

M. RENARD, M. LEFORT-BUSON, P. ROUSSELLE, C. PRIMARD, J. MORICE  
INRA - Station d'Amélioration des Plantes  
Domaine de la Motte au Vicomte - BP : 29 - 35650 LE RHEU

et G. DARROZES

Etablissements RINGOT - 59930 LA CHAPELLE D'ARMENTIERES

En France, les programmes de recherche sur la sélection du colza (*B. napus* L.) ont connu un essor important ces dernières années. Les moyens mis en oeuvre par l'INRA, les Etablissements RINGOT, les organisations professionnelles (CETIOM, PROMOSOL) et certains organismes de recherche (CNRS, Universités) se sont concrétisés par la création de variétés répondant aux impératifs économiques et par le développement de nouveaux axes de recherche relatifs à la méthodologie de la sélection.

Il a semblé utile de dresser un bilan de la situation actuelle en matière de sélection du colza oléagineux, en présentant et discutant les points suivants :

- la création de lignées par sélection généalogique et rétrocroisements ;
- les méthodes conduisant à une meilleure exploitation de la variabilité ;
- les informations disponibles quant aux choix du type variétal et de la méthode de sélection.

Bien que certains problèmes ne soient pas encore résolus, les bases d'un schéma de sélection récurrente assurant la conservation de la variabilité génétique et l'amélioration du matériel de base peuvent être établies dès maintenant.

## 1 - CREATION DE LIGNEES

### 1.1. - Sélection généalogique et amélioration de la productivité et des facteurs de régularité du rendement

La prédominance de l'autogamie chez le colza et son comportement à l'autofécondation ont conduit les sélectionneurs français à lui appliquer une sélection généalogique (SG) avec autofécondation à chaque génération. Au départ, la SG a porté sur les différentes populations existantes puis sur les croisements entre les meilleures lignées sélectionnées. Les autofécondations sont poursuivies jusqu'en F8. Le jugement des lignées est effectué en pépinières à chaque génération et en essais dès la F5. Les meilleures F6 sont ensuite comparées dans un réseau expérimental regroupant l'INRA, les Ets RINGOT et le CETIOM.

Depuis 25 ans la SG a porté principalement sur les caractères quantitatifs suivants : rendement, teneur en huile, précocité, résistance à la verse et à Phoma Lingam. Depuis l'inscription en 1962 de la première lignée Sarepta, l'augmentation de rendement a été de l'ordre de 35 à 40 %.

## 1.2. - Rétrocroisements et amélioration de la qualité

Le déterminisme simple des caractères qualitatifs à sélectionner (acide érucique et glucosinolates) a conduit, dans un premier temps, à mettre en oeuvre des schémas de rétrocroisements successifs pour transférer les quelques gènes favorables dans des lignées déjà améliorées au plan de leurs caractéristiques agronomiques.

Le schéma de rétrocroisements avec sélection des gènes e1 et e2 à l'état hétérozygote a été appliqué pour l'obtention de toutes les lignées sans acide érucique (0+) inscrites au catalogue depuis 1973.

Différents schémas ont été utilisés successivement pour abaisser la teneur en glucosinolates (test cross, autofécondation ou haplodiploïdisation sur génotypes présumés gi/Gi). Le programme de conversion en (00) de la lignée Jet neuf a abouti à l'obtention de deux lignées (JN332 et JN404) dont la productivité et la résistance à P. lingam sont au moins équivalentes à celles de la lignée récurrente dans les zones Nord et Centre de la France.

## 1.3. - Choix des critères de sélection

Les principaux critères étudiés, outre le rendement, concernent :

- la croissance et le développement avec la recherche d'une meilleure vigueur au départ et à la reprise de végétation, d'une floraison raccourcie et d'une taille réduite ;
- la physiologie avec l'amélioration de la résistance à la sécheresse (VARTANIAN), l'étude de l'activité photosynthétique (GOSSE) et de l'élaboration du rendement (LETERME, ROLLIER, TRIBOI) ;
- la résistance aux parasites dont Phoma lingam, Sclerotinia Sclerotiorum, Alternaria brassicae et brassicicola dont l'étude exige au départ la mise au point de techniques d'inoculation (BRUN) ;
- la résistance aux triazines trouvée chez B. campestris qui peut facilement être transférée au colza par rétrocroisements dans la mesure où le caractère est à déterminisme cytoplasmique ;
- la qualité de la graine pour la richesse en huile et/ou en protéines, l'absence d'acide érucique (0+) et la faible teneur en glucosinolates (00).

## 2 - METHODES PROPRES A UNE MEILLEURE EXPLOITATION DE LA VARIABILITE

L'amélioration génétique de l'espèce sera d'autant plus efficace que la variabilité disponible sera grande. Plusieurs techniques conduisant à un accroissement et à une meilleure exploitation de la variabilité ont été développées.

### 2.1. - Croisements interspécifiques

Certains croisements nécessitent l'utilisation de la culture d'embryons ou d'ovaires. Deux objectifs sont poursuivis :

- introduction de caractères à déterminisme nucléaire dont la résistance aux maladies ; des croisements avec les Moutardes (B. nigra, B. juncea et B. carinata) résistantes à P. lingam au stade plantule sont suivis ;
- création de lignées alloplasmiques pour induire une stérilité mâle génocytosplasmique (SMC) ou introduire chez le colza un caractère cytoplasmique présent chez une autre espèce (résistance aux triazines).

### 2.2. - Fusion de protoplastes

Les techniques d'isolement de protoplastes de colza permettent maintenant la régénération de plantes entières : le taux de régénération est dans les meilleurs cas de 10 % des colonies formées.

La fusion somatique permet d'obtenir des plantes à cytoplasme hybride présentant de nouvelles associations de caractères cytoplasmiques. Ainsi dans le cas de la SMC d'origine Radis, des plantes mâle-stériles vertes ont été sélectionnées (PELLETIER) après recombinaison des caractères cytoplasmiques de déficience chlorophyllienne à contrôle chloroplastique et de SMC à contrôle mitochondrial (VEDEL). La technique de fusion de protoplastes pourra être utilisée pour la recherche de nouvelles combinaisons nucléocytoplasmiques.

### 2.3. - Culture d'anthères et haplodiploïdisation

La technique utilisée est celle de W. KELLER légèrement modifiée. En fonction de l'état physiologique de la plante et du génotype, le nombre d'embryons pour 100 anthères mises en culture varie de 0 à 300. Le niveau de ploïdie est très variable ( $n$ ,  $2n$ ,  $3n$ ,  $4n$ ...). Le doublement des haploïdes reste une étape contraignante. Les haploïdes doublés spontanément présentent en général une descendance homogène, sauf dans le cas de plantes  $2n$  issues de gamètes non réduits. Bien que la technique nécessite encore quelques améliorations, l'haplodiploïdisation (HD) peut déjà être introduite dans la sélection du colza : création rapide de matériel homozygote à partir de populations ou de croisements, estimation de la valeur en lignées d'un génotype, étude du déterminisme de certains caractères, sélection in vitro pour la résistance à certains parasites...

## 3 - CHOIX DU TYPE VARIETAL ET DE LA METHODE DE SELECTION

### 3.1. - Type variétal

La découverte de systèmes de stérilité mâle cytoplasmique chez le colza permet d'envisager la production de semences hybrides.

#### 3.1.1. - Estimation de la vigueur hybride

Les résultats ont été estimés à partir d'un grand nombre d'hybrides F<sub>1</sub> de colza d'hiver, testés en 1979 et 1981. En moyenne, les hybrides ont un rendement et un développement foliaire au début floraison significativement supérieurs au meilleur de leur parent, mais ils sont plus sensibles à la verse que les lignées. La variabilité génétique autour des valeurs moyennes est importante : 10 % des hybrides ont un rendement supérieur de plus de 25 % à la lignée Jet neuf.

#### 3.1.2. - Caractéristiques des systèmes de stérilité mâle génocytoplasmiques

La stérilité révélée par le cultivar Bronowski n'est pas totale : une petite quantité de pollen a été mise en évidence chez les plantes mâle-stériles. La sélection porte en priorité sur la recherche de bons mainteneurs d'une stérilité mâle plus complète, la restauration de la fertilité ne posant pas de problèmes.

Le système issu du radis donne des plantes dont la stérilité mâle est très stable. Mais elles sont déficientes en chlorophylle et aucun gène de restauration n'a été trouvé dans l'espèce colza. L'introgession des gènes de restauration existants chez le radis dans les colzas mâle-stériles non déficients issus de fusion somatique est en cours de réalisation.

Plusieurs possibilités de diversification des sources de stérilité mâle sont envisagées :

- des croisements interspécifiques ont été réalisés entre différentes moutardes (B. nigra, B. carinata, B. juncea) et B. napus pour induire une stérilité ; les descendances des croisements sont sélectionnées pour la stérilité et la restauration ;

- des systèmes fournis par des chercheurs étrangers (SHIGA, DICKSON, HINATA) sont en cours d'étude.

### 3.1.3. - Pollinisation

L'abeille domestique est le pollinisateur essentiel du colza. Les plantes mâle-stériles de type "radis" sont convenablement pollinisées malgré leurs faibles sécrétions nectarifères (MESQUIDA) : une production de semences d'environ 50 % du témoin fertile peut être obtenue avec des dispositifs en bandes alternées de 3 m comprenant 2 bandes de plantes fertiles pour 14 de plantes stériles. L'étude sera reprise avec des plantes mâle-stériles vertes issues de fusion somatique dont les nectaires sont plus développés.

### 3.2. - Méthode de sélection

L'efficacité d'une méthode de sélection peut être raisonnée en termes de gain génétique par unité de temps et de moyens, celui-ci étant fonction entre autres de la variabilité génétique de la population. Ceci a motivé quelques études sur la variabilité chez les lignées et les hybrides.

#### 3.2.1. - Lignées

La SG implique un choix arbitraire au niveau de la génération F2 ; celui-ci peut entraîner une perte de matériel puisqu'il est opéré d'une part sur des plantes individuelles très influencées par les conditions de milieu et d'autre part à une génération encore fortement hétérozygote. Une sélection portant sur des plantes plus avancées dans le processus de fixation doit conduire à une meilleure exploitation de la variabilité génétique disponible en F2. La comparaison de quelques méthodes, sélection généalogique, single seed descent (SSD) et haplodiploïdisation (HD) précoce ou tardive, sera effectuée à partir du matériel issu de quelques combinaisons hybrides F1 [0+] ou [00].

#### 3.2.2. - Hybrides

La décomposition de la variabilité génétique en termes d'aptitude générale et spécifique à la combinaison (respectivement A.G.C. et A.S.C.) dans la population de lignées souligne l'importance relative de la variabilité liée aux effets d'A.G.C. sur celle liée aux effets d'A.S.C., pour la majorité des caractères. La valeur d'A.G.C. étant corrélée positivement à la valeur propre des lignées dans la population, la sélection pour la valeur hybride pourrait porter simultanément sur ces 2 paramètres.

L'étude des variétés pseudo-hybrides et synthétiques serait intéressante dans l'hypothèse d'un accroissement du taux naturel de fécondation croisée dû à l'utilisation d'un système de stérilité mâle imparfait du type Bronowski par exemple. La sélection des variétés pseudo-hybrides serait du même type que celle des hybrides ; celle des variétés synthétiques imposerait de définir les nombres de constituants et de générations de multiplication.

## 4 - DISCUSSION

Les résultats présentés dans la première partie soulignent l'efficacité de la SG pour les caractères quantitatifs et l'intérêt de la méthode des rétrocroisements dans la conversion des lignées pour des caractères à déterminisme simple. La comparaison du gain génétique obtenu par SG à celui obtenu par SSD ou HD devrait cependant conduire à un choix plus raisonné de la méthode de sélection pour la création de lignées.

L'obtention d'un système de stérilité mâle fonctionnel conduira à la production de variétés hybrides à moyen terme. Mais l'intérêt de cette production sera discuté à long terme, l'analyse génétique de l'hétérosis ayant révélé que celui-ci pourrait être "fixé" dans les lignées.

Quelle que soit la méthode de sélection, son succès est conditionné par la variabilité exploitable dans le matériel : celle-ci est très réduite chez les géniteurs [00]. Il est donc nécessaire d'élargir rapidement la base génétique de ce

matériel par :

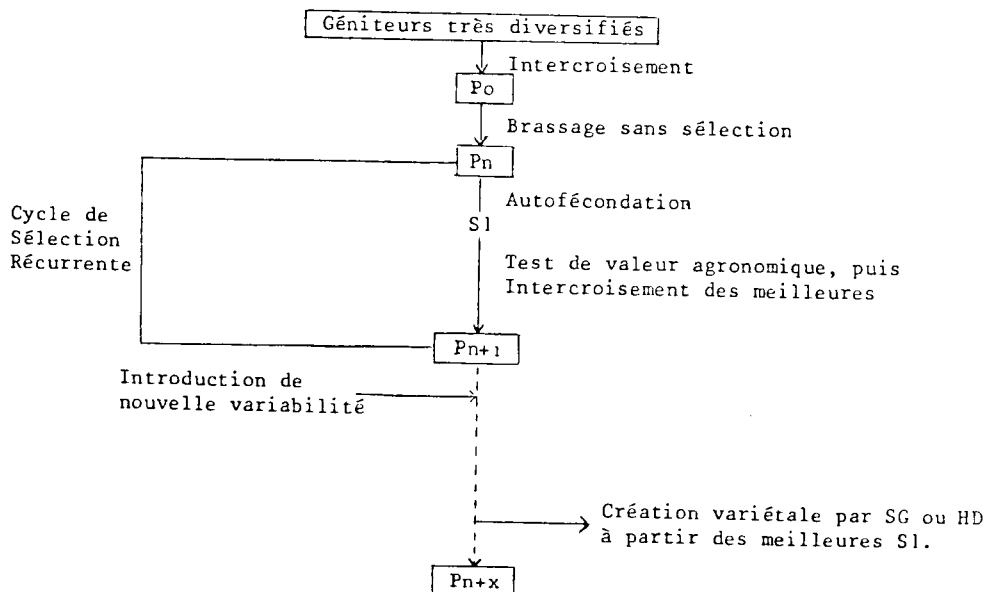
- la conversion par rétrocroisements de plusieurs lignées ++ en 00 , qui seront ensuite intercroisées et serviront de base à une sélection classique ;
- l'introduction progressive du caractère 00 dans une population à base génétique large.

La première démarche, d'autant plus efficace qu'on pourra limiter le nombre de générations de rétrocroisements, ne peut être appliquée que sur un nombre limité de lignées : elle se justifie dans le cadre de la création variétale à court terme. On pourra aussi utiliser judicieusement l'HD pour sélectionner avec une fréquence plus élevée les gènes "gi" et fixer rapidement les lignées.

La création et le maintien d'une population à base génétique large, limitant la perte de variabilité, posent le problème du transfert d'un caractère à déterminisme simple dans une population. Des cultivars d'origine et de valeur agronomique très diverses seront rassemblés puis intercroisés selon un schéma pyramidal ou en anneau : ils constitueront la population de départ  $P_0$ , qui sera brassée sans sélection pendant  $n$  générations pour favoriser les recombinaisons. Le maintien de la variabilité et l'amélioration de la population  $P_n$  ainsi obtenue seront assurés par sélection récurrente 'SR'. Dans le cas de la création de lignées, par exemple, chaque cycle de SR comprendra (Figure 1) :

- une génération d'autofécondation ( $S_1$ ) ;
- un test de valeur agronomique sur  $S_1$  ; la valeur agronomique sera estimée par un index de sélection ;
- une génération d'intercroisement des  $S_1$  sélectionnées conduisant à la population  $P_{n+1}$ .

FIGURE 1 : SCHEMA DE LA SELECTION RECURRENTTE



Au cours des cycles de sélection, la fréquence des allèles favorables et par conséquent la valeur en lignées de la population augmenteront. De nouveaux géniteurs pourront être régulièrement introduits dans la population pour accroître la variabilité, et des lignées pourront être créées par SG ou HD à partir des meilleures S1.

Dans le cas d'une sélection pour la valeur hybride, le schéma doit être adapté en fonction des contraintes propres à la stérilité-mâle utilisée. La sélection portera sur 2 populations en sélection récurrente réciproque, avec un test d'aptitude à la combinaison pratiqué sur les S1.

L'utilisation d'une stérilité monogénique faciliterait la réalisation de l'intercroisement après sélection et du test d'aptitude à la combinaison. Le transfert de ce gène complique le schéma d'obtention de Po, du fait de la nécessité de diversifier les cytoplasmes et d'abaisser la fréquence du géniteur stérile dans la population.

Dans le cas de la sélection de lignées (00), on envisage d'appliquer le même schéma de SR avec un matériel (Ao) peu diversifié mais dans lequel la fréquence des gènes "gi" est très élevée. L'amélioration simultanée des 2 populations, An et Pn', et la sélection de l'une vis-à-vis de l'autre permettront d'élargir très progressivement la variabilité du matériel (00) par :

- l'introduction de la diversité allélique de Pn' dans An, avec maintien de la fréquence élevée des gènes "gi" ;
- l'introduction des gènes "gi" de An dans Pn', avec conservation de la variabilité génétique de Pn'.

Ainsi, l'amélioration de ces populations sera fonction du type variétal à créer ; elle sera d'autant plus efficace que l'on progressera dans la connaissance et l'utilisation des techniques permettant d'exploiter au mieux la variabilité.