

ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA DATE DE SEMIS
SUR LE DEVELOPPEMENT DU COLZA D'AUTOMNE *

P. Vulliod

1. Introduction, but du travail

Dans la culture du colza d'automne (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg. forma *biennis*), l'époque du semis joue un rôle très important dans le développement végétatif des plantes; le développement génératif peut aussi être influencé, quoique dans une moindre mesure.

On admet généralement que le stade de développement idéal du colza à l'entrée de l'hiver est le stade "rosette". Ce stade peut être décrit de la manière suivante: cône de végétation relativement près du sol (pas d'élongation notable de l'épicotyle et de la tige), 6-8 feuilles insérées au même niveau et occupant tout l'escape disponible sur la ligne et entre les lignes.

Dans la pratique, on observe que le développement automnal du colza varie avant tout en fonction de la date de semis mais aussi selon l'état du sol, le précédent cultural, etc., avec l'effet combiné des conditions météorologiques. Or, dans bien des cas, on s'est aperçu qu'il n'y avait pas de relation étroite entre le développement automnal et le rendement en grain. On a pu constater, par exemple, que des colzas très développés (semis très précoces) ne fournissaient qu'un rendement en grain moyen tandis que des cultures peu développées (semis tardifs) donnaient un rendement en grain atteignant presque le niveau de celui d'une culture "normale" pour autant que certaines conditions soient remplies, notamment un peuplement homogène couvrant la totalité du terrain.

Ces observations nous ont incités à suivre de plus près le développement du colza d'automne, ceci en relation avec des dates de semis échelonnées, en donnant autant d'importance à la recherche des limites de temps entre lesquelles un semis peut être exécuté et fournir un rendement convenable, qu'à la recherche de la date de semis optimale. Les conditions particulières du Bassin lémanique ont spécialement retenu notre attention.

Nous nous sommes proposé, dans la première partie de ce travail, d'examiner le développement des différentes parties de la plante tout au long de la période de végétation en nous basant principalement sur la production de matière sèche.

* Extrait partiel d'un travail de thèse présenté à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich en 1973 (no 5147)

2. Données expérimentales

L'essai, répété 4 années consécutives, a été implanté sur le domaine de Changins de la Station fédérale de recherches agronomiques de Lausanne.

Altitude:	435 m
Sol:	type mi-lourd à lourd (20 à 40 % d'argile)
Fumure azotée:	en automne, application de l'azote selon le dispositif expérimental; au printemps, épandage de 120 unités d'azote/ha sur tout l'essai
Variété:	Rapol
Semis:	semis mécanique, en lignes (écartement 44 cm en 1967/68, 22 cm les autres années) à une densité de 8 kg/ha

3. Dispositif expérimental, prélèvement et préparation des échantillons, récolte

Méthode des blocs avec split-plot, 4 répétitions. La date de semis est le facteur principal et chaque parcelle est subdivisée en deux, l'une des deux parties recevant 30 unités, l'autre 60 unités d'azote au semis (on a renoncé à cette subdivision dans l'essai de 1970/71 où l'on a appliqué uniformément 30 kg N/ha au semis). La surface des parcelles est de 100 m² dont 70 sont prévus pour la récolte du grain à la moissonneuse-batteuse, les 30 m² restant sont réservés pour les prélèvements de plantes périodiques.

Les plantes prélevées ont été décomposées en

- racines
- tiges (ou épicotyle lorsqu'il était suffisamment développé)
- feuilles (en éliminant celles qui n'étaient visiblement plus en mesure d'assimiler)
- inflorescences (dans les inflorescences sont comprises les portions de tiges jusqu'au niveau de la fleur ou de la silique la plus basse, ainsi que les graines).

Ces différentes fractions ont été séchées jusqu'à poids constant. A la maturité du colza, le grain a été récolté au moyen d'une moissonneuse-batteuse d'un type couramment utilisé dans la pratique (Braud 2065, barre de coupe de 2,2 m).

4. Résultats expérimentaux

4.1. Observations sur la fumure azotée

Dans la description de l'essai (ch. 2.), nous avons indiqué, comme procédés subsidiaires, deux niveaux de fumure azotée en automne. Or, dans

deux des trois essais où des fumures azotées différentes avaient été appliquées, on n'observe aucun effet significatif du supplément d'azote sur la quantité de matière sèche produite par les plantes. Dans le troisième essai (1968/69), certaines différences, au niveau de la masse foliaire principalement, sont significatives. Cependant, ces différences ne sont significatives que dans les semis précoces. Ces observations montrent qu'il est illusoire de chercher à "compenser" le retard au semis par un complément d'azote dont les plantes ne peuvent plus tirer profit avant le printemps (VULLIOUD, 1971).

4.2. Développement de la culture et de la masse végétale totale

L'examen du tableau 1 permet de décrire le développement du colza en se référant à la production totale de matière sèche (plantes entières).

Dans la première phase du développement, entre le semis et l'entrée de l'hiver (mi-novembre à mi-décembre, selon les années), la production de matière sèche est assez forte et peut atteindre, lorsque l'automne est propice (1967 et 1970), quelque 50 q/ha de matière sèche pour les semis précoces. C'est au cours de cette première phase qu'on observe les plus grandes différences d'une période de semis à l'autre. En 1969, le développement du 6ème semis était si faible qu'un prélèvement de plantes était impossible.

Dans la seconde phase, celle du "repos végétatif", qui se situe entre le début de décembre et début mars, la matière sèche totale évolue différemment selon la date du semis. Dans les semis précoces, la masse totale tend à diminuer au cours de l'hiver, sauf en 1969/70 où elle augmente légèrement. Les diminutions sont liées en grande partie aux fluctuations de la masse foliaire. Dans les semis tardifs, la quantité de matière sèche totale augmente au cours de l'hiver. Selon MOULE (1972), le zéro de croissance du colza serait voisin de 0° C; une certaine "activité" végétative hivernale est donc possible selon les conditions météorologiques.

Dans la troisième phase du développement, celle de la montaison et de la fructification, l'augmentation de la matière sèche est très rapide. Les différences entre dates de semis ne sont en général plus si nettes qu'en automne. Il faut souligner, à ce propos, que plus le colza avance dans son développement, plus l'hétérogénéité de la culture est prononcée.

La floraison du colza s'étend sur une période de 3 à 4 semaines. Malgré ces écarts, chacun des 4 essais a pu être récolté en une seule fois; les différences de teneur en eau entre les semis les plus précoces et les semis les plus tardifs n'ont pas excédé 4 %; les semis précoces n'ont donc pas subi de pertes par égrenage dû à la surmaturité et les semis tardifs étaient suffisamment avancés pour être récoltés. En mesurant la hauteur des plantes à la fin de la floraison, on constate une différence de taille moyenne pouvant atteindre 20 cm entre les semis les plus précoces et les semis les plus tardifs.

Tableau 1. Matière sèche produite par les plantes entières (kg/a)

Année	Semis	Octobre	Novembre	Novembre	Décembre	Mars	Avril	Avril/mai	Mai/juin	Juin	Juin/juillet
Date	24.10.	7.11.	22.11.	6.12.	19.3.	16.4.	14.5.	24.6.	-	-	
1967/68	18.8.	48,5	48,8	48,8	51,5	35,2	63,8	91,3	132,7	-	
	28.8.	27,7	30,1	39,4	38,8	29,4	58,1	81,1	118,7	-	
	8.9.	14,1	22,6	29,6	38,2	27,5	51,8	78,4	134,8	-	
	20.9.	2,3	5,8	9,8	13,2	27,9	34,4	65,9	111,9	-	
	25.9.	0,8	3,0	4,7	7,4	18,4	27,0	51,9	89,0	-	
Date	28.10.	12.11.	25.11.	9.12.	17.3.	1.4.	24.4.	9.5.	9.6.	7.7.	
1968/69	20.8.	30,8	38,3	34,0	34,3	31,3	38,5	58,0	79,6	162,6	164,1
	30.8.	18,5	26,4	26,4	25,8	28,7	29,6	57,6	71,3	175,8	159,0
	6.9.	13,6	21,3	24,5	26,3	27,5	31,7	54,8	77,5	149,4	140,6
	19.9.	3,9	9,5	12,0	14,0	18,8	26,6	41,9	66,8	132,7	154,0
	26.9.	1,3	4,0	4,9	7,1	11,8	15,7	26,2	58,5	87,8	112,4
Date	31.10.	17.11	-	-	25.3.	24.4.	11.5.	3.6.	22.6.	13.7.	
1969/70	25.8.	35,0	33,7	-	-	33,7	45,4	88,5	157,3	152,2	182,6
	2.9.	26,4	31,6	-	-	33,7	42,8	74,6	142,5	146,6	157,4
	11.9.	16,4	22,8	-	-	23,1	39,4	77,2	134,2	146,6	172,0
	19.9.	5,6	12,4	-	-	16,4	35,1	66,3	120,3	142,6	181,0
	26.9.	2,7	7,4	-	-	11,7	27,1	47,4	111,8	114,7	156,1
3.10.	-	-	-	-	-	9,2	32,5	60,6	127,5	151,5	
Date	-	16.11.	-	1.12.	23.3.	-	22.4.	13.5.	6.6.	25.6.	
1970/71	25.8.	-	51,2	-	48,3	35,0	-	56,5	94,5	155,9	169,2
	2.9.	-	36,9	-	41,2	40,7	-	62,2	71,1	135,9	126,7
	10.9.	-	19,9	-	18,3	25,4	-	58,2	84,4	112,6	119,6
	18.9.	-	2,3	-	3,0	3,9	-	33,5	-	-	-

Tableau 2: Composition de la récolte

Année	Semis	Rendement en grain (q/ha) *	Humidité du grain à la récolte (%)	Poids de 1000 grains (g)	Teneur en huile (%) *
1967/68	18.8.	29,6	7,7	4,14	41,9
	28.8.	32,9	10,2	4,21	43,7
	8.9. X	33,9	9,7	4,30	43,8
	20.9.	26,2	9,8	4,18	45,9
	25.9.	23,2	10,0	4,16	47,1
(p.p.d.s. P=0,05) (2,9) (1,6) (n.s.) (0,83)					
1968/69	20.8.	21,8	10,1	4,24	45,5
	30.8. X	24,0	10,6	4,16	44,9
	6.9.	23,4	11,1	4,58	45,2
	19.9.	23,6	11,1	4,43	44,3
	26.9.	19,8	12,4	4,49	45,9
(p.p.d.s. P=0,05) (1,3) (1,1) (n.s.)					
1969/70	25.8.	22,9	10,6	4,28	41,7
	2.9.	23,3	9,9	4,30	41,5
	11.9. X	24,9	9,6	4,27	40,9
	19.9.	24,3	11,3	4,39	41,3
	26.9.	24,8	11,8	4,41	41,6
3.10. 20,6 12,6 4,48 (n.s.)					
(p.p.d.s. P=0,05) (2,8) (2,0) (0,70)					
1970/71	25.8.	29,3	13,0	5,02	42,0
	2.9.	X-30,2	13,6	5,18	42,7
	10.9.	27,8	13,8	5,09	42,8
(p.p.d.s. P=0,05) (1,7) (n.s.) (0,4)					

* pour une teneur en eau du grain de 10 %

Le rendement en grain figure au tableau 2. Les rendements maxima sont, dans l'ensemble, ceux que l'on obtient avec les semis de la 1ère quinzaine de septembre, dans les conditions de notre expérimentation. Les semis tardifs entraînent en général des baisses de rendement plus importantes que les semis précoces. Le poids de 1000 grains suit plus ou moins la courbe du rendement, sauf parfois dans les semis tardifs où il a tendance à être au-dessus de la moyenne. Les conditions météorologiques qui ont caractérisé les années 1967 à 1970 permettent d'expliquer, du moins en partie, les fluctuations annuelles de rendement. Les comparaisons ne portent que sur un nombre d'années réduit (4), il serait erroné de vouloir généraliser; néanmoins, il semble que l'on puisse dégager un certain nombre d'observations intéressantes en essayant de tirer parti des expériences faites au cours des campagnes 1966/67 et 1971/72.

En automne: on constate, en général, qu'un arrière-été et un automne chauds et plutôt secs (à condition que les réserves hydriques du sol soient suffisantes) sont favorables au développement automnal du colza. En effet, la préparation du sol et le semis peuvent être effectués dans de bonnes conditions et la croissance du colza est très active, même trop lorsque le semis est précoce.

Lorsque les conditions sont difficiles (arrière-été et automne humides et froids), la préparation du sol ne peut pas se faire avec tout le soin nécessaire (VEZ et VULLIUD, 1971); une structure du sol et des conditions météorologiques défavorables conduisent à une croissance végétative lente, particulièrement préjudiciable aux semis tardifs.

En calculant sur les années 1967/68 à 1970/71, on obtient un coefficient de corrélation de 0,85 entre la quantité de matière sèche produite en automne et le rendement en grain. Bien que cette valeur soit significative au niveau $P = 0,05$, le nombre d'années prises en considération est trop faible pour en déduire une règle générale; les conditions de développement automnales ne sauraient, à elles seules, déterminer le niveau de rendement en grain.

Au printemps, il est moins aisé d'établir une relation directe entre les conditions météorologiques, la production de matière sèche et le rendement en grain, ceci d'autant plus que le nombre d'années d'expérience est insuffisant pour définir clairement les interactions qui peuvent exister entre les conditions automnales et les conditions printanières. Le froid et les excès de précipitations, comme ce fut le cas en 1968/69, 1969/70 et 1971/72 prolongent le développement végétatif du colza au détriment de la formation du grain qui se déroule dans une période trop sèche; de plus, la date de récolte est retardée (indépendamment des conditions météorologiques du mois de juillet qui sont rarement défavorables à la récolte). Lorsque les conditions du printemps sont favorables (suffisamment de chaleur, sans manque ni excès d'humidité), c'est l'inverse qui semble se produire: production de matière sèche moins élevée, date de récolte plus précoce et rendement plus élevé.

En calculant sur les résultats des années 1967/68 à 1970/71, on parvient à

définir une corrélation négative ($r = -0,82$, significatif au niveau $P = 0,05$) entre le niveau moyen de la matière sèche des plantes entières dans le dernier prélèvement avant la récolte et le rendement moyen en grain. Lorsqu'on compare les dates de récolte comptées à partir du 1er juillet aux niveaux de rendement en grain, on distingue aussi une corrélation négative ($r = -0,81$, significatif au niveau $P = 0,05$).

Corrélation entre la production de matière sèche des plantes entières et le rendement en grain selon la date du semis. Nous avons examiné, pour chaque année (en considérant tous les prélèvements), s'il y avait une relation chiffrable entre la quantité de matière sèche des plantes entières et le rendement en grain selon la date du semis. Nous avons obtenu les relations suivantes:

- 1967/68: pour chaque prélèvement de plantes, on peut définir une corrélation positive entre matière sèche et rendement en grain. Les valeurs r sont toutes significatives au niveau $P = 0,01$ et se situent entre 0,45 et 0,71. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées lors des prélèvements du 6 décembre et du 16 avril.
- 1968/69: les corrélations sont moins nettes que l'année précédente. Des valeurs de r significatives au niveau $P = 0,05$ ne sont enregistrées que lors des contrôles des 12 et 25 novembre, 17 mars et 24 avril. Les coefficients varient entre 0,31 et 0,37.
- 1969/70: des valeurs de r significatives au niveau $P = 0,05$ ne sont notées que dans les contrôles des 24 avril et 11 mai.
- 1970/71: on ne peut, dans cet essai, définir de corrélation que lors du prélèvement du 14 décembre ($r = 0,71$, significatif au niveau $P = 0,01$).

4.3. Développement des feuilles

L'étude du développement de la masse foliaire est l'objet du tableau 3.

Dans les 3 premiers semis, on constate que, d'une manière générale, la formation de masse foliaire est considérable en automne puisqu'on peut atteindre 35 q/ha de matière sèche. Dès la fin de l'automne et jusqu'au printemps, la masse foliaire tend à diminuer. En effet, il peut y avoir une très forte concurrence entre les plantes (surtout dans les semis très précoces) et une certaine proportion de feuilles, particulièrement les vieilles, se vident de leur substance, se dessèchent et meurent. Une couverture de neige prolongée peut même accentuer ce phénomène. Au printemps, il y a formation de nouvelles feuilles le long de la tige, mais ce phénomène est partiellement masqué par la sénescence des "feuilles d'hiver" qui se dessèchent et tombent. Dès la fin de la floraison (fin mai), la masse foliaire diminue très rapidement et devient pratiquement nulle à l'approche de la maturité.

Dans les semis tardifs, le développement foliaire est plus lent, les rosettes ne couvrent pas complètement le terrain et, à ce moment, ce n'est plus

Tableau 3: Matière sèche contenue dans les feuilles (kg/a)

Année	Semis	Octobre	Novembre	Novembre	Décembre	Mars	Avril	Avril/mai	Mai/juin	Juin	Juin/juillet
Date	24.10.	7.11.	22.11.	6.12.	19.3.	16.4.	14.5.	24.6.	-	-	-
1967/68	18.8.	36,9	34,3	31,1	32,6	15,3	-	28,5	10,5	0	-
	28.8.	24,2	24,4	29,1	28,3	17,2	-	29,4	10,5	0	-
	8.9.	11,9	18,6	22,6	29,8	17,1	-	27,0	9,0	0	-
	20.9.	2,0	5,2	8,6	11,6	24,2	-	16,3	6,7	0	-
25.9.	0,7	2,6	4,1	6,4	16,0	-	15,4	5,7	0	-	
Date	28.10.	12.11.	25.11.	9.12.	17.3.	1.4.	24.4.	9.5.	9.6.	7.7.	-
1968/69	20.8.	24,7	28,8	24,1	24,5	19,5	22,2	21,1	16,9	3,4	0
	30.8.	15,9	19,9	18,8	16,7	17,9	17,5	22,1	14,4	4,1	0
	6.9.	12,0	18,5	20,3	20,2	18,3	19,6	22,5	15,2	3,2	0
	19.9.	3,6	8,7	10,3	11,8	13,9	17,3	20,2	13,7	3,2	0
26.9.	1,1	3,7	4,3	6,1	9,0	11,6	13,8	14,4	2,7	0	
Date	31.10.	17.11.	-	-	25.3.	24.4.	11.5.	3.6.	22.6.	13.7.	-
1969/70	25.8.	28,3	24,9	-	-	21,4	26,5	33,1	17,9	3,5	0
	2.9.	20,8	22,4	-	-	20,3	23,5	21,1	18,8	3,2	0
	11.9.	14,0	17,9	-	-	15,4	22,8	24,1	13,4	2,0	0
	19.9.	4,9	10,6	-	-	11,8	23,0	21,1	14,9	5,0	0
26.9.	2,4	6,6	-	-	8,7	18,3	17,2	13,7	3,5	0	
3.10.	-	-	-	-	-	7,6	12,2	9,4	3,0	0	
Date	-	16.11.	-	1.12.	23.3.	-	22.4.	13.5	6.6.	25.6.	-
1970/71	25.8.	-	36,0	-	31,1	18,0	-	20,2	11,1	4,0	0
	2.9.	-	32,0	-	31,2	25,7	-	22,5	8,3	2,7	0
	10.9.	-	17,8	-	15,7	19,3	-	21,4	10,9	2,8	0
18.9.	-	2,0	-	2,6	2,8	-	-	-	-	-	

la concurrence entre les plantes de colza mais la concurrence entre le colza et la mauvaise herbe qui est à craindre. Entre le dernier prélèvement de l'automne et le premier du printemps, la masse foliaire tend à augmenter.

Au printemps, il y a une très nette différence dans la masse de matière sèche foliaire entre les semis précoces et les semis tardifs. Cette différence s'amenuise à l'approche de la récolte.

Nous avons examiné s'il existait une relation entre la masse foliaire et le rendement en grain selon la date de semis. Il n'y a que pour la période du 16 au 24 avril que l'on peut définir une corrélation positive entre la matière sèche foliaire et le rendement en grain. Les valeurs calculées ont été les suivantes:

1967/68	(16.4)	$r = 0,74$, significatif pour $P = 0,01$
1968/69	(24.4)	$r = 0,35$, significatif pour $P = 0,05$
1969/70	(24.4)	$r = 0,33$, significatif pour $P = 0,05$
1970/71	(22.4)	$r = 0,54$, significatif pour $P = 0,05$

Ces coefficients de corrélation sont relativement bas mais on peut caractériser malgré tout une certaine relation entre la matière sèche foliaire présente peu avant la floraison et le rendement en grain. Il est certain qu'il faut considérer cette relation uniquement comme une tendance car, comme nous l'avons signalé plus haut à propos du développement général de la culture, les conditions de maturation peuvent affecter sensiblement la formation du grain.

En comparant la masse foliaire moyenne peu avant la floraison au niveau moyen de rendement en grain sur les 4 ans, il y a une tendance vers une corrélation positive ($r = 0,83$).

4.4. Développement des tiges

Le tableau 4 reflète le développement des tiges. Dans les contrôles d'automne, nous avons pris les tiges en considération dès que l'épicotyle manifestait une élongation visible.

En automne, l'importance relative du développement des tiges est très différente d'une année à l'autre, sauf pour les semis tardifs dont les plantes ne montrent aucune élongation en automne et restent au stade rosette "vrai".

En 1967/68 (tableau 4), les tiges accusent un développement assez important. Ceci est lié à la précocité des semis, aux conditions de croissance favorables et aux interlignes larges. Avec les interlignes de 44 cm, la densité de plantes sur la ligne est le double de celle des semis à 22 cm (usités depuis 1968/69), à densité par ha identique; la concurrence que se font les plantes semble favoriser leur allongement, d'où les valeurs relativement élevées cette année-là.

Tableau 4: Matière sèche contenue dans les tiges (kg/a)

Année	Semis	Octobre	Novembre	Novembre	Décembre	Mars	Avril	Avril/mai	Mai/juin	Juin	Juin/juillet
Date	24.10.	7.11.	22.11.	6.12.	19.3.	-	16.4.	14.5.	24.6.	-	
	18.8.	4,2	5,9	8,0	8,3	9,6	-	24,5	47,2	39,6	-
	28.8.	1,5	2,5	4,4	4,4	5,5	-	20,5	41,2	31,1	-
1967/68	8.9.	1,0	1,9	3,1	3,5	4,5	-	16,4	40,9	34,7	-
	20.9.	0	0	0	0	0	-	11,1	35,8	29,6	-
	25.9.	0	0	0	0	0	-	6,7	27,9	25,3	-
	Date	28.10.	12.11.	25.11.	9.12.	17.3.	1.4.	24.4.	9.5.	9.6.	7.7.
	20.8.	2,0	3,1	2,9	3,4	3,7	6,5	23,2	36,0	57,5	52,6
	30.8.	0	2,1	2,2	1,8	3,5	4,4	24,1	35,9	61,2	50,2
1968/69	6.9.	0	0	0	1,7	3,0	4,5	21,3	40,3	56,9	47,4
	19.9.	0	0	0	0	0	3,2	13,8	34,4	51,2	47,9
	26.9.	0	0	0	0	0	0	7,0	30,0	34,6	36,9
	Date	31.10.	17.11.	-	-	25.3.	24.4.	11.5.	3.6.	22.6.	13.7.
	25.8.	0	0	-	-	0	6,2	37,8	77,1	55,4	64,3
	2.9.	0	0	-	-	0	6,5	39,5	68,9	48,9	58,7
1969/70	11.9.	0	0	-	-	0	6,4	40,0	61,0	51,5	58,3
	19.9.	0	0	-	-	0	5,1	34,2	57,6	48,0	60,7
	26.9.	0	0	-	-	0	3,5	22,0	55,1	41,4	50,9
	3.10.	0	0	-	-	0	0	15,2	26,8	45,7	44,7
	Date	-	16.11.	-	1.12.	23.3.	-	22.4.	13.5.	6.6.	25.6.
	25.8.	-	7,4	-	7,9	7,5	-	25,3	71,2	50,4	38,3
	2.9.	-	0	-	4,4	6,4	-	28,2	52,7	45,6	31,3
1970/71	10.9.	-	0	-	0	0	-	27,4	63,5	40,5	32,5
	18.9.	-	0	-	0	0	-	9,4	0	0	0

En 1969/70, la situation est totalement différente. Il n'y a aucun allongement notable de l'épicotyle, même dans les semis précoces, à telle enseigne que ce n'est qu'au prélèvement de plantes du 24 avril qu'une séparation des tiges a pu être envisagée rationnellement.

En 1968/69 et 1970/71 (tableau 4), le développement automnal des tiges est intermédiaire par rapport à celui des deux années décrites plus haut.

Au printemps, la croissance des tiges est très rapide et se termine vers le début du mois de juin, peu après la fin de la floraison. Les diminutions que l'on observe après le début de juin tiennent au fait qu'une partie des tiges a été prise avec ce que nous avons appelé les "inflorescences".

Les différences entre les dates de semis sont en général assez nettes, bien qu'elles ne soient, statistiquement, pas toujours significatives. La taille des plantes décroît lorsque la date de semis est retardée.

Nous n'avons trouvé aucune corrélation entre la matière sèche des tiges entre montaison et maturité d'une part et le rendement en grain d'autre part, en fonction des dates de semis.

De même, nous n'avons trouvé aucune corrélation statistiquement significative entre la hauteur des plantes mesurée à la fin de la floraison et le rendement en grain. Nous avons constaté, dans d'autres essais de colza, que le développement apparent de la culture (hauteur des plantes, vigueur, etc.) semblaient sans rapport avec le niveau de rendement en grain.

4.5. Développement des racines

Le développement des racines est décrit dans le tableau 5.

Les niveaux moyens de matière sèche racinaire ne sont pas très différents d'une année à l'autre; ils sont tout au plus légèrement au-dessus de la moyenne en automne 1967 et au printemps 1970.

Bien que les écarts ne soient pas toujours significatifs, les différences entre dates de semis sont assez nettes et se maintiennent pratiquement tout au long de la période de végétation.

L'accroissement de la matière sèche racinaire est assez régulier et ne cesse que vers le début du mois de juin et ceci pour toutes les dates de semis. Il n'y a qu'au printemps 1970 que l'on observe encore un accroissement tardif de la masse des racines; cet accroissement est lié à une floraison tardive (début de floraison le 15 mai, soit un retard de 2 semaines environ) et à une maturité tardive (récolte le 23 juillet; voir tableau 4).

En comparant la matière sèche racinaire au rendement en grain, nous n'obtenons aucune corrélation liée aux dates de semis. Il n'y a pas de corrélation non plus entre la quantité moyenne de matière sèche racinaire et le niveau moyen de rendement en grain.

Tableau 5: Matière sèche contenue dans les racines (kg/a)

Année	Semis	Octobre	Novembre	Novembre	Décembre	Mars	Avril	Avril/mai	Mai/Juin	Juin	Juin/juillet
Date	24.10.	7.11.	22.11.	6.12.	19.3.	-	16.4.	14.5.	24.6.	-	-
1967/68	18.8.	5,4	8,6	9,7	10,6	10,3	-	10,8	11,2	11,6	-
	28.8.	2,0	3,2	5,9	6,1	6,7	-	8,4	9,6	9,4	-
	8.9.	1,2	2,1	3,9	4,9	5,9	-	8,4	9,7	9,6	-
	20.9.	0,3	0,6	1,2	1,6	3,7	-	7,0	8,9	9,2	-
	25.9.	0,1	0,4	0,6	1,0	2,4	-	4,9	7,8	8,6	-
Date	28.10.	12.11.	25.11.	9.12.	17.3.	1.4.	24.4.	9.5.	9.6.	7.7.	
1968/69	20.8.	4,1	6,4	7,0	6,4	8,1	9,8	13,7	15,4	16,1	13,7
	30.8.	2,6	4,4	5,4	5,3	7,3	7,7	11,4	12,1	17,3	13,7
	6.9.	1,6	2,8	4,2	4,4	6,2	7,6	11,0	12,4	16,6	13,2
	19.9.	0,3	0,8	1,7	2,2	4,9	6,1	7,9	11,0	11,7	10,9
	26.9.	0,2	0,3	0,6	1,0	2,8	4,1	5,4	8,2	7,8	7,8
Date	31.10.	17.11.	-	-	25.3.	24.4.	11.5.	3.6.	22.6.	13.7.	
1969/70	25.8.	6,7	8,8	-	-	12,3	13,1	17,6	21,4	19,6	21,6
	2.9.	5,6	9,2	-	-	13,4	12,8	14,0	19,0	17,5	18,4
	11.9.	2,4	4,9	-	-	7,7	10,2	13,1	16,3	17,4	18,2
	19.9.	0,7	1,8	-	-	4,6	7,0	11,0	14,9	13,9	19,2
	26.9.	0,3	0,8	-	-	3,0	5,3	8,2	11,7	11,4	14,8
3.10.	0	0	-	-	-	1,6	5,1	7,9	11,0	13,7	
Date	-	16.11.	-	1.12.	23.3.	-	22.4.	13.5.	6.6.	25.6.	
1970/71	25.8.	-	7,8	-	9,3	9,5	-	11,0	12,2	19,0	18,2
	2.9.	-	4,9	-	5,6	8,6	-	11,5	10,1	15,6	14,1
	10.9.	-	2,1	-	2,6	6,1	-	9,4	10,0	9,5	10,3
18.9.	-	0,3	-	0,4	1,1	-	4,8	-	-	-	

Tableau 6: Matière sèche contenue dans les inflorescences (kg/a)

Année	Semis	Avril/mai	Mai/juin	Juin/juillet	Juillet
	Date	16.4.	14.5.	24.6.	-
1967/68	18.8.	0	22,4	81,5	-
	28.8.	0	19,8	78,2	-
	8.9.	0	18,8	90,5	-
	20.9.	0	14,5	73,1	-
	25.9.	0	10,5	55,1	-
	Date	24.4.	9.5.	9.6.	7.7.
1968/69	20.8.	0	11,3	85,6	97,8
	30.8.	0	8,9	93,2	95,1
	6.9.	0	9,6	72,7	80,0
	19.9.	0	7,7	66,6	95,2
	26.9.	0	5,9	42,7	67,7
	Date	11.5.	3.6.	22.6.	13.7.
1969/70	25.8.	0	40,9	73,7	96,7
	2.9.	0	35,8	77,0	80,3
	11.9.	0	43,5	75,7	95,5
	19.9.	0	32,9	75,7	101,1
	26.9.	0	31,3	58,4	90,3
	3.10.	0	16,5	66,8	93,1
	Date	22.4.	13.5.	6.6.	25.6.
1970/71	25.8.	0	0	82,5	112,7
	2.9.	0	0	72,0	81,3
	10.9.	0	0	59,8	76,8
	18.9.	0	0	-	-

4. 6. Développement des inflorescences

Rappelons que nous avons pris en considération sous le terme "inflorescence" toute la hampe florale jusqu'au niveau de la fleur ou de la silique la plus basse; une portion de tige est donc comprise dans cette partie.

Le développement des inflorescences est décrit dans le tableau 6.

Les différences entre dates de semis ne sont pas toujours significatives. Il n'y a que les semis les plus tardifs qui donnent des valeurs nettement plus faibles que les autres.

5. Discussion

En examinant globalement les résultats obtenus, nous pouvons constater qu'en automne l'influence de la date de semis sur le développement végétatif est assez nette.

Au printemps, l'influence de la date de semis est moins grande, sauf peut-être pour les semis les plus tardifs, pour autant qu'ils aient été utilisables.

Lorsqu'on considère les rendements en grain (tableau 1), il semble que les valeurs correspondant aux semis tardifs soient groupées entre 20 et 27 q/ha. D'une année à l'autre, les courbes de rendement ne diffèrent que par le comportement des semis précoces.

Ceci revient à dire qu'en année médiocre (niveau de rendement moyen à bas comme en 1966/67, 1968/69 et 1969/1970), l'influence de la date de semis (dans l'intervalle que nous avons pris en considération) serait beaucoup moins marquée qu'en année où le rendement en grain est élevé (1967/68 et 1970/71). (Les résultats d'essais effectués sur le Domaine de Changins en 1971/72 semblent confirmer cette hypothèse.) Toutefois, le nombre d'années d'observations ne nous permet pas de généraliser. Cependant, il semble bien que l'époque du semis ait une influence sur le développement de la culture de colza d'automne mais que cette influence peut être atténuée ou amplifiée selon les conditions de croissance qui règnent tout au long de la période de végétation. Vu ce qui précède, nous allons analyser séparément le développement automnal et le développement printanier.

5. 1. Discussion sur le développement automnal

Au point de vue masse végétale, les quantités par unité de surface décroissent au fur et à mesure du retard dans l'exécution du semis. Si l'on se réfère au rendement en grain, la date de semis optimale (dans les conditions de notre expérimentation) se situe approximativement dans la première décade de septembre.

Les semis précoces se remarquent par un développement végétatif très luxuriant, à tel point qu'à la fin de l'hiver, les feuilles tombées, en voie de décomposition, créent un véritable "mulch" entre les lignes. Une telle végétation peut souffrir passablement du froid ou d'une couverture de neige prolongée (KLAPP, 1967). Dans les semis précoces, on observe fréquemment un début d'élongation plus ou moins important (tige pouvant atteindre 10 cm et plus). Ces plantes sont très exposées au gel car la zone située entre le cône de végétation et le sol est très sensible. TORSSEL (1957) fait mention d'une très forte corrélation négative entre le développement de la tige en automne et la résistance à l'hiver. Selon ce même auteur, la meilleure résistance au froid de la navette (*Brassica rapa* L. ssp. *oleifera* Metzg.) par rapport au colza tient au fait qu'elle a un cône de végétation très près du sol.

TORSSEL (1957) considère cette forme de résistance au froid comme "résistance apparente" (Scheinresistenz); elle est liée à la position de la plante par rapport au sol.

Si l'élongation de l'épicotyle et de la tige est favorisée par un semis précoce, la tendance est la même lorsque le semis est dense (concurrence entre plantes) (VEZ, 1967).

Les semis tardifs se caractérisent par un développement végétatif faible; les plantes ne couvrent pas la totalité de la surface du sol disponible. Par conséquent, ils sont plus exposés à la concurrence des mauvaises herbes et aux attaques des parasites.

Malgré tous ces aspects négatifs, une certaine proportion des semis tardifs que nous avons examinés a abouti à un rendement en grain assez bon (tableau 1). Cependant, quelques semis tardifs ont aussi échoué; 6ème semis dans 2 parcelles sur 8 en 1969/70 et les 4ème et 5ème semis dans toutes les répétitions de l'essai 1970/71.

En automne donc, les chances de réussite de la culture diminuent fortement lorsque la date de semis dépasse sensiblement l'optimum, bien que les semis très précoces ne soient pas non plus dépourvus d'inconvénients mais ces derniers courent un nombre de risques moins grands.

5. 2. Discussion sur le développement du printemps à la récolte

Dès la reprise de la végétation, au fur et à mesure que l'on se rapproche de la récolte, les différences de développement selon les dates de semis diminuent. Il n'y a guère que les semis très tardifs qui soient en retard dans la production de matière végétale. Par ailleurs, les semis très précoces ne conduisent pas toujours aux valeurs mesurées les plus élevées.

De toutes les recherches de corrélation entre la masse des diverses parties de la plante et le rendement en grain (facteur qui nous intéressait le plus), la seule corrélation qui soit digne d'être mentionnée est celle qui se dessine entre la matière sèche foliaire peu avant le début de la floraison et le rende-

ment en grain selon les dates de semis (cf. ch. 4.3.).

Il est certain que les conditions météorologiques déterminent dans une large mesure la formation du rendement. Les mauvais résultats obtenus par les semis précoces en 1968/69 et 1969/70 peuvent difficilement être expliqués autrement, même en tenant compte d'un développement automnal moins important.

Il semble que les printemps défavorables au point de vue météorologique (1969 et 1970) ralentissent le développement génératif des plantes, perturbent la fructification et retardent la maturation qui a ainsi plus de chances de se dérouler dans une période où d'importants déficits hydriques peuvent déjà se manifester. A ce propos, SEIFFERT (1968) indique que le colza préfère les régions où l'humidité de l'air est élevée. Dans les régions sèches, les réserves hydriques du sol permettent de compenser partiellement ce manque. Ces remarques expliquent, pour une bonne part, les fluctuations de rendement du colza d'automne que l'on observe d'une année à l'autre tant sur le Domaine de Changins que dans la région de cultures qui s'étend de Lausanne à Genève où les conditions ont tendance à être sèches. Cependant, si le colza préfère une humidité relative de l'air plutôt élevée, en revanche, une trop forte pluviosité au moment de la fécondation et de la maturation est défavorable (MOULE, 1972).

Dans les semis très précoces, il semble que le très fort développement végétatif empêche la formation de tiges secondaires qui seraient nécessaires à l'expression d'une proportion plus grande du potentiel de production de grain de chaque plante.

ROLLIER (1970) signale que la corrélation entre le rendement en grain et le nombre de siliques des inflorescences secondaires est plus étroite ($r = 0,98$) que celle existant entre le rendement en grain et le nombre de siliques de l'inflorescence principale; il semble donc établi que les inflorescences secondaires jouent un rôle important dans la formation du rendement.

6. Conclusions - Résumé

Durant 4 ans, de 1967/68 à 1970/71, on a étudié le développement du colza d'automne semé à diverses dates échelonnées entre le 18 août et le 3 octobre.

On a examiné séparément le développement des feuilles, tiges, racines et inflorescences en prenant, comme critère principal, la matière sèche et en recherchant les éventuelles corrélations avec le rendement en grain.

Les résultats obtenus montrent que, dans les conditions de l'expérimentation, la période de semis optimale se situe dans la première décade de septembre. Les semis effectués à une date s'écartant notablement de cet optimum peuvent conduire à des baisses de rendement; cependant, un semis trop précoce court moins de risques qu'un semis tardif.

- Les semis très précoces présentent, en général, un développement automnal luxuriant. Leur forte masse végétale et leurs tiges ayant subi une certaine élongation les exposent au gel. Cependant, les réserves accumulées dans les racines leur confèrent un potentiel de régénération très grand au printemps. Leur concurrence envers la mauvaise herbe est à ne pas négliger.
- Les semis tardifs accusent un développement automnal parfois très chétif. Leur potentiel de régénération, au printemps, est très faible. Ils sont plus exposés à la concurrence des mauvaises herbes et aux déprédations des insectes et des limaces. Cependant, selon les conditions de l'année, ils peuvent conduire à un bon rendement en grain.

Un supplément de fumure azotée en automne ne permet guère de compenser le retard au semis.

Les conditions météorologiques qui règneront entre le printemps et la récolte semblent jouer un rôle plus important que les dates de semis (sauf cas extrêmes).

Les déficits hydriques importants, une basse humidité relative de l'air mais aussi de très fortes précipitations peuvent être préjudiciables au développement du colza et influencer fortement le rendement en grain.

De toutes les recherches de corrélation entre la masse des diverses parties de la plante (matière sèche) et le rendement en grain, la seule corrélation remarquable est celle qui se dessine entre la matière sèche foliaire peu avant le début de la floraison et le rendement en grain en fonction des dates de semis ($r = 0,33$ à $0,74$ selon les années). Cependant, le nombre d'années d'observations ne permet pas d'établir une relation certaine entre la quantité moyenne de matière sèche foliaire et le niveau moyen de rendement en grain.

UNTERSUCHUNG ÜBER DIE ENTWICKLUNG VON WINTERRAPS IN ABHÄNGIGKEIT VERSCHIEDENER AUSSAATTERMINE

Zusammenfassung

Während 4 Jahren, von 1967/68 bis 1970/71, wurde die Entwicklung von Winterraps in Abhängigkeit verschiedener zwischen dem 18. August und dem 3. Oktober gestaffelter Aussaattermine untersucht.

Die Blätter-, Stengel-, Wurzel- und Blütenstandentwicklung wurde getrennt verfolgt; als Hauptmaß wurde die Trockensubstanz herangezogen. Die möglichen Korrelationen mit dem Samenertrag wurden untersucht.

Unter den klimatischen Bedingungen des Versuchsortes konnte die erste September-Dekade als optimale Saatzeit bestimmt werden. Aussaaten, die

von diesem Optimum abweichen, können zu Mindererträgen führen; dabei haben sich die zu frühen Saaten als weniger riskant erwiesen als die späten:

- die sehr frühen Saaten zeigen im allgemeinen eine üppige Herbstentwicklung. Wegen der starken Blattmasse und der einsetzenden Verlängerung der Stengel sind die Pflanzen den Wintereingriffen stärker ausgesetzt. Die Wurzeln verfügen aber über bedeutende Reserven, so daß die Pflanzen im Frühjahr ein großes Regenerationsvermögen besitzen. Ihre starke Konkurrenzskraft gegenüber Unkraut ist nicht zu vernachlässigen.
- die zu späten Aussaaten zeigen vielfach eine sehr schwache Herbstentwicklung. Ihr Regenerationsvermögen im Frühjahr ist sehr gering. Sie sind durch die Verunkrautung und den Schädlingsbefall stärker gefährdet. Je nach Jahreswitterung können jedoch die späten Saaten in gewissen Fällen zu fast normalen Erträgen führen.

Es hat sich gezeigt, daß eine zusätzliche Stickstoffgabe im Herbst die Nachteile der späten Aussaat nicht beheben kann. Die Witterungsverhältnisse zwischen Winterende und Ernte spielen eine ebenso wichtige Rolle wie der Saattermin. Starker Wassermangel, niedrige Luftfeuchtigkeit, aber auch überreichliche Niederschläge können die Rapsentwicklung und besonders das generative Wachstum stark beeinflussen, was sich auf den Samenertrag mehr oder weniger auswirken kann.

Aus den vielen untersuchten Korrelationen zwischen Pflanzenteilen und Körnerertrag hat sich nur eine bemerkbar gemacht, und zwar diejenige zwischen Blattmasse (Trockengewicht) kurz vor Blühbeginn und Samenertrag ($r = 0,33$ bis $0,74$ je nach Versuchsjahr) in Abhängigkeit von den Aussaatterminen. Die zu kleine Anzahl der Beobachtungen (Versuchsjahre) erlaubt es nicht, eine gesicherte Korrelation zwischen mittlerer Blattmasse und durchschnittlichem Samenertrag festzustellen.

Bibliographie

1. ANDERSSON, G. & G. OLSSON (1961): Züchtung der Sonderkulturpflanzen: Cruciferen-Ölpflanzen. Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band V, Verlag P. Parey, Berlin und Hamburg.
2. KLAPP, E. (1967): Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaues. Verlag P. Parey, Berlin und Hamburg, 458-464.
3. MOULE, C. (1972): Chap. "Colza" dans Phytotechnie spéciale. Tome III, Plantes sarclées et diverses. La Maison Rustique, Paris, 52-74.
4. ROLLIER, M. (1970): Le développement végétatif et les composantes du rendement du colza d'hiver. Compte rendu des "Journées internationales sur le colza" Paris, 26-30 mai, 207-211.

5. SEIFFERT, M. (1968): Abschn. "Raps" in Landwirtschaftlicher Pflanzenbau. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 200-214.
6. VEZ, A. (1967): Influence de la densité de semis, de l'écartement des lignes et du binage sur le développement et le rendement du colza d'automne.
Agric. romande 6 (5), 59-63.
7. VEZ, A. & VULLIOUD, P. (1971): Influence du travail du sol sur la culture du colza d'automne en terres lourdes.
Rev. suisse agric. 3 (3), 60-64.
8. VULLIOUD, P. (1971): La fumure azotée du colza d'automne.
Rev. suisse agric. 3 (5), 107-114.