

## Recherches sur la conduite de la culture du colza d'hiver en France: nouvelles méthodes et premiers résultats

DEBOUZIE Domitien\*, THIOULOUSE Jean\* et POUZET André§

\* Laboratoire de Biométrie (UA CNRS 243). Université Claude Bernard,

43, bd du 11 novembre. 69622 Villeurbanne Cedex. FRANCE

§ CETIOM. 174, avenue Victor Hugo. 75116 Paris. FRANCE

Les variétés de colza d'hiver ont été fortement renouvelées ces dix dernières années en France avec l'apparition de Jet Neuf (1977), de Darmor (1984) et de Bienvenu (1983). Les techniques culturales se sont diversifiées et incluent maintenant de fréquents traitements par insecticides et de plus en plus par fongicides; les fertilisations azotées et soufrées varient par leur quantité et les modalités de leur fractionnement. Enfin, l'augmentation considérable en France des surfaces cultivées en colza: de 400 000 ha en 1979-80 à 700 000 ha en 1986-87, pose le problème de l'adaptation des variétés à de nouvelles conditions pédo-climatiques.

Nos recherches s'inscrivent dans le cadre d'une amélioration de la conduite d'une culture dans un environnement pédo-climatique donné. La qualité des sols, le climat et leurs interactions varient en France dans de telles proportions qu'il n'est pas concevable de fournir une seule pratique culturale optimale aux agriculteurs français. Les réponses dépendront donc du type de sol cultivé et des conditions climatiques de l'année.

Le présent article rend compte d'une part des méthodes agronomiques et statistiques utilisées pour rechercher les pratiques culturales les plus intéressantes pour un essai donné. D'autre part, des premiers résultats seront fournis concernant les différences entre variétés, la description de la croissance et du développement du colza; nous présenterons l'analyse de quelques interactions entre diverses pratiques culturales, sachant que les effets simples de ces dernières sont déjà connues (FABRE et CROZAT, 1983; POUZET et al, 1983; POUZET, 1984).

Une double approche expérimentale est développée: l'examen à la récolte d'un grand nombre de variables liées au rendement et le suivi, du semis à la récolte, de parcelles cultivées selon diverses techniques.

### MATERIEL ET METHODES

Des essais sont menés depuis 1984 dans plusieurs régions de France: Berry, Nord-Est et Sud-Ouest. Chaque expérimentation est conduite avec le matériel agricole classique; chaque parcelle élémentaire, d'une surface de 100 m<sup>2</sup>, est utilisée en partie (50 m<sup>2</sup>) pour les mesures prévues au protocole expérimental et pour le reste lors de la récolte effectuée à la moissonneuse-batteuse.

Le protocole mis en place dans chaque essai est défini dans le tableau 1.

L'analyse physique et chimique du sol est contrôlée par huit prélèvements en moyenne par essai. Les variables climatiques classiques sont enregistrées sur place grâce à une station automatique de mesures (à partir de 1985) ou récupérées auprès de la station de la Météorologie Nationale la plus proche (en 1984-85).

La liste des variables mesurées, soit à la récolte, soit pendant la croissance du colza, est donnée dans le tableau 2.

Ne considérant pas que le problème des techniques culturales se réduit au seul rendement mais au contraire qu'il nécessite la prise en considération de nombreuses variables et que la solution passe par la compréhension d'interactions multiples, nous avons adopté dans un premier temps une démarche multivariée. Les données sont traitées selon deux méthodes différentes qui permettent une description détaillée des parcelles et des relations existant entre les variables:

1. les variables mesurées à la récolte sont analysées par une méthode multivariée: l'analyse en composantes principales normée. La mise en évidence de différences variétales très marquées nous a conduits à travailler ensuite sur le tableau des résidus obtenus, pour une parcelle donnée, en soustrayant à chaque valeur la moyenne de la variable considérée, calculée pour la variété correspondant à la parcelle

concernée (c'est la technique de la projection dans une analyse multivariée; DOLEDEC et CHESSEL 1987). La recherche d'une pratique culturale optimale s'effectue alors dans les plans factoriels de l'analyse.

Facteur	Modalités: nombre et description	
-Variété	2	-Bienvenu et Darmor
-Date de semis <sup>(1)</sup>	2	-Précoce (fin août-début septembre) -Tardive: 15 jours plus tard
-Engrais au semis	2	-Apport: 80 N pour les semis précoces et 40 N pour les tardifs -Pas d'apport (1 seul essai en 84-85)
-Engrais à la reprise d'activité	2	-Apport fort: 220 N + 50 SO <sub>3</sub> -Apport faible: 160 N + 30 SO <sub>3</sub>
-Engrais tardif (entre le stade boutons séparés et les premières fleurs)	2	-Apport: 60 N + 20 SO <sub>3</sub> -Pas d'apport
-Insecticides de printemps	2	-Application de Deltaméthrine (7,5 g.m.a/ha contre <i>C. napi</i> ; 5 g.m.a/ha contre les meligèthes; 5 g.m.a/ha contre le charançon des siliques) -Pas d'application
-Fongicides de printemps	2	-Application de Prochloraz et Carbendazime (Sportak PF à 1,5 l/ha; protection des feuilles); Procymidone (750 g.m.a/ha; protection des tiges); Iprodione (500g.m.a/ha; protection des siliques) -Pas d'application
-Régulateur de croissance	2	-Application de Mepiquat chlorure et Etephon (Terpal 3 l/ha) -Pas d' application
-Irrigation <sup>(2)</sup>	2	-Dispositif pour reconstituer les réserves avant et après la floraison -Absence d'irrigation

**TABLEAU 1:** Liste des facteurs testés dans chaque essai et description des modalités correspondant à chaque facteur.

(1): pour la variété Darmor, tous les semis sont précoces;

(2): le dispositif d'irrigation n'est mis en place que dans les essais situés dans la partie Sud de la France (1 seul dans le Centre en 84-85).

Les parcelles sont organisées selon un plan factoriel incomplet avec une seule répétition. La densité des semis est contrôlée de telle façon que le nombre de pieds levés soit compris entre 40 et 60 au m<sup>2</sup>; le peuplement est toujours plus élevé en semis tardif. Toutes les parcelles reçoivent des traitements par herbicides, insecticides et fongicides à l'automne.

2. La croissance du colza dans les diverses parcelles suivies est analysée également par des méthodes multivariées. Les données se présentant sous la forme d'une série temporelle de tableaux parcelles x variables, la méthode STATIS (GLACON, 1981) est utilisée dans le cas de variables non identiques à chaque date de mesure. Les proximités des parcelles et des variables sont examinées dans les principaux plans factoriels de l'analyse.

## RESULTATS

Onze essais ont été réalisés ou sont en cours depuis 1984. Les résultats présentés seront limités à l'année 1984-85; l'essai effectué dans le Centre, avec irrigation, est choisi pour illustrer notre démarche et les premières conclusions.

## 1. Différences variétales

Les principales caractéristiques des variétés Bienvenu et Darmor sont résumées dans le tableau 2. Si l'on tient compte des résultats des autres essais (non présentés dans cet article), il est possible de tirer les conclusions générales suivantes:

- la teneur en huile de Bienvenu dépasse celle de Darmor de près de 2 %; l'expression du rendement en tonnes d'huile à l'hectare réduit les différences observées entre les deux variétés: 1,94 pour Bienvenu et 2,09 pour Darmor dans l'essai considéré; l'avantage noté pour Darmor n'est cependant pas confirmé dans tous les essais;
- le poids moyen d'un grain est supérieur pour Darmor: en moyenne + 18 % par rapport à Bienvenu;
- le nombre de siliques sur inflorescence principale semble plus élevé pour Darmor, de l'ordre de 10 %, mais le nombre de ramifications tertiaires y est quasiment nul;
- la matière sèche accumulée dans les tiges et les siliques en fin de croissance est plus importante pour Darmor: + 20 % dans l'essai considéré;
- Darmor apparaît nettement plus sensible aux attaques du charançon de la tige, mais son taux d'infestation par *Sclerotinia* est très inférieur à celui noté pour Bienvenu (sensibilité en liaison avec la phénologie des variétés);
- Darmor peut être très touché par la verse ce qui contribuera à réduire fortement sa production.

Variable	Bienvenu		Darmor	
Rendement (en t/ha)	3,86	(0,35)	4,31	(0,28)
Teneur en huile (en %)	50,3	(0,9)	48,5	(0,7)
Poids de 1000 grains (en g)	3,85	(0,67)	4,55	(0,56)
Peuplement à la récolte (en pl./m <sup>2</sup> )	43	(4,5)	40	(3,4)
Peuplement à la levée ( " )	53	(4,4)	44	(4,0)
Nombre de siliques sur tiges principales	38,6	(5,6)	44,0	(4,6)
Nombre de ramifications	5,83	(0,62)	5,98	(0,80)
Diamètre au collet	11,7	(1,35)	12,7	(1,76)
Note d'attaque <i>Ceuthorrhynchus piciparsis</i>	1,10		1,03	
Note d'attaque <i>C. napi</i>	1,78		3,05	
Note d'attaque <i>Sclerotinia</i>	1,48		1,05	
Note <i>Pseudocercospora</i> sur tiges	1,91		2,25	
Note <i>Pseudocercospora</i> sur siliques	1,56		1,09	
Matière sèche des siliques (en g/m <sup>2</sup> )	555	(171)	645	(166)
Matière sèche des tiges	424	(91)	532	(130)

TABLEAU 2: Valeurs moyennes et écarts-types (entre parenthèses) des variables mesurées, pour chaque variété.

Les moyennes sont calculées sur 56 et 48 parcelles respectivement pour les variétés Bienvenu et Darmor. Les moyennes données pour les notes d'attaque n'ont pas de base statistique puisque ces notes sont définies qualitativement: 1 représente une plante saine, 5 une plante très attaquée (ex.: Tige éclatée par *C. napi* ou toutes les siliques présentant des taches de *Pseudocercospora*).

Des analyses morphologiques et chimiques du sol n'ont pas permis de mettre en évidence de différences significatives entre les parcelles.

## 2. Corrélations entre variables liées au rendement

Compte tenu des différences variétales observées, les liaisons entre variables ont été recherchées entre les parcelles d'une même variété en calculant des corrélations. Le rendement et la teneur en huile sont corrélés négativement:  $r = -0,41$  dans les deux variétés ( $n_1 = 56$  et  $n_2 = 48$ ;  $P = 0,001$ ). Le rendement est aussi lié négativement au taux d'attaque en *Pseudocercospora capsellae*:  $r = -0,44$  (B) et  $-0,20$  (D). Il n'est pas lié à la quantité de matière sèche accumulée en fin de croissance, ni au poids des grains mais au diamètre au collet final (le coefficient de corrélation partiel, à densité des plantes constante, vaut:  $0,45$  (B) et  $0,29$  (D)).

La quantité de matière sèche finale est corrélée négativement à la teneur en huile:  $r = -0,49$  (B) et  $-0,36$  (D).

Les corrélations peuvent aussi être calculées au cours de la croissance; le premier plan factoriel de l'analyse multivariée STATIS rend compte de ces liaisons estimées globalement sur l'ensemble des dates de mesure (Figure 1).

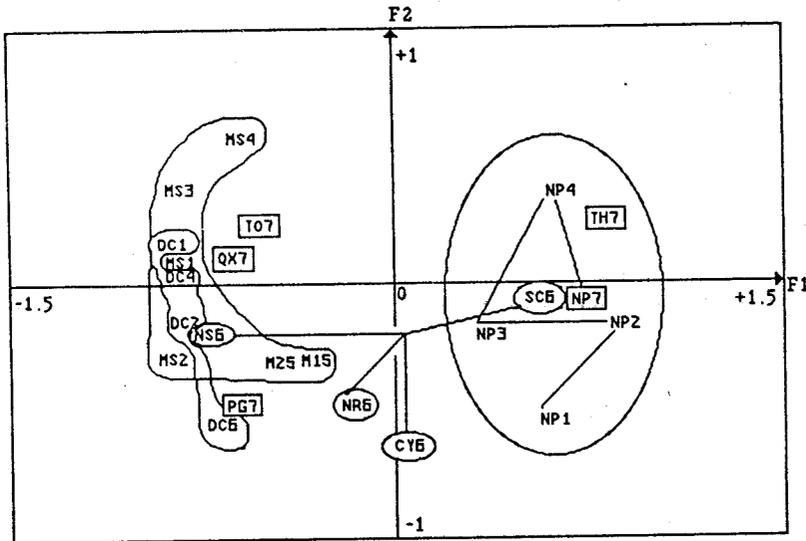


FIGURE 1: Plan F1 x F2 de l'analyse multivariée STATIS: projection des 23 variables. Les codes à trois caractères représentent: DC = diamètre au collet, MS, M1, M2 = matière sèche, NP = densité des plantes, NS = nombre de siliques sur inflorescence principale, NR = nombre de ramifications, SC = note d'attaque en *Sclerotinia*, CY = note d'attaque en *Pseudocercospora*, QX = rendement en grains, TH = teneur en huile, PG = poids moyen d'un grain, TO = teneur en eau. Le chiffre en troisième position correspond à la date de mesure: 1 = 26/11/84; 2 = 1/3/85; 3 = 15/3; 4 = 1/4; 5 = 25/6; 6 = 3/7; 7 = 20/7 (récolte).

La figure 1 montre que les mesures de diamètre, de matière sèche, du poids des grains et du rendement, sont très proches sur le premier axe de l'analyse; ces paramètres ont donc varié d'une manière similaire au cours de la croissance du colza. Qu'il y ait superposition de différences variétales et d'effets des pratiques culturales; ne modifie pas l'existence de ces liaisons; on retrouve l'opposition entre rendement et teneur en huile. De même, le rendement est opposé à des valeurs élevées des attaques par les champignons; cette opposition peut être interprétée par une influence possible de ces derniers sur la

matière sèche, sur le diamètre au collet et le rendement. Enfin, la grande coïncidence entre les mesures de matière sèche et de diamètre au collet permet de ne retenir pour la suite des expérimentations (au moins jusqu'au mois de mai) que cette dernière variable d'un coût nettement plus faible.

### 3. Interactions entre les techniques culturales

Les interactions entre les pratiques culturales sont recherchées dans les plans factoriels des analyses multivariées. Seul l'exemple de l'essai réalisé dans le Centre en 1984-85 sera présenté; nous limiterons en outre notre analyse aux parcelles cultivées en Bienvenu.

L'examen du premier plan factoriel de l'analyse en composantes principales réalisée sur le tableau des résidus (cf. Matériel et Méthodes) permet de tirer les premières conclusions suivantes (Figure 2).

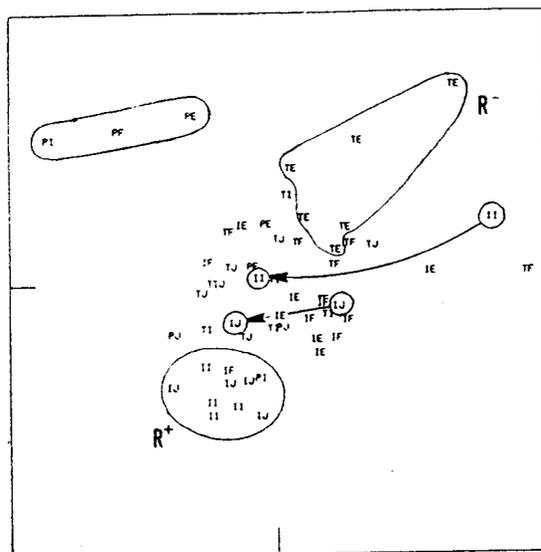


FIGURE 2: Premier plan factoriel ( $F1 \times F2$ ) de l'analyse en composantes principales réalisée sur les données transformées. La transformation consiste à retrancher à chaque valeur la moyenne calculée pour la variété. Les symboles correspondent à 56 parcelles semées en Bienvenu; les codes représentent :

- P = semis précoce; T = semis tardif, parcelles non irriguées; I = semis tardif, parcelles irriguées;
- E = ni insecticide, ni fongicide; I = insecticide sans fongicide; F = fongicide sans insecticide; J = insecticide et fongicide. Par exemple, le symbole IF représente les parcelles semées tardivement, irriguées, traitées par fongicide mais sans protection par insecticide.

Dans l'essai, toutes les parcelles ont reçu une fertilisation lors du semis. Le rendement moyen des parcelles cultivées en Bienvenu s'élève à 3,86 t/ha et la teneur en huile à 50,3 %.

Les rendements élevés (code  $R^+$  sur la figure) se situent en général dans le troisième quadrant du plan (lieu de projection des variables rendement et matières sèches).

Les dix parcelles du groupe noté  $R^+$ , situées en bas à gauche de la carte factorielle, correspondent toutes, sauf une, à des rendements supérieurs à 4,1 t/ha: en moyenne 4,27 t/ha ( $s = 0,18$ ); parallèlement, la teneur en huile (49,6 %), le taux d'attaque en *C. napi* (note moyenne = 1) sont faibles et la quantité de matière sèche des siliques forte: 660 g/m<sup>2</sup>. 9 des 10 parcelles ont reçu un traitement par insecticides, 5 sur 10 un traitement par fongicides. Dans les 10 parcelles la fertilisation à la reprise a été forte, la moitié d'entre elles ont aussi reçu des engrais tardivement (Tableau 2) et également 5 une application du

régulateur de croissance. Toutes, sauf une (semis précoce), ont été semées tardivement et irriguées.

On peut aussi s'intéresser aux parcelles ayant eu un rendement élevé, par exemple supérieur à 4 t/ha. Les 17 parcelles concernées se répartissent ainsi: 3 en semis précoce, 2 en semis tardif sans irrigation et 12 en semis tardif avec irrigation. Parmi les huit parcelles non décrites précédemment (17 - 9), deux ont été semées précocement et ont été traitées par insecticides et fongicides; deux parcelles, semées tardivement et non irriguées, ont reçu une dose élevée d'engrais à la reprise et ont été traitées par insecticides; enfin, les quatre dernières, semées tardivement mais irriguées, ont reçu une fertilisation soit forte au printemps, soit tardive mais trois d'entre elles n'ont pas reçu d'insecticide.

Enfin, l'examen de la carte factorielle permet de fournir des premiers éléments pour interpréter des résultats "anormaux"; ainsi, parmi les six parcelles semées tardivement, irriguées et traitées par insecticides (code II sur la figure 2), les deux non membres du groupe R+ ont reçu un faible apport d'engrais à la reprise; un apport tardif s'est traduit par une augmentation très nette du rendement et de la matière sèche des siliques (cf. la flèche sur la figure 2). La même interprétation s'applique aux deux parcelles semées tardivement, irriguées et traitées par insecticides et fongicides (figure 2).

## CONCLUSIONS

Le présent article cherche plutôt à présenter des méthodes d'expérimentation et d'analyse des données qu'à fournir des résultats généraux quant à la conduite d'une culture du colza d'hiver. L'interaction très forte entre techniques culturales et conditions pédo-climatiques implique que la définition d'un itinéraire technique, au sens de SEBILLOTTE (1978), nécessite des expérimentations assez longues entreprises dans des conditions de sol et de climat très diverses. Parallèlement à l'analyse descriptive qui a été présentée, nous avons entrepris une étude des coûts liés aux diverses techniques culturales, étude dont les conclusions seront présentées ultérieurement.

## REMERCIEMENTS

L'un des auteurs (J.T.) remercie le CETIOM pour la bourse dont il a bénéficié en 1986 pour l'analyse des données.

## REFERENCES

- FABRE B. et CROZAT Y., 1983. Le rendement du Colza d'hiver en fonction de la fertilisation azotée. L'azote est-il un facteur de rattrapage d'un peuplement déficient à la sortie de l'hiver ? Actes 6<sup>e</sup> Coll. Intern. Colza, Paris, pp. 726-731.
- DOLEDEC S. et CHESSEL D., 1987. Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. I. Description d'un plan d'observation complet par projection de variables. Acta Oecologica. OEcolog. Gener. (sous presse).
- GLACON F., 1981. Analyse conjointe de plusieurs matrices de données. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Grenoble.
- POUZET A., 1984. Eléments pour le raisonnement de la fertilisation azotée d'automne pour le colza d'hiver. Inform. Tech., CETIOM, 89: 3-19.
- POUZET A., RAIMBAULT J. et ESTRAGNAT A., 1983. Analyse de la croissance automnale du colza d'hiver, variété JET NEUF: Influence de la date de semis, de la densité de semis et de l'apport d'azote à l'automne. Actes 6<sup>e</sup> Coll. Intern. Colza, Paris, pp. 699-713.
- SEBILLOTTE M., 1978. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. C. R. Acad. Agric. Fr., 64: 906-914.