

Situation actuelle de la sélection du colza en France

Michel RENARD

INRA - Centre de Recherches de Rennes - Station d'Amélioration des Plantes
B.P. 29 - 35650 Le Rheu

Pendant ces dix dernières années, la sélection du colza a connu un essor important en France aussi bien dans le secteur public que privé. Le nombre de firmes privées directement impliquées dans ces travaux de recherches n'a cessé de croître d'année en année: SERASEM qui a joué un rôle de pionnier, puis CARGILL et RUSTICA et plus récemment MOMONT ... La sélection a été orientée vers la création de lignées double-zéro, l'exploitation de la vigueur hybride par la sélection d'hybrides F1. Mais, elle porte de plus en plus sur l'amélioration des facteurs de régularité du rendement.

Les résultats qui seront présentés ci-dessous concernent principalement les programmes développés à l'INRA en collaboration avec la recherche privée, le CNRS et certaines Universités.

I - CREATION DE LIGNEES DOUBLE-ZERO

Une seule variété double-zéro de colza d'hiver est actuellement inscrite au catalogue français. Il s'agit de la lignée Darmor inscrite en 1984 et obtenue à partir d'un croisement entre Bronowski et Jet Neuf suivi de trois rétrocroisements avec Jet Neuf (Renard et al., 1983). Depuis 1982 cette lignée double-zéro s'est très bien comportée par rapport à Jet Neuf dans toutes les zones de production française (102%) en dehors du Sud-Ouest, en grande partie à cause de sa tardiveté (tableau 1). Sur plusieurs années, sa teneur en glucosinolates aliphatiques a été estimée à environ 21 micromoles en production de semences et à 26 micromoles en essais multiloaux (tableau 2), soit respectivement 25% et 31% du témoin Jet Neuf. Darmor présente également un très bon niveau de résistance vis-à-vis de la Nécrose du collet (tableau 3) et de la Cylindrosporiose (tableau 4).

Ces dernières années, la sélection française s'est orientée vers la création de lignées "OO" à plus faible teneur en glucosinolates par sélection généalogique (SOO2, DCH1, MLCHOO1, DCH4) ou par rétrocroisement avec Bienvenu (BOO1). Les résultats obtenus en 1988 ont montré que cette nouvelle génération de double-zéro apporte un gain significatif en matière de productivité et d'abaissement de la teneur en glucosinolates par rapport à Darmor (tableau 5). Cet effort de sélection devrait ainsi se concrétiser par l'inscription de nouvelles variétés "OO" en 1989.

La production d'haploïdes doublés par culture d'anthères est actuellement utilisée en routine par les sélectionneurs français. Elle permet de raccourcir le cycle de fixation et de sélection de lignées "OO" à partir de croisements ou de populations "OO". En effet, pour sélectionner de nouvelles lignées, il faut compter environ 8 ans par sélection généalogique et 4 ans par haplodiploïdisation. On peut donc s'attendre à voir arriver sur le marché, dans les prochaines années, des variétés haploïdes doublés "OO".

Parallèlement à ces travaux de création variétale, une étude originale est réalisée sur la caractérisation et la variabilité génétique des esters de choline dont la sinapine (Coll. F. Larher, Physiologie Végétale, Univ. Rennes I). De plus, il est envisagé d'orienter notre programme vers la modification de la composition en acides gras de l'huile afin d'élargir des débouchés: abaissement de la teneur en acide linoléique, augmentation des teneurs en acide érucique ou oléique (Coll. J.C. Kader, Physiologie Cellulaire, Univ. Pierre et Marie Curie; G. Pelletier, biologie cellulaire, INRA Versailles; M. Delseny, Physiologie Végétale, CNRS, Univ. Perpignan).

Tableau 1: Rendement de Darmor (% de Jet Neuf) de 1982 à 1988
(réseau CETIOM)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Moyenne
Nord	105,0	96,4	100,1	109,2	101,6	98,7	112,3	103,3
Nord-Est	101,9	104,4	101,5	109,2	99,9	97,8	111,1	103,7
Centre-Est	101,6	-	98,3	110,2	105,0	96,7	114,2	104,3
Centre-Ouest	106,3	87,8	99,0	105,7	105,7	100,9	119,2	103,5
Ouest-Atlantique	94,2	104,8	98,7	103,7	103,6	100,9	105,4	101,6
Sud-Ouest	84,1	96,6	99,7	99,4	90,8	-	99,2	95,0
Sud-Est	95,6	105,5	99,6	94,6	114,5	96,1	115,0	103,0

Tableau 2: Teneurs moyennes en glucosinolates aliphatiques de Darmor
dans les essais CTPS et en production de semences
(micromoles/g de graines entières à 7% d'eau)

Origine des échantillons	Variétés	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Moyenne (% de Jet Neuf)
Essais (CTPS)	Jet Neuf	71	81	96	75	-	88	93	84 (100)
	Darmor	27	22	28	21	-	21	37	26 (31)
Multipli-cation (SEMASOL)	Darmor	-	-	26	24	19	15	22	21 (25)

Tableau 3: Comportement de Darmor vis-à-vis de la Nécrose du collet dans les essais CTPS
Note de 0 (sain) à 9 (très attaqué)

Lignées	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Moyenne
Jet Neuf(R)	2,1	1,7	1,2	1,2	1,9	2,1	1,7
Primor (S)	4,8	3,9	5,2	3,9	5,3	3,8	4,5
Darmor	1,1	1,9	1,3	1,3	2,1	2,3	1,7

Tableau 4: Comportement de Darmor vis-à-vis de la Cylindrosporiose
Note de 0 (sain) à 9 (très attaqué) - (Brun et al., 1989)

Variétés	Feuilles	Tiges	Siliques
Jet Neuf (S)	3,1	5,5	4,7
Bienvenu (R)	0,6	1,3	2,0
Darmor	0,4	0,9	1,9

Tableau 5: Comportement de SOO2 et BOO1 dans les essais CTPS (1988)

Variétés	Rendement (% de Darmor)	Huile (%)	Glucosino- lates (micromoles/g de graines)	Cylindrospo- riose 0 (sain) à 9 (attaqué)
Darmor	100 (32 q/ha)	44,8	40	3,0
Bienvenu	108	46,9	65	2,7
Jet Neuf	83	42,9	97	8,5
SOO2	99	47,0	10	3,0
BOO1	104	47,3	15	2,8

II - EXPLOITATION DE LA VIGUEUR HYBRIDE

L'intérêt des hybrides F1 démontré au départ à partir de combinaisons entre lignées riches en acide érucique d'origine européenne ou asiatique, a été confirmée par l'étude de combinaisons "00" de colzas d'hiver et de printemps (tableau 6).

La production de tels hybrides F1 dépend encore de la mise au point d'un système de contrôle de la pollinisation croisée sachant que le taux de fécondation croisée chez le colza n'est que d'environ 20%.

Certains sélectionneurs s'intéressent à l'application de l'auto-incompatibilité, mais la plupart ont engagé des moyens importants dans l'obtention d'un système de stérilité mâle cytoplasmique (S.M.C.). Actuellement, aucun système n'est réellement exploitable dans la mesure où l'on se heurte aux difficultés suivantes (tableau 7; coll. R. Delourme, Amélioration des plantes, INRA, Le Rheu):

- absence de bons restaurateurs dans le système "jun";
- instabilité de la stérilité mâle au cours de la floraison de la plante avec les systèmes "poi" et surtout "nap";
- faibles sécrétions nectarifères pour "nig" et "mur";
- stérilité femelle partielle soit des plantes mâle-stériles (systèmes "nig" et "mur") soit des hybrides F1 restaurés (système "ogu").

Les chercheurs de l'INRA ont avant tout porté leurs efforts sur l'amélioration du système "ogu":

- fusion de protoplastes (Pelletier et al., 1983) qui a permis d'obtenir des hybrides cytoplasmiques (Cybrides) originaux non déficients chlorophylliens et avec des nectaires beaucoup plus développés;
- croisements interspécifiques avec des *Raphanobrassica* pour la sélection de restaurateurs

(Delourme, 1987; Pellan-Delourme et Renard, 1988).

Les différents cybrides sont suivis depuis quelques années dans différents programmes concernant:

- les dispositifs en bandes alternées pour la production de semences hybrides (coll. J. Mesquida, Zoologie, INRA Le Rheu); les premiers résultats obtenus en colza d'hiver avec le cybride 27 très nectarifère (tableau 8), confirment l'importance des sécrétions nectarifères sur la pollinisation des lignées mâle-stériles (Mesquida et al., 1987);

- l'effet du cytoplasme sur la valeur agronomique; certains cybrides mâle-stériles présentent une meilleure productivité (tableau 9), d'où l'idée d'exploiter les descendances issues de croisements interspécifiques ou de fusions de protoplastes dans la création de lignées alloplasmiques mâle-stériles ou mâle-fertiles;

- l'étude de variétés dites mixtes (Coll. J. Mesquida) qui correspondent à un mélange d'hybrides F1 mâle-stérile et de lignées parentales pollinisatrices. Les résultats sur colza de printemps (Renard et Mesquida, 1987) et d'hiver (tableau 10) sont très encourageants. Une expérimentation multilocale d'une variété à 10% est en cours en 1989. Si les bons résultats obtenus jusqu'à maintenant, avec seulement 10% de pollinisateurs, sont confirmés, il sera possible d'une part de produire des semences hybrides en mélange en associant la SMC et la résistance à un herbicide, d'autre part de valoriser les systèmes de SMC "ogu" en "jun" sans restaurateurs;

- la caractérisation génétique et moléculaire (Pelletier et al., 1987).

Les équipes de Versailles et de Rennes s'intéressent également à la mise au point de techniques de transfert rapide de cytoplasmes induisant la stérilité mâle d'un donneur dans une lignée mâle-fertile sélectionnée pour sa bonne aptitude à la combinaison.

Différentes sources de stérilité mâle génique sont étudiées principalement pour l'application dans des schémas de sélection récurrente de population 00 afin de faciliter le brassage du matériel après chaque génération de sélection. Ce programme de recherches porte surtout sur les systèmes Takagi (récessive) et Fang (dominante).

L'ensemble du matériel mâle-stérile est en cours de caractérisation du point de vue sécrétion nectarifère (Mesquida et al., 1988; coll. M. Pham. Delegue, INRA Bures-sur-Yvette), moléculaire (Vedel et al., 1987) et ultrastructural en microscopie électronique (Gourret et al., 1987).

Tableau 6: Gains de rendement apportés par les meilleurs hybrides expérimentaux (1983 à 1988)

		Témoin	Rendement maximum (% du témoin)
Colza d'hiver	Ensemble des hybrides hybrides "00"	Bienvenu	125
			112
Colza de printemps	Ensemble des hybrides hybrides "00"	Brutor	122
			122

Tableau 7: Caractéristiques des différents systèmes de stérilité mâle cytoplasmique étudiés chez le colza (R. Delourme, com.pers.)

Origine du cytoplasme (nom du système)	Origine des mainteneurs	Origine des restaurateurs	Stabilité de la stérilité mâle	Sécrétions nectarifères	Fertilité femelle des mâle-stériles	Fertilité femelle des hybrides restaurés
B. napus (nap)	B. napu cv "Bronowski" cv "Isuzu.Natane"	B. napus	- -	+	+	+
Polima (pol)	B. napus	B. napus cv "italy"	-	+	+	+
B. nigra (nig)	B. oleracea var. Italica	B. napus	+/-	-	-	+
B. juncea (jun)	B. napus	-	+/-	+	+	+
D. muralis (mur)	B. napus cv "Mangua"	B. napus	++	-	-	+
R. sativus (ogu)	B. napus	Raphano-brassica	+++	-	+	-
. Cybrides	B. napus	Raphano-brassica	+++	+	+	+/-

Tableau 8: Taux de nouaison (TN), nombre de graines par silique (NGS) et rendement (RDT) dans un dispositif de production de semences d'une lignée mâle-stérile avec le cybride 27 - (1988)

	Distance (m)	TN %	NGS	RDT (q/ha)
Bande mâle	0,0	88	20,5	36,4
Première bande femelle	0,7	85	19,2	37,0
Dixième bande femelle	14,2	75	14,2	34,0
vingtième bande femelle	29,2	82	11,0	27,0

Tableau 9: Rendement de lignées alloplasmiques mâle-fertiles (F) et mâle-stériles (S)

Lignées	Cytoplasmes	Fertilité mâle	Rendement (q/ha)	Rendement (% du témoin T)
Brutor (1986)	Colza (T)	F	24,1	100
	Cybride 27	S	26,2	109
	Cybride 58	S	28,0	116
Brutor (1988)	Colza (T)	F	22,0	100
	Cybride 27	S	25,1	114
	Cybride 58	S	26,6	121
Darmor (1987)	Colza (T)	F	40,4	100
	Cybride 27	S	44,0	109

Tableau 10: Comparaison de Darmor mâle-stérile (cybride 58) avec Darmor mâle-fertile en culture mixte

% de pollinisateurs	Taux de nouaison (%)		Nombre de graines par silique		Poids de graines par plante (g)	
	Darmor	Cybride 58 (% de Darmor)	Darmor	Cybride 58 (% de Darmor)	Darmor	Cybride 58 (% de Darmor)
5%	83	106	16,4	94	10,6	208
10%	88	94	16,3	91	7,6	171
20%	90	91	18,5	98	11,8	114
30%	88	97	17,4	99	14,7	131

III - AMELIORATION DES FACTEURS DE REGULARITE DU RENDEMENT

1) Résistance aux herbicides

La sélection des lignées résistantes aux herbicides permettrait de:

- mieux désherber les cultures de colza (cru-cifères adventices);

- contrôler les repousses d'anciennes lignées de colza dans les champs de variétés améliorées pour la qualité de la graine (double-zéro, teneurs élevées en certains acides gras tels que l'acide érucique, l'acide oléique);

- mieux maîtriser les schémas de production de semences hybrides (production en mélange, contrôle de la pureté des lots, destruction des plantes non hybrides).

Pour obtenir de telles lignées, différentes voies de recherche sont développées (tableau 11):

- exploitation de la résistance aux triazines trouvée chez une navette. Cette résistance à contrôle chloroplastique a été transférée, par rétrocroisements ou par fusion de protoplastes, à différentes lignées mâle-fertiles et mâle-stériles. Les différentes combinaisons étudiées jusqu'à maintenant présentent une baisse de rendement de 15% à 20% par rapport à la lignée mâle-stérile sensible aux triazines;

- transfert de gènes clonés dans des plantes supérieures ou des micro-organismes, par électroporation ou avec *A. tumefaciens*. Dans l'équipe de G. Pelletier, Guerche (1988) a récemment régénéré des colzas de printemps résistants au chlorsulfuron par électroporation; en 1989, ces techniques seront appliquées à des lignées "00" de colza d'hiver (Coll. Plant Genetics Systems et Dupont de Nemours). De plus, dans le cadre d'un programme Communautaire BAP, l'INRA en collaboration avec P.G.S. a décidé d'utiliser le gène de résistance à la phosphinotricine afin d'étudier les risques de transfert de ce gène d'un colza transgénique à des espèces adventives (Coll. A.M. Chèvre, cytogénétique, INRA Le Rheu et H. Darmency, Malherbologie, INRA Dijon) et d'appré-

hender la dispersion du pollen (distances d'isolement nécessaires à la production de semences de colza mâle-stériles et mâle-fertiles);

- la mutagenèse sur graines et sur microspores.

2) Résistance à la verse

Un gène de nanisme a été sélectionné par mutagenèse chimique (MSE) appliquée à la lignée Primor. Les premières descendances naines obtenues à partir d'un croisement avec Jet Neuf sont plus productives que les lignées parentales (tableau 12). Ce gène est en cours de transfert par rétrocroisements à différentes lignées "00" afin de pouvoir comparer entre elles les lignées isogéniques "naines" et "hautes" (Coll. A.M. Triboï, Agronomie, INRA Clermont-Ferrand).

Ce matériel court aurait pour intérêts:

- une plus grande résistance à la verse;
- une meilleure valorisation de l'azote;
- la possibilité de réaliser des traitements tractés à tous les stades de la culture;
- une exploitation plus large de la variabilité par la création d'hybrides F1 plus courts.

Tableau 11: Résistances aux herbicides susceptibles d'être transférées au colza

Herbicides	Origine de la résistance	Méthode de sélection
Triazine	Chloroplastes de <i>Brassica campestris</i>	- rétrocroisement - fusion de protoplastes
Sulfonylurées	Plantes supérieures	- transfert de gènes
Glyphosate	Micro-organismes et plantes supérieures	- mutagenèse
Phosphinotricine	Micro-organismes	

Tableau 12: Comportement d'une lignée "Naine" de colza

Lignées	Hauteur (cm)	Rendement (% de Jet Neuf)	
		1987	1988
Jet Neuf	150	100 (38,4 q/ha)	100 (25,4 q/ha)
Primor	150	100	99
"Naine"	70	108	114

3) Résistance aux parasites (Coll. H. Brun, Pathologie Végétale, Inra le Rheu)

Du fait de l'accroissement des surfaces en colza, les problèmes parasitaires sont apparus de plus en plus importants. Selon les agents pathogènes considérés, les solutions génétiques sont à échéance plus ou moins proche.

a) *Nécrose du collet*

La sélection vise à exploiter la variabilité intra-spécifique du colza pour la résistance au stade adulte et la variabilité inter-spécifique pour améliorer le niveau de résistance au stade jeune plante (des moutardes). La résistance est estimée soit au champ en contamination semi-artificielle par épandage de collets infestés soit en enceinte de culture par inoculation artificielle des cotylédons ou de la tige avec des pycniospores.

Un programme important a été mis en place pour tenter de transférer la résistance des moutardes au colza:

- sélection de lignées résistantes à partir d'un croisement *B. napus* x *B. juncea* (Roy, 1984);
- création de lignées d'addition colza-moutarde noire (Jahier et al., 1987).

L'ensemble de ce matériel fait l'objet d'études cytogénétiques et biochimiques (Coll. A.M. Chèvre, Cytogénétique, INRA Le Rheu) et sera caractérisé au niveau des phytoalexines (Coll. J.P. Bousquet, Pathologie Végétale, INRA Versailles; Rouxel, 1988).

b) *Sclerotinia*

Les essais en contamination naturelle ont souligné l'importance de la précocité des variétés sur le niveau d'attaque et donc sur le classement variétal. Des tests en contamination artificielle ont donc été mis au point (Brun et al., 1987).

Sur plusieurs années, ces tests ont montré le meilleur comportement de certains cultivars japonais (tableau 13) par rapport aux variétés européennes. Les possibilités d'exploitation de cette résistance partielle seront estimées à l'aide d'haploïdes doublés issus de croisements entre ces géniteurs et les lignées "00" européennes.

D'autre part, des plantes apétales, ayant été sélectionnées dans les descendances d'un programme de stérilité mâle cytoplasmique (système "nig") et les pétales étant nécessaires à la contamination sur feuilles, un programme de sélection de colzas sans pétales a été mis en place.

c) *Cylindrosporiose*

La sélection de lignées résistantes est réalisée au champ en pépinière ou en essais en contamination semi-artificielle avec des tiges infestées. Cette méthode efficace devrait être introduite au CTPS. La variabilité génétique chez le colza permet d'espérer une amélioration encore significative du niveau de résistance. Cependant, pour juger de la durabilité de cette résistance, il serait souhaitable d'effectuer des essais variétaux dans différentes régions (conditions climatiques et inoculum différents).

d) *Alternaria*

Les variétés actuelles sont moyennement résistantes à *Alternaria brassicae*. Mais, un niveau supérieur de résistance a été mis en évidence chez *Sinapis alba* (Brun et al., 1987; tableau 14) sur cotylédons et sur siliques en contamination artificielle. Le transfert de la résistance de la moutarde blanche au colza est actuellement tenté (Primard et al. 1988).

La culture de microspores sera également utilisée dans la recherche de mutants résistants à la toxine d'*A. brassicae* (Coll. F. Larher, Physiologie Végétale, Univ. Rennes I).

Tableau 13: Comportement de quelques génotypes de colza vis-à-vis de *S. sclerotiorum* (Brun et al., 1989)

Lignées	Pays d'origine	% de plantes attaquées (Arcs $\sqrt{\%}$)
Kid	France	35
Hokkaido	Japon	22
Miyuki	Japon	13
Genkai	Japon	8
Norin 9	Japon	3

Tableau 14: Comportement de *B. napus* et *S. alba* vis-à-vis d'*A. brassicae* (Brun et al., 1989)

Espèces	Variétés	Cotylédons	Siliques
<i>B. napus</i>	Jet Neuf	4,7	3,1
<i>S. alba</i>	Emergo	0,9	1,2

e) *Maladie des taches blanches*

Cette maladie s'est développée récemment en France avec la variété Bienvenu. Un test précoce au stade cotylédonnaire reproduit le classement variétal observé au champ (Brun et al., 1989). Ce test précoce sera utilisé dans nos schémas de sélection de lignées "00" résistantes à *Pseudocercospora capsellae*.

Des études de comportement variétal sont de plus réalisées vis-à-vis du nématode de la betterave, *Heterodera schachtii* (Coll. G. Caubel, Zoologie, INRA Le Rheu), de la mouche du chou (Coll. E. Brunel, Zoologie, INRA Le Rheu) ainsi que du point de vue de la résistance aux contraintes environnementales (adaptation à la sécheresse, approche biochimique; coll. F. Larher).

BIBLIOGRAPHIE

- BRUN H., TRIBODET M., RENARD M., PLESSIS J., TANGUY X., 1987. - 7ème Congrès International sur le colza, 11-14 mai 1987, Poznan (sous presse).
- BRUN H., PLESSIS J., RENARD M., 1987. - Resistance of some crucifers to *Alternaria brassicae*. - 7ème Congrès International sur le colza, 11-14 mai 1987, Poznan (sous presse).
- BRUN H., RENARD M., TRIBODET M., PLESSIS J., TANGUY X., 1989. - *Phytoma*, (404), p. 36-41.
- DELOURME R., 1988. - Les colloques de l'INRA, 22-23 avril 1987, Ste Sabine, p. 121-127.
- GOURRET J.R., PELLAN DELOURME R., RENARD M., 1987. - 7ème Congrès International sur le colza, 11-14 mai 1987, Poznan (sous presse).
- GUERCHE P., 1988. - Thèse Université, Paris-Sud.
- JAHIER J., TANGUY A.M., CHEVRE A.M., RENARD M., 1987. - 7ème Congrès International sur le colza, 11-14 mai 1987, Poznan (sous presse).
- MESQUIDA J., RENARD M., PELLAN-DELOURME R., PELLETIER G., MORICE J., 1988; - Les colloques de l'INRA, 22-23 avril 1987, Ste Sabine, p. 269-280.
- MESQUIDA J., MARILLEAU R., PHAM-DELEGUE M., RENARD M., 1988. - *Apidologie*, 19 (3), p. 307-318.
- PELLAN-DELOURME R., RENARD M., 1988. - *Genome*, 30, p. 234-238.
- PELLETIER G., PRIMARD C., VEDEL F., CHETRIT P., REMY R., ROUSSELLE P., RENARD M., 1983. - *Molecular General Genetics*, 191, p. 244-250.
- PELLETIER G., PRIMARD C., VEDEL F., CHETRIT P., RENARD M., PELLAN-DELOURME R., MESQUIDA J., 1987. - 7ème Congrès International sur le colza, 11-14 mai, Poznan (sous presse).
- PRIMARD C., VEDEL F., MATHIEU C., PELLETIER G., CHEVRE A.M. - *Theoretical applied Genetics*, 75, p. 546-552.
- RENARD M., MORICE J., DARROZES G., 1983. - 6ème Congrès International sur le colza, 17-19 mai 1983, Paris, p. 546-551.
- RENARD M., MESQUIDA J., 1987. - 7ème Congrès International sur le colza, 11-14 mai 1987, Poznan (sous presse).
- ROUXEL T., 1988; - Thèse Université de Paris XI, Orsay.
- ROY N.N., 1984. - *Euphytica*, 33, p. 295-303.
- VEDEL F., CHETRIT P., DELOURME R., RENARD M., PELLETIER G., PRIMARD C., 1987; - 7ème Congrès International sur le colza, 11-14 mai 1987, Poznan (sous presse).