





VetAgroBio Nantes

ÉCOLE NATIONALE

EC 522 : PROJET EX-LIBRIS

BRUN Clara

CALVEZ Marie

CORDIER Hélène

SERMENT Paul

ING1 Groupe 3

A grayscale photograph of a camellia flower in bloom, with several buds visible in the background. The flower is the central focus of the image.

Les secrets du Camélia

Table des matières

Introduction	1
L'anatomie du Camélia.....	2
I- Description de la fleur	2
II- Description de la graine.....	4
III- Avantages et inconvénients des conditions de culture.....	5
Les caractéristiques chimiques de l'huile de Camélia.....	6
I- La composition de l'huile de graines de Camélia	6
A. Composition en acides gras	6
B. Composants insaponifiables	8
C. Composants volatils.....	9
II- Les modalités d'extraction de l'huile de Camélia	10
A. Les méthodes de prétraitement des graines de Camélia	10
1. Séchage des graines de Camélia.....	11
2. Décorticage des graines de Camélia	12
3. Torrification ou cuisson au four.....	12
4. Prétraitement par bouffée au micro-ondes.....	13
B. Les méthodes d'extraction de l'huile de Camélia	13
1. Les méthodes d'extraction conventionnelles.....	14
a. Extraction par pressage mécanique.....	14
b. Extraction par pressage frais.....	14
c. Extraction par solvant.....	15
2. Les technologies d'extraction innovantes.....	15
a. Extraction aqueuse.....	15
b. Extraction par voie humide.....	16
c. Extraction aqueuse assistée par enzymes.....	16
d. Extraction par fluide supercritique.....	17
e. Extraction par fluide sous-critique.....	17
f. Extraction améliorée par champ physique.....	18
i. Extraction assistée par ultrasons.....	18

ii. Extraction assistée par micro-ondes.....	19
III- Rendements et comparaison des différentes méthodes d'extraction	19
Les caractéristiques physiques de l'huile de Camélia.....	23
I- Les propriétés physico-chimiques de l'huile.....	23
II- Les indices physico-chimiques.....	24
III- Les conditions de stockage	26
Les différentes utilisations de l'huile de Camélia	27
I- L'utilisation pharmacologique.....	27
II- L'utilisation cosmétologique	29
III- L'utilisation culinaire.....	29
Conclusion.....	30

Liste des figures

Figure 1. Diagramme floral du genre <i>Camellia</i> (Maillet, 2003).	3
Figure 2. Arbre et fruit de <i>Camellia oleifera</i> (Li <i>et al.</i> , 2022).....	4
Figure 3. Typologie des graines (Kleiman, 2001).	5
Figure 4. Principaux procédés d'extraction de l'huile de graines de camélia (Li <i>et al.</i> , 2019).11	
Figure 5. Résumé des activités biologiques de l'huile de Camélia (Gao <i>et al.</i> , 2024).....	28

Liste des abréviations

HGC : huile de graines de Camélia

EPM : extraction par pression mécanique

ES : extraction par solvant

EA : extraction aqueuse

EAE : extraction aqueuse assistée par enzymes

EFSC : extraction par fluide supercritique

EFS : extraction par fluide sous-critique

EM : extraction assistée par microondes

EU : extraction assistée par ultrasons

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition en acides gras de l'huile de Camélia (Li <i>et al.</i> , 2019).	7
Tableau 2. Principales matières insaponifiables dans l'huile de graines de Camélia (Li <i>et al.</i> , 2019).....	8
Tableau 3. Comparaison et rendement des différentes techniques d'extraction de l'huile de graines de Camélia (Calderón-Oliver & Ponce-Alquicira, 2021)(He <i>et al.</i> , 2023)(Li <i>et al.</i> , 2019).	20
Tableau 4. Les indices physico-chimiques de l'huile de <i>Camellia oleifera</i> (Gao <i>et al.</i> , 2024).	25
Tableau 5. Les indices physico-chimiques de l'huile de <i>Camellia oleifera</i> en fonction de la technique d'extraction (Zhang <i>et al.</i> , 2023).	25

Introduction

Le genre *Camellia* de la famille des Théacées est l'une des plantes les plus traditionnelles et les plus célèbres d'Asie de l'Est, notamment en Chine et au Japon (Teixeira & Sousa 2021).

La plupart des études sur le genre *Camellia* se sont concentrées sur trois espèces : à savoir, *C. sinensis* (le théier), *C. oleifera* (utilisé pour obtenir de l'huile comestible) et *C. japonica* (qui sont des fleurs ornementales) (Teixeira & Sousa 2021).

L'exploration des composants botaniques et de leurs applications fonctionnelles ont suscité un intérêt croissant dans le domaine de la recherche scientifique. Au sein de cette quête, l'huile de Camélia, extraite des graines de Camélia, émerge comme un sujet d'étude intéressant. Cette substance oléagineuse, se distingue par une composition chimique caractéristique, regorgeant de composés bioactifs dont les implications sont prometteuses tant sur le plan médical que cosmétique.

Les Camélias sont cultivés en Asie pour en faire du thé depuis des dizaines de siècles. Ils comptent plus de 300 espèces aux propriétés différentes permettant l'élaboration de plusieurs produits. Ils possèdent une variété de composés lipophiles, parmi lesquels des acides gras polyinsaturés, des polyphénols, et des tocophérols. L'huile extraite de leurs graines a longtemps été intégrée dans diverses traditions culinaires, mais ce sont ses potentiels thérapeutique et esthétique qui ont récemment attiré l'attention des chercheurs et des experts en soins de la peau.

Ainsi, nous commencerons par une description détaillée de la plante, de l'étude de sa classification à ses conditions de culture. Puis, nous nous immiscerons dans le jardin secret du Camélia pour y découvrir les caractéristiques chimiques de son huile ainsi que ses techniques d'extraction. Par la suite, nous analyserons les caractéristiques physiques de l'huile ainsi que les conditions de sa conservation. Pour finir, nous décrirons les différentes utilisations de cette huile et les domaines où elle peut être retrouvée.

L'anatomie du Camélia

I- Description de la fleur

Les *Camellia* font partie de la famille des *Theaceae*, et possèdent des fleurs très belles et variées en fonction des espèces. Nous allons voir les caractéristiques générales de la fleur du Camélia.

La fleur de Camélia, par sa conception délicate, rappelle la rose par sa structure, offrant une apparence gracieuse et harmonieuse. Les dimensions de cette fleur varient généralement entre 5 et 10 centimètres de diamètre. Les pétales, éléments essentiels de la fleur, sont d'une texture souvent soyeuse, disposés avec une symétrie radiaire (fleurs actinomorphes) pour créer une forme en coupe ouverte. Selon la variété, les Camélias peuvent arborer des pétales simples ou doubles. La palette de couleurs des Camélias est tout aussi vaste que captivante, s'étendant du blanc pur au rose éclatant, en passant par des rouges profonds. Certaines variétés présentent même des nuances subtiles de jaune ou de crème, ajoutant une diversité chromatique à leur charme naturel. Les feuilles persistantes, d'un vert foncé, contribuent à l'esthétique globale de la plante. Leur texture coriace et leur présence constante tout au long de l'année confèrent au Camélia une élégance permanente. Avant l'éclosion, les bourgeons de Camélia se présentent sous une forme arrondie et bien définie, parfois teintés de nuances différentes par rapport aux fleurs matures.

Par la beauté de leurs fleurs, les Camélias sont très appréciés dans les pays asiatiques où ils sont le plus cultivés. Voici quelques significations associées au Camélia dans certaines régions asiatiques :

En Chine, le Camélia est souvent associé à la longévité et à l'admiration. La fleur est également un symbole de jeunesse et de beauté.

Au Japon, le Camélia, appelé "Tsubaki", est un symbole de perfection, de gratitude et d'admiration. Dans la culture japonaise, il est également lié au bushido (la voie du guerrier) et peut symboliser l'honneur et le respect.

Enfin, en Corée, le Camélia est souvent associé à la féminité et à la modestie (Soignon & Mahuas, 2018).

Voici l'état actuel de cette classification systématique :

Embranchement : Spermaphytes.

Sous-embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Taxon : Astéridae (anciennement gamopétales tetracycliques).

Sous-classe : Dilleniidae primitives.

Ordre : Dilléniales (Théales).

Famille : Théaceae (Ternstroemiaceae).

Genre : *Camellia*.

Espèce : /

La formule florale pour le *Camellia* peut être représentée de manière générale comme suit :

$$O \ 5S \ 5P \ 5+5 \ E \ (5C)$$

où :

- O représente la symétrie de la plante, ici Actinomorphe.
- S représente le nombre total de sépales, généralement 5 chez le *Camellia*.
- P représente le nombre de pétales, généralement 5.
- E représente le nombre d'étamines disposées sur 2 cercles, qui peut varier.
- C représente le nombre de carpelles, qui peut varier de 3 à 5. Chez le Camélia, ils sont généralement soudés et dit supères (Maillet, 2003).

Cela suggère que les fleurs du *Camellia oleifera* ont généralement cinq sépales, cinq pétales, un nombre variable d'étamines et un nombre variable de carpelles. Il est également important de rappeler que des variations peuvent exister entre les différentes variétés de *Camellia*.

Ainsi le schéma floral de la fleur du Camélia se rapprocherait en général de :

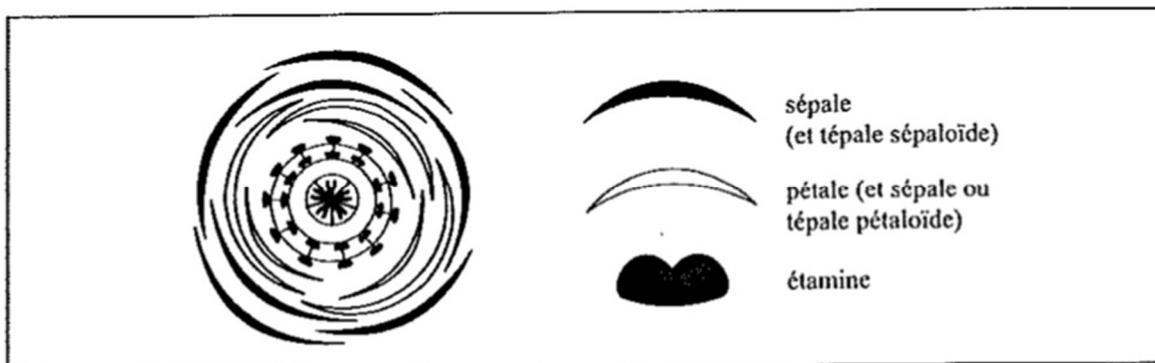


Figure 1. Diagramme floral du genre *Camellia* (Maillet, 2003).

II- Description de la graine

Après avoir vu les caractéristiques de la fleur de Camélia, nous allons nous intéresser aux graines qui renferment beaucoup de ce que le Camélia a à nous offrir. Ainsi, voici une description détaillée de la graine du *Camellia* à partir de laquelle est produite la majorité des huiles mais aussi des thés.

Les graines du *Camellia* sont de petite taille (généralement quelques millimètres) et représentent 38 à 40% du fruit frais. Elles ont une forme arrondie ou ovale, selon la variété.

La graine est souvent entourée d'une enveloppe externe, appelée péricarpe, qui peut avoir différentes couleurs selon la maturité de la graine. Elle peut être verte lorsque la graine est fraîche et mûre, ou devenir brune à mesure que la graine vieillit.

À l'intérieur du péricarpe se trouve le grain, qui est la partie comestible de la graine. Le grain est constitué de deux cotylédons, les premières feuilles embryonnaires, qui emmagasinent les réserves nutritives nécessaires à la germination. Les grains contiennent généralement 0,14 à 8,65% d'eau, 4,56 à 44,24 % d'huile, 8,96 à 9,38 % de protéines (couche d'aleurone), 8,10 à 8,65 % de saponines de thé et d'autres composants (Li *et al.*, 2022).

La couleur du grain peut varier en fonction de la variété du *Camellia* sp. Il peut être blanc, vert pâle ou même rougeâtre. La couleur peut également être influencée par le traitement post-récolte.

Le grain de la graine est généralement d'une texture ferme et peut donner une légère odeur caractéristique à l'huile et/ou au thé.



Figure 2. Arbres et fruits de *Camellia oleifera* (Li *et al.*, 2022).

La graine du Camélia est albuminée. Une graine albuminée est une graine qui ne contient que ou presque que de l'albumen. Dans le cas des graines de Camélia, les réserves nutritives nécessaires à la germination sont stockées dans cet albumen lui-même, ce qui rend la graine albuminée (Kleiman, 2001).

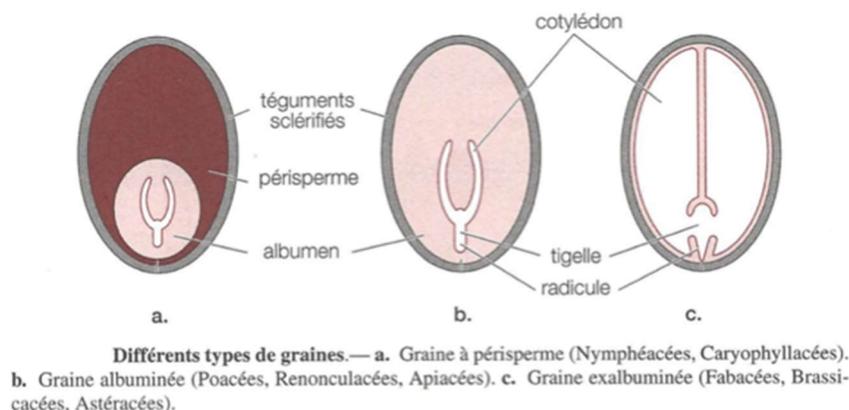


Figure 3. Typologie des graines (Kleiman, 2001).

Lorsque la graine germe, l'albumen fournit les nutriments nécessaires pour la croissance initiale des cotylédons jusqu'à ce qu'elle soit capable de produire sa propre matière organique par la photosynthèse. C'est par cette caractéristique albuminée, que la graine tire ses propriétés si riche et parfaite pour l'huile ou les thés.

III- Avantages et inconvénients des conditions de culture

Les Camélias présentent plusieurs avantages, mais comme toute plante, ils peuvent également avoir quelques inconvénients.

Les Camélias présentent plusieurs avantages qui en font des ajouts attrayants aux espaces extérieurs. Tout d'abord, leurs fleurs ornementales ajoutent une beauté décorative aux jardins, offrant une esthétique agréable. De plus, de nombreuses variétés de Camélias sont à feuilles persistantes, maintenant un feuillage verdoyant tout au long de l'année. La diversité des couleurs des fleurs, incluant le blanc, le rose, le rouge et le crème, permet d'apporter une palette variée au paysage. Leur adaptabilité à différents climats et types de sols en fait des plantes polyvalentes. Certains Camélias peuvent également prospérer en pot, ce qui est idéal pour les petits espaces ou les aménagements sur les terrasses et balcons.

Cependant, il est important de considérer certains inconvénients dans les conditions de culture des Camélias. Certains peuvent être sensibles à des maladies fongiques telles que la pourriture des racines ou les taches foliaires, nécessitant une attention particulière. De plus, les Camélias préfèrent un sol bien drainé et une humidité constante, et peuvent être sensibles à la sécheresse, surtout pendant l'établissement. La faiblesse des bourgeons floraux les rend sensibles aux gelées tardives, pouvant entraîner des dommages aux fleurs en développement.

Certains types de Camélias ont une croissance lente, nécessitant du temps pour atteindre leur taille mature. Enfin, l'entretien régulier, notamment la taille pour maintenir une forme souhaitée et encourager la floraison, est souvent nécessaire (Soignon & Mahuas, 2018).

Les caractéristiques chimiques de l'huile de Camélia

I- La composition de l'huile de graines de Camélia

L'huile de graines de Camélia (HGC) est principalement constituée de deux types de composés : les triglycérides et les matières insaponifiables. Les triglycérides représentent 95 à 98 % de la composition totale de l'HGC contre 2 à 5 % pour les matières insaponifiables (Li *et al.*, 2019).

A. Composition en acides gras

Un triglycéride, ou triacylglycérol, est une molécule de glycérol liée à trois résidus d'acides gras de longueurs de chaîne et de niveaux de saturation différents. La teneur et la composition des acides gras dans l'huile de graines de Camélia varient en fonction de la variété, de la source et des conditions de croissance des Camélias (Wang *et al.*, 2017). L'huile de Camélia se compose principalement de quatre acides gras : l'acide palmitique (C16 :0) à 8,3%, l'acide stéarique (C18 :0) à 2,7%, l'acide oléique (C18 :1) à 77,7% et l'acide linoléique (C18 :2) à 8,9%. Ils représentent donc à eux seuls 97,0 à 98,0 % du profil global des acides gras. D'autres acides gras de faible abondance sont présents dans l'huile de graines de Camélia, comme indiqué dans le tableau 1 (Wang *et al.*, 2017). L'huile de graines de Camélia est donc principalement constituée d'acides gras insaturés (> 85 %).

Tableau 1. Composition en acides gras de l'huile de Camélia (Li et al., 2019).

Acides gras	Teneur dans l'huile de Camélia (%)
Acide tridécanoïque (C13 :0)	0.0048–0.0066
Acide myristique (C14 :0)	0.0297–0.0617
Acide pentadécanoïque (C15 :0)	0.0072–0.0140
Acide palmitique (C16 :0)	7.4541–9.0572
Acide margarique (C17 :0)	0.0635–0.0791
Acide stéarique (C18 :0)	1.8946–3.5695
Acide arachidique (C20 :0)	0.0446–0.0987
Acide béhénique (C22 :0)	0.0160–0.0307
Acide tricosanoïque (C23 :0)	0.0150–0.0510
Acide lignocérique (C24 :0)	0.0305–0.0746
Acide palmitoléique (C16 :1)	0.1200–0.1821
Acide margaroléique (C17 :1)	0.0553–0.0847
Acide oléique (C18 :1n9)	75.9724–79.4949
Acide asclépique (C18 :1n11)	0.5284–1.0959
Acide gadoléique (C20 :1)	0.5268–0.6065
Acide érucique (C22 :1)	0.0259–0.0383
Acide linoléique (C18 :2n6)	7.4679–10.2809
Acide eicosadiénoïque (C20 :2)	0.0144–0.0213
Acide α -linoléique (C18 :3n3)	0.1869–0.3860
Acide γ -linoléique (C18 :3n6)	0.0356–0.0687
Acide docosahexaénoïque (C22 :6n3)	0.0561–0.1047
Acides gras saturés (AGS)	9.8917–12.4011
Acides gras monoinsaturés (AGMI)	77.2590–81.1909
Acides gras polyinsaturés (AGPI)	7.8677–10.7537

B. Composants insaponifiables

L'huile de graines de Camélia est caractérisée par une bonne qualité nutritionnelle et sensorielle qui s'explique notamment par sa richesse en composants bioactifs tels que le squalène, les phytostérols, les polyphénols et les vitamines liposolubles (Li *et al.*, 2019).

Tableau 2. Principales matières insaponifiables dans l'huile de graines de Camélia (Li *et al.*, 2019).

Matières insaponifiables majeures		Teneur (en mg/kg)
Squalène		122.02–751.64
Stérols	β -amyrine	607.24-1189.29
	Lupéol	214.64-549.51
	β -sitostérol	106.96-293.72
	Cycloarténol	578.87-1173.90
	Stigmast-7-fr-3-ol	269.73-533.33
	Bétuline	165.57-640.75
	Lanostérol	715.19-1418.46
Tocophérols	α -tocophérol	115.86-204.60
	γ -tocophérol	4.53-10.18
	δ -tocophérol	0.03-2.86
Caroténoïdes	Lycopène	0.17-10.00
	β -carotène	0.36-21.00
	Lutéine	0.00-1.60
Polyphénols	Acide benzoïque	2.95-18.87
	Acide p-hydroxybenzoïque	0.83-22.56
	Acide cinnamique	3.72-16.69
	Catéchine	0.62-2.17
	Naringénine	0.16-6.10

Le processus d'extraction, l'espèce et l'environnement de plantation font varier la teneur et la composition de ces composants bioactifs dans l'HGC. L'HGC contient deux principaux composants insaponifiables que sont le squalène et les phytostérols (Figure 2). Il est possible d'extraire et d'identifier environ neuf types de stérols dans l'HGC dont les principaux sont la β -amyrine, le lupéol, le β -sitostérol, le cycloarténol, le stigmast-7-en-3-ol, la bétuline et le lanostérol (Figure 2)(Li *et al.*, 2019).

L'huile de graines de Camélia est aussi constituée de vitamines liposolubles, les tocophérols. L' α -tocophérol est le composant des tocophérols le plus présent dans l'HGC à une teneur d'environ 115,86 à 204,60 mg/kg (Figure 2). L'HGC contient également des caroténoïdes tels que le lycopène, le β -carotène et la lutéine. Enfin, l'huile de de graines de Camélia est composée de polyphénols dont la teneur et la composition dépendent notamment des méthodes de prétraitement, d'extraction et de raffinage de l'huile (Li *et al.*, 2019). Plus de 20 types de composés phénoliques peuvent être séparés de l'HGC, dont au moins treize types d'acides phénoliques, quatre types de catéchines et six types de flavonoïdes. Les composés phénoliques ont différentes propriétés, ils peuvent notamment éteindre les réactions radicalaires, responsables de l'oxydation des lipides, empêchant ainsi la détérioration de l'huile et améliorant sa stabilité (Li *et al.*, 2019).

C. Composants volatils

L'huile de graines de Camélia possède une saveur spécifique. Elle contient de nombreux composants volatils dont les principaux sont les hydrocarbures, les aldéhydes, les cétones, les alcools, les acides, les esters et les hétérocycles (Li *et al.*, 2019). Les aldéhydes et les alcools représentent plus de 74 % de la teneur totale en composants aromatiques. D'après des études menées par Jia *et al.* en 2021, la recombinaison et l'omission des arômes ont démontré que les aldéhydes, les esters, les acides et les composés hétérocycliques contribuent de manière significative au profil aromatique de l'HGC vierge.

L'HGC se distingue par un excellent profil d'acides gras et une abondance en composants bioactifs et volatils ce qui en fait une huile d'une qualité nutritionnelle élevée avec des caractéristiques sensorielles spécifiques (Li *et al.*, 2019). C'est pour cela qu'elle est populaire en Chine. Lors de la production de l'HGC, il est essentiel de préserver de multiples nutriments et des composés volatils.

Cependant, les mécanismes d'action physiologique des composants bioactifs naturels de l'HGC sont encore mal connus. Tous ces facteurs limitent le développement d'huiles de graines de Camélia à haute valeur nutritionnelle (Li *et al.*, 2019).

II- Les modalités d'extraction de l'huile de Camélia

A. Les méthodes de prétraitement des graines de Camélia

Les graines de Camélia nécessitent des méthodes de prétraitement afin d'améliorer le rendement et la qualité de l'huile. Ces méthodes sont composées de quatre étapes principales : le nettoyage, le décorticage, le séchage et la réduction du calibre (broyage, concassage, etc.). (Li *et al.*, 2019). Le processus de prétraitement des graines de Camélia peut être différent selon la méthode d'extraction choisie (Figure 4). L'utilisation d'enzymes peut être possible lors de ce processus. Le prétraitement a différents objectifs dont notamment la modulation de la teneur en humidité, la perturbation de la structure cellulaire, l'amélioration de la mobilité de l'huile et la formation de composés aromatiques (Li *et al.*, 2019). Il existe deux types de méthodes de prétraitement : les méthodes traditionnelles et les méthodes innovantes. Lors d'un prétraitement traditionnel, les graines subissent des traitements thermiques qui présentent un risque d'échauffement excessif et des réactions chimiques indésirables. Ces prétraitements comprennent le traitement à l'air chaud (séchage), la torréfaction et la cuisson au four. Les méthodes de prétraitement innovantes telles que le chauffage infrarouge et micro-ondes ainsi que l'explosion de vapeur, utilisent des traitements instantanés athermiques ou à haute température (Li *et al.*, 2019).

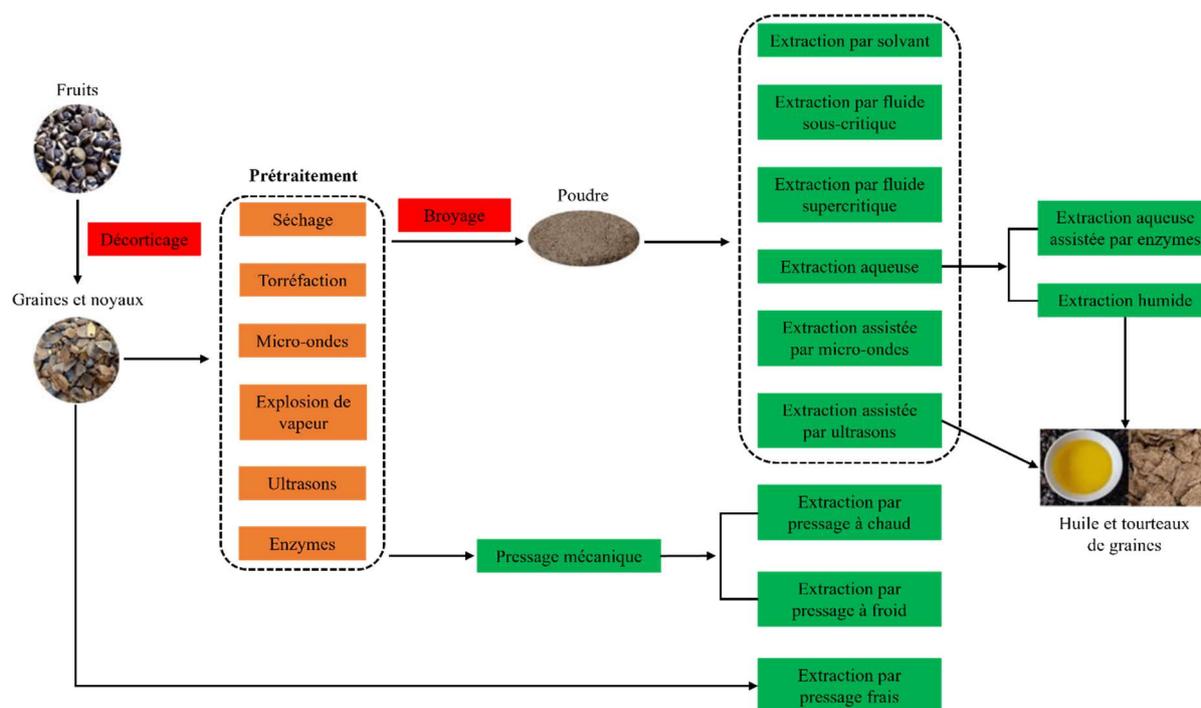


Figure 4. Principaux procédés d'extraction de l'huile de graines de camélia (Li *et al.*, 2019).

1. Séchage des graines de Camélia

Les graines de Camélia fraîchement récoltées ont une teneur en humidité d'environ 40 à 50 %. Le séchage peut réduire cette teneur mais il permet également de minimiser l'activité microbologique et les réactions chimiques indésirables (Li *et al.*, 2019). L'une des méthodes les plus couramment utilisées est le séchage à l'air chaud mais cette technique présente plusieurs inconvénients comme un faible taux de transfert de chaleur, une longue durée de traitement et une consommation d'énergie élevée (Li *et al.*, 2019).

Afin d'améliorer l'efficacité et la qualité du séchage, de nouvelles méthodes ont été développées telles que le séchage infrarouge, le séchage par micro-ondes, le séchage sous-vide et le séchage hybride.

Les processus de séchage sont énergivores ce qui met leur efficacité au centre des préoccupations. Ces méthodes ont également des effets sur la stabilité de stockage des graines de Camélia et la qualité des produits oléagineux (Li *et al.*, 2019).

Les méthodes à micro-ondes présentent une efficacité et une qualité de séchage élevées, ainsi qu'une faible consommation d'énergie.

Cependant, la stabilité d'entreposage des semences traitées est médiocre. Le séchage sous vide se caractérise par une qualité de séchage élevée, une faible efficacité et une consommation d'énergie élevée.

En somme, les effets globaux des différentes méthodes de séchage doivent être soigneusement évalués avant leur mise en œuvre (Li *et al.*, 2019).

2. Décortilage des graines de Camélia

Le décortilage des graines de Camélia est généralement réalisé à l'aide d'un brise-roche à percussion. Les coques et les grains sont séparés par un système de séparation par flux d'air. Le degré de décortilage dépend en grande partie du processus d'extraction choisi (Li *et al.*, 2019). Dans le cas des méthodes d'extraction conventionnelles telles que l'extraction par solvant et l'extraction par pression à chaud, les graines ne sont pas décortiquées. La réserve des coques est importante pour la perméation des solvants organiques. Cependant, les coques des graines de Camélia introduisent des composés et des arômes désagréables, ainsi que des cires, dans l'huile brute, ce qui réduit la qualité de l'huile brute et augmente le coût de raffinage (Li *et al.*, 2019).

Les noyaux ont des propriétés rhéologiques non adaptés pour le pressage à vis : ils sont riches en huile et pauvres en fibres.

3. Torréfaction ou cuisson au four

La torréfaction (ou cuisson au four) est une étape essentielle dans le processus d'extraction traditionnel car il donne leur saveur et leur couleur aux produits finis. L'application de chaleur sur les matériaux oléagineux peut rompre les parois cellulaires et faciliter l'extraction des huiles et des composés bioactifs (Li *et al.*, 2019). La torréfaction peut également favoriser plusieurs réactions chimiques, telles que la réaction de Maillard, qui est essentielle à la formation de composés volatils aromatiques. De plus, la capacité antioxydante et la stabilité oxydative des huiles peuvent être améliorées par les produits de réaction de Maillard et les antioxydants endogènes tels que les composés phénoliques totaux. L'inconvénient de ce type de prétraitement est la formation potentielle de composés indésirables ayant des effets toxiques sur les fonctions physiologiques humaines (Li *et al.*, 2019).

Le processus de torréfaction des graines de Camélia doit être personnalisé en fonction de la qualité nutritionnelle, des caractéristiques sensorielles et des exigences de sécurité des produits oléagineux (Li *et al.*, 2019).

4. Prétraitement par bouffée au micro-ondes

Le traitement par micro-ondes est une méthode de chauffage interne qui utilise la fonction énergétique des ondes électromagnétiques à haute fréquence. Les températures intracellulaires élevées génèrent des pressions croissantes qui peuvent rompre la paroi cellulaire. Le chauffage par micro-ondes offre de multiples avantages, tels qu'un chauffage uniforme, une économie d'énergie, une vitesse élevée et un respect de l'environnement (Li *et al.*, 2019).

La faible teneur en humidité des graines de Camélia prétraitées au micro-ondes augmente leur fragilité et leur sensibilité à la rupture des tissus. Par conséquent, le prétraitement par micro-ondes peut augmenter le rendement de l'huile extraite des graines et améliorer la stabilité oxydative des huiles de graines de Camélia. On a constaté que le rendement en huile augmentait de 53 % à 95 % après un traitement par micro-ondes. Les paramètres du prétraitement par micro-ondes doivent être bien contrôlés notamment le temps de prétraitement qui est un facteur clé. L'effet combiné du temps de traitement et de la teneur en humidité est important pour optimiser le processus d'extraction.

Les technologies de prétraitement ont des effets complexes sur la qualité et le rendement de l'huile de graines de Camélia. En effet, un traitement thermique excessif peut détériorer les éléments nutritionnels et introduire des substances nocives. Les méthodes innovantes de prétraitement consomment moins d'énergie et possèdent un rendement élevé, mais leurs faisabilités économiques et techniques doivent être étudiées (Li *et al.*, 2019).

B. Les méthodes d'extraction de l'huile de Camélia

L'huile de Camélia peut être extraite selon différentes techniques. Les méthodes d'extraction conventionnelles sont largement utilisées pour la production industrielle mais des technologies innovantes sont actuellement développées pour remédier à leurs inconvénients.

1. Les méthodes d'extraction conventionnelles

a. Extraction par pressage mécanique

Le principe de l'extraction par pressage mécanique (EPM) est d'extraire l'huile des graines de Camélia en appliquant des forces mécaniques externes. Cette méthode convient à une extraction à partir de graines à forte teneur en huile (> 25%) (Li *et al.*, 2019). Aujourd'hui, cette technique représente la plus grande part de marché parmi les procédés utilisés pour l'extraction de l'huile de graines de Camélia en Chine.

Deux types de presses sont principalement utilisées pour cette technique : la presse hydraulique discontinue et la presse à vis. La presse hydraulique est utilisée pour les opérations d'extraction à petite échelle ainsi que pour le broyage des semences à la ferme en raison de son faible coût et de la haute qualité de ses produits oléagineux. Cependant, à l'échelle industrielle, son application est limitée par sa faible capacité de traitement. En revanche, la capacité de traitement d'une presse à vis continue est considérablement plus élevée et donc plus adaptée à l'échelle industrielle (Li *et al.*, 2019).

Selon les conditions de traitement, l'extraction par pressage mécanique peut être subdivisée en extraction par pressage à chaud ou par pressage à froid.

L'extraction des graines par pression à chaud peut engendrer des réactions indésirables telles que la dénaturation de la fraction protéique, la perte de composants bioactifs thermolabiles et la formation de composés dangereux comme le benzo(a) pyrène.

C'est pourquoi il est préférable d'utiliser l'extraction par pression à froid afin de préserver plus de substances bioactives dans les huiles de graines de Camélia. L'huile extraite par pression à froid présente également de faibles valeurs d'acide et de peroxyde, ainsi qu'une teneur réduite en benzo(a)pyrène et en phospholipides (Li *et al.*, 2019).

b. Extraction par pressage frais

Le principe de l'extraction par pressage frais (EPF) est de peler et de presser les fruits frais du Camélia quelques heures après leur récolte. Les graines sont récupérées et extraites à l'aide de solvants de qualité alimentaire. Après chauffage et agitation à 80 °C pendant 30 à 50 minutes, on obtient trois phases qui sont séparées par centrifugation. La phase huileuse est collectée et raffinée par des étapes simples, telles que la déshydratation et la filtration.

Les étapes de rouissage, d'entassement et de séchage nécessaires au pressage traditionnel sont évitées. La moisissure causée par le stockage des fruits frais du Camélia est réduite. L'extraction par pressage frais peut être utilisée pour séparer l'huile, les protéines de graines et les résidus de graines en même temps (Li *et al.*, 2019).

c. Extraction par solvant

L'hexane et le solvant n°6 sont les solvants organiques les plus couramment utilisés lors du processus d'extraction par solvant de l'huile de graines de Camélia. L'HGC est dissoute dans la phase du solvant et récupérée dans l'étape d'évaporation. Les solvants sont ensuite collectés et recyclés (Li *et al.*, 2019).

Cependant, l'hexane et le solvant n°6 sont inflammables et explosifs, et ils nécessitent une gestion de la sécurité des procédés plus poussée que l'EPM.

L'extraction par solvant (ES) est également une source importante de pollution à cause des composés organiques volatils. De plus, l'hexane est une toxine neurologique. D'après l'administration chinoise des aliments et des médicaments (CFDA), les résidus de solvant ne doivent pas dépasser 20 mg/kg dans les huiles alimentaires.

En plus des solvants résiduels, le benzo(a)pyrène est une autre substance à prendre en compte lors de la mise en œuvre de l'ES en raison de la torréfaction à haute température et du broyage sans décorticage. Pour éliminer les solvants organiques et autres contaminants, des processus de raffinage complexes sont nécessaires pour les huiles brutes produites par l'ES.

Afin de remédier à ces problèmes, il est possible de remplacer l'hexane par des solvants verts. L'éthanol, l'alcool n-butylique, le deuxième acétate de butyle et le carbonate de diméthyle (DMC) sont des alternatives prometteuses à l'hexane. Cependant, ces solvants présentent des inconvénients, tels qu'un coût élevé et un taux de résidus élevé (Li *et al.*, 2019).

2. Les technologies d'extraction innovantes

a. Extraction aqueuse

Le principe de l'extraction aqueuse (EA) est d'utiliser la cohésion entre les molécules hydrophiles pour extraire les huiles. Cette technique est caractérisée par l'utilisation de l'eau pure comme principal moyen d'extraction (Li *et al.*, 2019). Cette méthode représente une potentielle alternative aux méthodes traditionnelles d'extraction par solvant.

De plus, l'EA est conçue pour l'extraction simultanée d'huile et de sous-produits, tels que les protéines et les saponines de thé.

Le traitement de l'AE est divisé en quatre étapes principales : le broyage, l'extraction, la séparation centrifuge des différentes phases et la désémulsification. Le rendement en huile de l'EA est souvent inférieur à celui de l'ES (Li *et al.*, 2019).

Des prétraitements appropriés, tels que l'explosion de vapeur ou le soufflage au micro-ondes, peuvent faciliter la libération d'huile lors de l'EA.

Les paramètres de cette technique peuvent être optimisés afin d'améliorer l'efficacité de l'extraction.

La séparation des phases est extrêmement importante dans l'EA. De petites centrifugeuses de sédimentation à faible rendement sont principalement utilisées, mais elles ne conviennent pas à un fonctionnement continu. Cependant, l'excès d'eau utilisé dans cette méthode peut entraîner l'émission d'eaux usées (Li *et al.*, 2019).

b. Extraction par voie humide

L'extraction par voie humide (EH) est conçue pour extraire l'huile avec une consommation d'eau limitée. En effet, une petite quantité d'eau peut satisfaire le besoin de contact et de liaison avec les groupes hydrophiles dans les particules de semence. Les composés hydrophiles et l'eau s'agrègent par des liaisons hydrogène. Les corps d'huile sont remplacés, expulsés et fusionnés pour former une phase d'huile libre qui peut être recueillie par centrifugation ou pressage (Li *et al.*, 2019).

c. Extraction aqueuse assistée par enzymes

L'extraction aqueuse assistée par enzymes (EAE) permet la rupture de la paroi cellulaire des graines de Camélia à l'aide d'enzymes qui dégradent cette paroi ainsi que les composants de l'ultra-microstructure, tels que les lipopolysaccharides et les lipoprotéines (Calderón-Oliver & Ponce-Alquicira, 2021).

L'EAE a été développée à partir de l'extraction aqueuse. Cette technique est constituée de quatre étapes principales : la réduction de la taille des matières premières, l'extraction enzymatique, la séparation et la désémulsification. La sélection de l'enzyme est la principale préoccupation car ce choix peut affecter largement le rendement en huile de Camélia.

Les principales enzymes utilisées sont la cellulase, la protéase, l'amylase et la pectinase. Elles peuvent être utilisées individuellement ou combinées mais le rendement en huile obtenu à l'aide d'une seule enzyme était plus élevé qu'avec plusieurs enzymes dans plusieurs études (Li *et al.*, 2019).

Les enzymes ont généralement des températures optimales et des valeurs de pH différentes, ce qui peut affecter leur effet synergique. Ces paramètres dépendent du type d'enzyme et des caractéristiques du substrat.

Les enzymes ne sont actives que sur un intervalle de température particulier. Une température élevée pourrait désactiver les enzymes et détruire les substances thermolabiles. La plage de température optimale de l'EAE est de 40 à 60 °C (Li *et al.*, 2019).

d. Extraction par fluide supercritique

Un fluide supercritique est un fluide qui se trouve au-dessus de sa pression et de sa température critiques. Le dioxyde de carbone supercritique (SCO₂) (point critique : 31 °C et 7,38 MPa) est le plus utilisé en raison de sa nature non toxique et de son faible coût. Il a une diffusivité élevée, une faible viscosité et une solubilité élevée. Par rapport aux solvants traditionnels, le SCO₂ a une faible tension superficielle et une vitesse d'extraction élevée (Li *et al.*, 2019).

La force de SCO₂ peut être réglé facilement en modifiant la pression et la température, ce qui facilite l'optimisation du processus. La plage typique de pression d'extraction de l'huile de Camélia est de 30 à 40 MPa, ce qui peut faciliter l'extraction des constituants sous différents états liés. Des températures d'extraction élevées sont préférées pour améliorer le transfert de masse et la dispersion, mais elles réduisent la densité et la capacité de dissolution des fluides. La plage typique des températures d'extraction est de 40 à 50 °C (Li *et al.*, 2019).

e. Extraction par fluide sous-critique

L'extraction par fluide sous-critique (EFS) utilise le changement biphasique du fluide d'extraction à différentes pressions et températures pour compléter les étapes d'extraction et de désolvation. L'EFS est un processus continu à contre-courant (Li *et al.*, 2019).

De l'eau sous-critique et du n-butane ont été utilisés pour l'extraction de l'huile de graines de Camélia.

Dans la méthode utilisant le n-butane, les étapes d'extraction et de désolvatation peuvent être effectuées à des températures normales, ce qui est bénéfique pour la conservation des substances thermosensibles et la prévention de la formation de substances dangereuses. De plus, la quantité résiduelle du n-butane dans l'huile brute est inférieure à celle de l'hexane, ce qui signifie que le procédé est adapté à l'extraction d'huiles de grande valeur telles que l'huile de graines de Camélia. Parmi les variables d'extraction, la densité apparente est la plus importante. Cependant, la forte volatilité du n-butane peut entraîner des dangers opérationnels et augmenter le coût de la gestion de la sécurité (Li *et al.*, 2019).

L'eau sous-critique est un extracteur non toxique à faible coût et à haute diffusivité. L'augmentation de la pression et de la température peut réduire la polarité de l'eau et faciliter l'extraction continue des composants solubles dans l'eau et l'huile. L'optimisation du procédé a indiqué que la température, le temps et le rapport solvant/échantillon d'extraction ont des effets significatifs sur le rendement en huile, tandis que la pression est insignifiante. Cependant, l'extraction de l'eau sous-critique est généralement effectuée à des températures élevées avec des rapports solvant/échantillon élevés, ce qui entraîne une consommation d'énergie élevée, une dégradation des composants sensibles à la chaleur et un rejet d'eaux usées. L'eau sous-critique convient à l'extraction sélective de divers composés, ce qui signifie qu'elle a le potentiel d'extraire des huiles de graines de Camélia avec différents profils d'acides gras et des teneurs en composants insaponifiables (Li *et al.*, 2019).

f. Extraction améliorée par champ physique

i. Extraction assistée par ultrasons

L'extraction assistée par ultrasons (EU) utilise l'effet de cavitation d'ondes sonores ultrasoniques de haute intensité pour perturber les parois cellulaires des oléagineux, accélérer la pénétration du solvant et améliorer la dissolution et le transfert des composés cibles (Li *et al.*, 2019).

Le traitement par ultrasons, en particulier aux basses fréquences (<40 kHz), améliore le rendement d'extraction. Le type de solvant, la température d'extraction, le rapport solvant/échantillon et le temps sont les principaux facteurs qui affectent le rendement.

ii. Extraction assistée par micro-ondes

L'extraction assistée par micro-ondes (EM) utilise l'effet micro-ondes pour exercer une pression intense sur la paroi cellulaire, rompre la structure cellulaire et générer des micropores, ce qui conduit à la libération de constituants intracellulaires (Li *et al.*, 2019).

La répartition des ondes dans le matériau ou sur la surface dépend des propriétés diélectriques données, de la polarité des molécules et des interfaces entre les matériaux et les espaces dans lesquels ils se trouvent. Lorsque les ondes interagissent avec des composés polaires, elles peuvent générer de la chaleur transmise par voie ionique ou par rotation dipolaire. La chaleur induit une rupture des liaisons hydrogène et une migration des ions, augmentant ainsi la pénétration du solvant dans l'échantillon. Cette action facilite l'extraction et réduit le temps et la quantité de solvant requis, augmentant ainsi le rendement et économisant de l'énergie (Calderón-Oliver & Ponce-Alquicira, 2021).

III- Rendements et comparaison des différentes méthodes d'extraction

La méthode d'extraction employée a des influences significatives sur la qualité de l'huile de Camélia. Les résultats du rendement en huile ont montré que l'extraction par fluide supercritique et l'extraction par solvant pouvaient mieux séparer l'huile des graines de Camélia (He *et al.*, 2023).

L'extraction par pressage mécanique (EPM) et l'extraction par solvant (ES) sont aujourd'hui les technologies dominantes utilisées pour l'extraction à l'échelle industrielle de l'huile de graines de Camélia, en raison d'avantages tels qu'un faible investissement en capital et une facilité d'utilisation. Cependant, ces méthodes traditionnelles présentent plusieurs inconvénients, tels qu'un faible rendement, une inefficacité en termes de temps et une qualité inférieure en raison des résidus de substances dangereuses et de l'excès de raffinage (Li *et al.*, 2019).

En général, par rapport à l'extraction aqueuse et aux méthodes d'extraction traditionnelles, l'extraction par fluide supercritique (EFSC) a obtenu un rendement en huile plus élevé (Tableau 3) et a mieux protégé les composés bioactifs, ce qui constitue une méthode d'extraction de l'huile de Camélia très bénéfique et de haute qualité (He *et al.*, 2023).

Les produits de l'EFSC sont de haute qualité en raison de l'absence de résidus de solvant et de la faible température de désolvatation.

Le principal facteur limitatif de cette technique est sa faisabilité économique en raison des coûts élevés d'investissement et d'entretien des équipements à haute pression. Sur les sites de commerce électronique chinois, les prix de l'huile extraite par l'EFSC sont considérablement plus élevés que ceux de l'huile par pressage à froid. En conclusion, les huiles extraites à l'aide de l'EFSC ont une qualité élevée, un coût élevé et elles peuvent être préférées par les consommateurs haut de gamme.

Tableau 3. Comparaison et rendement des différentes techniques d'extraction de l'huile de graines de Camélia (Calderón-Oliver & Ponce-Alquicira, 2021)(He et al., 2023)(Li et al., 2019).

Méthode d'extraction	Avantages	Inconvénients	Rendement (en %)
Extraction par pressage mécanique (EPM)	Fonctionnement simple Faible coût d'investissement Respect de l'environnement	Faible rendement en huile	84,79 % (± 0,30%)
Extraction par pressage à chaud	Faible coût d'investissement Simplicité d'utilisation	Température d'extraction élevée Mauvaise qualité de l'huile et des graines Processus de raffinage complexe	/
Extraction par pression à froid	Fonctionnement simple Meilleure qualité de l'huile et des graines par rapport à l'EPC Raffinage plus simple	Faible rendement	/
Extraction par pressage frais (EPF)	Rendement élevé et qualité supérieure Récupération simultanée de plusieurs composants	Augmentation du coût d'investissement Processus complexe Augmentation du coût énergétique	/

Extraction par solvant (ES)	Faible coût d'investissement et rendement élevé	Température de traitement élevée, ainsi que la consommation de solvants et de résidus dangereux, entraînant une mauvaise qualité de l'huile et des graines, et nécessitant un processus de raffinage complexe	92,30% (\pm 0,10%)
Extraction aqueuse (EA)	Meilleure qualité de l'huile Réduction de la consommation de solvants Diminution du raffinage par rapport à l'ES Récupération simultanée de plusieurs composants	Faible rendement Temps d'extraction prolongé Coût d'investissement élevé Fonctionnement complexe dans des conditions humides et des rejets d'eaux usées (exigence de haute qualité) Echelle relativement petite de la production	85,74% (\pm 0,03%)
Extraction par voie humide (EH)	Consommation d'eau réduite Qualité de l'huile élevée	Non viable pour la récupération simultanée de plusieurs composants Processus complexe et mis en œuvre uniquement à l'échelle du laboratoire ou du pilote.	94,79 %
Extraction aqueuse assistée par enzymes (EAE)	Augmentation du rendement Recyclage des enzymes Conditions de fonctionnement plus douces (basse température et pH doux) Faible consommation de solvant Respect de l'environnement	Coût élevé des enzymes Mise à l'échelle et facteurs d'influence tels que la concentration d'enzymes, l'oxygène, le pH, la température et l'agitation Établissement des conditions de fonctionnement si deux	95% ou 94,4 %

	Facilité d'utilisation et haute spécificité Efficacité élevée Faibles besoins en énergie	enzymes ou plus sont utilisées dans le procédé	
Extraction par fluide supercritique (EFSC)	Rendement élevé et qualité supérieure Conditions de traitement respectueuses de l'environnement et douces	Haute pression, coûts d'investissement et d'exploitation élevés, et faible débit	99,12 %
Extraction de fluide sous-critique (EFS) à l'aide d'eau	Meilleure qualité d'huile par rapport à l'ES Rendement plus élevé que l'EA Temps d'extraction et utilisation de solvants réduits	Température élevée et pression accrue, coûts d'investissement et d'exploitation élevés	92,06 %
Extraction de fluide sous-critique (EFS) à l'aide de n-butane	Meilleure qualité de l'huile et des graines par rapport à l'ES Rendement élevé Temps d'extraction réduit Conditions d'extraction douces	Augmentation de la pression Augmentation des coûts d'investissement et d'exploitation Gestion supplémentaire de la sécurité	97,29 %
Extraction assistée par micro-ondes (EM)	Amélioration du rendement Réduction du temps d'extraction Faible coût Respectueuse de l'environnement Faible utilisation de solvants Mise à l'échelle industrielle facile Faible consommation d'énergie	Températures élevées Besoins énergétiques supplémentaires Nécessite une méthode de séparation par solvant. Peut provoquer une oxydation Extraction non sélective	91,85%

	Faibles niveaux de CO2 rejetés dans l'atmosphère Source de chaleur sans contact Accélère le transfert de masse et d'énergie		
Extraction assistée par ultrasons (EU)	Rendement d'extraction élevé Temps d'extraction court Température d'extraction basse (température ambiante) Econome en énergie Volume de solvant plus faible	Besoins énergétiques supplémentaires Difficulté de mise à l'échelle pour une application commerciale Température stable Contamination par les solvants Extraction non sélective	84,24%

Les caractéristiques physiques de l'huile de Camélia

I- Les propriétés physico-chimiques de l'huile

Comme vu précédemment, l'huile de Camélia est composée de différents composés dont des acides gras. Cette composition confère à l'huile des propriétés physiques particulières et caractéristiques qui nous permettent de la distinguer des autres huiles végétales.

La température d'ébullition est la température de changement d'état de liquide à gaz. Celle de l'huile de Camélia est supérieure à 100°C. Cette huile est insoluble dans l'eau à 20°C (NHR ORGANIC OILS, 2018). Sa viscosité est de 314,4 millipoise (Patel *et al.*, 2018) soit 0,3144 Pa.s, elle correspond à la résistance au mouvement de l'écoulement de l'huile, l'huile est plutôt visqueuse puisque la viscosité de l'eau est de 10 millipoise (De l'IUT De Limoges, s. d.). Enfin, sa densité à 25°C est de 0,920 g/cm³ (Gao *et al.*, 2024).

Le point de fusion de l'huile de Camélia correspond à la température de changement d'état des acides gras de la forme solide à la forme liquide. Son point de fusion est très bas, il est de -10°C (Luo *et al.*, 2019). L'huile de Camélia est principalement trouvée sous forme liquide.

Nous pouvons aussi étudier le point de fumée de l'huile qui correspond à la température à laquelle l'huile chauffée commence à dégager de la fumée. Son point de fumée est de 252°C , il est lié à l'importante quantité d'acides gras présents dans l'huile (Zhou *et al.*, 2023). En effet, plus la teneur en phospholipides est importante, plus le point de fumée est petit, cela n'impacte pas la stabilité oxydative de l'huile de Camélia (Shanshan *et al.*, 2014).

Enfin, le point d'éclair correspond à la température pour laquelle une huile chauffée s'enflamme au contact d'une flamme dans des conditions définies. Ce point d'éclair est supérieur à 280°C (NHR ORGANIC OILS, 2018), il permet de connaître les conditions nécessaires afin de transporter et stocker l'huile de Camélia en toute sécurité (Serin *et al.*, 2013).

II- Les indices physico-chimiques

En plus des températures caractéristiques, il existe quatre principaux indicateurs physico-chimiques qui sont : l'indice de saponification, l'indice d'acidité, l'indice d'iode et enfin l'indice de peroxyde (Kaizheng, *et al.*, 2016).

L'indice de saponification est la masse de KOH (mg) nécessaire pour saponifier 1g de matière grasse.

L'indice d'acidité est la masse de KOH (mg) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans 1g de matière grasse, le résultat est exprimé par rapport à l'acide oléique. C'est un critère de qualité d'une huile. Il est compris entre 0,5 et 3,3 mg/g.

L'indice d'iode est la masse d'iode moléculaire (g) fixée sur les doubles liaisons pour 100g de matière grasse. Cet indice confirme la pureté d'une matière grasse. Plus cet indice est faible et plus l'huile sera résistante au rancissement donc elle pourra se conserver plus longtemps (Zhang *et al.*, 2023).

L'indice de peroxyde est la quantité d'oxygène actif (még) contenu dans 1kg d'huile (ISO 3960, 2017).

À partir du tableau 4, nous pouvons caractériser l'huile de Camélia.

Tableau 4. Les indices physico-chimiques de l'huile de *Camellia oleifera* (Gao *et al.*, 2024).

Indices physico-chimiques	Valeurs
Indice de saponification	193,28-194,05 mg KOH/g
Indice d'acidité	0,1-0,5 mg/g
Indice d'iode	83,9-86,3 g I ₂ /100g
Indice de peroxyde	2,64-17,8 mEq/kg

Ces indices varient selon la technique d'extraction de l'huile, mais aussi selon les espèces de Camélia.

Tableau 5. Les indices physico-chimiques de l'huile de *Camellia oleifera* en fonction de la technique d'extraction (Zhang *et al.*, 2023).

Technique d'extraction	Indice de saponification (mg/g)	Indice d'acidité (mg/g)	Indice d'iode (g/100g)	Indice de peroxyde (mmol/kg)
Pressage à frais	190,2	0,46	84,0	4,86
Extraction enzymatique aqueuse	187,0	0,37	87,0	0,37
Extraction par solvant à l'hexane	197,3	0,38	86,5	0,88

L'huile de Camélia extraite par l'hexane a le plus faible indice de peroxyde ce qui indique que l'huile contient le moins de produits primaires d'oxydation d'acide gras. Par cette méthode, on obtient la plus grande valeur de saponification ce qui signifie que l'huile contient des acides gras de faible poids moléculaire (Zhang *et al.*, 2023).

L'extraction enzymatique aqueuse permet d'obtenir une huile moins acide.

De plus, plus l'indice d'iode est faible et plus l'huile peut se conserver sur une longue durée car il y a une résistance au rancissement dû à l'important nombre d'insaturations dans les acides gras (Zhang *et al.*, 2023).

Ce sont notamment les fleurs de type *Camellia japonica* qui ont l'indice d'acidité le plus élevé (1,7 mg/g) mais les indices de saponification et d'iode les plus faibles, respectivement 192,7 mg/g et 79,9mg/g. À l'inverse, les fleurs *Camellia sinensis* ont l'indice de peroxyde le plus élevé (17,4 meq/kg) et une densité plus faible (0,911 g/cm³) (Zeng & Endo, 2019).

D'après certaines études, les valeurs de saponification, d'acide et de peroxyde s'allongent avec la durée de stockage de l'huile de Camélia mais la valeur d'iode, elle, diminue (Kaizheng, *et al.*, 2016).

III- Les conditions de stockage

Les conditions de stockage varient en fonction de l'état de transformation de la plante de Camélia et ont un impact sur la qualité de son huile.

Tout d'abord, une fois coupées, les fleurs de Camélia sont entreposées à une température basse de 7,0 °C sur une durée de 3 à 6 jours. Cette température associée à une humidité de l'air ambiant de 95 à 98 % permet de réduire le taux de respiration de la plante, d'éviter sa perte en eau, de réduire la production d'éthylène ce qui empêchera la chute des feuilles et la maturation des fruits et enfin de ralentir les activités microbienne et fongique. Lorsque l'on s'intéresse uniquement aux feuilles coupées de Camélia, la température de stockage doit être abaissée à 4,5°C avec le même taux d'humidité et un stockage maximal de 7 jours (*Storage conditions for ornamental crops*, 2016).

Concernant les graines de Camélia, pour qu'elles puissent reformer un plant, les conditions de stockage sont multiples. Les graines sont viables sur une courte durée (Patel *et al.*, 2018) puisqu'elles sont sensibles à la dessiccation et aux faibles températures. C'est pourquoi, il est conseillé de conserver les graines de *Camellia brevistyla* à une température de 1°C (Jengchuann, 2017) dans des conditions d'humidité de 100 % (Patel *et al.*, 2018). En effet, lorsque leur taux d'humidité est faible, les graines ne peuvent pas germer et des moisissures les contaminent (Patel *et al.*, 2018).

Afin d'optimiser la germination et la longévité des graines de *Camellia azalea*, celles-ci doivent se trouver à 1 cm de profondeur du semis, être imbibées d'acide gibbéréllique (Xianmin, *et al.*, 2020) qui va permettre leur croissance (*Acide Gibbéréllique - Ataman Kimya* [s.d]) puis être stockées dans du sable à basse température sur une longue durée de stockage (Xianmin, *et al.*, 2020). Pour les stocker à plus long terme, elles doivent se trouver entre 5 et 7 °C dans des sacs en polyéthylène avec une humidité de 100 % (Patel *et al.*, 2018).

La qualité de l'huile de graine de Camélia est impactée en fonction des conditions de stockage de l'huile mais aussi de celles des graines. En effet, lorsque les graines de *Camellia brevistyla* ont un taux d'humidité faible (environ 6,5%) et qu'elles sont conservées à moins de 4°C, l'huile est de meilleure qualité (Yalin, *et al.*, 2023). La stabilité oxydative de l'huile permet aussi d'en évaluer sa qualité (Yang *et al.*, 2018).

Pour les conditions de stockage de l'huile, trois principaux facteurs doivent être respectés : la température, la luminosité et le matériau dans lequel elle est conservée (Kaizheng, *et al.*, 2016). Pour éviter l'oxydation de l'huile, il est conseillé de la stocker à une température inférieure à 20°C voir à -20°C (NHR ORGANIC OILS, 2018) (Yalin, *et al.*, 2023).

L'huile de graine de *Camellia oleifera* doit être stockée dans un récipient en verre fermé (Kaizheng, *et al.*, 2016), au sec, dans un environnement ventilé. Elle doit être éloignée de toutes sources de combustion et à l'abri de la lumière. Son contact avec l'oxygène doit être limité pour éviter son oxydation, celle-ci altérerait ses propriétés organoleptiques et sa couleur jaune (NHR ORGANIC OILS, 2018) (Yang *et al.*, 2018). En effet, l'oxydation des lipides est une réaction auto-catalytique entre l'oxygène de l'air et les acides gras insaturés contenus dans l'huile qui produit des chaînes de radicaux libres, détériorant l'huile. La couleur jaune de cette huile est due aux réactions de Maillard produites lors de la torréfaction des graines (Yang *et al.*, 2018).

Les différentes utilisations de l'huile de Camélia

L'huile de Camélia est une huile utilisée pour fabriquer des produits alimentaires, des cosmétiques et des produits de santé. En effet, une fois extraite par le mode qui convient le mieux, les composés récupérés semblent intéressants à la confection de ces produits.

I- L'utilisation pharmacologique

Aujourd'hui il existe peu d'études cliniques sur les activités pharmacologiques de cette huile mais l'huile de Camélia est prometteuse pour l'avenir pharmaceutique.

En effet, sa teneur en composés bioactifs comme les polyphénols, les acides gras insaturés, les acides gras insaturés, les phytostérols et la vitamine E peut exercer des activités pharmacologiques sur le métabolisme en prévention ou pour le traitement de certaines maladies (Li et al. 2022).

En effet, l'huile contenue dans le gel est chargée en substances lipophiles sans être toxique pour les cellules. L'huile facilite l'absorption des médicaments et permet une administration ciblée au corps humain.

Ainsi, cette huile est un bon moyen pour les soins de santé et permet de développer de nouveaux médicaments (Gao *et al.*, 2024).

II- L'utilisation cosmétologique

L'huile de Camélia est souvent retrouvée en cosmétologie sous forme de flacon compte-goutte, en tube ou encore dans des shampoings et des crèmes.

En effet, elle possède des propriétés anti-radicalaires ce qui provoque une action anti-rides ou encore une action anti-UV (Pobeda, 2011).

Des études ont montré que les acides gras de l'huile avaient un effet réparateur sur des cheveux endommagés à l'eau de Javel. Ainsi, des produits capillaires contenant de l'huile de Camélia peuvent traiter les lésions protéiques des cheveux induites par les UV par exemple (Gao *et al.* 2024). Grâce à la pression à froid, nous pouvons aussi obtenir des antioxydants qui pourraient servir de conservateur dans les produits cosmétiques.

III- L'utilisation culinaire

L'huile de Camélia est une huile comestible de haute qualité conventionnelle, elle est la plus ancienne huile végétale comestible boisée en Chine (Fu *et al.* 2023).

Cette huile est souvent comparée à l'huile d'olive car elle présente des propriétés physico-chimique similaire et une faible teneur en acide gras saturés. Ainsi, l'huile de Camélia est une huile de cuisson, surnommée : « le roi de l'huile de cuisson » grâce à sa haute valeur nutritionnelle (Li *et al.* 2022).

L'huile de Camélia peut être structurée en oléogel, c'est un gel qui mélange une huile végétale et de l'aloé Vera. Ce gel pourrait remplacer les graisses solides dans les aliments comme les biscuits, le chocolat et la crème glacée (Gao *et al.* 2024).

Elle est aussi utilisée comme matière première dans la production d'additifs et de tensioactifs.

Conclusion

Les objectifs de ce rapport étaient d'étudier la fleur de Camélia, le profil lipidique de son huile ainsi que ses applications.

Originaire de l'Asie de l'Est, la fleur de Camélia appartient à la famille botanique des Théacées. Il existe différentes variétés de Camélia qui peuvent se distinguer par la forme ou encore la couleur de ses pétales. Cette angiosperme possède des graines albuminées contenant les réserves nutritives nécessaires à sa germination et déterminantes quant à la qualité de son huile.

L'huile de graine de Camélia se compose essentiellement de triglycérides et de matières insaponifiables. L'acide oléique est l'acide gras insaturé le plus présent. Les principaux composants insaponifiables sont le squalène, les stérols et l' α -tocophérol. La saveur de cette huile s'explique par la présence de composés aromatiques tels que les aldéhydes et les alcools. La composition détermine la qualité nutritionnelle et les caractéristiques sensorielles spécifiques de cette huile.

Les méthodes de prétraitement comme le séchage ou encore la torréfaction permettent d'améliorer le rendement et la qualité de l'huile, ce processus varie en fonction de la méthode d'extraction choisie.

Cette huile est principalement obtenue par deux techniques d'extraction : le pressage mécanique et l'extraction par solvant. Ces méthodes présentent un faible rendement, elles sont chronophages et l'huile produite est de qualité inférieure en raison de la présence de résidus de substances dangereuses et de l'excès de raffinage. L'extraction par fluide supercritique est plus respectueuse de l'environnement et elle produit une huile de meilleure qualité par l'absence de résidu de solvant.

Une fois l'huile extraite, on peut en évaluer ses paramètres physiques. On a pu en déterminer ses températures d'ébullition, de fusion, de fumée, d'éclair, sa viscosité ou encore sa densité. En fonction des techniques d'extraction de l'huile et des espèces de Camélia, nous avons aussi su déterminer les indices physico-chimiques de saponification, d'acidité, de peroxyde ou encore d'iode. Ces valeurs se modifient en fonction de la durée de stockage de l'huile.

En effet, les conditions de stockage influencent la qualité de l'huile. C'est pourquoi il est conseillé de la conserver à basse température dans un récipient fermé et à l'abri de la lumière afin de limiter son contact avec l'oxygène.

En somme, la composition de l'huile de Camélia présente des avantages pharmacologiques pour soigner certaines maladies du métabolisme, elle est incorporée à certains médicaments pour améliorer leur absorption ou encore leur action. C'est une huile très utilisée en cosmétologie pour ses propriétés anti-radicalaires (action anti-rides). On peut aussi la retrouver dans des shampoings ou des tubes compte-gouttes. En Chine, elle est utilisée en tant qu'huile de cuisson. Elle peut former un oléogel qui permet de remplacer les graisses solides dans des aliments.

En définitive, l'huile de Camélia est utilisée dans différentes industries.

Bibliographie

Acide Gibbérellique - Ataman Kimya, [s.d]. *Ataman Kimya*. [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.atamanchemicals.com/gibberellic-acid_u25969/?lang=FR.

ATWI-GHADDAR, Sirine, ZERWETTE, Lydie, DESTANDAU, Émilie et LESELLIER, Éric, 2023. Supercritical fluid extraction (SFE) of polar compounds from *Camellia sinensis* leaves : use of Ethanol/Water as a green polarity modifier. *Molecules*. Online. 18 juillet 2023. Vol. 28, no. 14, p. 5485. DOI 10.3390/molecules28145485.

CALDERÓN-OLIVER, Mariel et PONCE-ALQUICIRA, Edith, 2021. Environmentally friendly techniques and their comparison in the extraction of natural antioxidants from green tea, rosemary, clove, and oregano. *Molecules*. Online. 26 mars 2021. Vol. 26, no. 7, p. 1869. DOI 10.3390/molecules26071869.

DE L'IUT DE LIMOGE, Thierry Cortier Enseignant En Spécialité Mécatronique À l'ENSIL Vincent Pateloup, Enseignant Au Département Gmp, [sans date]. Viscosité absolue ou dynamique [Hydraulique : de la mécanique des fluides à la transmission de puissance]. [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.unilim.fr/pages_perso/thierry.cortier/Hydraulique_cours/co/Hydraulique_-_De_la_mecanique_des_fluides_a_la_transmission_de_Puissance_58.html.

FU, Jiashun, WANG, Junhao, CHEN, Zhe, DENG, Zhuowen, LAI, Hanggui, ZHANG, Liangxiao, YUN, Yong-Huan et ZHANG, Chenghui, 2023. Application of stable isotope and mineral element fingerprint in identification of Hainan camellia oil producing area based on convolutional neural networks. *Food Control*. Online. 1 août 2023. Vol. 150, p. 109744. DOI 10.1016/j.foodcont.2023.109744.

GAO, Lu, JIN, Lei, LIU, Qiannan, ZHAO, Kexin, LIN, Lillian, ZHENG, Jingyi, LI, Cong, CHEN, Bang et SHEN, Yehua, 2024. Recent advances in the extraction, composition analysis and bioactivity of camellia (*Camellia oleifera* Abel.) oil. *Trends in Food Science and Technology*. Online. 1 janvier 2024. Vol. 143, p. 104211. DOI 10.1016/j.tifs.2023.104211.

HE, Jianying, DING, Lin, LIN, Sun-Che, WU, Xuehui, LIN, Shaohui et CHEN, Xiao-Jia, 2023. Quality comparison of camellia (*Camellia oleifera* C.Abel) seed oil with different extraction methods. international food research journal. Online. 24 février 2023. Vol. 30, no. 1, p. 182 192. DOI 10.47836/ifrj.30.1.15.

JENGCHUANN, Yang, SHINGRONG, Kuo, 2017. Germination and storage behavior of seeds of *Camellia brevistyla* (Hay.) Coh.-Stuart. *Taiwan Journal of Forest Science*. [en ligne]. 2017. Vol. 32, n°4, pp.268-281. Disponible à l'adresse : <https://web.s.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=11&sid=36cb3b41-fb44-41f0-bb51-fe1f962b5e0b%40redis&bdata=JkF1dGhUeXB1PWlwLHVpZCZsYW5nPWZyJnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=20183023807&db=lah>.

JIRARATTANARANGSRI, Wachira et MUANGRAT, Rattana, 2022. Comparison of supercritical CO₂ and screw press extraction methods for producing oil from *Camellia sinensis* Var. assamica seeds : physicochemical properties and antioxidant activity. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. Online. 1 décembre 2022. Vol. 31, p. 100413. DOI 10.1016/j.jarmap.2022.100413.

KAIZHENG, Zhang, JIA, Liu, XINZHI, Cao, *et al.*, 2016. The influence of different conditions on storage stability of the camellia seed oil. *Food Research and Development*. [en ligne]. 2016. Vol. 37, n° 9, pp. 206-209. Disponible à l'adresse : <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=7&sid=a3b7b760-fafd-44bd-b886-b7e92628a100%40redis&bdata=JkF1dGhUeXB1PWlwLHVpZCZsYW5nPWZyJnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#db=lah&AN=20173317366>.

KLEIMAN, Chantal, 2001. La reproduction des angiospermes.

LI, Guihui, MA, Li, ZHANG, Yan, ZHU, Qinhe, CAI, Jiangtao, WANG, Saiyu, YUAN, Yuan, CHEN, Yongzhong et DENG, Shuai, 2022. Extraction of oils and phytochemicals from *Camellia oleifera* seeds : Trends, challenges, and innovations. *Processes*. Online. 28 juillet 2022. Vol. 10, no. 8, p. 1489. DOI 10.3390/pr10081489.

- LI, Peng, YE, Qin, LI, Xiaoying, LIU, Shulai et MENG, Xianghe, 2019. Optimization of aqueous enzymatic method for *Camellia sinensis* oil extraction and reuse of enzymes in the process. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Online. 1 décembre 2019. Vol. 128, no. 6, p. 716-722. DOI 10.1016/j.jbiosc.2019.05.010.
- LI, Zhe, LIU, Ao, DU, Qing, ZHU, Weifeng, LIU, Hongning, NAEEM, Abid, GUAN, Yongmei, CHEN, Lihua et MING, Liangshan, 2022. Bioactive Substances and therapeutic Potential of camellia oil : An overview. *Food Bioscience*. Online. 1 octobre 2022. Vol. 49, p. 101855. DOI 10.1016/j.fbio.2022.101855.
- LUO, Shunjing, HU, Xiang-Fang, PAN, Li-Hua, ZHENG, Zhi, ZHAO, Yanyan, CAO, Lili, PANG, Mingjun, HOU, Zujun et JIANG, Shaotong, 2019. Preparation of camellia oil-based W/O emulsions stabilized by tea polyphenol palmitate : structuring camellia oil as a potential solid fat replacer. *Food Chemistry*. Online. 1 mars 2019. Vol. 276, p. 209-217. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.09.161.
- MAILLET, Fanny, 2003. Les vertus médicinales du thé (*Camellia sinensis*, *Ternstroemiaceae*) : du mythe à la réalité [Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie]. Université de Nantes.
- ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, 2017. Corps gras d'origines animale et végétale. ISO 3960:2017. [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:3960:ed-5:v1:fr>.
- PATEL, Purak, DAS, Bhaskar, SARMA, Ruma et GOGOI, Bhabesh, 2018. Tea seed : a review. *Annual research & review in biology*. Online. 20 mars 2018. Vol. 25, no. 2, p. 1-14. DOI 10.9734/arrb/2018/40418.
- PEREIRA, Antía G., CARPENA, María, CASSANI, Lucía, CHAMORRO, Franklin, SIMAL-GÁNDARA, Jesús et PRIETO, Miguel A., 2023. Occurrence of fatty acids in *Camellia* genus : Extractions technologies and potential applications : A review. *Food Bioscience*. Online. 1 octobre 2023. Vol. 55, p. 102960. DOI 10.1016/j.fbio.2023.102960.
- POBEDA, Michel, 2011. *Les bienfaits des huiles végétales : Apprendre à les connaître et à les utiliser pour votre santé et votre beauté*. Marabout.

SANZ, Vanesa, FLÓREZ-FERNÁNDEZ, Noelia, DOMÍNGUEZ, Herminia et TORRES, María Dolores, 2020. Valorisation of *Camellia sinensis* branches as a raw product with green technology extraction methods. *Current Research in Food Science*. Online. 1 juin 2020. Vol. 2, p. 20-24. DOI 10.1016/j.crfs.2019.11.006.

SERIN, Hasan, ÖZCANLI, Mustafa, GÖKÇE, Metin Kemal et TÜCCAR, Gökhan, 2013. Biodiesel production from tea seed (*Camellia sinensis*) oil and its blends with diesel fuel. *International Journal of Green Energy*. Online. 21 avril 2013. Vol. 10, no. 4, p. 370-377. DOI 10.1080/15435075.2012.655354.

SHANSHAN, Han, ZONG, Meng, JINWEI, Li, *et al.*, 2014. Effects of phospholipids and free fatty acids on smoke point and oxidative stability of oils. *China oils & fats*. [en ligne]. 2014. Vol. 39, n°4, pp.23-26. Disponible à l'adresse : <https://web.s.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=15&sid=36cb3b41-fb44-41f0-bb51-fe1f962b5e0b%40redis&bdata=JkF1dGhUeXB1PWlwLHVpZCZsYW5nPWZyJnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRI#AN=20143241829&db=lah>.

SOIGNON, Jacques et MAHUAS, René, 2018. 1001 Camellias à Nantes et dans toute la Bretagne.

Storage conditions for ornamental crops, 2016. *Agriculture and Food*. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.agric.wa.gov.au/nursery-cutflowers/storage-conditions-ornamental-crops?nopaging=1>.

TEIXEIRA, Ana Margarida et SOUSA, Clara, 2021. A review on the biological activity of camellia species. *Molecules*. [en ligne]. 9 avril 2021. Vol. 26, n° 8, pp. 2178. DOI 10.3390/molecules26082178.

WANG, Xiaoqin, ZENG, Qiumei, VERARDO, Vito et DEL MAR CONTRERAS, María, 2017. Fatty acid and sterol composition of tea seed oils : Their comparison by the “FancyTiles” approach. *Food Chemistry*. Online. 1 octobre 2017. Vol. 233, p. 302-310. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.04.110.

- XIANMIN, Li, ZHAOYANG Bu, JIASHI Lu, *et al.*, 2020. Effect of 4 factors on seed germination of *Camellia azalea*. *Journal of West China Forestry Science*. [en ligne]. 2020. Vol. 49, n° 2 , pp. 75-81. DOI 10.16473/j.cnki.xblykx1972.2020.02.012.
- YALIN, Lee, WEITING, Liu, TZUHUAN, Hung, *et al.*, 2023. Influence of drying methods of *Camellia* seeds on the quality and bioactive ingredients of the pressed oils. *Journal of Taiwan Agricultural Research* [en ligne]. 2023. Vol.72, n° 1, pp.39-48. DOI 10.6156/JTAR.202303_72(1).0004.
- YANG, Kai-Min, HSU, Fu-Chieh, CHEN, Chih-Wei, HSU, Chin-Lin et CHENG, Ming-Ching, 2018. Quality characterization and oxidative stability of camellia seed oils produced with different roasting temperatures. *Journal of Oleo Science*. Online. 1 janvier 2018. Vol. 67, no. 4, p. 389-396. DOI 10.5650/jos.ess17190.
- ZENG, Wei et ENDO, Yasushi, 2019. Lipid characteristics of camellia seed oil. *Journal of Oleo Science*. Online. 1 janvier 2019. Vol. 68, no. 7, p. 649-658. DOI 10.5650/jos.ess18234.
- ZHANG, Huihui, GAO, Pan, MAO, Yanni, DONG, Jiahe, ZHONG, Wu, HU, Chuanrong, HE, Di et WANG, Xingguo, 2023. Physicochemical study of *Camellia oleifera* Abel. seed oils produced using different pretreatment and processing methods. *LWT*. Online. 1 janvier 2023. Vol. 173, p. 114396. DOI 10.1016/j.lwt.2022.114396.
- ZHOU, Shanshan, LI, Zhiying, SONG, Haizhao, HU, Hao, MA, Shicheng, TAO, Yiqing, ZHANG, Hao, FENG, Xinyu, PAN, Yani, GONG, Shuying, FAN, Fangyuan, CHEN, Ping et CHU, Qiang, 2023. Recent advances in tea seeds (*Camellia sinensis* (L.) O. kuntze) : active ingredients, health effects, and potential applications. *Trends in Food Science and Technology*. Online. 1 novembre 2023. Vol. 141, p. 104192. DOI 10.1016/j.tifs.2023.104192.

Résumé

Nous avons pour objectif d'étudier la fleur de Camélia et plus précisément le profil lipidique de l'huile extraite à partir de ses graines. Cette huile possède des propriétés physico-chimiques particulières qui ont des intérêts pharmacologique, cosmétologique et alimentaire.

Le Camélia est une fleur provenant d'Asie et utilisée comme plante ornementale en France. Cette fleur appartient à la famille des Théacées, il en existe plus de 300 sous-espèces. Sa graine est à l'origine des propriétés du Camélia car elle est exploitée pour son huile.

L'huile est composée principalement d'acides gras insaturés (à 85%) comme l'acide oléique, de composants insaponifiables comme le squalène et les stérols et enfin de composants volatils qui sont responsables de sa qualité nutritionnelle et de ses caractéristiques sensorielles.

Les méthodes d'extraction de l'huile sont conventionnelles (extraction par pressage mécanique, extraction par solvant) ou innovantes (extraction aqueuse, extraction par fluide super-critique). Le meilleur rendement est obtenu par la technique d'extraction super-critique.

Les propriétés physiques de l'huile sont multiples, sa température de fusion est de -10°C et son point de fumée est de 252°C . Concernant ses indices physico-chimiques (d'acidité, de saponification, de peroxyde et d'iode), ils varient en fonction de la technique d'extraction et de l'espèce florale.

C'est une huile de couleur jaune sensible aux conditions de stockage et plus précisément à l'oxydation des lipides puisqu'en effet de mauvaises conditions peuvent altérer sa qualité. C'est pourquoi il est conseillé de la conserver à l'abri de la lumière, dans un récipient fermé à une température comprise entre -20°C et 20°C .

L'huile de Camélia possède plusieurs bienfaits en pharmacologie, nutrition et cosmétologie. Elle permet notamment de diminuer les symptômes de certaines maladies comme celles en lien avec l'obésité, elle est utilisée comme huile de cuisson et elle peut remplacer certains gras solides dans des biscuits, enfin, elle a des vertus anti-rides et anti-UV.