

# 1

## Cent ans de sélection du blé en France et en Belgique

G. DOUSSINAULT

*INRA, Station d'amélioration des plantes, domaine de La Motte-au-Vicomte, 35650 Le Rheu, France.*

### Résumé

*Le blé tendre est certainement l'une des espèces dont la sélection est la plus ancienne. La méthodologie de la sélection a bénéficié du concept de la lignée pure, elle a ensuite pris en compte les avancées de la génétique quantitative. Progressivement, les techniques d'hybridations interspécifiques de biologie cellulaire et moléculaire ont été utilisées.*

*Les objectifs de la sélection au départ essentiellement limités à la productivité associée à la résistance à la verse se sont diversifiés pour aboutir à des variétés de plus en plus résistantes aux parasites et de mieux en mieux adaptées à l'utilisation industrielle.*

*Aujourd'hui, rien n'indique un ralentissement du progrès génétique qui pourrait même s'accélérer avec la mise au point des blés hybrides.*

Il y a un peu plus d'un siècle, en 1883, Dattel premier blé issu d'hybridation réalisé en France était commercialisé par les Etablissements Vilmorin.

Jusque-là les blés cultivés étaient des « Blés de Pays », variétés populations constituées de génotypes ayant en commun un certain nombre de caractères d'adaptation aux facteurs du milieu. Ces populations étaient hétérogènes, constituées d'un mélange de lignées pures et de génotypes plus ou moins hétérozygotes issus principalement d'hybridation naturelle. Elles avaient évolué lentement depuis des siècles sous l'effet de la

sélection naturelle et d'une sélection massale effectuée par l'homme le plus souvent en triant les grains les mieux nourris. Cette sélection a conduit à des écotypes relativement adaptés à des conditions écologiques, par exemple la population « Rouge d'Alsace » avec une bonne résistance au froid.

C'est dans ce type de population que Hallet en 1861, cité par Lupton [4], décrit une méthode qui consiste à choisir des épis, à en semer les grains sur des lignes individualisées et à poursuivre de la même manière sur la descendance des lignes choisies. Il appelle cette technique *the pedigree selection*, la sélection généalogique.

A cette période, le progrès vient de la sélection dans les variétés populations alors cultivées. Les limites des possibilités de cette amélioration, en même temps que le concept de lignée pure, sont formulés par Johannsen en 1903 cité par Bonjean et Picard [1]. A cette même époque, les lois de Mendel sont redécouvertes et la sélection généalogique après hybridation se généralise. Dès 1914, Nilson-Ehle cité par Jonard [3], caractérise l'hérédité des caractères quantitatifs et donne ainsi une base scientifique aux transgressions.

La découverte de ces concepts va induire la mise en œuvre de techniques qui vont considérablement accélérer le progrès génétique. Le concept de lignée pure va permettre la création pour les espèces autogames d'un matériel végétal adapté à l'analyse génétique, à la création variétale, à la connaissance de la variabilité génétique et à son maintien.

Elle va permettre également de faciliter le choix des géniteurs et de guider les hybridations pour recombinaison la variabilité. La sélection généalogique permet de sélectionner de manière rigoureuse dans les populations ainsi créées grâce à l'étude des descendance et d'aboutir à un invariant génétique nouveau, le cultivar « lignée pure ».

## Le matériel génétique

A côté des populations de pays locales, se sont répandus en France et en Belgique des blés introduits d'Angleterre et de Russie. Les blés anglais « Chiddam d'automne », « Squarehead » étaient tardifs mais très productifs et résistants à la verse. Les blés d'origine russe ont été au départ sélectionnés dans des importations destinées à la meunerie et développés par le marquis de Noé en Aquitaine puis en Beauce et en Brie. Ces blés sont caractérisés par une vaste aire d'adaptation, une bonne précocité, une résistance moyenne à la verse, ils sont sensibles à la rouille jaune. De cette population ont été tirées des lignées « Rouge de Bordeaux », « Japhet », « Gros Bleu ».

Les premiers blés Vilmorin sont issus de croisements entre ces deux types et occupent près de la moitié des surfaces en France et en Belgique en 1914 avec les variétés « Bon Fermier » et « Hatif inversable ».

Très vite le professeur Schribaux, 1908 cité par Mayer [5], montre les limites de la sélection pratiquée par les Vilmorin. Orientée essentiellement vers l'accroissement de la productivité, celle-ci utilise de manière répétée les mêmes géniteurs au point que Flaksberger les classe dans une écoespèce particulière *Triticum gallicum*.

Il met en évidence l'intérêt d'améliorer la régularité des rendements et de recourir pour cela à des géniteurs de résistance aux contraintes du milieu (froid, maladies...). Avec Crépin, 1928 cité par Jonard [3], il introduit très largement dans ses croisements des géniteurs d'Europe centrale et méridionale ainsi que d'Amérique du Nord (« Oro », « Thatcher », « Martin »,...).

Dans le même esprit, Jacques de Vilmorin éprouve la nécessité d'améliorer la qualité boulangère des blés en collaboration avec Chopin, et développe un appareil permettant de mesurer l'élasticité des pâtes et de prédire la valeur des blés dans les jeunes générations. C'est ainsi que des géniteurs canadiens comme « Red Fife » sont introduits dans les croisements.

C'est sans nul doute grâce à l'introduction de matériels génétiques éloignés que les gains de productivité et d'adaptation au milieu ont été réalisés.

Jonard [3] rapporte que la création et la mise au commerce de nombreuses variétés en France à partir de 1920 ont causé un état de confusion dû aux faits que beaucoup de blés étaient vendus sans être complètement fixés, qu'il existait pour certaines variétés plusieurs dénominations et qu'enfin beaucoup de lots commercialisés étaient mélanges de variétés. Devant cette situation, les pouvoirs publics français, à la demande de nombreux sélectionneurs ont été amenés à édicter une réglementation destinée à mettre de l'ordre dans le commerce des semences. Le but général étant d'obliger le vendeur à livrer aux utilisateurs, sous un nom donné, des semences parfaitement bien définies du point de vue de la pureté variétale et de la faculté germinative. En 1922 était créé un comité de contrôle des semences dont l'une des attributions était de recenser les variétés de blé cultivées en France et d'en dresser la liste. Ce travail a abouti, en 1925, à la publication d'un catalogue provisoire comprenant 600 variétés.

Aujourd'hui, le nombre de variétés de blé inscrites au catalogue officiel en France a beaucoup diminué, pour arriver à environ 150. La variabilité du blé au niveau des agriculteurs a sans doute aussi beaucoup diminué. Le maintien et l'enrichissement des ressources génétiques se réalisent aujourd'hui dans les centres de recherche et les stations de sélection publiques et privées. Notre responsabilité collective est très importante pour organiser ce réseau de conservation et d'amélioration de la connaissance des ressources génétiques afin de garantir l'accès de nos successeurs à la variabilité nécessaire pour produire des variétés dont les caractéristiques ne sont pas connues aujourd'hui.

Les espèces sauvages apparentées aux blés constituent un important réservoir de gènes utilisables dans l'amélioration des formes cultivées. L'introduction de gènes étrangers dans le blé nécessite la réalisation d'hybrides interspécifiques et l'étude de leurs descendance pour créer des blés à  $2n = 42$  chromosomes.

Les transferts les plus faciles sont ceux qui sont réalisés à partir d'espèces ayant au moins un génome homologue à celui du blé. C'est ainsi que l'amidonner sauvage *Triticum dicoccoides* a été utilisé pour améliorer la résistance à la rouille jaune. Le transfert de gènes à partir d'espèces polyploïdes d'*Aegilops* portant un génome commun avec ceux du blé s'effectue de la même manière. L'exemple le plus connu concerne le transfert du gène de résistance au piétin verse *Pch1* venant d'*Aegilops ventricosa*.

Le transfert à partir d'espèces ayant des génomes homéologues peut se réaliser par substitution d'un chromosome entier ou d'un bras chromosomique. Plusieurs variétés européennes possèdent ainsi la substitution 1B/1R du seigle ou la translocation 1BL/1RS, le bras long du chromosome 1B étant remplacé par son homéologue 1RS du seigle [7]. L'induction d'appariements homéologues dans un hybride interspécifique peut être obtenue si le parent blé ne possède pas le gène *Ph*.

Les introgressions de gènes étrangers dans le blé sont nombreuses et concernent en majorité des gènes de résistance aux maladies.

## Le progrès génétique

Il a fallu un demi-siècle (1900-1950) pour doubler les rendements moyens du blé (12 à 25 qx/ha). Il n'a fallu qu'un quart de siècle pour qu'ils doublent à nouveau. Depuis une vingtaine d'année, le rythme du gain de production d'un peu plus d'un quintal par hectare et par an n'a pas faibli.

Les gains de productivité ont, bien entendu, été réalisés grâce à l'interaction entre le progrès génétique et le progrès agronomique. Par exemple, l'emploi d'herbicides efficaces a permis des gains de rendement en l'absence de tout progrès génétique. Mais on s'est vite aperçu que l'adaptation du blé à la compétition avec les mauvaises herbes n'était plus nécessaire. Or les caractères de résistance à cette compétition, tallage fort, feuilles étalées et tiges hautes sont différents de ceux qui optimisent la compétition entre plantes de blé en peuplement pur : tallage modéré, feuilles dressées et tiges courtes.

L'élévation remarquable du niveau de rendement obtenu tient, pour une bonne part, à la capacité des nouvelles variétés à valoriser les techniques culturales intensives. Cette supériorité tient à l'acquisition d'un certain nombre de caractéristiques, en particulier de la résistance à la verse qui permet de valoriser les niveaux élevés de fertilisation azotée. Cette résistance a été acquise par une diminution progressive de la hauteur de paille par transgression. Depuis 1970, l'utilisation des gènes de nanisme issus de blés japonais et italiens a accentué le raccourcissement des pailles.

Moule [6] a montré que jusqu'en 1925 l'augmentation de rendement s'était réalisée par l'augmentation de la biomasse produite. Ensuite, le rendement en grains a augmenté essentiellement grâce à l'indice de récolte.

Le progrès génétique pour la productivité s'est accompagné par une remarquable amélioration du comportement vis-à-vis des parasites dont l'intensification des cultures favorise le développement et l'impact. A la suite des travaux de Schribaux et de Crépin, un matériel génétique remarquable pour ses caractéristiques de résistance a été créé chez le blé à l'égard du charbon, de la carie de la rouille jaune et noire plus récemment de la rouille brune, du piétin verse et de l'oïdium. Certes, la généralisation des traitements fongicides a contribué aussi largement à limiter la gravité des attaques. Mais aujourd'hui, certaines variétés permettent d'économiser un, voire deux traitements fongicides. Demain, des variétés résistantes aux virus et aux nématodes seront proposées.

Les filières d'utilisation du blé se sont diversifiées et transformées. Il y a 100 ans, le blé était presque exclusivement destiné à la fabrication de pain de manière artisanale.

Aujourd'hui le blé sert à l'alimentation animale, il est fractionné en ses composants amidon et gluten. Les techniques des industries de cuisson ont considérablement évolué, la fabrication industrielle du pain a pour conséquence la modification des caractéristiques d'adaptation des farines à cette filière ; la biscuiterie, biscotterie a des exigences très spécifiques.

Les caractéristiques des variétés se sont diversifiées, la quantité et la qualité du gluten se sont considérablement améliorées. « Vilmorin 27 » dont la force boulangère était considérée comme bonne avait un W de l'ordre de 120. Aujourd'hui, « Soissons » a un W de 240.

Le progrès génétique constaté montre que les méthodes de sélection employées ont été et sont efficaces.

De manière encore majoritaire aujourd'hui, la méthodologie de la sélection

employée consiste à créer, par hybridation artificielle entre lignées, des populations hétérozygotes puis à sélectionner par l'étude des descendance et enfin obtenir en une dizaine de générations d'autogamie des invariants génétiques nouveaux : les lignées pures.

C'est la sélection généalogique qui progressivement perfectionnée et adaptée, s'est généralisée. La sélection a lieu en même temps que l'homozygotie se réalise avec un suivi individuel de chaque descendance permettant de conserver la généalogie et de tenir compte des informations en provenance des apparentés pour réaliser la sélection.

D'autres méthodes utilisent la sélection généalogique différée. La *Single Seed Descent* (SSD) ou Filiation Unipare a pour objectif de diminuer le principal inconvénient de la sélection généalogique qui, étant très efficace sur les caractères à forte héritabilité, a pour conséquence de réduire la variabilité disponible pour sélectionner les caractères à faible héritabilité. Elle consiste à différer la sélection après quelques générations d'autofécondation en ne retenant qu'un descendant par plante F2.

La méthode Bulk consiste à différer la sélection après hybridation comme dans le cas de la Filiation Unipare, mais au cours des générations de fixation on effectue une sélection massale en appliquant des pressions de sélection pour des caractères d'importance économique.

## Perspectives

Les sélectionneurs ont régulièrement utilisé les meilleures lignées et variétés issues d'un programme de sélection comme géniteurs, avec des lignées venant d'autres programmes ou de l'extérieur pour les croisements de cycle suivant. Peu à peu, le temps entre la réalisation d'un croisement et l'utilisation des lignées qui en sont issues, s'est raccourci et actuellement beaucoup de sélectionneurs utilisent des lignées jeunes, F6 ou F5 et parfois F4 dans leurs programmes de croisements. La sélection récurrente diffère de celle-ci par une intensité de sélection plus faible, par un raccourcissement des cycles, 3 ou 4 ans, et par la réalisation d'un large intercroisement ayant parfois recours à la stérilité mâle.

Jusqu'à aujourd'hui, les variétés de blé largement cultivées sont des lignées pures. Une nouvelle augmentation du potentiel génétique de productivité en grain pourrait se réaliser grâce à l'exploitation de l'hétérosis manifesté à l'état hybride.

La fabrication de semences hybrides chez le blé suppose une modification de la biologie florale. Cette modification soit par la voie génétique, soit par la voie chimique, par un gamétocide, par stérilisation des gamètes mâles, montre que cette espèce est capable d'une adaptation à l'allofécondation. Le meilleur hétérosis « agronomique » observé est de l'ordre de 10 % à un rendement en grain proche de 100 qx/ha. Une nouvelle génération d'hybrides est en cours d'expérimentation en France et prochainement, on pourra apprécier les possibilités de développement de ce type variétal. Le facteur économique décisif sera le coût de production des semences.

L'accélération du progrès génétique peut se réaliser en obtenant des lignées pures plus rapidement que par autofécondation. L'haplodiploïdisation consiste à produire des plantes haploïdes grâce à diverses techniques à partir des gamètes mâles ou femelles à  $n$  chromosomes, puis le nombre chromosomique de ces plantes est doublé.

Chacune d'entre elles est ainsi à l'origine, en une seule étape, d'une lignée pure homozygote. L'intérêt de l'haplodiploïdisation est de raccourcir le cycle de sélection et

de disposer directement des produits de la méiose dont le stock chromosomique a été doublé. Il est clair que cette situation facilite grandement les études génétiques et le jugement des lignées. Le développement de cette technique chez le blé dépend de la fréquence d'obtention de plantes haploïdes doublées. Actuellement, le prix de revient d'une lignée pure de blé par cette méthode est encore trop élevé.

L'accélération du progrès génétique peut aussi se réaliser en étant plus précis dans la sélection. Le marquage biochimique et moléculaire des caractères peut constituer un outil d'autant plus précieux pour le sélectionneur que le caractère est difficile à sélectionner. C'est ainsi que le gène majeur de résistance au Piétin verse *Pch1* est lié à la forme B de l'endopeptidase Ep D1. Bientôt d'autres caractères qualitatifs puis quantitatifs seront marqués de manière moléculaire.

Afin d'obtenir une carte moléculaire aussi saturée que possible du génome du blé, différents pays collaborent au sein de l'ITMI (*International Triticum Mapping Initiative*) pour identifier des marqueurs moléculaires des caractères tout au long des chromosomes par la technique RFLP.

A plus long terme, la variabilité du blé pourra être élargie en utilisant de l'ADN étranger [2]. Actuellement, on ne connaît pas de système complètement opérationnel de transformation chez le blé mais sans nul doute, ce sera possible dans quelques années. Déjà de l'ADN a été introduit dans des protoplastes de blé par électroporation mais la régénération de plantes à partir de protoplastes transformés reste à mettre au point.

## Références

1. Bonjean A, Picard E (1990). *Les céréales à paille*. Softword/ITM.
2. Doussinault G, Kaan F, Lecomte C, Monneveux P (1992). Les céréales à paille. In : Gallais A, Bannerot H eds. *Amélioration des espèces végétales cultivées*. INRA Editions : 13-71.
3. Jonard P (1951). Les blés tendres (*Triticum vulgare will*) cultivés en France. INRA-Paris.
4. Lupton FGH (1987). Wheat breeding, its scientific basis. Chapman and Hall Ltd-London.
5. Mayer R (1962). L'amélioration des plantes en France. Numéro hors série des *Ann Amel Plantes*, vol. 12.
6. Moule C (1994). Rendement en grain et biomasse produite chez le blé tendre d'hiver, effets de la sélection au cours de la première moitié du siècle. *CR Acad Agric France* (sous presse).
7. Zeller FJ (1973). 1B/1R Substitutions and translocations. In : Proc Fourth Int Wheat Genet Symp Univ of Missouri Co : 209-221.