

OLÉAGINEUX, CORPS GRAS, LIPIDES

La cameline - *Camelina sativa* (L.) Crantz : une opportunité pour l'agriculture et l'industrie européennes

Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 6, Numéro 1, 28-34, Janvier - Février 1999, La filière, aujourd'hui, demain

 [Résumé](#)  [Summary](#)

Auteur(s) : Alain BONJEAN, François LE GOFFIC, .

Résumé : La cameline, qui est une crucifère, est une très ancienne culture oléagineuse européenne. Deux lignées pures appelées respectivement Epona et Céline permettent d'accéder régulièrement à 25 q/ha de graines en France métropolitaine, sous réserve du respect de quelques façons agronomiques. Celles-ci conduisent à une huile possédant autour de 70 % d'acides gras insaturés, en particulier de l'acide alpha-linolénique, de l'acide oléique, de l'acide linoléique et de l'acide gadoléique, ainsi qu'à un tourteau riche en protéines. Ces deux types de produits peuvent trouver des applications importantes dans différents secteurs de l'agro-alimentaire – l'huile de cameline raffinée vient d'obtenir son agrément alimentaire de la DGCCRF – , de l'industrie chimique, de la cosmétique et de la pharmacie.

Mots-clés : cameline, sélection, variétés récentes, façons culturales, productivité : grains, huile.

ARTICLE

2) chemical extraction ; the phytosterols are extracted by solvents,
3) and physicochemical extraction ; the phytosterols are crystallized with additives by adduct formation to be separated.

The crystallisation of phytosterols can be obtained by the addition of solvents [1,4]. The phytosterols crystallize or otherwise precipitate to form a solid phase that can be physically separated from the liquid phase, e.g. by filtering, centrifuging or decanting. These solvents or solvent mixtures are generally composed of high and low polarity solvents and of water. The preferred low polarity solvents are higher alkanes of sufficiently high molecular weight to form a liquid phase, preferably straight-chain or branched-chain alkanes having 6 to 12 carbon atoms. Mono-ketones, mono-aldehydes, mono-esters and higher monohydric alcohols are also suitable. The preferred high polarity solvents are low molecular weight oxygenated hydrocarbons, preferably lower alcohols. Suitable high and low polarity solvents are listed in table 4.

The solvent blend will comprise a major amount of the low polarity solvent, typically at least 80 % by weight of the solvent blend. The high polarity solvent will be present in a minor amount, typically less than 20 % by weight of the solvent blend. Water is preferably present in an amount essentially equal to the high polarity organic solvent with ratios of high polarity solvent to water ranging from 5:1 to about 1:5.

The phytosterol fraction can also be extracted by successive liquid / liquid extractions with combinations of polar and non polar solvents.

Finally chemical and physical extractions can be combined in such a way that phytosterols are able to form adducts with additives that crystallize and that are physically recovered [2]. Subsequent isolations of phytosterols from esterified and transesterified mixtures by adduct formation are performed in an aprotic solvent which contains a small amount of a protic solvent. The combinations of additives, protic and aprotic solvents listed in table 5 are suitable for adduct formations.

After separation, the adduct is decomposed in a biphasic solvent system to liberate free sterols and additives.

The fourth and final step consists in recovering tocopherols by different methods like molecular distillation, solvent extraction, etc.

Conclusion

Phytosterol extraction from DOD or fatty residues requires such specialized installations as fractional or molecular distillation units. The esterification or transesterification steps at high temperatures and distillation under high vacuum necessitate a lot of energy. The use of organic catalysts or solvents requires control and security systems to limit the environmental impact. All this entails an increase in the process cost that is obviously balanced by the exploitation of the tocopherol fraction extracted at the same time.

REFERENCES

1. HUNT TK (1997). Recovery of tocopherols, PCT patent WO 97/21697.
2. STURVE A (1979). Process for isolating sterols from fat processing residues, US patent 4,148,810.
3. STURVE A, HILL FF, SCHINDLER J (1983). Sterol concentrates, the preparation thereof, and their use in the transformation of sterols by fermentation, US patent 4,374,776.
4. SUMNER CE, BARNICKI SD, DOLFI MD (1995). Process for the production of sterol and tocopherol concentrate, US patent 5,424,457.
5. GHOSH S, BHATTACHARYA DK (1996). Isolation of tocopherol and sterol concentrate from sunflower oil deodorizer distillate. *JAOCs*, 73 : 1271-4.



BIOLOGIE VÉGÉTALE

La cameline - *Camelina sativa* (L.) Crantz : une opportunité pour l'agriculture et l'industrie européennes

Alain BONJEAN¹, François LE GOFFIC²

1. GIE SPRINT, 620, avenue Blaise Pascal, ZI, 77555 Moissy Cramayel Cedex

2. École nationale supérieure de chimie de Paris,

Laboratoire de bioorganique et biotechnologies de l'environnement

(UMR CNRS n° 7576), 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05

Résumé : La cameline, qui est une crucifère, est une très ancienne culture oléagineuse européenne. Deux lignées pures appelées respectivement Epona et Céline permettent d'accéder régulièrement à 25 q/ha de graines en France métropolitaine, sous réserve du respect de quelques façons agronomiques. Celles-ci conduisent à une huile possédant autour de 70 % d'acides gras insaturés, en particulier de l'acide alpha-linolénique, de l'acide oléique, de l'acide linoléique et de l'acide gadoléique, ainsi qu'à un tourteau riche en protéines. Ces deux types de produits peuvent trouver des applications importantes dans différents secteurs de l'agro-alimentaire – l'huile de cameline raffinée vient d'obtenir son agrément alimentaire de la DGCCRF –, de l'industrie chimique, de la cosmétique et de la pharmacie.

Mots clés : cameline, sélection, variétés récentes, façons culturales, productivité : grains, huile.

Abstract : False flax or gold of pleasure, which is a Crucifer, is a very old European oil crop. Two pure line varieties Epona and Céline reach regularly 2,5 Mt/ha in continental France if farmers follow up few agricultural practice recommendations. Their oil contain around 70% of unsaturated, especially alpha-linolenic acid, oleic acid and gadoleic acid, plus a meal rich in proteins. These two types of products can be utilised in many applications of the agricultural food companies (in France, the oil just obtained its food label from D.G.C.C.R.F.), the chemical industry, the cosmetics and the pharmacy.

Key-words : false flax, selection, new varieties, farming practice, productivity : seeds, oil.

Introduction

Même si, depuis les années 70, la production mondiale des dix cultures oléagineuses les plus importantes a quasiment doublé, les besoins mondiaux en huiles et en tourteaux ne cessent de s'accroître du fait de l'augmentation de la population mondiale et de l'élévation du niveau de vie. Au dire des experts de la Banque mondiale, cette population devrait passer de 5,295 milliards en 1990 à 7,888 milliards d'ici 2010 et la demande en oléoprotéagineux devrait s'accroître particulièrement en Asie centrale, en Chine et en Extrême-Orient tout en se maintenant à un niveau élevé en Amérique, au sein de l'Union européenne et des ex-pays du COMECON.

Les progrès réalisés principalement dans l'amélioration génétique et la conduite des cultures du soja, du palme, du colza et du tournesol permettront d'intensifier encore ces productions dans les prochaines années. Les biotechnologies, et en particulier le génie génétique, devraient contribuer à renforcer cette tendance comme à diversifier les utilisations de ce « mine-rai vert ».

Toutefois, ces grandes cultures oléagineuses sont en général mal adaptées à une culture en zones peu fertiles ou avec de faibles niveaux d'intrants. Depuis plus d'une décennie, cela a conduit de nombreux chercheurs à étudier diverses autres plantes et à évaluer leurs potentialités en termes d'alternatives aux oléoprotéagineux actuels. Ces travaux ont révélé, chez plusieurs de ces espèces des faiblesses du matériel végétal disponible en termes d'adaptation aux zones européennes tempérées – *Dimorphanthera pluvialis*, *Lesquerella* spp., *Ricinus communis*, *Vernonia galamensis* –, de mécanisation de certaines étapes de la culture – *Borreria officinalis*, *Cuphea* spp., *Oenothera biennis* –, ou simplement de productivité annuelle – *Crambe abyssinica*, *Crepis alpina*, *Euphorbia lagascae*, *Lunaria annua* –, Celles-ci empêchent aujourd'hui l'agriculteur et l'industriel d'en disposer tant que des efforts de sélection importants ne seront pas entrepris sur ces plantes.

Parmi ces « nouvelles » espèces oléagineuses, la cameline, *Camelina sativa* (L.) Crantz, apparaît comme la seule immédiatement adaptée aux conditions européennes tant d'un point de vue biologique qu'agronomique. Un autre avantage notable de cette crucifère est qu'elle peut se satisfaire d'un niveau d'intrants modéré et correspond aux objectifs actuels de protection de l'environnement.

Ceci est, pour partie, la résultante des efforts de sélection et d'expérimentation de cette espèce que nous avons pu mener ces dernières années à travers le GIE SPRINT et l'ENSCP en coopération avec l'ONIDOL, le CETIOM et la société A2P.

Description, adaptation écogéographique de la plante, sélection et variétés récentes

Pour mémoire, le vocable « cameline » est apparu dans le français en 1549, comme une altération du mot « camamine », déformation du latin *chamaemelina*, lui-même issu du grec *chamai*, nain, et *linon*, lin [1].

Description

La cameline cultivée, *Camelina sativa* (L.) Crantz (synonymes : *Myagrum sativum* L. ; *Alyssum sativum* Scop. ; *Cochlearia sativa* Cav ; *Linostrophum sativum* Schrank) est une crucifère, diploïde (2n = 40). Elle est caractérisée principalement comme toutes les espèces du genre, par ses fruits en forme de petite poire, à deux valves [2].

Il existe des camelines de printemps, des types d'hiver nécessitant une vraie vernalisation et des types intermédiaires. La campagne 1996/1997 nous a permis de mettre en évidence que nos meilleurs types d'hiver, sélectionnés en Ile-de-France, pouvaient résister, durant plusieurs jours sans couverture de neige, à des froids de l'ordre de - 10, - 15°C.

Les plantes ont en général une tige droite dressée de 0,30 à 1,60 m de hauteur selon les types de sols et les conditions climatiques. Cette tige présente en général une ramification de type apical, assez faible. Chez les types d'hiver, il existe fréquemment plusieurs tiges et la ramification apicale est souvent plus dense que chez les types de printemps.

Les feuilles sont simples, entières, parfois plus ou moins dentées, là encore le plus souvent chez les types d'hiver ; elles sont peu poilues, embrassantes, auriculées à leur base et d'un vert jaunâtre - grisâtre.

L'inflorescence est une grappe assez lâche et allongée. Les fleurs sont à sépales dressés, à pétales, jaunâtres à jaunes, plus longs que larges ; elles s'ouvrent selon les types et les dates de semis entre mai et juillet et se fécondent très rapidement, principalement de manière autogame.

Les fruits ou silicules sont plus courts que les styles qui les portent, ovoïdes (5 à 12 mm de long pour 5 à 6 mm de diamètre), à style persistant et dur (2-3 mm) et à deux valves. Chaque silicule contient jusqu'à une vingtaine de graines, jaunâtres à rougeâtres, et n'égrenent qu'à maturité élevée, contrairement aux fruits de nombre d'autres crucifères oléagineux dont le colza ; le poids de 1 000 grains est faible, de 0,7 pour les types archaïques à 1,8-2,0 g pour les cultivars les plus récents. La racine est blanche, pivotante, très profonde.

Adaptation écogéographique

Le genre *Camelina* aurait pour centre d'origine les territoires de l'Asie Mineure, la Transcaucasie, l'Iran et le Turkménistan [3]. Selon les botanistes traditionnels, il comprendrait moins de 10 espèces et sous-espèces, habitant l'Asie, l'Europe et l'Afrique du Nord.

Nos travaux récents de marquage moléculaire par AFLP [4] montrent que ce genre présente un niveau de polymorphisme moléculaire moyen à faible, très inférieur à celui constaté chez d'autres genres de crucifères, tel *Brassica*. Ceci suggère fortement que *Camelina sativa* et

Tableau 1. Variabilité génétique de quelques caractères agronomiques et technologiques de notre matériel génétique cameline (année 1995).

Type (nbre lignes)	Taille (cm)	Poids 1 000 grains (g)	Tol. albugo (1 : 5 ; 9 : R)	Teneur huile (% MS)	Teneur en C16:0 C18:0	Teneur en C18:1	Teneur en C18:2	Teneur en C18:3	Teneur en C20:1	Teneur en C20:2	Teneur en C22:1	Glucos, (micro moles)
Printemps (74)	80 à 120	0,8 à 2,1	1 à 7	37,8 à 45,5	8,0 à 15,4	15,4 à 25,4	10,6 à 20,4	18,5 à 35,2	13,9 à 21,5	0,0 à 2,2	2,6 à 5,6	14,6 à 30,6
Hiver (23)	85 à 142	1,6 à 2,2	1 à 7	41,9 à 45,9	6,7 à 8,6	12,9 à 15,9	13,5 à 17,7	30,5 à 39,6	14,1 à 18,5	2,0 à 2,2	2,4 à 3,2	13,7 à 22,4

diverses autres *Camelina* spp. constituent en fait une espèce à taxons multiples, occupant diverses niches écologiques, comme c'est le cas pour le chou, *Brassica oleracea* L., qui regroupe divers taxons d'origines atlantique et méditerranéenne, antérieurement considérés comme des espèces à part entière.

Il est vraisemblable que la cameline cultivée, *Camelina sativa* (L.) Crantz, dérive de l'espèce sauvage *C. microcarpa* Andr., commune en Eurasie, par une adaptation mimétique, très ancienne, au sein de cultures de céréales et de lin. Diverses découvertes archéologiques ont mis en évidence la présence des deux espèces dès l'âge du bronze (1500 - 400 av. J.-C.) en Europe centrale, sur les côtes de la Baltique et de la mer du Nord [5-13].

La linguistique atteste également de la présence très ancienne de la cameline dans l'agriculture européenne [14].

L'espèce a été cultivée de manière importante aux époques grecque et romaine, puis son usage s'est restreint du Moyen-Âge au siècle des lumières, pour s'y limiter à l'alimentation des lampes à huile. Au milieu du siècle dernier, le botaniste clermontois H. Lecocq précisait que les camelins sont « des plantes des moissons qui s'accommodent des latitudes très variables depuis la Sibérie jusqu'à l'Espagne et dont les semences sont souvent transportées avec les céréales ».

• Distribution de *Camelina sativa* [15]

Limite sud : région de Grenade, jusqu'à Gibraltar, 36° lat. N.

Limite nord : Norvège, 70° lat. N.

Soit 34° d'écart de latitude.

Limite ouest : Portugal, 10° long. O.

Limite est : Sibérie du lac Baïkal, Russie, 110° long. E.

Soit 120° d'écart de longitude.

Il semble même, d'après des entretiens récents que nous avons eus avec des botanistes chinois, que l'espèce était connue, du temps de la route de la soie, encore plus à l'est jusque dans la région de Pékin sous le terme de *ya-ma-ji* [16]. Toutefois, à la fin du XIX^e siècle, si la culture avait été introduite par les Européens en Amérique du Nord – sans grand succès –, il n'en existait plus sur le vieux continent que des productions sur quelques milliers d'hectares, dédiées principalement à l'oisellerie et à la pharmacopée. Au début du XX^e siècle, 5000 hectares environ restaient encore cultivés dans le nord du Bassin parisien [17]. Depuis la Deuxième Guerre mondiale et jusqu'à ces dernières années, l'espèce était considérée comme en voie d'extinction en métropole [18].

Durant et après la Deuxième Guerre mondiale, du fait du manque de matières grasses disponibles en Europe continentale, un effort notable de collecte du matériel génétique subsistant fut entrepris en URSS, en Europe centrale et en Scandinavie. Il permit d'une part de le préserver mais également de l'évaluer et, dans certains cas, de débiter quelques travaux de sélection. Cette initiative fut foudroyée par le plan Marshall à l'Ouest et la guerre froide en limita ensuite les effets à l'Est.

Il reste que la cameline est une espèce adaptée depuis fort longtemps aux conditions de culture européenne et que, plus largement, elle paraît adaptée à toutes les zones de climat tempéré, océanique à continental. Après avoir tenté sans grand succès de convertir le ricin, espèce subtropicale, en culture de zone tempérée, cet argument ne pouvait nous laisser indifférents.

Sélection et variétés récentes

Au cours de la dernière décennie, la sélection de la cameline a repris en Europe principalement du fait de la recherche d'espèces alternatives, peu consommatrices d'intrants et susceptibles d'être cultivées au titre de la jachère industrielle. Des programmes ont ainsi vu le jour, dont le nôtre, en Allemagne, en Autriche, au Danemark et en France, avec pour base les cultivars précités, qui se trouvaient être des variétés de pays à variabilité souvent assez large. La plupart de ces travaux ont été réalisés dans un cadre public.

Prédisposant ainsi d'une base génétique assez large d'une part et du caractère largement autogame de l'espèce d'autre part, la nouvelle génération de sélectionneurs a mis en œuvre des stratégies de sélection des plus classiques : sélection généalogique, S.S.D. et bulk [19-22]. Des essais de culture d'anthères et de microspores isolées ont été initiés plus récemment par les mêmes équipes en France et en Allemagne, sans qu'un protocole fiable ait pu, pour l'heure, être mis au point.

Par les schémas classiques cités, un assez grand nombre de lignées fixées ont pu rapidement

être mises au point, comme le montrent, par exemple, nos propres travaux (tableau 1).

Chez la cameline, divers critères agronomiques importants ont une héritabilité suffisamment élevée pour autoriser des progrès génétiques [23]. Ces derniers sont favorisés par l'existence d'une corrélation positive entre la productivité en graines et celle en huile. Par suite, la plupart des programmes récents ont souvent retenu comme priorités l'augmentation de la teneur en huile et celle du poids de 1000 grains. Sur le premier critère, des progrès significatifs ont été réalisés [19-22]. Pour le second, il a aussi été possible de sélectionner des lignées pour lesquelles 1 000 grains pèsent jusqu'à 2 g ou plus. Celles-ci présentent cependant une corrélation négative en termes de productivité et de nouveaux cycles de sélection seront nécessaires pour trouver des recombinaisons favorables [22]. D'autres critères agronomiques, comme la réduction de la taille ou la tolérance à *Albugo*, ont été simultanément pris en compte. En matière d'acides gras, il existe de même une diversité relative de profils au sein de l'espèce mais leur exploitation en sélection classique a ses limites. Ceci a amené les équipes allemandes et autrichiennes précitées à utiliser la mutagenèse par voie chimique pour tenter d'augmenter la teneur en acide alpha-linolénique par exemple. Une telle approche pourrait également être une voie de réduction de la teneur en acide érucique : en effet, si une publication américaine [24] a cité une lignée «zéro érucique» appelée C009, ses résultats n'ont pu être réédités jusqu'à aujourd'hui, y compris avec ce cultivar. On peut aussi envisager le génie génétique à plus long terme avec des objectifs similaires, voire moins sensibles aux conditions du milieu, mais cela nécessitera des travaux préalables de biologie cellulaire et moléculaire.

De même, on trouve chez la cameline une assez grande variation de la teneur en glucosinolates autorisant une amélioration de la qualité du tourteau.

Nos travaux ont permis pour l'instant de créer deux variétés, bien adaptées aux conditions de culture en Europe (tableau 2).

À notre connaissance, d'autres variétés de prin-

Tableau 2. Caractéristiques des lignées Epona et Céline.

Noms (codes)	Type de cycle végétatif	Rendement en graines (q/ha)	Huile (%)	Glucosinolates (micromoles/g)
Epona (CAH4/94)	Hiver	27,0 à 39,2	43,8 à 44,5	13,3 à 15,0
Céline (CAP149)	Printemps	19,7 à 34,1	43,1 à 44,4	20,8 à 23,3

Tableau 3. Caractéristiques physicochimiques.

Caractéristiques	Huile brute	Huile raffinée
Indice d'acide	1,8	0,0
Indice d'iode	142,0	145,0
Indice de peroxyde	1,8	0,1
Indice de saponification	185,0	190,0
Teneur en phosphore (ppm)	30,0* à 300**	< 1,0

*Extraction réalisée sans aplatissage des grains.

**Extraction réalisée après aplatissage des grains.

temps viennent d'être inscrites ou sont en cours d'inscription au moins en Autriche, Allemagne, Danemark et Royaume-Uni. Leurs niveaux de performance ne sont pas supérieurs à celui de Céline.

En matière d'amélioration génétique, nous devons souligner également que la cameline est relativement résistante à des champignons comme *Alternaria brassicae* [25] et *Leptosphaeria maculans* [26], qui peuvent être des parasites graves d'espèces du genre *Brassica*. Ceci a amené des équipes à transférer ces gènes à la moutarde d'Abyssinie [27] et au chou [28], par hybridation somatique et d'autres travaux du même type sont en cours avec le colza. Ce type de résistance pourrait également être, à l'avenir, à l'origine de travaux de clonage de gènes du patrimoine génétique de la cameline et de transfert de ceux-ci par génie génétique vers d'autres espèces cultivées.

Façons culturales

Diverses recherches en matière agronomique ont été réalisées sur la cameline tant en Europe qu'en Amérique du Nord [19, 29-33]. D'une manière générale, la cameline peut se contenter de façons culturales réduites, en particulier du fait de sa capacité à couvrir très vite le sol et à étouffer les adventices; menée à ce régime, elle est une culture idéale en engrais vert ou sur jachère industrielle. Toutefois, même conduite avec plus de soins, elle reste une culture économe comparée à celle du colza ou même du lin.

Choix et préparation du sol

La cameline s'accommode de sols sableux, silico-argileux, argilo-siliceux ou de limons; elle craint uniquement les sols très lourds et compacts. Comme toutes les crucifères dont les grains sont de petite taille, la cameline s'implante le plus favorablement dans une terre bien ameublie en surface, qu'on aura évité de compacter en profondeur. Toutefois, elle s'adapte assez facilement

à des conditions plus défavorables, mais conduit alors à des rendements moins élevés.

Semis d'hiver

Un semis de cameline d'hiver ne saurait être effectué sans un agent anti-limaces, par exemple un Mesuroil à 3 kg/ha appliqué en pré-levée. La date de semis idéale des types d'hiver reste à préciser. Actuellement, les meilleurs résultats ont été obtenus en Bassin parisien avec un semis entre le 1^{er} et le 15 novembre; en effet, des semis plus précoces font que la culture se développe trop tôt et aboutissent à de la verse au printemps. Il est recommandé d'obtenir un minimum de 350 plantes par m² et de ne pas en dépasser 450, avec un inter-rang de 10 à 12 cm. La cameline d'hiver germe environ en 8 jours. La première période de développement est relativement lente, surtout en automne froid.

Semis de printemps

On peut semer les types de printemps sur une période très échelonnée, de fin mars à début juin. Toutefois, les meilleurs résultats sont obtenus dans le Bassin parisien avec des semis de fin mars à début avril. Plus encore que la cameline d'hiver, celle de printemps ramifie peu: aussi, faut-il veiller à disposer de densité d'au moins 400 plantes par m², avec des entre-lignes étroites (8 à 12 cm).

La cameline de printemps n'a pas de dormance et atteint sa capacité de germination dès 1°C. Elle germe très rapidement, couvre le sol en quelques jours et effectue sa montaison de manière très rapide.

Fertilisation, besoins en eau et contrôle des adventices

L'espèce reste une culture peu coûteuse en intrants. L'application de 80-100 unités d'azote et de 50 de potasse, si elle est accompagnée en pré-semis d'un traitement à la trifluraline (2l/ha de Tréflan ou Brassix) suffit à atteindre des performances honorables. Il est certain que le désherbage pourrait être optimisé en post-levée;

le CETIOM mène des travaux dans ce sens.

Les besoins en eau de la cameline sont mal connus. L'espèce est donnée traditionnellement comme tolérante à la sécheresse, mais sa productivité nous est apparue très limitée en conditions séchantes.

On peut aussi noter que les repousses de cameline ne posent pas problème aux cultures suivantes; de plus, le quartz (m.a.: diflufenicanil + isoproturon) détruit la cameline.

Champignons et autres parasites

La maladie principale affectant la cameline est *Albugo candida*, qui attaque sur tiges, feuilles ou silicules. Les symptômes, qui se traduisent par des plaques ou des manchons blanchâtres, sont spectaculaires et une augmentation de la fertilisation azotée les favorise. Toutefois, leur nuisibilité reste faible et des différences de tolérance existent selon les variétés.

Nous avons pu observer également des attaques de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, voire parfois d'*Alternaria brassicae*; pour l'instant, celles-ci se sont avérées très limitées et peu nuisibles.

Par rapport au colza, la cameline est relativement peu attaquée par les altises et les meligèthes; ceci nécessite rarement un insecticide.

Récolte

La cameline est mûre quand la tige commence à jaunir et que les silicules sont desséchées. Il faut alors couper sans attendre, bien que l'espèce apparaisse très peu susceptible d'égrener.

Tableau 4. Composition en acides gras.

La composition en acides gras ne varie pas de façon significative dans l'huile brute ou après raffinage.

Acide gras	Composition moyenne huile brute (%)	Composition moyenne huile raffinée (%)
C 14 : 0	0,1	0,1
C 16 : 0	6,0	6,0
C 16 : 1	0,2	0,2
C 18 : 0	2,5	2,6
C 18 : 1	19,0	19,0
C 18 : 2	18,0	18,0
C 18 : 3	30,0	30,0
C 20 : 0	1,5	1,6
C 20 : 1	15,0	15,0
C 20 : 2	1,5	1,5
C 20 : 3	1,0	1,0
C 22 : 0	0,5	0,5
C 22 : 1	3,5	3,5
C 24 : 0	0,2	0,2
C 24 : 1	0,5	0,6

Tableau 5. Composition et teneur en tocophérols de l'huile de cameline brute et raffinée.

Tocophérol	Huile brute	Huile raffinée
Alpha tocophérol (%)	2,0	3,0
Gamma tocophérol (%)	96,0	95,0
Delta tocophérol (%)	1,5	2,0
Tocophérol total (ppm)	900,0	860,0

La récolte mécanique ne pose pas de problèmes et ne nécessite pas d'équipements spéciaux. Compte tenu des petites dimensions des graines, la ventilation des moissonneuses-batteuses doit être réduite et régulièrement surveillée. Pour de petites quantités, on peut admettre une récolte avec quelques impuretés (parois de silicules par exemple), quitte à trier ensuite celles-ci à poste fixe avant stockage.

Productivité en graines

S'il existe très peu de références sur les camelins d'hiver, en culture de printemps, la littérature comprend des publications où les performances comparées du colza, du lin et de la cameline sont très favorables à cette dernière [24,31].

Nos travaux menés depuis 5 ans en coopération avec le CETIOM et l'ONIDOL confirment ces résultats en France métropolitaine.

Sur les cinq dernières années, ils montrent qu'avec les meilleurs cultivars actuels le niveau de rendement en graines par hectare, en parcelle agriculteur, se situe en moyenne :

- en culture de printemps, entre 18,0 et 27,0 q/ha,

- en culture d'hiver, entre 15,0 et 32,0 q/ha.

La biomasse, mesurée par le CETIOM, peut atteindre 10 t/ha et plus.

Le potentiel de la variété d'hiver Epona, qui a dépassé 40,0 q/ha sur quelques parcelles expérimentales de Seine-et-Marne en 1996, année

favorable, montre un potentiel spectaculaire des types d'hiver. Toutefois, en l'état actuel de la maîtrise des itinéraires culturaux, la variété de printemps, Céline, est nettement plus régulière et permet de façon continue d'atteindre 25,0 q/ha en grandes parcelles lorsque l'agriculteur suit bien les recommandations culturales citées ci-dessus.

Productivité et composition en huile

Pour l'essentiel de nos travaux, les analyses d'huile ont été réalisées par le laboratoire CETIOM d'Ardon à l'exception des analyses de tocophérols et stérols, pratiqués à l'ENSC de Paris.

Productivité en huile

La teneur en huile de la cameline est élevée par rapport à celle des autres crucifères oléagineuses et très supérieure à celle du soja. Les cultivars d'hiver sont généralement plus riches en huile de 2 à 3 % que les cultivars de printemps, ce qui est souvent la conséquence d'un poids de 1 000 graines, et donc d'amandes, plus élevé des premiers.

Compte tenu de la production en graines des cultivars actuels, le potentiel de productivité par hectare en huile est compris entre 1,2 et 1,7 tonne pour la variété d'hiver et 0,8 à 1,4 tonne pour la variété de printemps avec en outre un avantage significatif pour la variété d'hiver qui contient plus d'acides gras polyinsaturés.

Trituration et composition de l'huile brute

La cameline se triture assez facilement par pression de graines entières ; toutefois, une trituration avec aplatissage peut optimiser le rendement en huile, dans laquelle on trouve alors davantage de phospholipides [34]. L'huile brute a une odeur typique d'huile de crucifère ; elle est d'une couleur jaune d'or profonde, d'où le nom anglais « *gold of pleasure* ».

L'huile de cameline a un profil très particulier parmi les huiles végétales. Elle est caractérisée par une teneur élevée en acides gras insaturés : acide alpha-linolénique (C 18 : 3, omega-3) 20 à 40 %, acide linoléique (C18:2) 10 à 20 %, acide oléique (C18:1) 12 à 25 %, acide gadoléique (C 20 : 1) 13 à 21 %, acide érucique (C 22 : 1) 2 à 5 %.

Malgré cette composition très propice à l'oxydation, l'huile possède une stabilité exceptionnelle qui peut s'expliquer sans doute par sa teneur non négligeable en gamma tocophérol (900 mg). La présence de cet agent antioxy-

dant ne peut cependant expliquer cette stabilité qui pourrait être due à la présence d'autres substances dont on ne connaît pas aujourd'hui la structure.

La présence d'acide gadoléique à un taux significatif est une particularité de cette huile. Cet acide est relativement rare dans le domaine végétal et sa teneur est génétiquement bien plus stable que celle des deux autres acides gras majeurs de l'huile que sont l'acide alpha-linolénique et linoléique. De plus, on connaît peu de choses sur la valeur nutritionnelle ou les applications industrielles de cet acide.

La teneur modérée en acide érucique, qui semble pouvoir être réduite par sélection, ne pose pas de problème majeur quant à son utilisation à des fins alimentaires ; elle a été en effet déjà largement consommée par des populations humaines par le passé.

Composition de l'huile de cameline brute et raffinée

Le raffinage est réalisé par les méthodes classiques : lavage par une solution d'acide phosphorique suivie d'une neutralisation, lavage à l'eau, séchage, décoloration, puis désodorisation. Les tableaux 3 à 6 relatent les propriétés de la présente huile.

En mai 1998, la DGCCRF vient de confirmer à l'ONIDOL l'agrément alimentaire en France de l'huile raffinée.

Résidu de pressage des graines

Le tourteau issu du pressage des graines possède aussi des potentialités d'utilisation fort intéressantes : mis à part 10 % d'huile résiduelle, on y trouve aussi des fibres (13 %), 5 % de composés minéraux et à côté de glucosinolates (en moyenne 25 mmol/g, mais parfois bien moins), 45 % de protéines. La composition en α -aminoacides de ces protéines est proche de celle des résidus de pressage des graines de colza ou de soja.

Le tableau 7 indique cette composition et montre à l'évidence la valeur nutritionnelle de ce tourteau.

Valorisation

Les applications actuelles de la cameline sont très limitées, ce qui n'est pas étonnant vu le nombre restreint de travaux de recherche et développement dans ce domaine. Cependant on commence à entrevoir des utilisations intéressantes de cette crucifère dans plusieurs segments de l'industrie.

Tableau 6. Composition et teneur en stérols de l'huile brute ou raffinée.

Stérol	Teneur (en %)
Cholestérol	6,0
Brassicastérol	5,0
Campestérol	24,0
Stigmastérol	1,2
β -sitostérol	58,0
D5-avenastérol	45,0
Stérols totaux (ppm)	2,0

Tableau 7. Composition comparée en amino-acides des tourteaux de cameline, de colza et de soja.

Amino-acides (g/16 g N)	Cameline	Colza	Soja
Lysine	4,3	5,5	6,2
Méthionine	1,5	2,0	1,4
Cystine	1,7	2,5	1,5
Thréonine	3,8	4,4	3,9
Tryptophan	-	1,3	1,4
Arginine	7,4	5,9	7,4
Isoleucine	3,7	3,9	4,9
Leucine	5,8	7,1	7,7
Valine	5,0	5,2	4,8
Histidine	2,5	2,8	2,6
Alanine	4,2	4,6	4,4
Asparagine	8,2	7,5	11,7
Glutamine	14,1	17,3	18,5
Glycine	4,8	5,2	4,3
Phénylalanine	3,9	4,0	5,0
Proline	4,6	6,0	5,1
Serine	4,6	4,4	5,2
Tyrosine	-	3,0	3,6

Valorisation de l'huile

En Ukraine et en Russie existent déjà des productions de peintures et de savons. On peut aussi entrevoir des développements dans la fabrication de vernis. Après époxydation, les acides gras de l'huile peuvent être incorporés au PVC, ce qui pourrait le rendre biodégradable. L'oligomérisation devrait également conduire à des lubrifiants et des additifs pour peintures. Bien entendu, l'huile de cameline est une source d'esters d'alcools légers (esters méthylque et éthylique) qui trouveront sans nul doute des applications comme intermédiaires de synthèse, comme solvants, comme lubrifiants ou additifs pour plastiques.

En cosmétologie et dans le domaine dermo-pharmaceutique, existent déjà un shampooing et des savons doux, tandis que l'on peut envisager la fabrication de nombreux dérivés aux propriétés variées.

Dans la sphère nutraceutique, l'huile de cameline possède aussi des potentialités particulièrement intéressantes, puisqu'elle contient à la fois de l'acide linoléique (C 18 : 2) et de l'acide alpha-linolénique (C 18 : 3), tous deux précurseurs d'agents physiologiques importants.

L'acide linoléique est en effet le précurseur des prostaglandines via l'acide arachidonique et l'acide alpha-linolénique est le précurseur de l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et de l'acide docosahexaénoïque (DHA) qui possèdent des propriétés physiologiques nombreuses et importantes. L'huile de cameline raffinée pourrait par conséquent fournir l'acide linoléique et alpha-linolénique dont le métabolisme serait la source, aux

concentrations optimales, des prostaglandines de l'EPA et du DHA.

Valorisation du tourteau

Étant donné sa composition en protéines et par conséquent en alpha-aminoacides, le tourteau semble *a priori* intéressant pour l'alimentation animale. Il pourrait donc trouver des applications à ce titre : des études sont actuellement en cours au niveau du CETIOM pour mesurer plus précisément la valeur nutritionnelle du tourteau. Les résultats devraient en être disponibles en 1998.

Les alpha-aminoacides qui en dérivent pourraient également devenir, après modifications structurales, de bons candidats comme vecteurs d'actifs, activateurs cutanés ou agents antisu-doraux.

Il a aussi été identifié des phytoalexines spécifiques, les camalexines, dans le tourteau ; celles-ci pourraient devenir des agents antifongiques spécifiques et biodégradables intéressant plus particulièrement l'industrie phytosanitaire.

Conclusion

En général, l'introduction d'une nouvelle culture est un processus long, hasardeux et coûteux. Dans le cas de la cameline, nous avons l'opportunité de disposer d'une culture qui a été cultivée très longtemps avant d'être quasiment oubliée et d'un fond génétique, préservé pendant des décennies par quelques structures souvent publiques, grâce auxquelles un second cycle de « domestication » et de sélection a été réalisé. Les variétés actuelles, Epona (type d'hiver) et Céline (type de printemps) permettent, en suivant quelques conseils simples, d'atteindre 25 q/ha de graines sans difficulté, ou davantage. Ces graines sont à l'origine d'une huile possédant une composition « unique » qui devrait trouver de très nombreuses applications dans différents grands secteurs industriels et aussi dans le domaine des huiles à vocation alimentaire, depuis son habilitation alimentaire par la DGCCRF. Les tourteaux pourraient également trouver une valorisation intéressante en tant qu'additifs alimentaires pour les animaux, en tant que source d'alpha-aminoacides et de phytoalexines.

RÉFÉRENCES

1. DAUZAT A, DUBOIS J, MITTERAND H (1971). *Nouveau dictionnaire étymologique et historique*, Références Larousse, 806 p.
2. BONNIER G (1990). *La grande flore en couleurs*. Paris : Ed. Belin. Tome 3, 81-2.

3. SALTYSKOVSKIY A (1941). *Kulturmaja Flora SSR 7*. Leningrad, Moskva : 112-25.
4. ISAAC P, HENRY I, BONJEAN A (1996). Étude du polymorphisme moléculaire de *Camelina* spp. par AFLP, AGROGENE, dossier interne.
5. STAUB M (1882). *Prähistorische pflanzen aus Ungarn. Englers Botan Jahrb* : 281-7.
6. HATT G (1937). *Landbrug i danmarks oltid. Udvalget for folkeoplysning fremme*. Copenhagen, 159 p.
7. HELBAEK H. (1951). *Tollund mandens sidste maaltid. Aarboger for Nordisk oldkyndighed og historie*, 311-4.
8. LANGE E (1972). Ein Getreidefund von Hetzendorf aus der jungeren vorromischen eisenzeit (Les graines de l'âge du fer préromain découvertes à Hetzendorf) *Zeit fur Arch*, 6 (2) : 258-66.
9. KNORZER K-H (1978). Entwicklung und ausbreitung des leindotters (*Camelina sativa* L.). *Ber Deutsch Bot Ges Bd*, 91 : 187-95.
10. HJELMQUIST H (1979). Beiträge zur Kenntnis der prehistorischen. Nutzpflanzen in Schweden. *Opera Bot*, 47 : 34-57.
- et BONJEAN A, NIQUET P (1993). *La cameline, programme ONIDOL*. A2P, 56 p.
11. SCHULZTE MOTEL J, KORBER GROHNE U. (1979). Die Anbaugeschichte der Leindotters, *Camelina sativa* (L.) Crantz in *Festschrift Maria Hopf. Archaeo-Physica*, 8 : 267-81.
12. SCHLICHTERLE H (1981). Cruciferen als Nutzpflanzen in neolithischen Ufersiedlungen Südwestdeutschlands und der Schweiz. *Zeit fur Arch*, 15(1) : 113-4.
13. HARLAN JR (1987). *Les plantes cultivées et l'Homme*. Paris : ACCT, 416 p.
14. CHAUVET M (1985). Les noms des crucifères alimentaires à travers les langues européennes. Thèse de docteur en linguistique, Univ. Paris VI.
15. LECOCQ H (1856). *Études sur la géographie botanique de l'Europe et en particulier sur la végétation du plateau central de la France*. Paris : JB Baillière éd. tome V, 423-4.
16. CHU C-C, LIU G-S (1997). Communication personnelle.
17. VANDEPUTTE B (1998). Communication personnelle.
18. BONJEAN A, MONTEJUIS B, MESSEAN A. (1995). Que penser de la cameline en 1995 ? *OCL*, 2 : 97-100.
19. BONJEAN A, NIQUET P (1993). *Compte rendu ONIDOL A 2P*, 38p.
20. FRIEDT W, BUCHSENSCHUTZ-NOTHURFT A, BICKERT C, SCHUSTER A. (1994). Züchterische und produktionstechnische bearbeitung von lein und leindotter in hinflick auf eine verwendung als nachwachsender rostoff. *Votr Pflanzenzüchtg*, 30 : 158-72.
21. BONJEAN A, NIQUET P (1997). *La cameline : programme ONIDOL-CETIOM*. A2P (en préparation).
22. VOLLMANN J, DAMBOECK A, ECKL A, SCHREMS H, RUCKENBAUER P (1996). Improvement of *Camelina sativa* : an underexploited crop. In : Janick J. ed. *Progress in new crops*, ASHS, Alexandria, VA, USA : 357-62.

23. SEEHUBER R, DAMBROTH M (1987). Development of basic populations of plant species suitable for the production of fatty acids, especially considering linseed, flax and poppy. *Landbauforsch Voelkenrode, Germany*, 37 : 219-23.
24. PUTNAM DH, BUDIN JT, FIELD LA, BREENE WM (1995). *Camelina* : a promising low-input oilseed. Proceedings of the 3rd National Symposium, Indianapolis, Indiana, USA : 314-22.
25. CONN KL, TEWARI JP, DAHIYA JS (1988). Resistance to *Alternaria brassicae* and phytoalexin-elicitation in rapeseed and other crucifers. *Plant Science*, 56 : 21-5.
26. SALISBURY PA (1987). Blackleg resistance in weedy crucifers. *Eucarpia Cruciferae Newsletter* 12 : 90.
27. NARASIMHULU SB et al. (1994). Intergeneric protoplast fusion between *Brassica carinata* and *Camelina sativa*. *Plant Cell Reports*, 13 : 657-60.
28. HANSEN L (1997). Intertribal somatic hybridization between *Brassica oleracea* L. and *Camelina sativa* (L.) Crantz. *Eucarpia Newsletter*, 19 : 55-6.
29. ZIMMERMANN HG, KUECHLER M (1961). Die ertaegung von leindotter und oellein und untersuchungen ueber den einfluss der saatstaerke auf den anbauerfolg bei einer landsorte und zuchtstaemmen des leindotters (*Camelina sativa* (L.) Crantz. *Albrecht Thaer Archiv*, 5 : 622-36.
30. PLESSERS AG et al. (1962). Species trials with oilseed plants, II. *Camelina*. *Can J Plant Sci*, 42 : 452-9.
31. ROBINSON RG (1987). *Camelina* : a useful research crop and a potential oilseed crop. Minnesota Agr Ext Sta, Univ. Minnesota, Bul. 579.
32. MERRIEN A, CARTIER M, CHATENET F, SEGURA R, CHAMPOLIVIER L (1997). *Elaboration du rendement de la cameline (Camelina sativa) cultivée en France*. CETIOM, 10 p.
33. MERRIEN A, CHATENET F (1995). *Mise en place d'une culture de cameline - facteurs étudiés (variétés, azote, potasse, densité)*. CETIOM St-Pathus, 8 p.
34. EVRARD J (1996). *Trituration de cameline*. CETIOM - Technologie, 4 p.
35. LE PIVERT M, BONNET C, LAUR J, PAGES X (1996). *La cameline : étude des potentialités de valorisation*, 10 p.
36. MERRIEN A (1996). *Étude de quelques facteurs de variation de la composition en acides gras chez la cameline - C.R. des expérimentations 1995 et 1996*. CETIOM, 4 p.
37. SEEHUBER R (1984). Genetic variation for yield and quality-traits in poppy and false flax. *Fette-Seifen-Anstrichmittel*, 86 : 177-80.
38. SEEHUBER R, VOLLMANN J, DAMBROTH M (1987) Application of the single-seed-descent method in false flax to increase the yield level. *Landbauforsch Voelkenrode, Germany*, 37 : 132-6.
39. VOLLMANN J, DAMBOECK A, ECKL A, RUCKENBAUER P (1995). Improvement of *Camelina sativa* : an "old" new oilseed crop. Proceedings of the 3rd National Symposium, Indianapolis, Indiana, USA, 57-8.



ACTUALITÉ

Le point sur la réforme transitoire de l'Organisation commune de marché huile d'olive (1998/1999 - 2000/2001)

Jean-Claude BARSACQ
Fédération nationale des corps gras

En juillet 1998, le Conseil de l'Union européenne a adopté une réforme de l'Organisation commune de marché dans le secteur de l'huile d'olive qui s'applique du 1^{er} novembre 1998 au 31 octobre 2001. Cette période transitoire de 3 ans doit être mise à profit pour préparer une réforme plus fondamentale à partir de 2001. Les nouvelles mesures prévoient une augmentation importante de la qualité maximale garantie (QMG) qui passe de 1 350 000 tonnes à 1 777 261 tonnes (+ 31,6%), qui vise à tenir compte de l'augmentation de la consommation tant dans l'Union européenne que dans les pays tiers. Mais afin de mieux sensibiliser les producteurs aux augmentations de productions, la QMG globale a été répartie en qualité nationale garantie (QNG), soit :

- 760 027 tonnes pour l'Espagne,
- 543 164 tonnes pour l'Italie,
- 419 529 tonnes pour la Grèce,
- 51 244 tonnes pour le Portugal,
- 3 297 tonnes pour la France.

Néanmoins, afin de prendre en compte la variabilité des récoltes qui caractérise le secteur de l'huile d'olive, le nouveau règlement prévoit que dans le cas où un pays producteur n'aurait pas atteint sa QNG, il aura la possibilité d'ajouter 80 % de sa QNG non utilisée à la QNG de la campagne suivante. Les 20 % restants seront redistribués pendant la campagne en cours aux autres pays producteurs qui auraient dépassé leur propre QNG.

D'autre part, il est clairement précisé qu'à partir de 2001 ne pourront bénéficier de l'aide à la production que les oliviers plantés avant le 1^{er} mai 1998. Cependant, il est prévu que trois pays producteurs pourraient augmenter leurs superficies plantées en oliviers, dans le cadre d'un programme approuvé par la Commission, jusqu'au 1^{er} novembre 2001. Ces superficies autorisées sont de 30 000 hectares pour le Portugal et 35 000 hectares pour la Grèce et pour la France.

Afin de compenser les dépenses résultant de l'augmentation de la QMG pour le budget de l'Union européenne, des mesures ont également été décidées concernant :

- La suppression de l'aide spécifique accordée aux petits producteurs dont la production est inférieure à 500 kg. Pour les trois campagnes, l'aide à la production est ainsi fixée pour tous les producteurs à 132,25 euros par quintal.
- La suppression de l'aide à la consommation.
- Le remplacement du système de l'achat à l'intervention par un système de stockage privé, moyennant l'octroi d'une prime. Ainsi les achats publics d'intervention sont supprimés.

Le nouveau règlement exprime également la volonté de la Commission d'augmenter l'efficacité des contrôles en développant le système d'analyse par photographies aériennes qu'elle avait déjà mis en place pour disposer d'informations précises sur le nombre d'oliviers dans l'Union européenne.

Elle utilisera également, dans le cadre des travaux relatifs au dossier oléicole, le système d'information géographique (SIG) déjà utilisé pour les cultures arables. Il appartiendra aux États membres de vérifier la correspondance entre les informations des déclarations de cultures et celles contenues dans le SIG et d'effectuer des vérifications et contrôles en l'absence de concordance.

D'autre part, pendant cette période de 3 ans précédant la proposition de réforme définitive de l'OCM huile d'olive, la Commission doit définir une stratégie de la qualité pour l'huile d'olive, avec pour objectif de prendre en compte les attentes des consommateurs.

C'est donc au cours de l'année 2000 que la Commission présentera une nouvelle proposition de réforme de l'OCM huile d'olive qui devra entrer en application pour la campagne 2001/2002.