

PA-ABD-519 ¹⁵⁴
63172

Triticale

G. Varughese, T. Barker et E. Saath





Triticale

G. Varughese, T. Barker et E. Saari



D'importants progrès ont été réalisés au cours de vingt dernières années pour améliorer le triticale, tant au CIMMYT qu'ailleurs. La culture de triticale semble particulièrement prometteuse dans des conditions du milieu difficiles.

Introduction

Produit d'un croisement de blé et de seigle, le triticale a, en réalité, fait l'objet de recherche au CIMMYT un an avant l'installation officielle du Centre, en 1966. Il s'agissait, en effet, de produire une céréale propre à compléter les autres céréales, voire même à présenter une qualité supérieure, formidable défi compte tenu des problèmes qu'avait posés le triticale lors des premières recherches dont il avait fait l'objet. En général les premières plantes obtenues étaient trop hautes et de maturité tardive, sensibles à la photopériode, partiellement stériles et avaient tendance à ne donner que des grains ridés. Ces problèmes ont donc été à l'origine des premiers projets visant à améliorer le triticale.

Au cours des années pendant lesquelles des chercheurs, au CIMMYT et ailleurs, se sont engagés dans la réalisation de ces projets, d'importants progrès ont été obtenus. Les problèmes de verse, de fertilité florale, de faible qualité du grain et de maturité tardive ont été en grande partie résolus et aujourd'hui les cultures de triticale s'étendent sur plus d'un million d'hectares dans 32 pays du monde entier (tableau 1, p. 21). Toutefois, le triticale présente encore certaines caractéristiques défavorables (dont notamment la germination sur épi et un faible rendement en poids dans des milieux de production peu favorables), mais s'il se trouve dans des conditions qui lui conviennent (climat semi-aride, sols acides -

oxysols et ultisols, par exemple - hautes terres tropicales à plus de 1.500 m d'altitude caractérisées par des sols volcaniques et presque toujours acides avec forte fixation du phosphore) son potentiel s'améliore de jour en jour.

Le CIMMYT accorde de plus en plus d'intérêt aux régions qui présentent ces caractéristiques et dans lesquelles la culture des céréales peut être une activité difficile ou marginale. Bien que l'objectif du programme triticale consiste à rechercher les moyens d'élever le rendement, la capacité d'adaptation, la qualité de la semence et la qualité industrielle, à l'heure actuelle il s'agit surtout de sélectionner pour les conditions difficiles et la résistance aux maladies. Mais, sous tous leurs aspects, les travaux accomplis dans le cadre de la sélection tendent vers un but général: accroître la variabilité génétique du triticale. Nous nous étendrons plus longuement sur ce projet général qui est en fait l'une des premières priorités du programme triticale (p. 16).

Ces objectifs témoignent d'une confiance à l'égard du potentiel du triticale que les chercheurs étaient loin d'éprouver au départ. Lors de sa première apparition - dans les années 1870 - le triticale a certes éveillé l'attention des améliorateurs en tant que curiosité botanique, mais il n'a pas stimulé aussitôt leur imagination par sa possibilité de devenir une culture commerciale. Cette

ascension a pu s'effectuer grâce aux efforts de ceux auxquels n'avaient pas échappé les caractéristiques peu communes de cette céréale et qui étaient convaincus qu'il valait la peine de les exploiter. L'objet de cette étude est de relater les diverses étapes du passage du triticale au rang de culture commerciale, sans omettre les résultats obtenus par le CIMMYT au cours des vingt dernières années pour améliorer cette céréale; enfin, les buts actuels et futurs du programme de recherche seront exposés.

Premières recherches

Dès 1875, Wilson informait la Société Botanique d'Edimbourg qu'il avait obtenu une plante stérile d'un croisement de blé avec du seigle. Le premier triticale fertile a été produit en 1888 par Rimpau, mais la culture de cette nouvelle céréale n'a pris quelque importance qu'au cours des premières décennies du XXe siècle et ce n'est que ces dernières années que des chercheurs d'Union Soviétique et d'Europe, Müntzing en Suède notamment, ont commencé à envisager la possibilité d'en faire une culture commerciale. Leurs efforts sont restés cependant infructueux en raison de l'infertilité persistante de ce produit hybride, de sa tendance à ne donner que des grains ridés et de l'impossibilité d'obtenir de grandes quantités de nouveaux hybrides fertiles (designés sous le nom de triticales primaires pour les distinguer des triticales dits secondaires, descendance améliorée des primaires).

Nouvelles techniques pour obtenir des triticales primaires

La production de triticale fertile a marqué une première avance en 1937 avec la découverte de la colchicine, alcaloïde dangereux extrait des bulbes ou des graines du colchique (*Colchicum autumnale*). Le traitement par la colchicine a pour effet de doubler le nombre de chromosomes des plantes et de franchir ainsi les barrières de l'infertilité (figure 1). Il est alors devenu possible de produire artificiellement des triticales primaires fertiles sans avoir à guetter leur apparition spontanée peu fréquente dans la nature.

Le développement, au cours des années 40, des techniques de culture d'embryons a constitué une importante contribution à la production de triticale. Les embryons sont extraits de leurs endospermes anormaux avant d'avorter et transplantés dans un milieu de culture nutritif. Cette technique a une singulière importance dans la production de triticales hexaploïdes (42 chromosomes) à partir de croisements blé dur (*Triticum turgidum* var. durum) x seigle (*Secale cereale*). Compte tenu du degré élevé d'incompatibilité de croisement, les embryons obtenus de tels croisements doivent obligatoirement passer par la culture d'embryons: par la suite les plantules sont traitées avec la colchicine. Par contre, les graines haploïdes F₁ provenant de croisement de blé (*Triticum aestivum*) et de seigle peuvent en général être semées directement sans qu'il

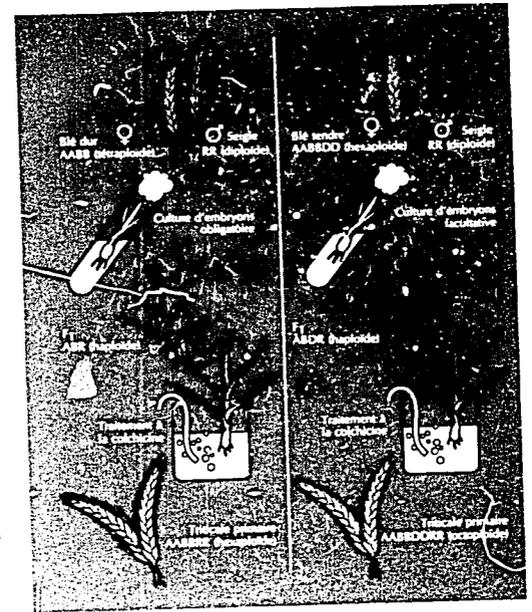
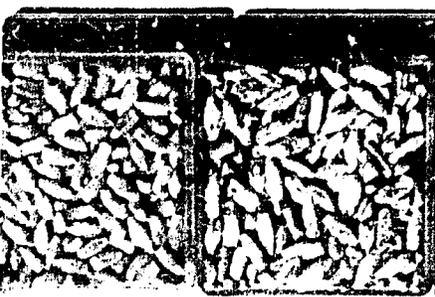


Figure 1. Le croisement de blé dur et de seigle produit un triticale hexaploïde; le croisement de blé tendre et de seigle donne un triticale octoploïde. La descendance F₁ de ces deux croisements est haploïde et, pour cela, dans l'impossibilité de se reproduire sexuellement. A la suite du traitement à la colchicine, le nombre de chromosomes double et la plante acquiert la capacité de s'autoféconder.



Les croisements entre ble dur (en haut à gauche) et seigle (en haut à droite) produisent des triticales primaires (au centre) dont les descendants améliorés sont désignés sous le nom de triticales secondaires (en bas).

sont nécessaire de prendre soin d'abord des embryons et les plantules sont ensuite traitées avec la colchicine. Dans un cas comme dans l'autre, de nombreux croisements sont nécessaires pour obtenir des triticales primaires et secondes viables car, ordinairement, la production initiale de grains est faible (2 à 3 grains haploïdes par épi).

La détermination de ces hybrides F₁ et recombinaisons de triticales est souvent peu abordable de même que la récupération de plantules dérivées d'embryons provenant du croisement de ble dur et de seigle. Le traitement à base de colchicine ne se traduit pas toujours par la duplication des chromosomes et il se souvent les plantules. La récupération de plantules dont le nombre de chromosomes a doublé est en général de moins de 40% après l'application de ce traitement. Entre 1972 et 1985, environ 2 millions de triticales ont été introduites au CEMMYT pour produire des triticales primaires hexaploïdes (6X) et octoploïdes (8X) respectivement. Seuls 200 triticales hexaploïdes et deux triticales octoploïdes ont pu être cultivés et produits de seigle. Ces chiffres indiquent que, après dix ans de traitement de la culture par colchicine, on peut s'attendre à ce que le nombre de triticales hexaploïdes

récupération d'embryons et d'application de la colchicine a largement aidé les chercheurs et, pour la première fois, il a été possible d'obtenir des quantités satisfaisantes de triticales. En 1954, l'Université de Manitoba, Canada, a pu constituer une importante collection de triticales primaires obtenues par des chercheurs et institutions du monde entier et il a pu procéder aux premières croisements secondaires.

Cette expérience est résumée aux travaux accomplis par Sauerbrey-Moore, en Espagne et Koss en Hongrie à confirmer que les triticales hexaploïdes hybrides de ble dur tétraploïde \times seigle tétraploïde 42 chromosomes, présentent des qualités génétiques satisfaisantes à celles des octoploïdes (le nombre hexaploïde \times seigle 56 chromosomes). Depuis 1973, divers approches ont été effectuées sur des hexaploïdes mais les progrès réalisés ne sont pas assez rapides pour donner espoir de réaliser de ces triticales secondaires viables sur des matériaux aussi complexes. Cependant, des chercheurs américains, japonais et espagnols travaillent à améliorer leur épi, rendant plus abiles hexaploïdes produisant entre autres de contenance (une dizaine de centimètres) en faisant une variété de printemps des hexaploïdes. En 1989, à l'Université d'Alberta, un développement de Rossini est en cours qui a été nommé "Rita". Cette variété est un hybride de seigle et de blé dur, elle a été obtenue par un traitement de colchicine et est un hybride de seigle et de blé dur. Elle a été obtenue par un traitement de colchicine et est un hybride de seigle et de blé dur. Elle a été obtenue par un traitement de colchicine et est un hybride de seigle et de blé dur.

Recherches effectuées au CIMMYT sur le triticale

Avant même la fondation du Centre en 1966, les grandes lignes du programme triticale du CIMMYT étaient déjà tracées, comme l'étaient celles de son programme d'amélioration du blé. En 1965, la Fondation Rockefeller avait accordé une subvention spéciale au Dr. N.E. Borlaug et à son groupe, au Mexique, conjointement avec l'Université de Manitoba, pour faire des recherches sur le triticale. Il était alors supposé que ces recherches aboutiraient plus rapidement si elles étaient effectuées dans une région où il serait possible d'espérer deux cycles de culture au lieu d'un et où les sélectionneurs pourraient avoir accès à divers matériaux de programmes de développement de germplasm de blé dur et de blé tendre comme il en existe au Mexique.

Après la fondation du CIMMYT, ces recherches conjointes se sont poursuivies sous la direction du Dr. F.J. Zillinsky de Canada à l'aide des ressources additionnelles par l'intermédiaire du Centre de recherche pour le développement international et de l'Agence canadienne pour le développement international. Dans le cadre du programme, des terrains d'essai ont été utilisés dans trois zones climatiques différentes afin de cultiver et sélectionner des populations. En hiver, un semis de triticale a été effectué à titre d'essai au Centre de recherches agricoles du nord-ouest (Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste - CIANO), état du Sonora, qui se

trouve à 27,5° de latitude nord et à une altitude de 39 m au-dessus du niveau de la mer. La vallée de Toluca, à 19,2° de latitude nord et 2 640 m d'altitude, et Winnipeg, Manitoba, à 50° de latitude nord et 230 m d'altitude, ont été choisis pour le semis expérimental d'été. Le nombre de générations cultivées en une année a ainsi doublé et le nombre des régions où elles ont été cultivées a, pour sa part, triplé.

Le programme a débuté avec des matériaux qui non seulement présentaient des caractéristiques inhérentes défavorables - stérilité et hauteur des plantes - mais dont, en plus, la faible capacité d'adaptation empêchait leur culture dans diverses conditions dans le monde. Les triticales appelés à être cultivés dans les pays en développement situés entre 30° de latitude nord et 30° de latitude sud doivent être insensibles à la photopériode, comme le sont les blés du CIMMYT. L'un des premiers objectifs du programme était donc de faire en sorte que les triticales acquièrent cette caractéristique. L'alternance de générations entre diverses stations à photopériodisme différent - de même que leurs conditions agro-climatiques - a permis aux améliorateurs de sélectionner des souches insensibles à la photopériode (figure 2). Les maladies endémiques étant différentes d'une région à l'autre, il a été possible d'accroître la stabilité de la résistance du triticale aux maladies.



Au CIANO, le Dr. F.J. Zillinsky (à droite), qui a dirigé le programme triticale du CIMMYT de 1966 à 1982, en consultation avec le Dr. G. Varughese, directeur actuel du programme.



Figure 2. Le secret du succès du germplasm du CIMMYT est un procédé de sélection connu sous le nom d'amélioration alternée qui permet deux cycles de culture par an dans des zones dont les caractéristiques agroclimatiques sont différentes. De novembre à mai, l'amélioration et la sélection s'effectuent dans la région située au nord-ouest du Mexique. Pendant le reste de l'année, les matériaux sont sélectionnés en divers centres situés au sud de la partie centrale du Mexique. Ce procédé permet d'obtenir des lignées insensibles à la photopériode, adaptées à diverses conditions agroclimatiques et résistantes à certaines maladies.

Apparition d'Armadillo

Alors qu'ils commençaient à mettre à exécution leur programme d'amélioration du triticales, les chercheurs du CIMMYT se sont vus favorisés par un événement imprévu: un croisement spontané de triticales et d'un blé tendre mexicain semi-nain, inconnu, dans la descendance F₃ du croisement X 308. (On a trouvé ultérieurement que dans Armadillo - selon le nom qui a été donné à ce croisement spontané - le chromosome 2R du seigle se substitue au chromosome 2D du blé. Les triticales dans lesquels les chromosomes D du blé se sont substitués aux chromosomes R sont dits "substitués" et les triticales qui ont les sept chromosomes R sont dits de "type complet".)

Les caractéristiques agronomiques du produit de ce croisement fortuit sont non seulement bonnes mais, de plus, peuvent être transmises par hérédité, autant d'heureuses circonstances que les chercheurs du CIMMYT ont mis à profit; dès 1970, la plupart des triticales du CIMMYT comportaient Armadillo dans leur généalogie. Des échantillons de semence d'Armadillo ont été distribués aux améliorateurs du monde entier qui les ont utilisés pour accroître la fertilité de triticales moins prometteuses, en améliorer le rendement tant en poids qu'en grains, atténuer leur sensibilité au photopériodisme, en favoriser le nanisme et la maturité précoce, enfin élever leur qualité nutritionnelle.

Essais au niveau international

En 1969, le programme triticales est entré dans la phase des essais au niveau international afin d'évaluer et de diffuser ses sélections d'Armadillo et autre germplasm prometteur. Le développement de germplasm largement adaptable et d'un bon rendement requiert la coopération de chercheurs dans tous les pays du monde. Le programme international d'essais de triticales implique l'échange de matériaux et de données relatives à leur amélioration, entre chercheurs des universités et des institutions publiques d'amélioration végétale. A l'heure qu'il est, les spécimens provenant des pépinières du CIMMYT sont l'objet d'essais dans 115 pépinières de 71 pays. La diversité de l'environnement dans le cadre de ces essais combinée avec l'expansion du "gene pool" a eu pour effet d'améliorer sensiblement l'adaptation ainsi qu'en font foi les résultats du 14e ITYN dans toutes les stations expérimentales du monde (figure 3).

Développement du potentiel de rendement
Lors des premiers essais de culture du triticales au Mexique, le rendement obtenu n'a même pas atteint la moitié du rendement du blé le mieux adapté localement. En 1969-70, en dépit des avantages dérivés des gènes d'Armadillo, le rendement du triticales était loin de pouvoir se mesurer avec celui des meilleures variétés commerciales de blé nain au Mexique. Par exemple, en 1969-70, dans la Pépinière

(suite à la p. 8)

Qualité nutritive du triticale

Analogue à celle du blé, la qualité nutritive du triticale lui est même parfois supérieure sous certains aspects. Sa teneur en lysine, notamment, ainsi que sa meilleure digestibilité protéinique et la composition équilibrée des minéraux qu'il contient le rendent spécialement apte à remplacer ou compléter d'autres céréales dans l'alimentation humaine ou animale.

Comme dans d'autres céréales, la lysine est le principal acide aminé limitant dans le triticale. Cependant, sa teneur en lysine est généralement plus élevée que celle du blé et sa balance en acides aminés essentiels est meilleure. La digestibilité des protéines du grain de triticale a été testée sur des rats et il a été constaté qu'elle est analogue à celle du blé et meilleure que celle du seigle. De plus, sa teneur en phosphore dépasse celle de ses ascendants (4,5 g/kg de matériel sec, contre 3,8 g/kg pour le blé et 4,1 g/kg pour le seigle), ce qui en fait un excellent aliment pour les porcs et les poules qui ont besoin d'absorber des quantités considérables de phosphore.

D'après de nombreuses études en alimentation, le triticale utilisé dans la composition d'aliments destinés aux animaux constitue un élément aussi bon, et parfois meilleur, que le blé et peut même remplacer avantageusement blé, maïs, sorgho, orge et seigle. En tant que culture fourragère, il est apparu que le potentiel du triticale et son contenu protéinique sont

supérieurs à ceux de l'avoine et que son rendement à l'ensilage et en fourrage dépasse les rendements du blé, du seigle, de l'avoine et de l'orge. On sait également que le pacage de triticale dure davantage que celui de seigle. Enfin, il a été prouvé que de jeunes taurillons d'un an auxquels on faisait pâturer du triticale augmentaient de 0,72 kg par jour contre 0,69 kg pour ceux qui ne mangeaient que du blé et 0,59 kg pour ceux nourris au seigle.

Toutefois, il est signalé dans certaines études alimentaires que dans les cas où le triticale a constitué la céréale de base dans l'alimentation d'animaux, son apport en éléments nutritifs n'avait pas été satisfaisant, ce qui suggère la présence de facteurs anti-nutritifs probablement hérités des seigles de son ascendance. Cette constatation implique qu'il ne faut donc agir qu'avec prudence dans l'emploi de triticale dans les rations fourragères. Mais, bien souvent, les divergences des résultats peuvent être attribuées à la grande variation génétique des échantillons testés. Cependant, les qualités nutritives du triticale sont telles qu'en combinaison avec ses divers usages et sa capacité de développement dans des conditions de milieu peu propices, il constitue une excellente option pour la production de céréales du monde entier.



Les études effectuées dans le domaine de l'alimentation ont confirmé à plusieurs reprises la valeur du triticale comme aliment et comme fourrage.



Le triticale Armadillo (à droite) présente trois caractéristiques de grande valeur pour le programme d'amélioration: sa fertilité, son insensibilité au photopériodisme et la petitesse de la plante. En outre, une maturité précoce et une floraison synchronique sont d'autres avantages qu'offre Armadillo comparé à un triticale primaire (gauche).

internationale de rendement du triticale (ITYN), au CIANO, le rendement moyen des dix meilleures sélections de semence d'Armadillo a atteint 83% du rendement moyen du blé.

Afin d'élever le rendement du triticale, les sélectionneurs du CIMMYT ont eu recours à des procédés visant à diminuer la hauteur de la plante et à donner plus de force à la paille de manière à pouvoir appliquer intensivement des engrais azotés, sans pour autant provoquer la verse. Les premières tentatives pour réduire la hauteur des plantes - au moyen de l'incorporation de gènes de nanisme, employant pour ce faire UM940, une lignée canadienne courte et robuste, et des triticales nains de Hongrie - n'ont pas donné les résultats escomptés faute de pouvoir sauvegarder la fertilité parmi les sélections de triticale nain. Un autre procédé comportant le croisement de souches d'Armadillo et de triticales à paille dure n'a abouti qu'à un accroissement modéré de la résistance à la verse. Le troisième procédé employé a consisté à effectuer des croisements avec un seigle nain connu sous le nom de Snoopy et n'a produit que des caractéristiques agronomiques décevantes. Si la descendance de seigles nains comme Snoopy figure néanmoins dans la généalogie des triticales nains, c'est grâce au succès de la méthode utilisée par le CIMMYT pour réduire la hauteur du triticale que nous exposons ci-après.

Cette méthode consistait à obtenir des hexaploïdes nains au moyen de croisements de triticale hexaploïde x blé tendre semi-nain et triticale octoploïde (à base de blés nains mexicains à haut rendement) x triticale hexaploïde. Auparavant il avait été procédé au croisement de la variété INIA 66 de blé tendre avec deux différentes variétés de seigle de printemps, et de ces croisements avaient été sélectionnées deux importantes lignées de triticale octoploïde dites Maya 1 et Maya 2. Ces deux lignées ont grandement contribué tant à la réduction de la hauteur des plantes qu'à l'augmentation du rendement, de l'adaptation et du poids à l'hectolitre. Par exemple, plus de 15 variétés de triticale ont été obtenues dans le monde à partir du croisement de Maya 2 x Armadillo et la lignée Mapache ou Cananea est probablement la meilleure de cette série. Dès 1975, les triticales les plus prometteuses présentaient une bonne résistance à la verse et la hauteur moyenne des plantes avait sensiblement diminué. Les essais de rendement ont prouvé que le triticale pouvait tolérer de plus grandes quantités d'azote sans manifester de tendance à la verse.

Les souches de Maya 2 x Armadillo (M2A) comportant des gènes additionnels de nanisme ont fait leur première apparition lors d'essais répétés en 1972-73. Alors que le rendement du meilleur blé-témoin se maintenait stable et de l'ordre de 8 000 à 9 000 kg/ha, la productivité des meilleures souches de triticale avait

augmenté de 15%, atteignant 8 000 kg/ha. Le meilleur triticale a même fourni 8 325 kg/ha. Pour la première fois, le rendement des meilleurs blés et des meilleurs triticales n'accusait plus, au Mexique, de différence. La figure 3 illustre l'augmentation constante du rendement du triticale comparé au rendement des meilleures variétés de blé tendre incluses dans l'ITYN. Les résultats du 16^e ITYN obtenus en 1984-85 ont prouvé que certains triticales donnent des résultats comparables à ceux des blés dans tous les environnements et leur ont même été supérieurs dans certaines conditions défavorables.

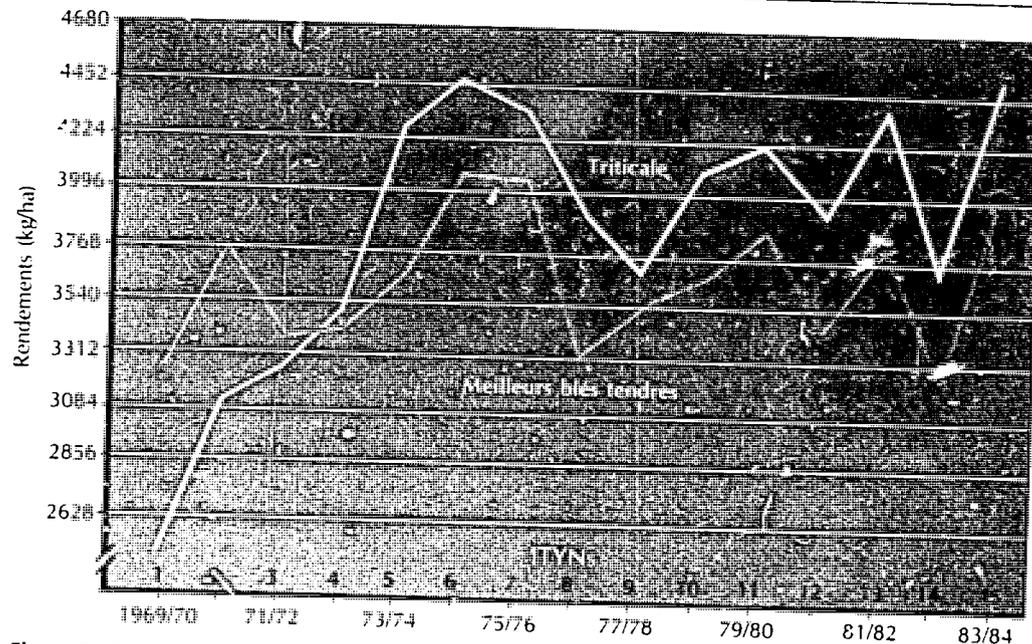


Figure 3. Rendements moyens des cinq meilleures lignées de triticale comparés à ceux des meilleurs blés tendres dans le cadre des Essais internationaux de rendement du triticale (ITYN); moyennes de toutes les localités, de 1969-70 à 1983-84.

Sélection opérée en vue

d'obtenir une plus large adaptation

Parallèlement aux efforts accomplis dans le cadre du programme pour élever le rendement du triticale, les chercheurs se sont employés à élargir son pouvoir d'adaptation afin d'obtenir de la sorte des triticales capables de se développer normalement dans diverses conditions agroclimatiques. Si théoriquement son génome est tel que le triticale est doté d'un potentiel intrinsèque d'adaptation à une gamme de conditions plus étendue que celle qui correspond au blé, l'absence de variabilité génétique des premiers triticales - y compris les lignées Armadillo - ne leur laissait qu'une capacité d'adaptation très limitée comparée à celle des blés semi-nains mexicains.

L'expansion de la base du germplasm et l'emploi de blés semi-nains comme éléments

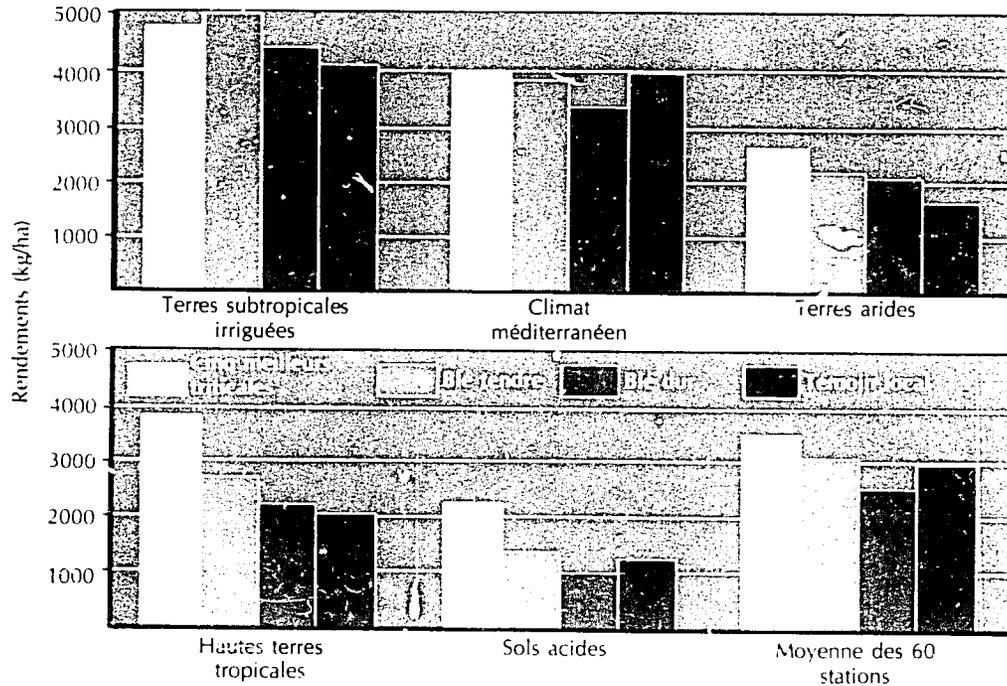


Figure 4. Rendements relatifs du triticale dans diverses conditions agroclimatiques comparés au rendement moyen des 60 stations qui ont participé au programme, et comparés au rendement des variétés-témoins.

de base ont permis d'obtenir des triticales dont l'adaptabilité est meilleure et le potentiel de rendement plus élevé et stable.

La figure 4 est la représentation graphique des résultats du 14e ITYN (1982-83) dans des groupes correspondant à divers climats et/ou conditions spécifiques. Dans les régions à climat méditerranéen très humides et dans les régions subtropicales irriguées, les bons rendements des triticales n'ont cependant pas dépassé le rendement de la variété Genaro 81 de blé tendre. Le rendement moyen des cinq meilleurs triticales dépasse celui du blé et des témoins locaux dans des zones de sols acides et dans de hautes terres tropicales. Ils présentent, semble-t-il, un certain avantage dans des conditions de faible précipitation pluviale, mais la différence n'est pas aussi importante. Ces résultats ne doivent être interprétés qu'avec prudence car le blé tendre comme le blé dur tendent à n'avoir qu'un développement déficient dans les pépinières du triticale.

La résistance du triticale à des maladies telles que la rouille et les carbons lui confère un autre avantage surtout dans les régions en altitude. Sa résistance notamment à *Septoria tritici* offre un avantage considérable dans les régions où la maladie affecte négativement le rendement (par exemple, au Brésil, en Argentine, en Ethiopie et dans les régions méditerranéennes).

De plus, dans des milieux marginaux, les triticales complets (qui comportent les sept chromosomes du seigle) se développent généralement mieux que les triticales substitués où l'un ou plusieurs chromosomes du blé ont substitué des chromosomes du seigle (figure 5). A la suite de cette observation, le programme triticales du CIMMYT s'est orienté de préférence vers les triticales complètes auxquels est accordé aujourd'hui plus d'attention qu'aux triticales substitués.

Sols acides et zones tropicales élevées. Les zones tropicales élevées requièrent des triticales résistants à la germination sur épi et à de nombreuses maladies et dont le poids à l'hectolitre soit meilleur. Le seigle est doté d'une grande tolérance intrinsèque aux sols acides et cette caractéristique est probablement à l'origine de son développement généralement bon dans de régions de sols acides. En 1983, par exemple, le rendement de dix des meilleurs triticales du CIMMYT a été comparé à celui des dix lignées de blé tendre les plus tolérantes au sol acide et il a été constaté que le rendement des triticales les moins productifs était cependant supérieur à celui du meilleur blé. Dans les hautes terres à sol acide, le triticales se présente donc comme une culture riche de promesses et qui se développe rapidement parmi les agriculteurs du Michoacan, au Mexique (variété Eronga 83) et de Rio Grande do Sul, au Brésil (variétés récemment exploitées, comme BR-1, Araucaria, Ocepar 1 et Ocepar 2).

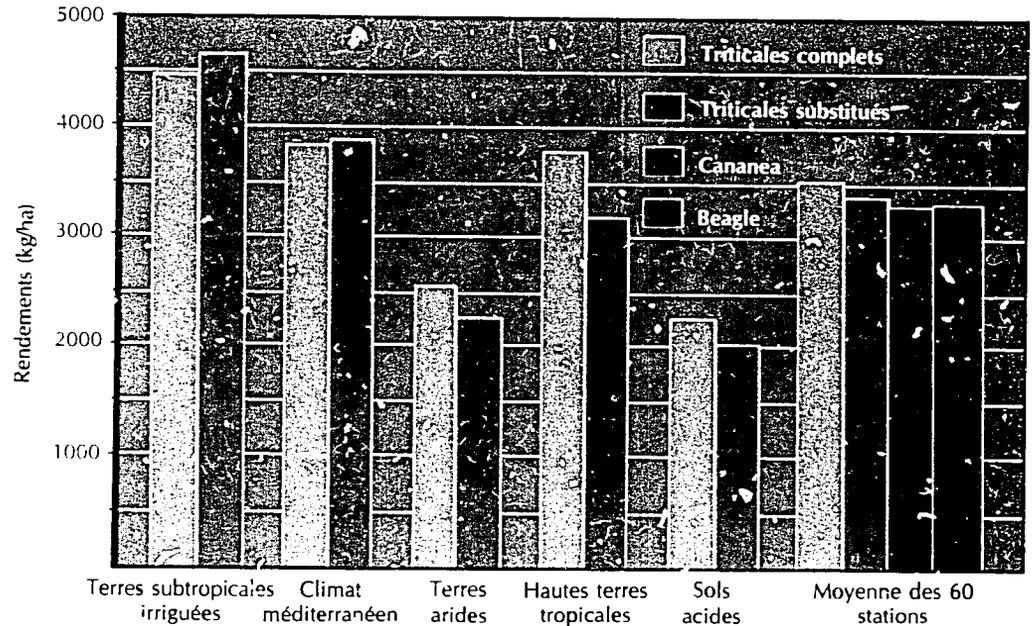


Figure 5. Rendement des cinq meilleurs triticales complets et substitués dans diverses conditions agro-climatiques comparé au rendement moyen des 60 stations qui ont participé au programme et comparé au rendement des variétés-témoin Cananea et Beagle (sur la base des données du 14e ITYN, 1982-83).



Au Brésil, la comparaison entre le développement du triticale (au fond) et celui du blé (devant) dans des sols acides (à droite) et calcaires (à gauche) a mis en évidence la supériorité du triticale dans des sols acides.

La stratégie mise en oeuvre pour produire des matériaux adéquats pour les régions tropicales élevées et les sols acides commence par une sélection de parents adaptés à ce type de sols et ne présentant qu'une faible activité amylosique ou résistance à la germination sur épi. De tels ascendants, comme Hare 212, Strer et Tatu (présentant tous une faible activité amylosique) sont utilisés pour effectuer des croisements. Ces générations alternent entre Toluca et le CIANO et sont évaluées pendant une ou plusieurs générations dans un milieu de sol acide afin d'éliminer les éléments non adaptés. Avant d'en faire l'objet d'essais au niveau international, le matériel de la génération la plus avancée est sélectionné une fois de plus au Brésil, puis évalué à nouveau au Mexique dans des conditions de sol acide.

Terres arides Au moment de produire du germplasm destiné à être utilisé dans les régions affectées par la sécheresse, l'une des premières préoccupations est de maintenir le rendement et un poids à l'hectolitre acceptable. Diverses lignées avancées - Rhino et Carman Yogur, entre autres - ont donné d'excellents résultats tant en poids qu'en potentiel de rendement dans un milieu de sécheresse au Mexique. Il s'agit aujourd'hui d'améliorer encore ces caractéristiques tout en accroissant la diversité génétique des lignées qui tolèrent le mieux la sécheresse.

Pour accentuer cette caractéristique, il est procédé à des croisements entre des variétés et des lignées dont le potentiel de tolérance à la sécheresse a été prouvé. Les populations ségréguées qui en résultent font l'objet d'une sélection dans des milieux hostiles pendant trois générations au moins. Les populations non adaptées, dont le rendement et le poids à l'hectolitre ne sont pas jugés satisfaisants, sont successivement éliminées. Mais les populations qui sont maintenues sont ensuite plantées dans des environnements offrant des conditions optimales afin d'identifier les plants dotés du meilleur potentiel génétique de rendement.

Changement d'orientation. Avant constaté que le triticale se développe de façon satisfaisante dans des milieux où la production est difficile, les chercheurs du programme ont été amenés à focaliser différemment celui-ci, c'est-à-dire qu'au lieu de continuer à créer des triticales destinées à être cultivées dans les zones céréalières très productives, ils s'efforcent aujourd'hui d'améliorer des triticales qui seront cultivées dans des zones peu propices ou ils sont appelés à compléter la production de blé. Néanmoins, une partie des ressources dont dispose le programme est consacrée à l'amélioration de triticales destinées à être cultivées dans des conditions du milieu optimales ou il peut être nécessaire de remplacer les cultures de blé dur ou de blé tendre.

Résistance aux maladies

Dans un premier temps, il avait semblé que les maladies ne limiteraient pas grandement le rendement du triticale, sans doute parce que la quantité de triticales cultivés n'était pas suffisante pour que se présentent de graves épidémies. Mais à mesure que s'étendent ces cultures, la situation change et, depuis 1971, le CIMMYT observe avec la plus grande attention les maladies qui affectent le triticale au Mexique et dans le monde.

Il semble que la rouille brune des feuilles (*Puccinia recondita*) soit la maladie la plus fréquente et la plus variable du triticale au Mexique et partout dans le monde. De nouvelles souches pathogènes apparaissent périodiquement et provoquent l'infection de certaines lignées et variétés de triticale.

Il n'y a encore que peu de temps, la rouille noire de la tige (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) ne posait pas de véritable problème pour le triticale, mais les mutations de l'agent pathogène en Australie le rendent désormais apte à attaquer le triticale. Les chercheurs australiens ont considérablement avancé dans la résolution de ce problème: ils ont en effet identifié divers gènes additionnels qui confèrent au triticale une résistance accrue et dont tirent parti aujourd'hui également divers programmes d'amélioration, y compris ceux du CIMMYT.

La rouille jaune (*Puccinia striiformis*) a, au début, provoqué de graves infections parmi les premiers triticales, mais depuis lors, leur résistance à la maladie s'est sensiblement accrue.

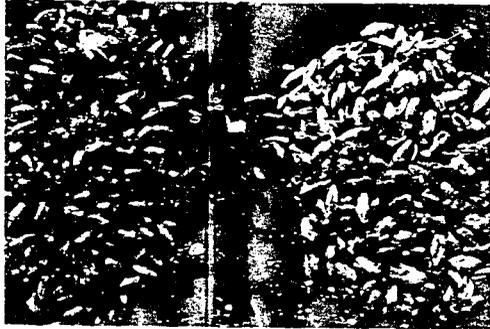
Cependant, dans les hautes régions d'Afrique orientale, la rouille jaune pourrait créer un problème semblable à celui qu'a connu l'Australie avec la rouille noire. Le CIMMYT compte sur ses collaborateurs pour lui fournir des informations et évaluer la résistance du germplasm à des maladies qui, comme celle-ci, n'attaquent pas le triticale au Mexique.

Au moyen d'épidémies artificiellement provoquées au cours de chaque cycle d'amélioration à partir des races de rouille qui existent au Mexique, les améliorateurs soucieux de devancer l'évolution de ceux-ci, peuvent obtenir une production continue de germplasm résistant à la rouille. Les lignées et variétés signalées par les collaborateurs comme résistantes à des agents pathogènes et souches qui n'existent pas au Mexique sont incorporées au programme de croisements afin de produire un germplasm potentiellement résistant à ces souches.

L'ergot (*Claviceps purpurea*), qui a été une maladie grave des premiers triticales stériles, ne pose plus aujourd'hui de véritable problème grâce à une plus grande fertilité des fleurs.



L'importance de la rouille noire (photo) et d'autres maladies qui affectent le triticale augmente en fonction directe de la superficie ensemencée.



La qualité de la graine de tritcale a été considérablement améliorée. Les grains ridés, profondément fendus et sans éclat des premiers triticales (à droite) n'étaient pas très bien acceptés; depuis lors, des lignées améliorées dont les grains sont bien remplis et le poids à l'hectolitre élevé (à gauche) ont été identifiées.

L'infection atteint des degrés analogues dans le cas du tritcale et du blé tendre. Le tritcale se montre résistant à la carie de Karnal (*Tilletia indica*) - maladie mineure transmise par la semence, qui affecte les blés tendre au Mexique- ainsi qu'à d'autres types de carie. Toutefois, les triticales ne font preuve que d'une faible résistance à certaines maladies importantes dont, notamment, les fusarioses, la helminthosporiose (*Helminthosporium sativum*), la rayure bactérienne (*Xanthomonas translucens*) et quelques pourritures des racines et caries des plantules. Les mesures à prendre pour accroître la résistance à ces maladies - fusariose et helminthosporiose en particulier - constituent l'un des points essentiels du programme tritcale du CIMMYT. Au moyen de croisements interspécifiques avec du blé tendre et grâce à la production de nouveaux triticales primaires, de nouvelles sources de résistance aux maladies sont incorporées au programme. On procède donc, par exemple, à des croisements de triticales avec des blés tendres résistants à la fusariose en provenance de Chine, parmi lesquels se trouvent les lignées Shanghai, Suzhou et Wuhan, utilisées également pour produire de nouveaux triticales octoploïdes primaires.

Particularités des graines et rendement en poids

Les anomalies que présente l'endosperme constituent l'un des plus importants problèmes qui restent à résoudre dans le cadre des

recherches sur le tritcale. Alors que le grain de blé est lisse et bien plein, le grain mûr de tritcale est souvent rugueux, marqué d'un sillon profond et d'aspect terne. Cette graine mal conformée est peu propice au développement de l'embryon et ne permet qu'un faible taux de germination. De ce fait, nombre d'agriculteurs, et de consommateurs se montrent peu amateurs de tritcale.

La présence de ces grains ridés est mise en évidence par le poids à l'hectolitre (poids par unité de volume) insuffisant. En ce qui concerne les meilleurs blés tendres, leur poids à l'hectolitre dépasse 80 kg/hl, alors que le poids des premiers triticales oscillait entre 58 et 71 kg/hl. Les semences d'Armadillo ont contribué à l'augmentation de poids et dans le programme d'amélioration, des sélections du croisement INIA 66/Armadillo (X16-48), nommé Camel, ont été largement utilisées. Camel et Panda, un croisement dérivé de Camel, sont devenus les principales sources d'amélioration en poids du germplasm du tritcale du CIMMYT. Bien que lents, les progrès n'en ont pas moins été continus et à l'heure actuelle, dans des conditions favorables, des poids à l'hectolitre de plus de 78 kg/hl sont de plus en plus souvent obtenus (figure 6). Les lignées Yogui, Zebra, Rhino, Dingo et leurs dérivés, comme Carman/Yogui, sont de bons exemples de triticales à grains bien remplis et d'un bon poids à l'hectolitre.

Sans doute, ce poids tend-il à diminuer quand les conditions sont défavorables, mais quelques lignées de triticales particulièrement prometteuses (Rhino et Buffalo, par exemple) donnent des poids acceptables dans les sols acides des hautes régions tropicales et dans des régions où sévit la sécheresse. Ces mêmes lignées, dans des conditions optimales, ont un rendement d'un poids à l'hectolitre excellent. Cependant, afin d'améliorer encore ce rendement, notamment pour les triticales cultivés dans des conditions défavorables, une sélection rigoureuse se poursuit.

Résistance à la germination sur épi

La graine de triticales contient parfois des concentrations élevées d'alpha-amylase, laquelle n'est pas sans rapport avec une germination prématurée. A mesure qu'augmente la germination, l'activité amylasique s'accroît; de même, à une lente germination correspond une moindre activité amylasique. Une germination prématurée, jointe à l'impossibilité de produire des grains lisses et de bonne qualité après avoir été exposés à la pluie, réduit non seulement la production mais également la qualité de mouture et de panification du grain. Tel est le problème qui se pose en particulier dans les hautes régions tropicales où le triticales arrive ordinairement à maturité en pleine saison des pluies.

Afin de favoriser la résistance du triticales à la germination prématurée et d'obtenir des grains de bonne qualité, les chercheurs du CIMMYT ont appliqué deux méthodes. La première a consisté à semer à Toluca des variétés de triticales et de populations ségréguées en janvier, afin que la maturation coïncide avec la période de pluies intenses, soit en juin-juillet. En même temps qu'une sélection naturelle, ce procédé permet de détecter la résistance à la germination et la capacité de produire des grains lisses; il est appelé à devenir la méthode usuelle du programme d'amélioration en vue d'obtenir des matériaux destinés à être cultivés dans de hautes régions tropicales et des sols acides. La seconde méthode, pour sa part, consiste à faire des tests en laboratoire pour déterminer le degré d'activité amylasique. Les données obtenues permettent d'éliminer les lignées dans lesquelles cette activité est particulièrement élevée et dont la résistance à la germination est, par suite, inadéquate. Certaines lignées, telles Otter, Anoa et Hama F3 Spv. Bgl témoignent d'une faible activité amylasique.

Amplification de la base de germplasm - La réserve de germplasm de triticales du CIMMYT contient de nombreux gènes pour chacun des objectifs d'amélioration antérieurement décrits: rendement élevé et stable, bonne adaptation, résistance aux maladies, bonne qualité des grains et faible activité amylasique. Cependant, ces gènes favorables proviennent de souches

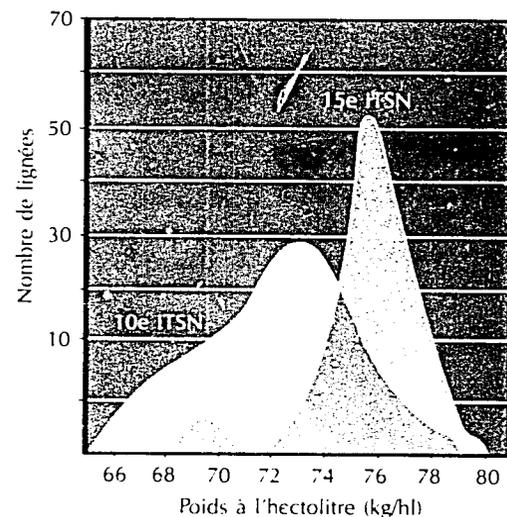


Figure 6. Amélioration du poids à l'hectolitre de lignées avancées de triticales à la station expérimentale du CIANO, 10e (1978-79) et 15e (1983-84) Pépinière internationale de sélection de triticales (ITSN).

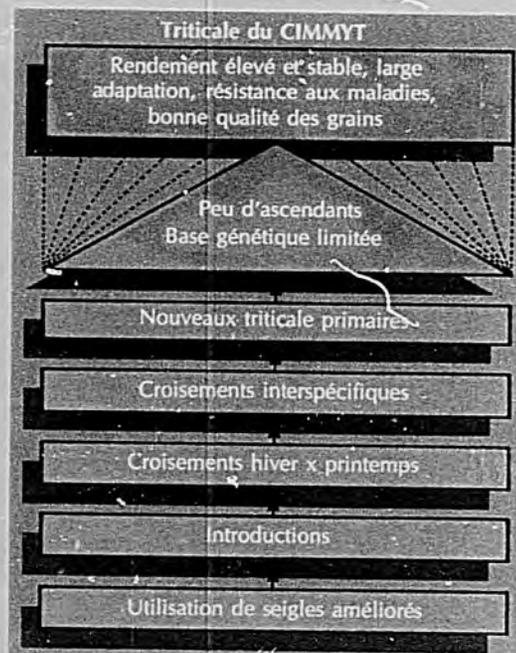


Figure 7. La variabilité génétique des triticales du CIMMYT est augmentée grâce aux nouveaux triticales primaires, aux croisements interspécifiques, aux croisements entre triticales de printemps et triticales d'hiver, au germplasm provenant d'autres programmes, ainsi qu'au germplasm de seigle de printemps amélioré.

relativement peu nombreuses et la variabilité génétique générale pour obtenir une caractéristique déterminée est quelque peu limitée. De là, la priorité accordée dans le programme à l'effort fourni pour augmenter la variabilité génétique du germplasm du triticales (figure 7).

Le triticales n'ayant pas subi de sélection naturelle, il est nécessaire et préférable de créer des populations génétiquement aussi diverses que possible. Du fait que seuls quelques parents possédaient les caractéristiques qui ont contribué à résoudre les problèmes essentiels qui limitaient la production, il en a été fait largement usage, ce qui a eu pour conséquence de restreindre la base génétique du triticales. En 1984, par exemple, 70% environ des lignées utilisées par le CIMMYT dans son programme d'amélioration et déjà mentionnées, comportaient Armadillo dans leurs généalogies.

Pour augmenter la diversité génétique du triticales, la meilleure façon de procéder est d'obtenir de nouveaux triticales primaires. En 1984, dans le cadre du programme du CIMMYT, un projet spécial a vu le jour visant à intensifier et à améliorer la production et le maintien de triticales primaires. L'objectif de ce projet est de créer des triticales à partir d'ascendants présentant des caractéristiques spéciales qui leur permettent de s'adapter à certaines conditions et/ou d'offrir certaine

résistance aux maladies. De nouvelles méthodes sont utilisées pour produire des triticales primaires en perfectionnant certains procédés, tel le traitement à base de colchicine et en essayant de produire des cellules d'embryons individuels au moyen de culture de tissus pour obtenir de plus grandes quantités de plantules haploïdes dans chaque croisement.

Parallèlement, le CIMMYT recueille le germplasm de seigle de printemps provenant du monde entier - auquel les sélectionneurs n'ont pas accordé de grande importance par le passé - appelé à avoir une influence sur les nouvelles générations de triticales. Un programme secondaire d'amélioration du seigle de printemps a donc été entrepris à l'appui des efforts d'amélioration du triticales.

Diverses méthodes ont été utilisées pour augmenter la variation génétique des matériaux secondaires d'amélioration du CIMMYT. Des milliers de croisements ont été effectués entre triticales adaptés d'ascendances différentes. De nombreux hybrides interspécifiques de triticales et blés tendre ont été produits. Parmi les triticales du CIMMYT - qui sont tous des triticales de printemps - ont été croisés avec des triticales d'hiver. Les recherches conjointes et l'échange de germplasm avec des sélectionneurs spécialisés en triticales d'hiver en Pologne, au Canada, aux Etats-Unis, en Suède, en France, en Grande Bretagne, en Allemagne,

Produits dérivés du triticale

Du fait que le triticale ressemble plus au blé qu'au seigle par la taille, la forme et la composition chimique du grain, ses qualités nutritives sont plus souvent comparées à celles du blé. Le programme triticale du CIMMYT vise à faire de cette céréale une culture destinée à l'alimentation humaine, et au laboratoire d'évaluation de la qualité des grains des recherches se poursuivent sur les produits alimentaires obtenus à partir du triticale et sur la qualité industrielle du grain.

Quand, dans les laboratoires, ont commencé ces travaux d'évaluation, il est apparu que les caractéristiques de la farine de triticale pour la panification diffèrent de celles de la farine de blé. La farine de triticale convient à la fabrication de produits pour lesquels sont utilisées des farines de blé tendre, dont les galettes, gateaux, vermicelles et "tortillas" de farine. Les triticales obtenus aujourd'hui sont en général pauvres en gluten et ne sont pas propres à la fabrication du pain, à moins d'en mélanger la farine à une bonne farine de blé panifiable dans la proportion de 30% au plus.

La farine de triticale peut être également employée pour faire du pain dit "intégral" ou pain complet, tel celui consommé dans nombre de régions rurales du monde en développement.

De même que les blés - dont le potentiel génétique de qualité varie - le triticale présente des différences génétiques quant à ses caractéristiques qualitatives. Certaines lignées conviennent mieux que d'autres à l'élaboration de certains produits, et les nouvelles lignées obtenues au CIMMYT présentent certaine diversité dans leurs caractéristiques pour la mouture et la panification. Elles étaient en effet déficientes parmi les triticales produits au début de la décennie de 1970, en raison même du mauvais aspect des grains ridés, de la qualité et de la quantité insuffisante du gluten contenu et du haut niveau d'activité amylasique. Un meilleur remplissage des grains, ce à quoi les spécialistes du CIMMYT ont toujours accordé la priorité, a permis d'obtenir de nombreux triticales nouveaux donnant des grains de meilleure qualité et dont les caractéristiques de mouture sont semblables à celles du blé.



Les propriétés des grains de triticale pour la mouture et la panification sont évaluées au laboratoire de qualité des grains du CIMMYT.

Le triticale en Pologne

L'emploi du seigle comme fourrage et dans l'élaboration de pain est très répandu en Pologne où les cultures de seigle d'hiver s'étendent environ sur cinq millions d'hectares de sols acides et sablonneux. Mais le gram de



A Szelejewo, en Pologne, le Dr. T. Wolski, Directeur scientifique des sélectionneurs de Poznan, examine en compagnie du Dr. G. Varughese les essais au champ. La variété polonaise de triticale Łasko, lancée en 1982, est aujourd'hui la plus cultivée dans le monde.

seigle contient des éléments anti-nutritifs et ne peut pas constituer la majeure partie des céréales fourragères. Mélange en forte proportion avec le blé, le seigle réduirait la qualité du pain. Le triticale peut entrer dans la composition des fourrages et s'associe mieux avec le blé pour l'élaboration de pain. Ces caractéristiques jointes à la capacité d'adaptation du triticale aux sols acides et sablonneux en font une excellente alternative pour remplacer le seigle en Pologne.

Vers le milieu des années 60, les sélectionneurs de Poznan, sous la direction du Dr. R. Wolski, se sont engagés dans la réalisation d'un programme d'amélioration du triticale. Leurs efforts ont abouti à la production de la première variété polonaise de triticale d'hiver, enregistrée sous le nom de Łasko en 1982, et à la production, ultérieurement, de nombreuses variétés (voir Annexes 1 et 2) lancement de variétés de triticale. L'Institut de sélection et d'acclimatation végétale IZHAR prend une part active aux recherches sur le triticale. Actuellement, près de 250 000 ha sont emblavés en triticale en Pologne et il est envisagé d'étendre la culture sur plus d'un million d'hectares d'ici 1990. Les triticales polonaises sont cultivées aujourd'hui dans de nombreux pays d'Europe, ainsi que dans d'autres régions où sont pratiquées les cultures d'hiver.

en Hongrie et dans d'autres pays encore, ont fourni de nouvelles sources de diversité génétique. Les croisements entre triticales d'hiver et triticales de printemps permettent désormais d'incorporer le géoplasm de seigles d'hiver améliorés.

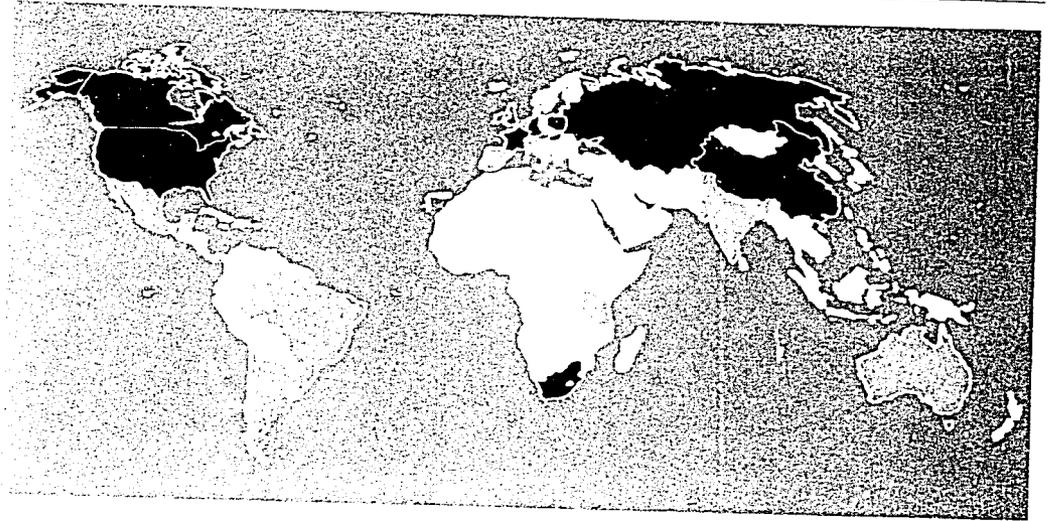
Situation mondiale et avenir du triticale
Le pays qui occupe aujourd'hui le triticale en tant que culture commerciale, est un succès dont le mérite revient aux sélectionneurs comme tous, surtout de la période relativement brève consacrée à améliorer cette nouvelle céréale (Annexe 3). Ce succès a été obtenu grâce au dévouement acharné des chercheurs et à la coopération de sélectionneurs de tous les pays du monde. Des succès ont été apportés aux programmes de rendement, qualité et approvisionnement en protéines, ainsi qu'à la production de seigle dans les régions où ces céréales sont traditionnellement cultivées et où passe même le rendement au fil des années.

Le maintien de production, le perfectionnement de techniques de base, vont aux côtés des progrès de la biotechnologie, ouvrir de nouvelles perspectives à l'exploration plus avant des espèces parentales, dans la sélection des triticales.

Actuellement, les cultures de triticales s'étendent sur plus d'un million d'hectares dans de nombreux pays. Il est à tout le moins d'espérer que ces progrès, dans les pays d'extension au triticale, auront permis de commencer à mesurer

qu'on connaîtra mieux les usages possibles du triticale et que ses marchés prendront eux-mêmes plus d'expansion.

A l'avenir, l'augmentation de la production d'aliments dépendra dans une large mesure de la capacité dont feront preuve les agriculteurs pour entreprendre des cultures vivrières dans des zones marginales et/ou difficiles. Les excellentes performances du triticale dans ces situations offrent la possibilité d'améliorer la productivité des ressources destinées à la production d'aliments dans des contrées où l'augmentation de cette dernière peut avoir une importance vitale. Cette céréale qui, il fut un temps, était considérée comme une curiosité botanique est aujourd'hui une réalité commerciale et peut devenir un facteur d'amélioration du bien-être des populations rurales dans les régions de production agricole les plus difficiles du monde.



Production de triticale de printemps Production de triticale d'hiver Production de deux types

Figure 3. Des triticales d'hiver, de printemps, ou les deux types, sont semés dans une partie des régions indiquées ci-dessus sur une superficie totale de plus d'un million d'hectares (voir tableau 1: étendue des cultures de triticale dans tous les pays du monde).

Remerciements: Les auteurs de cette publication remercient tout particulièrement M. Javier Peña qui a collaboré à l'élaboration de la section "Produits dérivés du triticale". Ils souhaitent également exprimer leur gratitude au personnel des services d'information dont la participation leur a été précieuse: Alma McNab (éditeur responsable); Kelly Cassaday (édition en anglais); Miguel Mellado E., Rafael de la Colina F., José Manuel Fouilloux B. et Bertha Regalado M. (dessin et formation); et Silvia Bistrain R. et Maricela A. de Ramos (typographie).

Bibliographie

CIMMYT. 1985. Triticale—a crop for marginal environments. Dans: Research Highlights. CIMMYT, Mexico, D.F. pp. 72-80.

Darvey, N.L. (ed.). 1986. Proceedings of the International Triticale Symposium, Sydney, 1986; Australian Institute of Agricultural Science Occasional Paper No. 24.

Gupta, P.K. et P.M. Priyadarshan. 1982. Triticale: present status and future prospects. *Advances in Genetics* 21:255-345.

Gustafson, J.P. 1983. Cytogenetics of triticale. Dans: *Cytogenetics of Crop Plants*, M.S. Swaminathan, P.K. Gupta et U. Sinha (eds.). New York, Macmillan. pp. 225-250.

Müntzing, A. 1979. Triticale: results and problems. *Advances in Plant Breeding*. Supplément No. 10 du Zeitschrift für Pflanzenzüchtung.

Skovmand, B., P.N. Fox et R.L. Villareal. 1984. Triticale in commercial agriculture: progress and promise. *Advances in Agronomy* 37:1-45.

Zillinsky, F.J. 1974. The development of triticale. *Advances in Agronomy* 26:315-349.

Zillinsky, F.J. 1985. Triticale: an update on yield, adaptation and world production. Dans: *Triticale*, CSSA Special Publication No. 9. Madison, Wisconsin, EUA, Crop Science Society of America. pp. 1-7.

Tableau 1. Distribution mondiale du triticale, 1986

Pays*	Type de culture	Superficie (ha)
Argentine ¹	P	10 000
Australie ¹	P	160 000
Autriche ³	H	1 000
Belgique ¹	H	5 000
Brésil ¹	P	5 000
Bulgarie ¹	H	10 000
Canada ²	P + H	6 500
Chili	P	5 000
Chine ¹	P + H	25 000
Espagne ¹	P	30 000
États-Unis	P + H	60 000
France ³	P + H	300 000
Hongrie ¹	H	5 000
Inde ²	P	500

P: Triticale de printemps

H: Triticale d'hiver

1 Evaluation

2 Enquête du CIMMYT

3 Suijs, I.W. 1986. Le triticale aux Pays-Bas, Allemagne Fédérale, Royaume Uni et le Pays de Galles. In: Triticale: Internationaal Colloquium. Gent, Belgium, Industriële Hogeschool van het Rijk C.T.L.

* Outre les pays qui figurent dans ce tableau, les pays mentionnés ci-après ont lancé diverses variétés: Grèce, Kenya, Madagascar, Nouvelle Zélande et Pakistan.

Tableau 1. (suite)

Pays*	Type de culture	Superficie (ha)
Italie ¹	P	15 000
Luxembourg ¹	H	400
Mexique ¹	P	8 000
Pays Bas ²	H	1 000
Pologne ¹	H	100 000
Portugal ²	P	7 000
Royaume Uni ³	H	16 000
République Fédérale d'Allemagne ³	H	30 000
Afrique du Sud ¹	H + P	15 000
Suisse ²	H	5 000
Tanzanie ²	P	400
Tunis ²	P	5 000
URSS ¹	H	250 000
Total		1 075 800

Annexe 1

Variétés de triticale de printemps déjà diffusées¹

Nom	Abréviation	KT	Généalogie	Croisement et sélection - No.	Année	Pays
ALAMOS 83	ALM	S	CHIVA"S"	X-24551-8Y-3M-1Y-0M	1983	Mexique
ARABIAN	ABN	S	M2A	X-2802-38N-5M-6N-6M-0Y	1981	Portugal
ARMADILLO	ARM	S	TCL DUR "GHIZA"/TCL DUR "CRLT"/3/TCL PERS/ TCLDUR/TCL DIC/TCL PERS OUTCROSSED TO BW	X-308	1979	Portugal
ASCRET	ASCRET	S	M2A	X-2802	1982	Espagne
BACUM	BCM	S	M2A	X-2832-24N-3M-7N-4M-0Y	1981	Portugal
BADIEL	BADIEL				1981	Espagne
BEAGLE	BGL	C	UM"S"/TCL BULK	X-1530-A-12M-5N-1M-0Y	1981	Portugal
BEAGLE 82	BEAGLE 82	C	BGL"S"	X-1530	1982	Etats-Unis
BORBA-1	BORBA-1	C	BOK	X-15673-A-1Y-2Y-1M-0Y	1984	Portugal
BR-1	BR-1	S	PANDA"S" = PFT 766	X-8386-D-2Y-0M-101Y-101B- 107Y-0Y	1984	Brésil
CABORCA 79	BURA	S	M2A/IRA	X-8417-A-1Y-7M-3Y-0Y	1979	Mexique
CACHURULU					1969	Espagne
CALBUCO-INIA			DRIRA/INIA/ARM/3/M2A	TT.210-1T-T-9T	1984	Chili
CANANEA 79	CAN	S	M2A = MAPACHE	X-2802-F-12M-1N-1M-0Y	1979	Mexique
CARMAN	CARMAN	C	BGL"S"	X-1530-A-12M-5N-1M-0Y	1980	Canada
CEP-15	CEP-15	S	PANDA"S" = TCEP 77138	X-8386-D-2Y-0M-110Y-103B- -109Y-1Y-1M-100Y-0Y	1984	Brésil
BATOVJ						
COORONG	CRG	S	IA	X-1648-5N-2M-0Y-2B-0Y	1980	Australie
CURRENCY	CNY	C	M1A/BGL"S"	X-15552-33H-2Y-2Y-1M-0Y	1983	Australie
DUA	DUA	S	M2A	X-2802	1980	Australie

¹ Pour plus ample information, voir Abdalla, O.S., G. Varughese, E.E. Saari et H. Braun, 1986. Spring Triticale: Names; Parentage; Pedigrees; Origins. CIMMYT, Mexico, D.F.

Annexe 1 (suite)

Nom	Abréviation	KT	Généalogie	Croisement et sélection-No.	Année	Pays
ERONGA 83	ERONGA	C	JLO 159	X-21295	1983	Mexique
FASCAL	FASCAL	?	?	?	1986	Espagne
FLORIDA 201			BGL/M2A	X-15671-FP7	1985	Etats-Unis
GROWQUICK					1977	Australie
IAPAR 13	IAPAR 13	S	PANDA''S''/RM = TPOL 8432	X-36517-613-H-0Y	1984	Brésil
ARAUCARIA						
JUAN	JUAN	C	JLO 168	X-21295	1984	Etats-Unis
JUANILLO 86	JLO 86	C	DRIRA//KISS/ARM''S''	X-21295	1985	Tunisie
JUANILLO 97	JLO 97	C	DRIRA//KISS/ARM''S''	X-21295	1985	Tunisie
KARL	KARL	S	M2A = ABN''S''	X-2802-38N-5M-6N-6M-1Y-1M-0Y	?	Etats-Unis
KRAMER	KRAMER	S	M2A = MPE	X-2802-F-12N-1M-1N-1M-0Y	?	Etats-Unis
LONQUIMAY-INIA		S	M2A*2//TJ//IRA	X-39348-1Y-2t-1t	1984	Chili
MANIGERO	MAN	S	M2A	X-2802	1979	Espagne
MAPACHE	MPE	S	M2A	X-2802-F-12N-1M-1N-1M-0Y	1981	Portugal
MARVAL	MARVAL	?	GQ/4/IMPERIAL AMBER/ M2A//PITIC62/3/BGL''S''	X-27807	1986	Etats-Unis
MEXITOL 1	MEXITOL 1	?	Sélection d'une population F ₂ de TCL d'hiver envoyée en Bulgarie	?	1978	Bulgarie
MIZAR	MZR	S	M2A	X-2802	1979	Italie
MONSANTO	MONSANTO	S	M2A	X-2802-70N-3M-1N-2M-0Y	1983	Portugal
MORRISON	MORRISON	S	Tj//IRA	X-13896-D-100Y-102B-100Y-100-17M-0Y	1985	Etats-Unis
NIAB-T183	NIAB-T183	S	NIAB77/NIAB 173/M2A	?	1982	Pakistan
NINGADHU	NGD	C	DRIRA SEL	X-7110	1980	Australie
OAC DECADE		S	M2A//27-4/320	?	?	Canada

Annexe 1 (suite)

Nom	Abréviation	KT	Généalogie	Croisement et sélection-No.	Année	Pays
OAC TRIWELL	—	C	BGL/S	X-1530	1980	Canada
OCEPAR-1	OCEPAR-1	C	DELFIN/S	X-15490	1984	Brésil
OCEPAR-2	OCEPAR-2	C	TJ/BGL = ITOC 8432	X-16134-35Y-1Y-1M-1Y-1B-0Y	1984	Brésil
ROBOLITO	ROBOLITO	S		?	1984	France
ROSNER	ROSNER	C		?	1969	Canada
SALVO	SALVO	C	M2A-214/320*7680	?	?	Pologne
SAMSON	SAM 145	C	RAM	X-12257-2N-0M	1982	Australie
SATU	SATU	S	M2A	X-2802	1979	Australie
SISKIYOU	SISKIYOU	C	?	UC 8825	1977	Etats-Unis
T-50	T-50	S	?	?	1979	Kenya
T-65	T-65	S	?	?	1979	Kenya
TL 419	TL 419	S	?	?	1982	Inde
TOORT	TOORT	S	KLA/CIN	?	1984	Australie
TOWAN	TOWAN	S	1A	?	1981	Australie
TRITICALE	TRITICALE	S	M2A	X-2802-35N-3M-3N-0N	1983	Tunisie
TRITICOR	TRITICOR	S	M2A	X-2802	1984	France
TRITIVAT	TRITIVAT	?	?	?	1986	Espagne
TYALLA	TLA	S	M2A	X-2802	1979	Australie
USGEN 10	USGEN 10	S	FW121/PROL/CIN/YO/R	X-23963-100Y-4M-0Y	1986	Afrique du Sud
USGEN 14	USGEN 14	S	M2A/M1A	X-27947-22M-1Y-0M	1986	Afrique du Sud
USGEN 18	USGEN 18	C	JLO 100	X-21295	1986	Afrique du Sud
VENUS	VENUS	C	BGL/S	X-1530-A-12M-5N-1M-1Y-0M	1981	Australie
WELSH	WELSH	S	UM2038	X-1648	1978	Canada
YOREME 75	YE	S	M2A	X-2802-38N-3M-7N-5M-0Y	1975	Mexique

Annexe 2**Variétés de triticales d'hiver diffusées (liste partielle)**

Pays	Variété
Autriche	Lasko
Belgique	Clercal, Lasko, Salvo
Bulgarie	Vihren
Canada	OAC Decade, Wintri
Rép. Féd. d'Allemagne	Bokolo, Dagro, Local, Lasko, Salvo, Clercal
France	Clercal, Lasko, Salvo
Hongrie	Bokolo
Luxembourg	Lasko
Pays Bas	Lasko, Salvo
Pologne	Bolero, Dagro, Grado, Lasko,
Suisse	Lasko
Royaume-Uni	Dagro, Lasko, Newton, Rosko, Salvo, Torrs, Warren
Etats-Unis	Wintri, Council, Terreland 20, Frical, Flora

Annexe 3

Événements importants dans le développement du triticales

1875	Ecosse	A.S. Wilson fait part de sa découverte d'un croisement de blé x seigle produisant une plante stérile.
1888	Allemagne	W. Rimpau obtient le premier hybride fertile de blé x seigle.
1918	URSS	Apparition de milliers d'hybrides blé x seigle à la station de recherches de Saratov. Les plantes F ₁ donnent des graines qui permettent d'obtenir des hybrides stables, relativement fertiles et intermédiaires quant au phénotype.
1935	Allemagne	Apparition dans la littérature scientifique du nom de "triticales", de Triticum (blé) et Secale (seigle).
	Suède	A. Muntzing entreprend une recherche intensive sur le triticales.
1937	France	P. Givaudon met au point la technique de la colchicine qui permet de doubler le nombre des chromosomes des hybrides stériles et de produire ainsi de grandes quantités de triticales fertiles.
1940		Mise au point de la technique de culture d'embryons qui permet la récupération d'embryons hybrides de graines avec endosperme présentant des malformations.
1954	Canada	L'Université de Manitoba, Canada, tente pour la première fois en Amérique du nord de développer le triticales comme culture commerciale. L.H. Shebeski, B.C. Jenkins, L. Evans et d'autres encore rassemblent une collection mondiale de triticales primaires.

Annexe 3 (suite)

Événements importants dans le développement du triticales

1964	Mexique	Le Projet international d'amélioration du blé de la Fondation Rockefeller conclut un accord informel avec l'Université de Manitoba pour développer les recherches sur le triticales.
1965	Canada	La Fondation Rockefeller accorde pour trois ans à l'Université de Manitoba une subvention destinée à permettre de poursuivre les recherches sur le triticales entreprises en collaboration avec le Projet international d'amélioration du blé de la Fondation à Mexique.
1966	Mexique	Fondation du CIMMYT; les recherches sur le triticales se poursuivent conjointement avec l'Université de Manitoba.
1968	Mexique	Apparition spontanée sur les parcelles du CIMMYT au CIANO de la souche Armadillo, dotée de fertilité presque complète, d'un gène de nanisme et d'un type de plante supérieur. Cette souche devient un important ascendant des triticales dans le monde.
	Hongrie	Deux hexaploïdes secondaires obtenus par Kiss en 1965 sont certifiés culture commerciale et lancés sur le marché.
	Espagne	La variété hexaploïde Cachurulu obtenue par Sanchez-Monge est lancée comme culture commerciale.

Annexe 3 (suite)

Événements importants dans le développement du triticales

	Canada	La souche Rosner, obtenue à l'Université de Manitoba et utilisée par les distillateurs dès les premières années 1960, devient le premier triticales d'Amérique du nord d'usage général.
1971	Mexique	Le Centre de recherches pour le développement international et l'Agence canadienne pour le développement international accordent une subvention de 2,5 millions de dollars au bénéfice du programme du CIMMYT et de l'Université de Manitoba pour la réalisation d'un projet de recherche qui s'étendra sur cinq ans.
	Mexique	Création des lignées Maya 2'Armadillo pour diminuer le haut indice de verse des triticales.
1972	Mexique	Le CIMMYT s'engage dans une sélection intensive et s'efforce d'améliorer ses variétés de manière à obtenir des grains bien remplis et une grande fertilité et s'efforce d'élargir la base génétique du triticales.
1974	Mexique	Les cinq triticales ayant le meilleur rendement évalués à l'ITIN en 47 cultures dépassent de 15% le rendement de la meilleure variété témoin de blé tendre.
1975	Mexique	Le Mexique lance Yoreme, sa première variété de triticales.

Annexe 3 (suite)

Événements importants dans le développement du triticale

	Mexique	Identification de Panda; première famille d'un poids à l'hl élevé et stable.
1976	Mexique	Beagle et Drira, deux triticales complets, font preuve de haut rendement et d'adaptation semblables à ceux du croisement Maya 2/Armadillo.
1979	Mexique	Le Mexique lance Cananea et Caborca, ses deuxième et troisième variétés de triticale. Dans de nombreux pays le triticale commence à susciter un certain intérêt.
1980	France	La France lance Clercal, sa première variété de triticale, laquelle devient la variété numéro un de triticale en France, principal producteur de triticale dès 1986.
1982	Pologne	La Pologne approuve le lancement de Lasko, variété de triticale aujourd'hui la plus répandue dans le monde.
1985	Brésil	Le Brésil, pays qui dispose du plus grand potentiel de terres cultivables, approuve officiellement la mise en culture du triticale et lance deux variétés.
1986		Les cultures de triticales dans le monde s'étendent sur plus d'un million d'hectares.

Source: Wolff, A. 1975. Wheat x rye = triticale. CIMMYT Today. CIMMYT, Mexico, D.F. Information additionnelle fournie par le Programme triticale du CIMMYT.

Glossaire

Dérivés d'un croisement: descendance de ce croisement.

Diploïde: qui possède un double assortiment de chromosomes semblables. Composition génomique du seigle: RR.

Génome: ensemble complet de chromosomes.

Haploïde: qui n'a qu'un seul assortiment de chromosomes.

Hexaploïde: qui possède six assortiments de chromosomes. Composition génomique du blé tendre: AABBDD; celle du triticales hexaploïde: AABBRR.

Hybride interspécifique: produit d'un croisement entre deux espèces d'un même genre, tel *Triticum turgidum* var. *durum* x *Triticum aestivum*.

Hybride intergénérique: produit d'un croisement entre espèces de deux genres voisins, tel *Triticum turgidum* var. *durum* x *Secale cereale*.

Octoploïde: qui possède huit assortiments de chromosomes. Composition génomique du triticales octoploïde: AABBDDRR.

Tétraploïde: qui possède quatre assortiments de chromosomes. Composition génomique du blé dur: AABB.

Le Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT), organisation internationale à but non lucratif, se consacre à la recherche scientifique et à la formation théorique et pratique de spécialistes. Le CIMMYT, dont le siège est au Mexique, est engagé dans la réalisation d'un programme de recherche à l'échelle mondiale portant sur le maïs, le blé et le triticale, dans l'optique surtout de la production alimentaire dans les pays en développement. Cet organisme est l'un des 13 centres internationaux sans but lucratif qui n'ont d'autre objet que la recherche et la formation dans le domaine de l'agriculture et dont les activités s'exercent sous les auspices du Groupe consultatif de la recherche agricole internationale (GCRAI). Ce dernier jouit lui-même de l'appui de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (Banque mondiale) et du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). De plus, le CIMMYT reçoit des dons de plus de 45 pays et organisations internationales et régionales, ainsi que de fondations privées.

Le CIMMYT bénéficie en outre de l'aide fournie par divers organismes, dont les institutions d'aide internationale d'Australie, d'Autriche, du Brésil, du Canada, de Chine, de la Commission Economique Européenne, du Danemark, d'Espagne, des Etats-Unis, de France, d'Inde, d'Irlande, d'Italie, du Japon, du Mexique, de Norvège, des Pays Bas, des Philippines, de la République Fédérale d'Allemagne, du Royaume-Uni, de Suisse, de la Banque interaméricaine de développement, de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement, du Centre international pour le développement de la recherche, de la Fondation Ford, de la Fondation OPEP pour le développement de la recherche, de la Fondation Rockefeller et du Programme des Nations Unies pour le développement.

Le CIMMYT assume l'entière responsabilité de cette publication.

Citation correcte: Varugese, G., T. Barker et E. Saari. 1987. Triticale. CIMMYT, Mexico, D.F. 32 pp.

ISBN 968-6127-17-8