones céréalières, l'autre pour les zones d'élevage où le potentiel n'est pas forcément plus faible, mais dont la technicité est moins élevée.

Définition des idéotypes

☑ Type de feuille

Les études sur le blé ont montré que le type de feuille, érigée ou retombante, fine ou large, n'est pas un caractère fondamental pour l'amélioration, même s'il est séduisant, car facile à observer. En théorie, une meilleure pénétration de la lumière dans le peuplement, grâce à des petites feuilles érigées et une taille courte des plantes, devrait en principe permettre de densifier le peuplement par une meilleure survie des talles, mais ce modèle imaginé pour le blé (DONALD, 1968) n'a pas été vérifié pratiquement. ARAUS *et al.* (1993) ont observé que les lignées à feuilles érigées ont un taux plus élevé de transpiration, qu'elles ont plus de grains par mètre carré par rapport à celles à feuilles retombantes, mais que leur rendement final est équivalent. Les gènes responsables du port érigé des feuilles peuvent avoir des effets pléiotropiques négatifs

comme le pensent TUNGLAND *et al.* (1987). Ils ont noté que les lignées d'orge qui ont des feuilles érigées ont également des épis érigés; elles sont plus tardives à maturité et ont moins d'épis au mètre carré. D'autres types de formes de feuilles ont été imaginés, par exemple BOROJEVIC *et al.* (1980) proposent des feuilles courbées, RASMUSSEN (1987) des feuilles semi-érigées et plus larges. SLAFER et ANDRADE (1991) combinent ces propositions et imaginent des feuilles érigées avant l'anthèse qui deviennent horizontales pendant le remplissage du grain. Les auteurs s'accordent toutefois à reconnaître l'avantage de feuilles érigées pour un idéotype de type intensif, surtout s'il n'y a pas de stress hydrique avant l'anthèse. Tandis que, dans un milieu extensif et en particulier si l'utilisation d'herbicide est réduite, les feuilles retombantes sont théoriquement plus intéressantes, car elles exercent une plus grande compétitivité envers les mauvaises herbes.

☑ Hauteur des tiges

La taille des lignées destinées aux milieux intensifs doit être courte à très courte pour résister à la verse (ou pour être utilisées comme femelles dans la production d'hybrides F1). Une paille épaisse, plus rigide, et des épis moins lourds sont les autres moyens de diminuer les risques de verse mécanique. Dans les blés modernes, les variétés courtes atteignent déjà des tailles d'environ 70 à 80 cm. Des hauteurs inférieures ne sont pas souhaitées, car elles doivent être combinées avec des tolérances plus fortes aux maladies qui se développent depuis le sol, comme la septoriose. Cette hauteur correspond à celle qui devrait théoriquement permettre les meilleurs rendements (FLINTHAM et GALE, 1983; MIRALLES et SLAFER, 1996). Pour le milieu extensif, la taille peut être plus longue surtout si la production de paille est recherchée. Cependant, dans nos régions d'élevage, il ne faut pas accorder trop de poids à cet argument, car la paille a perdu de son importance et celle du triticale n'est pas la plus appréciée par le bétail. La hauteur de la paille est l'élément le plus important de la résistance à la verse mais il faut qu'elle soit en harmonie avec le reste de la plante. L'épi doit avoir un poids maximal proportionnel à la taille de la tige et il faut que les racines ancrent solidement la plante. Il est nécessaire, même si la base de la tige est rigide, que les derniers entrenœuds formés gardent une certaine souplesse, afin que la tige ne se comporte

pas comme un levier, sinon la plante verse depuis le niveau du sol ou, dans un sol mou, se déchausse.

☑ L'épi

Il faut que, lorsque le grain atteint le maximum de son poids, le poids de l'épi reste en rapport avec la solidité de la tige. En conséquence, le nombre de grains par épi souhaité dépendra de la solidité de la tige et du poids de mille grains (PMG) recherché. La forme de l'épi désirée est plutôt rectangulaire, afin d'avoir des grains de taille régulière dans tout l'épi. Cela est particulièrement important si le poids moyen du grain est bas, car, dans ce cas, les petits grains des épillets des extrémités de l'épi risquent de ne pas participer au rendement parce qu'ils se perdent lors du battage ou du triage. En suivant le même raisonnement, le nombre de grains par épillet doit être limité à deux grains. NAYLOR et STEPHEN (1993) ont d'ailleurs observé dans les variétés de triticale que les PMG élevés sont obtenus par une réduction de la part de petits grains, plutôt que par une augmentation générale du poids des grains. Toutefois, dans un milieu stressant, une fécondation étalée est parfois nécessaire pour que la plante compense les aléas climatiques ou pédologiques. Dans ce cas, le nombre de grains potentiel par épillet recherché est plus élevé, soit de deux à quatre.

La densité des épillets, c'est-à-dire le nombre d'épillets sur une longueur donnée de l'épi, est considérée comme satisfaisante dans le matériel actuel. La taille de l'épi est alors proportionnelle au nombre d'épillets par épi et, par conséquent, dépend du nombre de grains par épis possible en fonction du PMG recherché.

☑ Le grain

Pour augmenter le rendement, on doit augmenter le nombre de grains produits par mètre carré (NG2) ou le poids du grain. Malgré la compensation entre le NG2 et le poids du grain, le rendement maximal serait obtenu dans les blés, selon FISCHER *et al.* (1977), par un NG2 théoriquement bien supérieur aux valeurs réelles obtenues avec des pratiques agricoles optimales. Ils supposent que, pour obtenir des grains avec un PHL acceptable, le nombre de grains habituellement produit est limité, car le rapport «source/puits» nécessaire serait considérablement supérieur à celui qui permet le rendement maximal. Nos observations confirment qu'il est plus fa-

cile, dans les triticales, d'améliorer le rendement par le nombre que par le poids du grain (FOSSATI, 1995). Par contre, nous n'avons pas, dans nos conditions, d'indice qui confirmerait la diminution du PHL avec l'augmentation du NG2. Au contraire, nos résultats ont montré que les essais où les lignées ont produit peu de grains avaient souvent un grain de qualité inférieure. Il semble qu'il soit plus facile d'obtenir des grains denses et bien formés lorsque le poids du grain est bas. Il est donc probablement préférable d'augmenter le NG2 (via le nombre d'épis) plutôt que le poids du grain pour améliorer simultanément le PHL et le rendement.

Un PMG modéré résulte d'une croissance du grain qui est soit «rapide et courte» soit «lente et longue». La seconde voie est selon nous la plus souhaitable, car, dans nos essais, c'est ce type de croissance qui a donné les meilleurs PHL. Mais, afin d'éviter les températures élevées pendant la croissance du grain, la croissance doit alors commencer suffisamment tôt ou bien les génotypes doivent être peu sensibles à la température. Chez la triticale, nos expériences en chambres climatisées ont démontré qu'il y avait des différences de sensibilité à la chaleur (FOSSATI, 1995), comme il en existe dans le blé (VAN SANFORD, 1985). Malheureusement, en sélection, ce n'est pas un caractère facilement observable sur un grand nombre de lignées. On cherche alors une croissance du grain qui débute tôt et que l'épiaison et l'anthèse soient les plus précoces possible. Cet objectif est difficile à concilier avec un tallage abondant, car, en général, le tallage est faible si la montaison est précoce.

☑ Tallage

Il y a des différences importantes d'aptitude au tallage entre génotypes de blé (HUCL et BAKER, 1988) ou de triticale (SANDHA *et al.*, 1985). Mais quel est le tallage souhaité? Faut-il un peuplement composé de nombreuses plantes «monotiges» ou de nombreuses talles? Combien d'épis au mètre carré veut-on obtenir?

Les avantages d'une plante monotige sont, selon DONALD (1968), l'absence de concurrence entre tiges, à l'intérieur de la plante, et de pertes, lors de la translocation des assimilats à partir des talles régressées. En effet, la régression des talles formées, qui est d'environ 50% en conditions normales (PETR et HRADECKA, 1993; INNES et QUARRIE, 1987), est considérée comme un gaspillage, car la relocation des assimilats est incomplète. Sans tallage, la durée

de formation de l'épi augmente, car le développement du maître brin est plus rapide. L'épiaison est plus précoce, la maturation plus homogène et la tige plus solide. La réduction de la taille des épis observée dans des peuplements denses de plantes qui tallent ne serait pas forcément observée dans une même densité d'épis de plante monotige.

Toutefois, avec l'augmentation de l'intérêt accordé à la stabilité du rendement dans les objectifs des programmes de sélection, le tallage est reconsidéré. On peut estimer qu'il est un mécanisme de stockage des assimilats pendant une période où une croissance générative serait trop exposée aux risques climatiques. Et, même si de manière générale les talles, comme d'autres structures secondaires (petits épillets des extrémités de l'épi, fleurs distales) sont moins performantes, elles sont avantageuses lorsqu'une compensation après un stress est nécessaire.

La définition du nombre idéal de talles par plante dépend par conséquent des conditions du milieu. Dans le climat continental humide, le rendement en grain est corrélé étroitement avec le nombre d'épis par mètre carré (NE2). Ce rendement est atteint par une augmentation du rendement biologique, plutôt que par une modification de l'indice de récolte, qui tend lui à diminuer avec l'augmentation du NE2 (AGUILAR-MARISCAL et HUNT, 1991). D'autre part, TRIBOI et OLLIER (1991) affirment qu'en conditions difficiles, pendant le remplissage du grain (sécheresse, chaleur), un nombre d'épis faible mais à fertilité élevée est favorable. Les réserves par tiges sont importantes, la vitesse de remplissage augmente et la durée de la croissance du grain diminue. Si on suit cette affirmation et que l'on veut, comme dans notre cas, une croissance modérée des grains, le NE2 doit être élevé. En simplifiant, le tallage est plutôt avantageux si les risques climatiques sont ceux du nord de l'Europe (excès d'eau au semis, froids hivernal et printanier) et désavantageux si les risques sont ceux du sud (stress hydrique avant anthèse, forte chaleur pendant la maturation). Nos conditions de culture se situent entre ces deux extrêmes. Le bassin lémanique, principal lieu de notre sélection, a parfois des étés secs et chauds alors qu'au nord ou à l'est de la Suisse, les conditions hivernales sont déjà sensiblement plus rigoureuses.

Pour la montagne, la détermination de l'aptitude au tallage optimale est tout aussi difficile. En altitude, à la fin des conditions hivernales, la photopériode est plus longue et le rayonnement plus

Tableau 1. Composantes optimales du rendement de Lasko en plaine (320m) et en montagne (925m) par rapport au potentiel observé dans le centre de la France et aux observations moyennes à Changins (430m) (d'après DEQUIN, 1990).

Caractère	Centre de la France			Changins moyenne
	montagne	plaine	potentiel observé	
Nombre de plantes/m ² à la sortie de l'hiver	150-170	110-130	500	300
Nombre d'épis/m ² (NE2)	660-670	370-420	800	545
Coefficient de tallage	3,9-4,5	2,8-3,8	~6	1,8
Nombre de grains/m ² (NG2)	21 500	20 500	23 000	23 105
Nombre de grains/épi	29-32	47-50	50	42,4
Poids de 1000 grains à 15% H ₂ O (PMG)	44	39	50	35,6
Rendement à 15% H ₂ O	95	80	95	82,6

intense qu'en plaine. Par conséquent, le nombre de talles formées au début de la montaison est réduit, car le tallage est précoce. Par contre, s'il n'y a pas de limitations hydriques, des talles sont émises plus tardivement et subissent une plus faible régression, ce qui augmente la densité d'épis, mais diminue l'homogénéité de la maturation (LAFARGE, 1987). Les potentiels de rendement en montagne sont alors plus élevés qu'en plaine. D'une part, la densité potentielle d'épis est plus élevée, d'autre part, les températures relativement fraîches pendant la croissance du grain permettent la réalisation de PMG élevés. La densité plus élevée d'épis provoque peut-être moins de verse en altitude, car nous avons souvent observé dans les essais en montagne une taille plus réduite des plantes. Le triticale est sensible à la «pourriture des neiges» causée principalement par *Microdochium nivale*, *Pythium sp.* et *Typhula incarnata*. A cause de cette maladie et pour compenser les pertes liées au climat, un tallage abondant en montagne est nécessaire malgré l'inconvénient d'une maturité hétérogène.

Ces remarques rejoignent les observations de DEQUIN (1990). Selon les altitudes, il propose pour le triticale Lasko deux formations du rendement optimales, basées sur des résultats d'essais réalisés dans le centre de la France (tabl. 1). On peut souligner la forte compensation qu'apporte la très bonne aptitude au tallage de cette variété. Cette caractéristique de Lasko n'a certainement pas été étrangère à son implantation dans beaucoup de pays.

Biomasse

La biomasse n'est pas le caractère le plus facile à utiliser pour améliorer le rendement. L'histoire de la sélection du blé a montré d'ailleurs que la progres-

sion du rendement a été causée davantage par l'augmentation de l'IR, que par celle de la biomasse (FEIL, 1992). De plus, TRETOWAN *et al.* (1991) ont observé sur un nombre important de triticales que la biomasse est corrélée négativement avec la précocité à l'épiaison. SHARMA (1993) a montré que, dans le blé, la biomasse est corrélée négativement avec l'IR et qu'il faut en sélection un milieu fertile pour que l'héritabilité de la biomasse soit bonne. AUSTIN *et al.* (1989) ont également noté une variabilité de la biomasse entre génotypes de blé, mais elle est faible et ne s'exprime clairement qu'en milieux favorables.

Une importante biomasse à la floraison est recommandée, en raison des corrélations observées avec la biomasse finale, le rendement et la croissance du grain. Cet objectif rejoint les conclusions de DAMISCH et WIBERG (1991) pour le blé ou de BALKEMA-BOOMSTRA (1993) pour l'orge. Toutefois, il est difficilement conciliable avec une montaison tardive et une anthèse précoce. SIDDIQUE et WHAN (1994) ont proposé d'utiliser le rapport épi/tige lors de l'anthèse, car il est corrélé avec le rendement, l'IR et le NG2, sans être influencé par les stress postfloraison. Dans nos observations sur le triticale, ces relations ne se sont pas vérifiées. Les génotypes qui ont le rapport épi/tige le plus élevé n'ont qu'un nombre de grains par épi plus élevé, mais ni un NG2 ni un rendement supérieurs à cause de l'influence prépondérante du tallage dans la formation du rendement. De plus, les mesures de ces critères sont laborieuses et demandent beaucoup de temps.

Tous ces critères sont donc utilisables, comme la plupart des caractères physiologiques, surtout pour signaler des génotypes et moins pour le choix des plantes en pépinière.

Stress biotiques et abiotiques

D'autres modèles pour le triticale ont été publiés (TARKOWSKI, 1980; KLIMEK, 1994 selon TARKOWSKI et WOLSKI, 1985; GORDEJ, 1987, TURBIN 1986 cités par POSPELOWA et ZOSCHKE, 1994). Ils se rejoignent sur plusieurs points. Les modèles insistent sur la nécessité d'avoir un très bon niveau de résistance aux stress biotiques et abiotiques. En particulier, il est souhaité que la résistance soit totale contre *Erysiphe graminis* et bonne contre les rouilles, la fusariose, la pourriture des neiges, le piétin-verse, l'ergot. Contre les septorioses, la tolérance doit être élevée. Dans les pays qui ont des sols acides ou des hivers rigoureux, l'importance des résistances face à ces stress abiotiques est soulignée. La bonne résistance à la verse, des grains bien formés, lisses et résistants à la germination sur pied sont également des caractères cités par tous.

Hybrides F1

Nous n'avons encore que trop peu d'expérience avec des triticales hybrides F1 pour définir l'idéotype des géniteurs d'un hybride. Les expériences sur blé (OURY *et al.*, 1993) montrent que l'indice de récolte est équivalent entre hybrides F1 et parents alors que l'effet hybride est prononcé pour la taille, la biomasse à la récolte et à la floraison. La vitesse de croissance du grain hybride s'en trouve augmentée. L'observation des combinaisons réalisées avec nos lignées de triticale (AEBY, 1989) semble confirmer ces résultats. Le poids des grains des plantes hybrides F1 est souvent plus lourd mais leur poids spécifique n'est pas amélioré. Il nous semble que seuls des croisements entre lignées courtes ou entre lignées courtes et longues donnent des plantes de taille acceptable. A priori, l'idéotype imaginé pour les milieux intensifs (tige courte et croissance lente du grain) est proche de celui souhaité pour la lignée femelle d'un hybride F1.

Pour des conditions climatiques similaires à celles rencontrées en Suisse et si l'on se limite à deux situations, d'une part au milieu intensif des zones céréalières en plaine et d'autre part au milieu plus extensif des zones d'élevage, on peut proposer des idéotypes pour le triticale tels qu'ils apparaissent dans le tableau 2. Les valeurs de ce tableau sont des objectifs à atteindre dans une région de sélection qui correspond au bassin lémanique et non pas des pronostics des performances qui devraient être réalisées dans les deux

Tableau 2. Idéotypes du triticale proposés pour des milieux intensifs (zone céréalière) ou extensifs (zone d'élevage de moyenne altitude) de climats proches de celui du bassin lémanique (FOSSATI, 1995).

Caractère	Unité	Milieu intensif	Milieu extensif
Taille de la plante Taille de l'épi	cm	85 12	100 11
Type d'épi		forme rectangulaire	
Type de feuille		érigée	retombante
Type de grain		bien formé, lisse, résistant à la germination sur pied	
Début montaison Epiaison Anthèse Maturité	nombre de jours depuis le 1 ^{er} janvier	85 140 145 200	
Durée de croissance du grain	j	55	55
Grains/épillets Grains/épis (NGE) Épillets/épis Plante/m ² (NP2) Epis/m ² (NE2)	nombre	2 54 27 325 à 350 550 à 600	2 à 4 48 12 à 24 325 à 350 600 à 650
Coefficient de tallage		1,4 à 1,8	1,6 à 2,2
Grains/m ² (NG2)	nombre	29 700	28 800
Poids de 1000 grains (PMG) Poids du grain/épis	g	41 2,2	41 2,0
Vitesse de croissance de 1000 grains	mg/j	655	655
Rendement Biomasse	dt/ha	123 246	118 262
Indice de récolte (IR)	%	50	45
Teneur N	%	15	14
Poids spécifique (PHL)	kg/hl	>72	
Résistances aux stress biotiques et abiotiques		totale contre <i>E. graminis</i> , bonne contre les rouilles, la pourriture des neiges, l'ergot, la fusariose et le piétin, tolérance contre la septoriose, bonne résistance au froid	
Résistance à la verse		très bonne	

milieux visés. Si l'on doit adapter ces idéotypes pour les milieux en altitude, il faut sélectionner des lignées qui sont plus résistantes au froid et à l'enneigement et qui ont un grand pouvoir de récupération. Elles doivent, en particulier, pouvoir taller abondamment.

Conclusions

Le triticale a une histoire très courte par rapport aux autres céréales. Il n'y a guère plus d'une centaine d'années entre la découverte de cette «curiosité botanique» et sa mise en culture sur plus de deux millions d'hectares à travers le monde (VARUGHESE *et al.*, 1996). Cette réussite a été possible, grâce au travail patient des sélectionneurs qui ont réussi, tout en maintenant la rusticité de cette espèce, à améliorer la fertilité de l'épi, la formation du grain, la résistance à la verse et le rendement. Le triticale est ainsi devenu une plante très efficace, ce qui lui permet de conquérir de nouveaux territoires. Il est donc utile d'imaginer comment adapter le modèle de plante à ces nouveaux milieux de cul-

tures. Nous avons, en nous basant sur la connaissance de notre matériel, esquissé des propositions pour deux types de milieux, plus ou moins intensifs. Les principales caractéristiques de ces idéotypes sont:

- Un rendement atteint essentiellement par le nombre de grains au mètre carré plutôt que par le poids des grains.
- Le poids des grains reste modeste mais le poids spécifique est élevé, grâce à une croissance modérée (en particulier au début du remplissage du grain) et grâce à un nombre de grains par épillet limité.
- Les plantes sont courtes (surtout en milieu intensif) pour résister à la verse et l'indice de récolte rejoint les valeurs obtenues avec le blé.
- Les résistances aux stress biotiques et abiotiques sont fortes.

Dans le futur, il est possible que, en plus des aspects agronomiques, les aspects qualitatifs (teneurs en protéines, en acides aminés, en acides gras, en minéraux, viscosité, digestibilité, etc.) prennent plus d'importance. Certains

résultats nous laissent déjà entrevoir des possibilités d'amélioration de la qualité sans pertes de productivité (FOSSATI *et al.*, 1993; FEIL et FOSSATI, 1995, 1997). En outre, de nouvelles utilisations du triticale actuellement à l'étude (fourrage vert, alimentation humaine, production d'amidon et d'alcool, plante énergétique) (HARTMANN *et al.*, 1996) élargiront peut-être son rôle traditionnel de céréale fourragère. **La définition de l'idéotype du triticale n'est donc jamais définitive.**

Bibliographie

- AEBY P., 1989. Etude comparative de la structure des rendements de triticales hybrides F1 et de leurs parents. Travail de diplôme, EPF Zurich, 1-134.
- AGUILAR-MARISCAL I., HUNT L. A., 1991. Grain yield vs. spike number in winter wheat in a humid continental climate. *Crop Sci.* **31**, 360-363.
- ARAUS J. L., REYNOLDS M. P., ACEVEDO E., 1993. Leaf posture, grain yield, growth, leaf structure, and carbon isotope discrimination in wheat. *Crop Sci.* **33**, 1273-1279.
- AUSTIN R. B., BINGHAM J., BLACKWELL R. D., EVANS L. T., FORD M. A., MORGAN C. L., TAYLOR M., 1980. Genetic improvements in winter wheats since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci. (Camb.)* **94**, 675-689.

- AUSTIN R.B., FORD M. A., MORGAN C. L., 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *J. Agric. Sci. (Camb.)* **112**, 295-301.
- BALKEMA-BOOMSTRA A. G., 1993. The relation between grain yield and some related traits of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and their usefulness in a breeding program. *Euphytica* **65**, 99-106.
- BÄNZIGER M., 1992. Nitrogen efficiency of spring wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.), Thesis ETH, N° 9790, Zürich, 1-88.
- BOROJEVIC S., CUPINA T., KRSMANOVIC M., 1980. Green area parameters in relation to grain yield of different wheat genotypes. *Z. Pflanzenzüchtg.* **84**, 265-283.
- DAMISCH W., WIEBERG A., 1991. Biomass yield – A topical issue in modern wheat breeding programmes. *Plant Breed.* **107**, 11-17.
- DEQUIN A., 1990. Mémoire de fin d'étude ENITA. Détermination et comparaison des potentiels de rendement des céréales à paille dans le centre de la France, Clermont-Ferrand: ITCF Auvergne, 1-75.
- DONALD C. M., 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* **17**, 385-403.
- ELLEN J., 1993. Growth, yield and composition of 4 winter cereals. 1. Biomass, grain yield and yield formation. *Neth. J. Agr. Sci.* **4**, 153-165.
- FEIL B., 1992. Breeding progress in small grain cereals: a comparison of old and modern cultivars. *Plant Breed.* **108**, 1-11.
- FEIL B., FOSSATI D., 1995. Mineral composition of triticale grains as related to grain yield and grain protein. *Crop Sci.* **35**, 1426-1431.
- FEIL B., FOSSATI D., 1997. Phytic acid in triticale grains as affected by cultivar and environment. *Crop Sci.* **37**, 916-921.
- FISCHER R. A., AGUILAR I., LAING D. R., 1977. Post-anthesis sink size in a high yielding dwarf wheat: yield response to grain number. *Aust. J. Agric. Res.* **28**, 165-175.
- FLINTHAM J. E., GALE M. D., 1983. The Tom Thumb dwarfing gene Rht3 in wheat. 2. Effects on height, yield and grain quality. *Theor. Appl. Genet.* **66**, 249-256.
- FORD M. A., AUSTIN R. B., GREGORY R. S., MORGAN C. L., 1984. A comparison of the grain and biomass yields of winter wheat, rye and triticale. *J. Agric. Sci. (Camb.)* **103**, 395-403.
- FOSSATI A., 1992. Sélection du triticale en zone marginale. *C. R. Acad. Agric. Fr.* **78** (4), 15-22.
- FOSSATI A., 1996. Les triticales à paille courte: bilan et perspectives. *Revue suisse Agric.* **28** (4), 189-192.
- FOSSATI A., FOSSATI D., 1992. Le triticale: du laboratoire au champ. *Revue suisse Agric.* **24** (1), 31-38.
- FOSSATI D., FOSSATI A., FEIL B., 1993. Relationship between grain yield and grain nitrogen concentration in winter triticale. *Euphytica* **71**, 115-123.
- FOSSATI D., 1995. Structures du rendement et croissance des grains de triticale: comparaison de génotypes de tailles différentes, Thèse EPF N° 11271, Zurich, 1-175.
- HARTMANN F., KAZMAN M.E., SCHACHSCHNEIDER R., 1996. Schlussfolgerung – Entwicklungsbedarf für die Sicherung der Zukunftschancen von Triticale. *Vort. Pflanzenzüchtg.* **34**, 292-294.
- HUCL P., BAKER R. J., 1988. An evaluation of common spring wheat germplasm for tillering. *Can. J. Plant Sci.* **68**, 1119-1123.
- INNES P., QUARRIE S. A., 1987. Water relations. In: Lupton FGH (éd.), *Wheat breeding*. London - New York: Chapman & Hall, 313-337.
- KLIMEK S., 1994. Stand der Triticale-Forschung in Polen (Winter- und Sommertriticale). Berlin: Duncker & Humblot, 1-139.
- LAFARGE M., 1987. Principaux effets du climat sur la croissance et le développement des céréales en altitude dans le Massif central. In: INRA (éd.), *Agrométéorologie des régions de moyenne montagne*, Toulouse, 16-17 avril 1986. Paris: *Les Colloques de l'INRA* **39**, 287-302.
- MIRALLES D. J., SLAFER G. A., 1996. Yield, biomass and yield components in dwarf, semi-dwarf and tall isogenic lines of spring wheat under recommended and late sowing dates. *Plant Breed.* **114**, 392-396.
- NAYLOR R. E. L., STEPHEN N. H., 1993. Effects of nitrogen and the plant growth regulator chlormequat on grain size, nitrogen content and amino acid composition of triticale. *J. Agr. Sci.* **120**, 159-169.
- OURY F. X., BRABANT P., PLUCHARD P., BERARD P., ROUSSET M., 1993. Une étude sur la supériorité des blés hybrides au niveau des capacités de remplissage du grain: résultats d'une expérimentation multilocale. *Agronomie* **13**, 381-393.
- PETR J., HRADECKA D., 1993. Formation and reduction of tillers in triticale. *Rostl. Vyroba.* **39**, 65-77.
- POSPELOWA G., ZOSCHKE M., 1994. Stand der Triticale-Forschung in der Sowjetunion (GUS). Berlin: Duncker & Humblot, 1-238.
- RASMUSSEN D. C., 1987. An evaluation of ideotype breeding. *Crop Sci.* **27**, 1140-1146.
- SANDHA G. S., VELLANKI R. K., DHINDSA G. S., 1985. Variability and correlations among metric traits in hexaploid triticale. *Indian J. agric. Sci.* **55**, 499-501.
- SHARMA R. C., 1993. Selection for biomass yield in wheat. *Euphytica* **70**, 35-42.
- SIDDIQUE K. H. M., KIRBY E. J. M., PERRY M. W., 1989. Ear:stem ratio in old and modern wheat varieties; relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res.* **21**, 59-78.
- SIDDIQUE K. H. M., WHAN B. R., 1994. Ear: stem ratios in breeding populations of wheat: significance for yield improvement. *Euphytica* **73**, 241-254.
- SLAFER G. A., ANDRADE F. H., 1991. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world: A review. *Euphytica* **58**, 37-49.
- SWEENEY G., JESSOP R. S., HARRIS H., 1992. Yield and yield structure of triticales compared with wheat in northern New South Wales. *Aust. J. Exp. Agr.* **32**, 447-453.
- TARKOWSKI C., 1980. Model of triticale plant. *Hod.Rosl.Aklim.i Nas.* **24** (5), 439-443.
- TARKOWSKI C., WOLSKI T., 1985. In: Tarkowski C. (éd.): *Biologia psenzyta* 1989, Warszawa.
- TRETHOWAN R. M., ABDALLA O., PFEIFFER W. H., 1991. Evaluation of the rate and duration of grainfill in triticale and its association with agronomic traits. In: CIMMYT (éd.), *Proceedings 2nd International Triticale Symposium*. Mexico, D.F.: CIMMYT, 128-130.
- TRIBOI E., OLLIER J. L., 1991. Evolution et rôle des réserves glucidiques et azotées des tiges chez 21 génotypes de blé. *Agronomie* **11**, 239-246.
- TUNGLAND L., CHAPKO L. B., WIERSMA J. V., RASMUSSEN D.C., 1987. Effects of erect leaf angle on grain yield in barley. *Crop Sci.* **27**, 37-40.
- VAN SANFORD D. A., 1985. Variation in kernel growth characters among soft red winter wheats. *Crop Sci.* **25**, 626-630.
- VARUGHESE G., PFEIFFER W. H., PEÑA R. J., 1996. Triticale: A successful alternative crop (Part 1). *Cereal Food World* **41** (6), 474-482.

Zusammenfassung

Definition der Ideotypen für Triticale

Durch die während früheren Beobachtungen zusammengetragenen Informationen und Hypothesen gelangen wir zur Definition zweier Ideotypen von Triticale: Einer für die extensiven Anbauzonen der Berglagen und einer für die traditionellen Getreideanbaugebiete des Tieflandes.

Summary

Definition of ideotypes for the triticale

From information and hypotheses gathered during previous observations, we proposed the definition of two ideotypes for the triticale: one for the extensive area of the middle mountains, the other for the traditional cereal-growing regions.

NOUVEAU

La fumure des prairies et des pâturages

Edition 1998

CHF 4.50-

Document en couleur de 16 pages rédigé par la RAC, l'ADCF et le SRVA et conçu spécialement pour les agriculteurs

COMMANDE:

Station fédérale de Changins (P.-A. Nussbaum), CH-1260 Nyon 1, tél. 022/361 41 52, fax 022/362 13 25.