

La cameline : le retour d'une espèce quasi disparue !

Fiche QUESTIONS SUR... n° 01.02.Q55

novembre 2023

Mots clés : cameline - *Camelina sativa* - Brassicacée - oléagineux - huile alimentaire - biocarburant

La cameline est un oléagineux qui fut cultivé en Europe de la fin du Néolithique au début du XX^e siècle. Réintroduite dans les années 1990, elle devient de plus en plus appréciée pour son huile riche en oméga-3 et en oméga-6.

Elle est aussi sélectionnée, principalement en Amérique du Nord, pour fournir des biofuels à faible empreinte carbone.

La cameline (*Camelina sativa*, Crantz, 1753)¹ – également dite caméline, lin bâtard, petit lin, sésame d'Allemagne – est une plante cultivée de la famille des Brassicacées. Rustique, elle est essentiellement produite pour sa graine oléagineuse.

L'histoire passablement oubliée de la cameline

La cameline, qui a pour progéniteur *Camelina microcarpa*, semble avoir pour centre d'origine l'Ukraine ou les régions voisines de la Russie ; sa zone et sa date de domestication restent encore à préciser.



Figure 1 : cameline

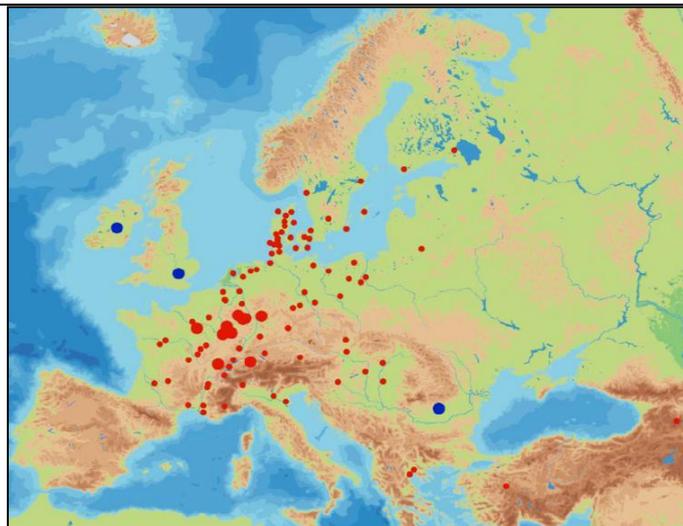


Figure 2 : Carte de sites archéologiques européens où de la cameline a été découverte, période allant du Néolithique au Moyen Âge (en rouge : validés ; en bleu : incertains) ©Heib 2017, cité par Walter 2019

Comme le seigle – qui fut longtemps une adventice dans des cultures de blé et d'orge avant d'être individualisé pour sa tolérance au froid et domestiqué dans le nord de l'Europe centrale –, la cameline semble avoir été une autre adventice mimétique dans des cultures néolithiques de lin ou de céréales, avant d'avoir été cultivée, à l'Ouest en Europe, et à l'Est jusqu'en Sibérie, Chine, et Japon.

Ses traces les plus anciennes connues à ce jour sur le Vieux continent datent de 4 000 avant notre ère (Figure 2), et perdurent jusqu'au Moyen Âge. La linguistique atteste aussi de sa très ancienne présence dans l'agriculture européenne. Le terme *cameline* est apparu en français en 1549, comme une altération du mot *camamine*, déformation du latin *chamaemelina*, lui-même issu du grec *chamai* (nain) et *linon* (lin). C'était alors un oléagineux dont l'huile était consommée dans l'alimentation, ou était utilisée dans les lampes à huile car elle ne fumait pas en brûlant. L'invention de l'éclairage au gaz signa son déclin : à la fin du XIX^e siècle, il n'en restait plus que quelques milliers d'hectares en Europe pour les besoins de l'oisellerie et de la pharmacopée. Peu après 1900, environ 5 000 hectares étaient encore cultivées dans le Nord du Bassin parisien. Depuis

¹ Allemand : *Leindotter*, *Saat-Leindotter* ; anglais : *false flax*, *gold of pleasure*, *linseed dodder* ; espagnol : *camelina*, *sesamo bastardo* ; italien : *camarina*, *dorella cultivata*, *droda* ; néerlandais : *dederzad*, *huttentut* ; portugais : *camelina*, *camomilha* ; polonais : *lnicznik*, *lnianka*, *rydz* ; russe : *ryžik*.

les années 1950 l'espèce était considérée comme en voie d'extinction en métropole. Dans les années 1990, l'auteur de cette fiche a entrepris de nouveaux travaux de sélection sur la cameline, en Seine-et-Marne avec Pierre Niquet et le soutien de Jean-Paul Jamet et Bernard Monteuis (Onidol).

Biologie de l'espèce, itinéraires techniques et impact environnemental

La cameline est une dicotylédone annuelle qui existe sous formes de biotypes d'hiver et de printemps. C'est une espèce allo-hexaploïde ($2n = 6x = 40$, avec 3 génomes NNH et $n = 6+7+7$) à large adaptation, dont le génome de référence de 350 Mb² a été publié en 2016.

Elle possède une racine pivotante, forme après semis une rosette de feuilles, puis développe des tiges de 50 à 80 centimètres, dressées, simples ou rameuses dans le haut, porteuses de feuilles oblongues-lancéolées et d'une grappe lâche de fleurs jaunes à pédicelles allongés de 10 à 18 millimètres. L'espèce est très autogame. Les fruits sont des silicules non déhiscentes qui contiennent 16 à 20 graines en forme de grain de café de 1,5 à 2,0 millimètres (cf. *Figure 3*).



Figure 3 : Différents stades de culture de cameline (@collection Alain Bonjean)

Cette culture est très résiliente : elle tolère la sécheresse et le froid, les sols marginaux et salins, et demande moins d'engrais, d'eau et de produits phytosanitaires que les autres oléagineux. Ses cycles varient de 95 à 135 jours pour les types de printemps, et de 165 à 230 jours pour les types d'hiver. L'espèce permet trois stratégies de culture :

- comme culture principale dans les sols marginaux où il n'existe pas de possibilité de cultiver d'autres espèces de base, hors les céréales à paille comme seule culture ;
- comme culture de couverture intermédiaire, avec des cycles d'hiver et d'été, entre deux cultures principales dans les systèmes de double culture ;
- en tant que système de cultures mixtes (en cultivant deux cultures simultanées dans le même champ, par exemple une cameline ayant un effet tuteur pour une lentille ou un pois) ou cultures relais entre deux cultures principales dans les systèmes de double culture.

En France, les rendements varient entre 1,2 et 2,5 tonnes par hectare en type *printemps* et 1,2 à 3,5 tonnes par hectare en type *hiver*. Par ailleurs l'espèce présente un intérêt certain en matière d'environnement, car elle nécessite peu d'engrais et de phytosanitaires par rapport aux autres cultures industrielles et notamment à son apparentée, le colza ; ses racines profondes améliorent la structure du sol tout en réduisant l'érosion. Outre ses graines riches en huile à faible empreinte carbone, la cameline produit aussi une biomasse importante pouvant être utilisée en engrais vert, voire comme fourrage riche en acides aminés.

Les débouchés en nutrition et santé

Les camelins de printemps ont des teneurs en huile entre 35 % et 45 % de la teneur en matière sèche, tandis que celles d'hiver varient entre 41 % et 46 % du fait d'un poids de 1 000 graines (donc d'amandes) légèrement plus élevé.

Leur trituration est aisée. L'huile de cameline est en premier lieu alimentaire : de belle couleur dorée et au goût agréable caractéristique, elle présente la particularité de contenir plus de 70 % d'acides gras mono- et poly-insaturés (cf. *Figure 4*, page 3)

² Génome de 350 mégabases (ou Mb) qui correspond à la quantité d'ADB contenue dans une copie d'un génome en nombre de paires de bases. Il s'agit de la mesure classique des génomes calculée ainsi depuis 1979. Le génome de la cameline est assez petit : en comparaison celui du riz est de 430 Mb, celui du maïs 2 500 Mb, celui du blé tendre 16 000 Mb et celui de l'humain 3 200 Mb.

| Acide gras | C14:0 | C16:0 | C16:1 | C18:0 | C18:1 | C18:2 | C18:3 | C20:0 | C20:1 | C20:2 | C20:3 | C22:0 | C22:1 | Misc. |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % matière sèche | 0,1 | 6,2 | 0,2 | 2,6 | 19,2 | 18,7 | 29,1 | 1,6 | 15,0 | 1,5 | 0,9 | 0,3 | 3,2 | 0,8 |

Figure 4 : Composition moyenne en acides gras de l'huile de cameline ©ITERG

Cette huile offre plusieurs avantages pour la santé. Tout d'abord, elle est riche en acides gras oméga-3 qui sont bénéfiques pour le cœur et aident à réduire le risque de maladies cardiovasculaires. Ses propriétés nutritionnelles sont intéressantes car elle contient une combinaison équilibrée des différents types d'acides gras essentiels ayant chacun leurs vertus : oméga-3 (30 %), oméga-6 (20 %) et oméga-9 (35 %). L'huile de cameline est également une bonne source d'antioxydants, tels les tocophérols (vitamine E) qui jouent un rôle crucial dans la protection des cellules contre les dommages oxydatifs. Son ingestion régulière paraît avoir des effets anti-inflammatoires et est bénéfique pour les personnes souffrant d'inflammations chroniques ou ayant un système immunitaire affaibli.

En application externe, l'huile apaise l'eczéma, le psoriasis et d'autres problèmes dermatologiques. Une fois désodorisée, elle est donc fréquemment employée en cosmétiques.

Par ailleurs, malgré la présence de quelques facteurs antinutritionnels (que la sélection devrait éliminer dans les années à venir) les tourteaux de cameline sont appréciés à dose modérée pour les élevages de lapins, de poulets, de poules pondeuses, de brebis et de vaches laitières, en raison de leurs apports en oméga-3.



Figure 4 : extraction à froid d'huile de cameline par une bi-vis (photo : Alain Bonjean)

La production d'agroc carburants peu polluants et autres débouchés industriels

Avec sa proportion équilibrée d'acides gras insaturés et saturés, la composition de l'huile de cameline est idéale pour la production de biofuels, car elle offre une grande stabilité oxydative et réduit les risques liés à la formation excessive d'imbrûlés lors du processus de combustion.

En Europe, depuis les années 1990, plusieurs projets pilotes de production de biofuels à partir d'huile de cameline ont vu le jour, essentiellement en Allemagne, Autriche et Suède, sans jusqu'ici déboucher au niveau industriel ; la filière oléagineuse française – qui a longtemps privilégié la production de biofuel de colza – commence depuis peu à s'intéresser à ce dossier. Toutefois, c'est surtout en Amérique du Nord que des projets d'envergure ont émergé dans les années 2000, pour l'aviation civile (*Boeing, United Airlines, Japan Airlines, etc.*) et militaire (*US Air Force, etc.*).

Par ailleurs, l'huile de cameline est également une base pour divers autres débouchés agro-industriels : adhésifs et revêtements, agrochimie, biopolymères et bio-composites, résines alkydes, etc.

La refondation de la sélection de cameline

Jusqu'en 2000, l'amélioration variétale de la cameline disposait de peu de moyens et restait très conservatrice. Depuis, l'opportunité de la production durable de biocarburants à partir de l'huile de cameline a considérablement renforcé les efforts de recherche sur l'espèce, en particulier en Amérique du Nord. La production d'haploïdes doublés a été mise au point, ainsi que divers outils de marquage moléculaire et de séquençage. La cameline étant facile à transformer par *Agrobacterium tumefaciens*³, des camelines transgéniques ont été

³ *Agrobacterium tumefaciens* : agent causal de la galle du collet, qui forme des tumeurs chez plus de 140 espèces d'eudicots. C'est une bactérie du sol qui contient un plasmide inducteur de tumeur dit Ti, lequel permet d'insérer des gènes étrangers dans les plantes (transformation génétique).

obtenues en Amérique du Nord, au Royaume-Uni, en Chine, et sans doute dans d'autres pays pour rendre plus efficiente la transestérification de son huile. D'autres ont été sélectionnées par édition de gènes, par exemple pour obtenir des camelines à haute teneur en acide oléique, ou par tilling⁴, comme des camelines zéro érucique. Il serait sans doute temps que l'Union européenne aborde à son tour ce défi. En résumé, la cameline 2.0 est d'ores et déjà disponible sous de multiples formes.

Alain BONJEAN, membre de l'Académie d'Agriculture de France

Ce qu'il faut retenir :

La réintroduction de la cameline dans les assolements en France en Europe constitue une opportunité à saisir pour notre agriculture du XXI^e siècle.

En culture, par rapport à beaucoup d'autres, l'espèce est frugale en intrants, en eau et en accompagnement phytosanitaire, et a peu d'impact environnemental. Son huile, riche en acides gras insaturés, présente divers avantages pour la santé et mériterait que nos huiliers l'intègrent plus dans leur offre alimentaire, soit comme huile de table, soit en mélange apportant les nutriments essentiels à nos organismes (acides gras oméga-3 et oméga-6 plus antioxydants), voire en ingrédients nutritionnels.

La cameline offre aussi des perspectives complémentaires de production de biocarburants à faible impact carbone, sous réserve d'être appuyées par une politique étatique volontariste comme il en existe déjà dans certains pays.

Les progrès en cours pour sa sélection (qui s'est renforcée depuis les années 2000) devraient simultanément élargir les débouchés industriels de son huile et les utilisations futures de son tourteau.

Les acides gras

Les acides gras dits en oméga-3 sont une sorte d'acides gras essentiels polyinsaturés dont la première double liaison C=C implique le troisième carbone en partant du côté opposé au groupe acide, que l'on retrouve en quantités dans la cameline, le lin, la noix, le colza et certains poissons gras.

Les acides gras dits en oméga-6, ont la première double liaison impliquant le sixième carbone, et ceux dits en oméga-9 impliquant le neuvième carbone.

Les acides gras en oméga-6 se trouvent dans la plupart des huiles végétales et graines, ainsi que dans les œufs, le lait humain et certaines viandes. Les nutritionnistes considèrent qu'un ratio oméga-6/oméga-3 compris entre 1 et 5 est favorable à la santé.

Les acides gras en oméga-9 sont des acides gras mono-insaturés non essentiels, que le corps humain peut fabriquer, par exemple l'acide oléique.

Pour en savoir plus :

- Alain BONJEAN, Bernard MONTEUUIS, Antoine MESSEAN : *Que penser de la cameline en 1995 ?*, Oléagineux, Corps gras, Lipides 2, 97-100, 1995.
- Alain BONJEAN et François LE GOFFIC : *La cameline - Camelina sativa (L.) Crantz : une opportunité pour l'agriculture et l'industrie européenne*, Oléagineux, Corps gras, Lipides 6, 1, 28-34, 1999, https://f7833c06-f99d-4b58-af50-916fcc7c96a.filesusr.com/ugd/140b76_24c03d13bcfd404cb1fe10b901aebfa7.pdf?index=true
- Alain BONJEAN : *La cameline : bilan R&D 30 ans après m'y être intéressé !*, Les chroniques du végétal du 26 octobre 2020.
- Josef ZUBR : *Unique dietary oil from Camelina sativa seed*, in *AgroFOOD industry/high-tech* 20, 2, 42-4, 2009.
- Françoise TOUTLEMONDE : *Camelina sativa : l'or végétal du Bronze et du Fer*, *Anthropobotanica* 1, 1, 3-14, 2010.
- Stelian Matei PETRE et al. : *Life cycle assesment of Camelina sativa - Environmental friendly source for biofuels and live-stocks protein available in Romania*, *Romanian Biotechnological Letters* 20, 4, 10561-10571, 2015.
- Margot LECLÈRE et al. : *Growing camelina as a second crop in France: A participatory design approach to produce actionable knowledge*, *European Journal of Agronomy* DOI: 10.1016/j.eja.2018.08.006, 2018.
- C. WALTER : *Agriculture 2.0 – Stains and varnishes based on Camelina*, DAW - Leindotter Initiative, 2019, <http://www.slf-paint.org/images/Marketing/Swedish-FLF/Sverigem%C3%B6te2019/DAW.PDF>
- F. ZANETTI et al : *Camelina, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance un Europe. A review*, *Agronomy for Sustainable Development* 41, 2, 1-18, 2021.

⁴ Tilling : acronyme pour Target Induced Local Lesions in Genomes. Méthode de biologie moléculaire utilisée en création variétale ; elle combine des méthodes de mutagenèse aléatoire à des méthodes d'analyse de l'ADN, comme le séquençage, et permet l'identification rapide de mutations ponctuelles.