

# Le colza en France, état d'avancement du programme en matière de recherche sur la physiologie de la plante et du peuplement

Document préparé par A. MERRIEN, CETIOM FRANCE

Collaborent à ce programme les équipes suivantes :  
 INRA Laboratoire de bioclimatologie de Grignon  
 INRA Station d'Agronomie de Clermont-Ferrand  
 INRA Station d'Amélioration des Plantes de Rennes  
 INRA Station d'Agronomie d'Auzeville  
 INA PG Chaire d'Agronomie  
 ENITA Dijon  
 CNRS Institut de Physiologie Végétale  
 CNRS Laboratoire d'Ontogenèse Expérimentale  
 UNIVERSITE de Paris VI  
 et le CETIOM

Le contexte économique du colza apparaît aujourd'hui difficile. La seule solution qui reste à l'agriculteur sera d'accroître encore sa productivité et celle de sa culture. Si l'effort du sélectionneur permettra une part de cet accroissement, une meilleure connaissance de la plante et de son fonctionnement pourront également permettre de mieux aider l'agriculteur dans le choix d'interventions plus payantes.

## Les résultats de la dernière campagne

Les surfaces de colza d'hiver ont été de 380 000 hectares (source : SIDO) et la moyenne des rendements a été de 27 q/ha (contre 30 q/ha l'an dernier). Les surfaces semées étaient en régression par rapport aux années précédentes (460 000 ha en 1985), mais il faut savoir que ceci n'est que la conséquence d'un accident climatique, et non d'un désintérêt pour le colza de la part des agriculteurs. En effet, les intentions de semis avaient été de 600 000 hectares, mais elles furent contrariées par une sécheresse prolongée pendant la période normale des semis depuis les régions du Centre-Ouest jusque dans le Sud-Ouest.

Au total, la plus grande partie des colzas s'est concentrée dans les régions du Nord de la Loire, où les rendements ont été au moins aussi bons que ceux de l'année précédente (souvent supérieurs à 30 q/ha). Dans les régions où la sécheresse a sévi, ils furent au contraire très médiocres en raison de la tardivité et de l'hétérogénéité des levées.

Parmi les facteurs pouvant expliquer les bonnes performances des colzas des zones septentrionales, on peut citer :

— des implantations d'automne satisfaisantes,

- des indices foliaires corrects à la reprise de végétation,
- la maîtrise des maladies par les producteurs
- de bonnes conditions de maturation.

## Les connaissances ont progressé dans le domaine de la morphogenèse de la plante

Le colza présente des besoins en vernalisation ; si les températures inférieures à 17° C sont vernalisantes, ce mécanisme sera d'autant plus rapide que la température diminuera et que la photopériode sera grande. Si en moyenne l'initiation florale peut débiter après que 8 feuilles aient été différenciées, on observe que la précocité du cultivar à l'initiation est d'autant plus grande que ce nombre de feuilles est faible.

Pour un même cultivar, le rythme de différenciation des feuilles ne diffère pas, même s'il peut présenter deux vitesses différentes de part et d'autre de l'initiation florale.

Ces processus de mise en place des potentiels (photosynthèse et production) ont également été suivis au champ.

De façon schématique, en se référant uniquement à l'axe principal, la vie d'une plante peut se subdiviser en deux périodes : l'une où la plante forme des feuilles et l'autre où elle forme ses fleurs. Le passage de l'une à l'autre correspond à l'initiation florale. Mais s'il y a arrêt de la production de feuilles (floraison terminale), il n'y a pas arrêt (du moins théoriquement) de la production de fleurs (floraison de type indéterminée).

Chacune de ces périodes peut à son tour être divisée en deux :

pour la période à fleurs, la subdivision se situe au niveau de l'anthèse : avant l'anthèse, il y a uniquement création de fleurs mais on ne les voit pas ; après l'anthèse, il y a création de fleurs et de fruits (siliques). Ces deux sous-périodes sont donc très faciles à distinguer,

pour la période à feuilles, la subdivision n'est pas aussi évidente : il faut faire des dissections et des comptages. On observe alors qu'à un moment donné :

l'apex se gonfle et se déforme en dôme,

il y a changement de rythme dans la création des feuilles (plastochrone),

puis il y a perte des « glandes ». Ce sont de petits organes foliacés situés à la base du pétiole des premières feuilles formées.

Il y a donc bien, là aussi, deux sous-périodes. Pour la première sous-période, on parle de phase végétative, pour la deuxième, de phase préflorale. Entre ces deux sous-périodes, certains parlent de « reprise » il en résulte pour conséquence que les organes formés pendant la phase végétative sont différents de ceux formés pendant la phase préflorale et sera visible plus tard. Chronologiquement, la différence entre organes végétatifs et préfloraux va se produire par :

un changement de rythme d'émergence des feuilles c'est-à-dire modification du phyllotherme. Ceci est visible selon la date de semis, entre Janvier et Mars, et est à relier à la reprise au printemps.

un changement de la forme des feuilles (passage de la forme lobée à la forme lancéolée) ; la feuille de transition, baptisée feuille « alpha », est un marqueur à posteriori de la date du début de l'initiation. Elle pourra constituer un outil de diagnostic prévisionnel du nombre ultérieur de feuilles à développer et du nombre potentiel de ramifications.

des potentialités différentes de fructification : les rameaux préfloraux peuvent porter des fleurs épanouies et des siliques. Les rameaux végétatifs n'en ont pas. Ceci est visible jusqu'à la récolte.

Les travaux ultérieurs porteront sur le déterminisme du nombre de ramifications, de leur position sur la tige et sur leur potentialité de production. La relation entre le nombre de feuilles différenciées à l'automne et l'indice foliaire au moment de la floraison devrait également être abordée : l'objectif serait de voir si la variabilité de ce dernier selon les années peut s'expliquer par les conditions climati-

ques durant la phase automnale lors de la différenciation des ébauches.

### **L'amélioration de la résistance à la sécheresse lors de la phase d'implantation peut être obtenue à partir du système racinaire.**

En présence de conditions sèches (potentiels hydriques de la plante aux environs de  $-6$  bars), le colza développe une rhizogénèse particulière qui se caractérise par des racines courtes tubérisées (RCT). Les premiers travaux ont porté sur la description, la quantification, l'héritabilité et l'intérêt de ce mécanisme pour la reprise après l'arrêt du déficit.

Les travaux récents ont pourtant porté sur les aspects métaboliques liés à ce phénomène ; il ressort que ces racines courtes présentent un métabolisme inverse par rapport à un tissu végétal normal subissant un stress hydrique : ceci notamment au niveau du métabolisme des lipides (diminution des ac.gras saturés et augmentation des ac.insaturés et en particulier de l'ac.linoléinique qui pourrait être un marqueur de ce phénomène adaptatif et donc utilisable par les généticiens.

De plus dès leur mise en place les RCT deviennent des puits très actifs pour les assimilats.

L'effort de recherche se poursuit actuellement au niveau des différentes espèces de Brassica en vue de préciser la variabilité de ce processus au sein du genre.

### **Le système racinaire constitue un organe de réserves.**

Le travail a porté tant sur l'aspect quantitatif que qualitatif. Les formes de réserves sont essentiellement des glucides solubles (saccharose) ; le pivot racinaire représente à l'entrée de l'hiver environ 40 % de ces réserves et les tiges 30 %. A la reprise de végétation ces assimilats évoluent de manière différente entre la part destinée à la croissance et la part mise en réserve.

*Pendant la phase végétative*, les dates de semis modifient ce rapport, mais pas les densités. Les sommes de températures expliquent parfaitement cette répartition qui dépend donc uniquement de l'âge de la plante. A la reprise de végétation, la vitesse de croissance ne dépend pas de la qualité de glucides stockés à l'automne.

*Pendant la phase reproductrice*, la quantité totale de glucides totaux disponibles est liée aux indices foliaires les plus forts. Il ressort enfin que la contribution directe des réserves automnales au rendement final de la plante reste inférieure à 10 %.

### La mise en place de l'indice foliaire.

Cette étude est réalisée à l'échelle de la plante par l'analyse systématique de la distribution des produits de la photosynthèse pendant la partie de la phase végétative (où le végétal ne développe qu'une succession spatio-temporelle de feuilles et de tige) et son objectif est de mettre au point les paramètres d'un modèle pour la mise en place de l'indice foliaire.

L'évolution dans le temps de l'importation d'assimilats par une feuille est semblable pour toutes en ce qui concerne la forme de cette évolution exprimée en fonction du pourcentage de longueur totale de la feuille considérée. Autrement dit, si on s'affranchit par ce mode d'expression de la chronologie plante pour ne s'intéresser qu'à la chronologie feuille, toutes les feuilles ont un maximum d'importation, pour une feuille source donnée, qui se situe au moment où elle atteint 40 % de sa longueur totale de limbe. L'intensité de cette importation dépend des relations phyllotaxiques. On a donc deux réponses en intensité (i) :

- la feuille est située sur la même génératrice que la feuille marquée : importation =  $2 \times i$
- la feuille n'est pas située sur la même génératrice : dans ce cas importation =  $i$ .

Concernant le fonctionnement de la feuille « source » d'assimilats marqués, des différences importantes apparaissent selon son rang. C'est ainsi par exemple qu'une feuille marquée de rang  $n$  exporte à son maximum (45 % d'exportation) lorsqu'elle atteint 70 % de la surface développée. Le seuil ne dépassera pas 35 % pour les feuilles de rang  $n+1$ . Cette baisse (entre 70 et 100 %) pour la feuille de rang  $n$  et ce plateau plus faible pour les feuilles  $n+1$  laissent penser à une influence du rayonnement (ou de l'ombrage d'une feuille sur l'autre) qui se répercute sur la quantité d'assimilats produits.

#### Perspectives :

La modélisation de la distribution des produits de photosynthèse chez le colza (correspondant aux conditions climatiques de croissance contrôlée et pendant la période considérée) est donc possible si l'on répond aux points suivants :

- connaître la phyllotaxie du colza pour savoir si la feuille considérée est de type  $i$  ou  $2 \times i$  ;
- étudier le rapport photosynthèse/respiration des feuilles en fonction du gradient de rayonnement lié à l'architecture du végétal.

En faisant ensuite varier les conditions climatiques, l'analyse de la sensibilité des différents paramètres étudiés devrait nous permettre une généralisation en vue d'expliquer le comportement au champ. Les premiers résultats du modèle devraient être prochainement disponibles.

### Les particularités du fonctionnement du couvert végétal.

Pour des biomasses produites identiques, l'indice foliaire comparé de 4 cultures d'hiver (pois, féverole, blé, colza) diffère quelque peu. Si sa mise en place est très rapide chez le pois, elle est moins intense chez le colza et sensible aux niveaux d'intrants (azote...). Le relais des siliques est également très important (PAI de 2). Les quantités d'énergie mobilisées par les graines sont du même niveau ; la tige bloque des quantités importantes, alors que les feuilles se vident bien. L'origine des assimilats et la part respective des redistributions par rapport aux translocations ne présente pas de grande différence.

espèce	rendement	% redistribution	% translocation
blé	75 q	29	71
colza	40 q	28	71
pois	80 q	25	75
féverole	40 q	16	84

L'étude des vitesses d'apparition des feuilles et de leur durée de vie montre que selon le rang de la feuille, cette vitesse diffère : rapide à l'automne (60° j pour une feuille), elle diminue de plus de 50 % durant l'hiver.

D'une manière générale, les feuilles d'automne ont une durée de vie de 600° j et la feuille de printemps environ 800° j. Une autre particularité qui ressort de ce travail est la teneur en azote (6 à 7 %) chez la feuille jeune. Cette teneur décroît rapidement au cours du temps. A sa chute, la feuille contient encore en moyenne 2 % d'azote.

Les feuilles de rang 1 à 20 tombent au sol environ deux mois avant la récolte. Elles restituent près de 80 u. d'azote à l'hectare et il serait pertinent de vérifier si une part de cet azote est remobilisable par la plante pour le remplissage des siliques.

### Le bilan de 3 années de diagnostic

Il s'avère que l'élément clé de cette approche est l'indice foliaire en floraison et à cet égard on confirme que la phase préflorale du colza est aussi importante que la phase hivernale. Des courbes de références sont par ailleurs obtenues selon les variations de l'alimentation ou selon la présence d'un accident ; à cet égard, des résultats importants apparaissent concernant les éventuelles compensations. Parmi les points de blocage qui seront à mieux suivre les années prochaines, on peut souligner :

- l'alimentation en eau et en azote,
- la régression de la surface foliaire à l'automne,
- la variabilité de la phase levée-initiation florale et la conséquence sur le nombre d'ébauches formées,
- la durée de la surface foliaire après la floraison et les facteurs de sa variabilité (eau et azote),
- les liens existant entre les différents puits et une meilleure connaissance des phases d'autotrophie et d'hétérotrophie,
- les biosynthèses dans la graine (huile et protéines).

### L'élaboration du rendement et sa variabilité

En étudiant les différences de comportement entre variétés, il apparaît que l'aptitude à émettre des ramifications conduit à accroître le nombre de siliques et leur plus petite taille ainsi que leur moindre remplissage ne serait pas un handicap à une meilleure productivité. Les travaux ultérieurs s'efforceront de rechercher les facteurs susceptibles de faire varier le nombre de ramifications, composante apparemment déterminante.

Un nouveau champ de recherches va se mettre en place et s'efforcera d'aborder la régulation hormonale chez le colza en suivant plus particulièrement l'évolution au niveau du bourgeon inflorescentiel. Des interactions futures seront possibles tant avec la morphogenèse de la plante et les différences entre cultivars que dans le domaine des régulateurs de croissance.

### Résumé :

Le programme de recherches sur la physiologie du colza a permis le progrès des connaissances

dans le domaine du déterminisme morphogénétique de la plante : pour la vernalisation, ses besoins sont absolus en froid et les températures inférieures à 17° C sont efficaces. Les principaux repères de la date de l'initiation florale sont caractérisés : gonflement de l'apex, modification du plastochrone, changement dans la forme des feuilles.

Le système racinaire est mieux caractérisé dans deux domaines : d'une part, son aptitude à émettre des racines courtes tubérisées en conditions sèches et d'autre part, son rôle de réserves utilisables à la reprise de végétation. Dans ce domaine, la contribution directe de ces réserves au rendement final serait très faible.

La mise en place et le rôle primordial qu'il joue notamment lors de la floraison ont conduit les équipes françaises à porter leur attention sur l'indice foliaire et dans les domaines particuliers que sont la modélisation de sa mise en place et son fonctionnement en comparaison d'autres espèces hivernales.

L'étude des voies d'élaboration du rendement fait ressortir, selon le cultivar, des chemins différents pour l'accession aux forts potentiels.

### Rapeseed in France: Development of the Research Program on Plant and Plant Population Physiology.

The research program on rapeseed physiology allowed us to improve our knowledge concerning the morphogenetic determinism of the plant: for vernalization, its needs for cold are absolute, and temperatures below 17° C are efficient. The main reference dates of the floral initiation are now well defined: apex swelling, modification of the plastochron and the leaf shape.

The root system is better characterized in two ways: first, its ability to develop short tuberous roots in dry conditions, and secondly, its part as utilisable reserves at the time of spring growing. In this field, the direct contribution of these reserves to the final yield would be low.

The setting and the essential part played by the root system at flowering-time led French teams to draw particular attention to the leaf index and to special fields of interest such as the modelling of its setting and its functioning as compared to other winter species.

The study of yield elaboration pathways underlined different ways according to the cultivar to bring about high potentials.

**Rapsanbau in Frankreich: Gegenwärtiger Zustand des Forschungsprogramms über die Physiologie der Pflanze und des Bestandes.**

Das Forschungsprogramm über die Rapsphysiologie hat uns erlaubt, unsere Kenntnisse im Bereich des morphogenetischen Determinismus der Pflanze zu verbessern: ihr Verlangen nach Kälte ist absolut für die Vernalisation, und Temperaturen unter 17° C sind wirksam. Die Hauptanhaltspunkte für den Zeitpunkt des Blütenbeginns sind bestimmt worden: Anschwellen der Spitze, Veränderung des Plastokrons und der Gestalt der Blätter.

Das Wurzelsystem ist jetzt auf zwei Gebieten besser gekennzeichnet: erstens, seine Fähigkeit,

kurze Knollenwurzeln unter trockenen Bedingungen zu entwickeln, und zweitens, seine Rolle brauchbarer Reserven bei Springanwachsen. Auf diesem Gebiet wäre der direkte Beitrag dieser Reserven zum Endertrag gering.

Die Einsetzung und seine besonders bei der Blüte gespielte Rolle haben die französischen Forschergruppen dazu geführt, den Blattindex und auch im besonderen die Modellierung seiner Einsetzung und sein Funktionieren im Vergleich zu anderen Wintersorten zu studieren.

Die Studie der Wege der Ertragsbildung unterstreicht verschiedene Wege der Sorte nach zu Erlangung hoher Potentiale.