

Le triticale: du laboratoire au champ

A. FOSSATI et D. FOSSATI, Station fédérale de recherches agronomiques de Changins (RAC), CH-1260 Nyon

Historique

Fruit du croisement entre le seigle et le blé, le triticale serait resté un accident de la nature, rare et stérile, sans la recherche agronomique. Découvert à la fin du siècle dernier par l'Écossais Wilson, il fait l'objet de recherches dans de nombreux pays. Son étude en Suisse a débuté dans les années 50 et les premiers travaux, dirigés par le Dr E. Oehler, avaient pour objectif de réunir, dans une même plante, la qualité boulangère du blé panifiable et la rusticité du seigle. Ces hybrides, appelés triticales octoploïdes, se sont avérés partiellement stériles. Malgré de nom-

breuses années de sélection, la fertilité n'a pu être que partiellement améliorée. Les lignées les plus fertiles soumises aux essais ont démontré un niveau de rendement insuffisant, une extrême sensibilité à la verse et une fertilité demeurant instable (INGOLD *et al.*, 1968).

Parallèlement aux recherches sur les triticales octoploïdes, d'autres instituts développèrent les triticales hexaploïdes, issus des croisements entre le blé dur et le seigle. Ces derniers se montrèrent supérieurs à leurs prédécesseurs octoploïdes, faisant preuve d'une meilleure fertilité. La curiosité poussa aussi les sélectionneurs à croiser entre

eux les deux types de triticales, ou encore l'hexaploïde avec le blé panifiable. Les nouvelles lignées ainsi obtenues ont concrétisé l'espoir de voir le triticale faire son entrée dans la pratique.

En Suisse, le programme de recherches sur les octoploïdes fut progressivement abandonné à partir de 1976, pour faire place à la sélection du triticale hexaploïde d'automne (FOSSATI *et al.*, 1978). Le premier objectif fut la recherche d'une variété étrangère productive et rustique, susceptible d'inciter l'agriculteur à adopter cette nouvelle espèce. Assez rapidement, la variété polonaise Lasko s'est révélée intéressante et a été



Résumé

Le triticale a été introduit en Suisse en 1983. Cette nouvelle espèce est surtout cultivée dans les exploitations polyvalentes, et particulièrement en moyenne altitude. Elle doit son succès à son haut potentiel de rendement associé à une bonne valeur nutritive et à une rusticité remarquable. Elle est appelée à avoir une importance grandissante dans les zones marginales de l'agriculture européenne. La sélection devra s'efforcer d'obtenir des variétés plus précoces et plus résistantes à la verse pour que le triticale s'étende aux régions céréalières. L'article expose le schéma de la sélection du triticale en Suisse et dresse le bilan de l'avancement des travaux.



Fig. 1. L'arrivée sur le marché d'une variété nouvelle est le fruit d'une quinzaine d'années de travaux. La descendance des premières plantes choisies, semée en lignes, est sélectionnée visuellement (à gauche). Seules les meilleures lignes se retrouvent quelques années plus tard dans les essais de rendement (à droite). Des 150 000 plantes du départ, seules deux ou trois accéderont aux essais d'homologation.



Fig. 5. Pollinisation: la variété choisie comme «père» est récoltée au champ et les fleurs assemblées en bouquet. Le pollen se dépose sur une feuille de papier et sera transféré, à l'aide d'une pincette, sur les fleurs castrées du géniteur choisi comme «mère».



Fig. 6 et 7. Sélection des plantes F_2 : les ▲ descendants d'un même croisement montrent des différences importantes, que ce soit au niveau de leur morphologie ou de leur comportement face aux infections. Seules les plantes à paille courte et résistantes aux maladies sont retenues. ▼

◀ Fig. 3. La mauvaise formation du grain reste, pour l'instant, une des faiblesses du triticale. Les progrès de la sélection ont permis d'améliorer sensiblement ce caractère. Toutefois, il demeure instable et fortement lié aux conditions climatiques. La recherche s'efforce actuellement de comprendre le mécanisme physiologique de ces fluctuations et d'obtenir des lignées stables.



Fig. 4. Castration: le triticale est autogame, c'est-à-dire que la fleur se féconde elle-même. Pour croiser deux lignées, il faut donc castrer chaque fleur d'un épi avant la maturation du pollen.



Fig. 8. Sélection en F_3 et F_4 : la sélection en ligne des descendants de chaque plante se poursuit en F_3 et en F_4 . Visuellement, on sélectionne les meilleures lignées et les meilleures plantes dans les lignées retenues (sélection pedigree).



◀ Fig. 9 et 10. Rouille jaune et rouille brune: comme le blé, le triticale peut être attaqué par les rouilles et la septoriose. Pour ces maladies, la sélection a recours à des infections artificielles à chaque génération.



Fig. 11. Fusariose sur épi: le triticale est, comme le blé, sensible à la fusariose sur épi. Pour sélectionner efficacement des lignées résistantes à cette maladie, il faudra mettre sur pied une technique d'infection artificielle.

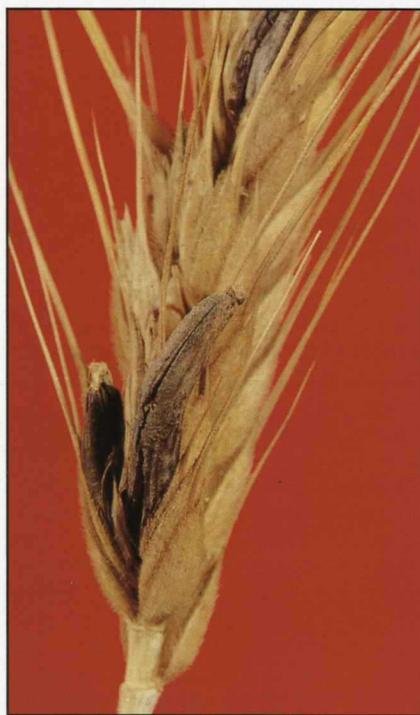


Fig. 12. Ergot: les premiers triticales étaient particulièrement sensibles à l'ergot. L'amélioration de la fertilité a pratiquement éliminé ce problème.



Fig. 13. Germination sur pied: dans les pays comme la Suisse, qui exploitent le triticale pour le fourrage, la germination sur pied n'est pas un inconvénient majeur. Toutefois, elle peut influencer la formation du grain et affecter la stabilité des rendements. La sélection se doit d'améliorer ce caractère.



Fig. 14. Pourriture des neiges: le triticale est largement cultivé en altitude où son potentiel de rendement s'exprime pleinement. C'est pourquoi sa résistance à la pourriture des neiges fait l'objet d'une sélection constante. Toutes ces lignées sont chaque année testées à 1200 m d'altitude.



Fig. 15. Les triticales à paille courte, actuellement en sélection (au premier plan à droite), font preuve d'une résistance absolue à la verse. L'homologation d'une variété de ce type permettra une culture sans hormone de croissance.

faible nombre de tiges fertiles et un grain mal formé. Leur rendement est en général instable. Une des voies de la sélection est donc la recherche de triticales à épis plus courts.

Bonne formation du grain

C'est un caractère important pour la structure du rendement et la qualité fourragère (énergie). La pression de sélection est exercée visuellement en deuxième génération déjà et se poursuit au niveau des essais de rendement par la mesure systématique du poids à l'hectolitre.

La résistance à la verse

Bien qu'il existe des différences entre les variétés pour la résistance à la verse, celle-ci reste encore un problème majeur dans la culture du triticales. La longueur de paille excessive en est la cause. Une réduction spectaculaire de la paille a été obtenue par l'utilisation des gènes de nanisme du blé. Les lignées courtes ont cependant une architecture de la plante peu favorable: fertilité de l'épi trop élevée, donc nombre de tiges faible et grain échaudé. Le rendement reste de ce fait nettement inférieur à celui des variétés à paille longue. La sélection s'oriente vers l'obtention progressive de triticales à paille intermédiaire, résistants à la verse et ayant un grain bien formé.

La résistance aux maladies

Rouilles brune et jaune, septoriose et piétin-verse font l'objet de travaux de sélection. La résistance à l'oïdium est encore quasi absolue grâce à la présence simultanée des génomes du seigle et du blé. Par contre, la sensibilité du triticales à la fusariose sur épis est presque aussi élevée que celle du blé dur. La mise au point d'une méthode de sélection devient nécessaire. Le triticales est beaucoup moins sensible à l'ergot que le seigle. Cette infection n'apparaît chez lui qu'à la suite de mauvaises conditions de fécondation.

La résistance à l'hivernage

Le matériel actuellement en sélection présente un niveau de résistance au froid suffisant pour les conditions suisses. Par contre, la résistance à l'enneigement, bien que supérieure à celle de l'orge d'automne, reste légèrement inférieure à celle des blés de l'assortiment suisse. Pour donner un plus grand degré de sécurité à la culture du triticales en altitude, il est absolument nécessaire de transférer, dans le triticales, les gènes de résistance à la pourriture des neiges des anciennes variétés locales de blé.

La précocité

Des variétés précoces sont une nécessité pour les zones d'altitude. En plaine, dix jours de précocité au battage par rapport au blé devraient augmenter l'intérêt des agriculteurs pour le triticales.

Contenu et qualités des protéines

La qualité fourragère du triticales est un atout majeur. La teneur en protéines et en acides aminés essentiels doit être maintenue malgré la progression des rendements.

Schéma de sélection

Après le succès des premières variétés de triticales, on voit naître sur le plan international un nombre important de programmes de sélection. La course est engagée entre sélectionneurs pour gagner rapidement une part importante du marché des semences avec de nouvelles variétés performantes. Pour ce faire, les quelques variétés déjà confirmées sont utilisées dans les programmes d'hybridation. Certes, le succès peut être assuré à court terme, mais l'uniformité génétique et la vulnérabilité menacent la culture des triticales.

Pour éviter ce danger qui menace la plupart des plantes cultivées, le sélectionneur dispose de la diversité génétique accumulée tout au long du processus d'évolution et transférée dans de multiples variétés performantes. Diversité génétique et agriculture intensive ne sont pas antagonistes! Le triticales, lui, sort des laboratoires; sa variabilité génétique ne prend source que dans un nombre restreint de géniteurs blé et seigle. Le sélectionneur doit impérativement élargir la base génétique du triticales et les possibilités sont grandes. En effet, il dispose de la richesse génétique des trois espèces: le blé dur, le blé tendre et le seigle. Les moyens techniques sont éprouvés: création de triticales primaires (blé dur \times seigle et blé tendre \times seigle) ou encore croisements entre triticales et blés tendres. Il s'agit d'un travail de longue haleine, mais seul à même d'assurer une continuité dans l'évolution du triticales (voir schéma encadré).

Bilan et perspectives

Le programme suisse de sélection sur triticales hexaploïdes a maintenant quinze ans, temps requis habituellement pour obtenir une nouvelle variété en partant d'une hybridation. C'est pourquoi, dès le début des travaux de sélection et en attendant leurs résultats, la Station de Changins a recherché une

variété étrangère susceptible d'être utile aux agriculteurs suisses. C'est ainsi qu'en 1983, la Suisse fut un des premiers pays à homologuer la lignée polonaise Lasko qui est actuellement encore la variété la plus cultivée en Europe. Ce triticales doit son succès à sa rusticité, à sa bonne productivité et à sa capacité d'adaptation dans des terrains très divers. Il a permis à de nombreux agriculteurs de se familiariser avec cette nouvelle plante et d'en apprécier les qualités. Le point faible de cette variété de triticales est une grande sensibilité à la verse et explique le succès actuel d'une autre variété polonaise, Dagro, homologuée en Suisse en 1987. La sélection de Changins connaît maintenant ses premiers résultats avec l'homologation en France de la variété suisse Gaétan en 1990 et l'homologation en Suisse de la variété Brio en 1991 (A. FOSSATI et D. FOSSATI, 1992). Cette dernière présente à nos yeux une étape importante dans l'amélioration du triticales puisqu'elle dissocie deux facteurs qui ont longtemps semblé liés: le rendement et la longueur de la paille. La variété Brio est en effet plus courte que la variété Lasko, tout en assurant un meilleur rendement et en conservant bien sûr la rusticité d'un bon triticales. Il est fort probable que la résistance à la verse ainsi que la productivité pourront être améliorées sans modifier le bon niveau actuel de la résistance aux maladies. Toutefois, le triticales présente quelques points faibles qui posent aux sélectionneurs des problèmes plus difficiles à résoudre. C'est tout d'abord la formation du grain qui n'est pas encore suffisante et qui empêche une amélioration plus rapide des rendements. Cette faiblesse est peut-être liée à une certaine tendance à la germination sur pied. Par ailleurs, le triticales a gardé du géniteur blé dur la sensibilité de celui-ci à la fusariose sur épi. Enfin, si l'on veut développer la culture de cette nouvelle céréale en zone marginale – ce qui est sa vocation privilégiée – il faudra améliorer sa résistance à la pourriture des neiges.

Conclusions

D'une plante qui n'était qu'un hybride occasionnel et stérile entre deux graminées de genre différent, la recherche agronomique a créé une céréale productive, utile et prometteuse. Nous avons déjà évoqué la place importante qu'elle commence à remplir dans les zones marginales européennes, mais l'intérêt du triticales dépasse largement l'horizon des pays nantis qui l'ont façonné. Et c'est bien pour son intérêt planétaire que le CIMMYT (Centre international d'amélioration du maïs et du blé) lui consacre un programme

d'envergure depuis vingt-cinq ans déjà. Ayant gardé la rusticité du seigle, le triticale peut être cultivé dans des terrains dégradés par les monocultures ou les mauvaises pratiques culturales. Testé par le CIMMYT dans tous les continents, le triticale s'est avéré productif dans les terrains surchargés en bore ou trop acides, salins ou desséchés, terrains dans lesquels ni le blé ni l'orge n'ont pu être cultivés. Sa vocation de céréale des zones marginales est une réalité mondiale incontestable. Par

ailleurs, le triticale est d'une grande valeur nutritive de par la qualité des acides aminés qu'il renferme. Il n'est surpassé que par l'avoine et s'avère supérieur aux autres céréales sur ce plan. Les premières cultures de triticale en Espagne et en Hongrie ont tout juste vingt ans. Le triticale est maintenant cultivé dans le monde entier et ses qualités toutes particulières dans l'éventail des céréales permettent de lui assurer un avenir brillant. La saga du triticale, observé dans la nature il y a une centai-

ne d'années, puis devenu une curiosité scientifique avant d'être la céréale actuelle, est exemplaire. Elle illustre aussi bien l'intérêt *a posteriori* de la simple curiosité scientifique, que l'efficacité d'une recherche agronomique coordonnée sur le plan international.

Le triticale: 100 ans d'histoire

- 1875** L'Ecosais Wilson, botaniste amateur, obtient des hybrides stériles en croisant le blé et le seigle, reproduisant ainsi ce qu'il avait observé dans la nature
- 1888** Rimpau, botaniste allemand, découvre un hybride naturel blé x seigle partiellement fertile
- 1918** Dans la Station de Sarakov en Russie, des essais de blés isolés par des lignes de seigle donnent naissance à des milliers d'hybrides, stériles et fertiles. Les travaux entrepris à partir de ces hybrides seront interrompus par la «disparition» de Meister dans les années 30
- 1935** Le terme de triticale, synthèse des noms scientifiques de *Triticum* (= blé) et *Secale* (= seigle), créé par l'Autrichien Tschermak-Seyse-negg, apparaît dans la littérature scientifique allemande
- 1937** Le Français Givaudon obtient, par la colchicine, le doublement des chromosomes du triticale, assurant ainsi la fertilité de cet hybride
- 1938** Le Suédois Müntzing débute un programme intensif de sélection sur le triticale octoploïde (croisement blé tendre x seigle)
- 1940** Le développement des techniques de culture d'embryons permet d'améliorer les programmes de sélection
- 1948** O'Mara crée les premiers triticales hexaploïdes, hybrides du blé dur et du seigle
- 1951** Début du programme de sélection des triticales octoploïdes à Lausanne, sous la direction du Dr E. Oehler
- 1950-1960** Les programmes de sélection à l'Université de Manitoba (Canada), en Espagne et en Hongrie, mettent en évidence la plus grande stabilité méiotique des triticales hexaploïdes et leurs meilleures performances agronomiques
- 1960** La variété Rosner, issue de l'Université de Manitoba, est exploitée pour la distillerie. Elle sera homologuée comme plante céréalière en 1970
- 1964** Début du programme CIMMYT à Mexico en collaboration avec l'Université de Manitoba
- 1968** Kiss en Hongrie et Sanchez Mungo en Espagne obtiennent les premières homologations d'un triticale
Le CIMMYT isole la lignée Armadillo, particulièrement fertile, qui sera utilisée ultérieurement comme géniteur dans le monde entier
- 1976** Début du programme suisse de sélection des triticales hexaploïdes
- 1983** Début de la culture du triticale en Suisse après homologation de la variété polonaise Lasko
- 1990-1991** Homologation en France de la variété suisse Gaétan et en Suisse de la variété Brio
- 1990** On estime à près de 2 millions d'hectares, répartis en 32 pays, les surfaces cultivées en triticale dans le monde

Bibliographie

- FOSSATI A. et FOSSATI D., 1992. Brio, une variété suisse de triticale d'automne. *Revue suisse Agric.* **24** (1), 13-15.
- FOSSATI A., KLEIJER G. et TROXLER J., 1978. Le triticale: nouvelle espèce obtenue par l'homme. *Revue suisse Agric.* **10** (5), 145-148.
- FOSSATI A. et PACCAUD F. X., 1984. Les premiers pas du triticale en Suisse: la variété Lasko. *Revue suisse Agric.* **16** (4), 187-190.
- FOSSATI A., WINZELER H., SAURER W., FRIED P. M. et WEILENMANN F., 1988. La diversité variétale chez le triticale: Dagro, la deuxième variété à l'assortiment. *Revue suisse Agric.* **20** (3), 137-139.
- INGOLD M., OEHLER E. und NOGEL G. A., 1968. Untersuchungen über Entstehung, Fertilität, Morphologie und agronomische Werteesenschaften neuer oktoploider Triticale-Stämme. *Z. Pflanzenzüchtung* **60**, 41-88.
- JOST M., KÜNZLER R. et SCHWAB P., 1987. La valorisation du triticale par le porc. *Revue suisse Agric.* **19** (5), 273-275.

Summary

Triticale: from the laboratory to the field

Triticale was introduced in Switzerland in 1983. This new species is mostly cultivated in diversified farms and particularly at intermediate altitudes. It owes its success to its high yield potential associated with a good nutritive value and a remarkable hardiness. Its importance is bound to increase in the marginal zones of European agriculture. Breeders will have to obtain earlier maturing varieties with more resistance to lodging if triticale is to spread to the main cereal producing areas. This article describes the triticale breeding programme in Switzerland and evaluates its progress.

Zusammenfassung

Triticale: Vom Labor ins Feld

Triticale wird in der Schweiz seit 1983 angebaut. Diese neue Art wird hauptsächlich in vielseitigen Betrieben der mittleren Höhenlagen verwendet. Ihr Erfolg erklärt sich durch hohes Ertragspotential verbunden mit einem hohen Nährwert. Sie sieht in den Randzonen der europäischen Landwirtschaft vermehrten Interesse entgegen. Die Züchtung sollte sich bemühen, die Frühreife und Standfestigkeit zu verbessern, um die Ausbreitung der Kultur von Triticale in den Getreidebaugebieten zu verstärken. Dieser Bericht stellt die Triticale-Züchtung in der Schweiz vor und zieht Bilanz.

Les triticales primaires

G. KLEIJER, Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, CH-1260 Nyon

Le choix des parents est d'une extrême importance pour la création de triticales primaires (fig. 1). Le blé dur – qui n'est pas cultivé en Suisse – n'est en général pas très résistant au froid. Du fait que les triticales cultivées en Suisse sont tous du type d'automne, une sélection des blés durs pour la résistance au froid s'impose. A côté des variétés cultivées, nous avons également sélectionné des blés durs à partir des F₂ obtenues du CYMMIT au Mexique. Tout comme la résistance au froid, la hauteur est un caractère important et les blés durs retenus pour les croisements possèdent des gènes de nanisme (principalement Rht₁). Le choix du seigle est également essentiel. A travers le seigle, nous introduisons la résistance au froid, ainsi que la résistance à la pourriture des neiges, en utilisant les variétés locales suisses et des gènes de nanisme pris dans des seigles courts provenant de Pologne et des Pays-Bas. Le croisement se fait d'une manière classique. Deux semaines après la pollinisation, un sauvetage de l'embryon est nécessaire, car l'endosperme commence à ce moment-là à dégénérer. Les graines vertes sont récoltées et stérilisées avec de l'eau de javel à 7% pendant 5 min., puis trempées dans deux solutions d'alcool à 95% et ensuite rincées deux fois avec de l'eau stérile. L'embryon est extrait dans des conditions stériles et placé dans une boîte de pétri sur un milieu nutritif (MURASHIGE et SKOOG) pour permettre sa germina-

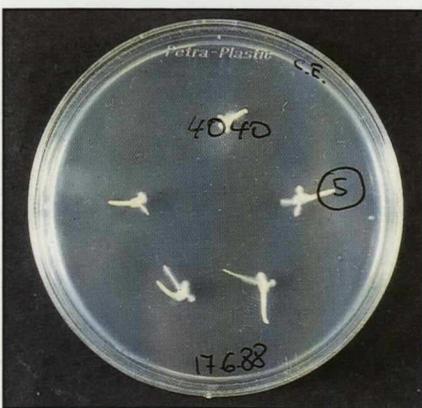


Fig. 2. Les embryons sont placés sur un milieu nutritif pour permettre leur germination.



Fig. 1. Les variétés actuellement cultivées associent les caractères génétiques du seigle, du blé dur et du blé tendre. En exploitant les nombreuses lignées de ces trois géniteurs, on peut créer les triticales primaires les plus variés, permettant ainsi une variabilité génétique très riche. C'est, pour cette nouvelle espèce, une source d'évolution particulièrement prometteuse.

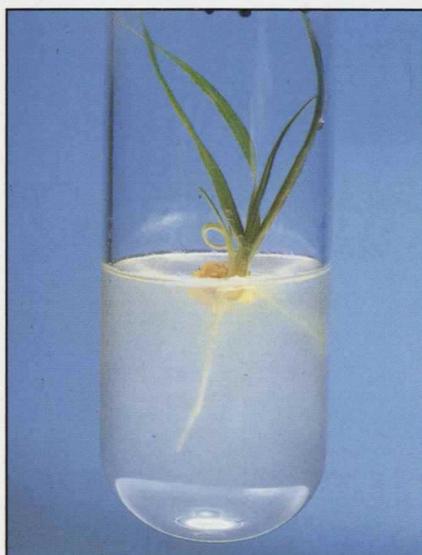


Fig. 3. Les embryons germés sont transférés dans un tube contenant un milieu nutritif.

tion (fig. 2). Dès que l'embryon a germé, il est placé dans un tube avec le même milieu nutritif (fig. 3), avant d'être sevré et mis en serre. Les plantules sont sorties de terre dès qu'elles ont plusieurs talles (fig. 4). Les racines sont lavées et les plantules trempées dans une solution à 0,2% de colchicine avec 2% de DMSO (Diméthylsulfoxyde) pendant cinq heures, puis rincées à l'eau courante durant deux heures pour éliminer la colchicine. Le traitement à la colchicine permet le doublement du nombre chromosomique pour rendre les plantes fertiles. Les plantes sont ensuite vernalisées à 4 °C pendant six semaines et placées dans la serre. Les secteurs de la plante ayant leur nombre chromosomique doublé forment des graines qui sont récoltées (fig. 5) pour être multipliées au champ et utilisées dans le programme de sélection du tritiale.



Fig. 4. Stade optimal pour un traitement à la colchicine.



Fig. 5. Epi d'une plante haploïde traitée à la colchicine. Quelques fleurs qui se trouvent dans un secteur doublé ont des graines.