

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn

Badis-Mostaganem

Faculté des Sciences de la

Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

- **Djaafeur Djebbar Yousra**

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN PRODUCTION VÉGÉTALE

Thème

Extraction et étude physico-chimique d'une huile
végétale extraite à partir d'une Oléagineuse
Tournesol (*Helianthus Annus*)

Devant le Jury :

Présidente	: Benouadhah	Salima	MCB	Université de Mostaganem
Examinatrice	: Maghnia	Djamila	MCA	Université de Mostaganem
Promotrice	: Adjoudj	Fatma	MCA	Université de Mostaganem
Co- Promotrice	: Yahiaoui	Hassiba	MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciement

Je remercie infiniment Dieu de m'avoir accordé le succès et de m'avoir aidé à terminer mes études universitaires.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à **M^{me} Adjoudj Fatma** (MCA) à L'Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, qui a bien voulu m'encadrer tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique, sa disponibilité et ses précieux conseils ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à **M^{me} Yahiaoui Hassiba** (MCB) à L'Université Abdelhamid Ibn Bardis-Mostaganem, de Mostaganem, Co-Promotrice de ce travail, pour son accompagnement constant, ses observations pertinentes et son soutien tout au long de cette recherche.

Mes remerciements vont également aux membres de jury : **M^{me} Benouadhah Salima** (MCB) à L'Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem de Mostaganem, d'avoir fait l'honneur de présider le jury. **M^{me} Maghnia Djamila** (MCA) à L'Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre défense et de revoir notre travail.



DJAAFEUR DJEBBAR Yousra

Dédicaces

...Je dédie ce modeste travail à ceux, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère. A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect, mon cher père. A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, mon adorable mère. A ma Grand-mère, mes oncles et mes tantes, mes cousins, a tout la famille **Zerouali et Djaafeur Djebbar** et mes amis que dieu leur donne une longue et joyeuse vie. A mes chers frères, et mon oncle qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur. A mes proches Sirine Amel Malak et Maroua qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour moi.

Yousra

Sommaire

1	Remerciement	
2	Dédicaces	
3	Résumé	
4	Abstract	
5	ملخص	
6	Liste des tableaux	
7	Liste des figures	
8	Liste des abréviations	
I	Introduction.....	1
II	Revue Bibliographique	
I.	Généralités sur les oléagineuses et les huiles végétales.....	2
I.1.	Aperçu général sur les oléagineux.....	2
I.2.	Origine de l'huile de tournesol.....	2
I.2.1.	Définition d'une huile végétale de tournesol.....	2
I.2.2.	Origine de l'huile de tournesol.....	2
I.2.3.	Composition spécifique.....	3
I.2.4.	Classification des huiles végétales selon leur origine.....	3
I.2.5.	Rôle des huiles végétales.....	6
I.2.6.	Utilisations principales.....	7
1.2.6.1.	En alimentation.....	7
1.2.6.2.	En cosmétique.....	9
1.2.6.3.	Dans l'industrie.....	10
II.	Extraction des huiles végétales et étude de la plante de tournesol.....	12
II.1.	Méthodes d'extraction des huiles végétales.....	12
II.1.1.	Extraction mécanique pour le tournesol.....	12
II.1.1.1.	Extraction mécanique.....	12
II.1.2.	Étapes du procédé.....	12
	1.Préparation des graines de tournesol.....	10
	2.Extraction par pression.....	10
	3.Décantation et filtration.....	11
II.1.3.	Avantages de cette méthode dans le cas du tournesol.....	14

1.Préservation de la qualité nutritionnelle.....	12
2.Méthode éco-responsable et durable.....	12
3.Aide aux petites productions locales.....	12
II.1.4. Limitations spécifiques pour le tournesol.....	13
II.2. Extraction industrielle.....	15
1.Rendement inférieur.....	13
2.Moins compétitive pour les grandes échelles.....	13
II.2.1. Principe de l'extraction chimique par solvants.....	13
II.2.2. Phases de la procédure.....	13
Préparation des semences.....	13
Extraction par solvant.....	13
Séparation.....	13
Affinage.....	14
Rendement.....	14
II.2.3. Avantages et inconvénients.....	14
II.2.3.1. Bénéfices.....	14
II.2.3.2. Points négatifs.....	14
II.3. Plante étudiée : Tournesol.....	14
II.3.1. Description et botanique de Tournesol (Helianthus Annuus).....	14
II.3.1.1. Caractéristiques botaniques	15
II.3.2. Aspect économique.....	16
Objectifs de production.....	17
Impact économique.....	17
Soutien gouvernemental.....	17
III. Parties Expérimentales	20
I. Extraction de l'huile de tournesol.....	19
I.1. Matériel végétal.....	19
I.1.1. Lieu de travail.....	19
I. 1.2. Origine et préparation de l'échantillon.....	19
I.2. Procédé d'extraction.....	19
I.2.1. Extraction par solvant (Soxhlet).....	19
Principe.....	19
Procédure.....	20

Calcul du rendement d'extraction.....	20
II. Composition biochimique des graines de tournesol.....	22
II.1. Teneur en eau (AFNORT03903 AVRIL1966)	24
II.2. Teneur en cendres (AFNOR V 03-922)	25
III. Paramètres physico-chimiques de l'huile de tournesol.....	26
III.1. Paramètres physiques.....	26
a. Profil d'huile.....	26
b. Densité.....	26
c. Indice de réfraction.....	27
III.2. Paramètres chimiques.....	28
III.2.1. Indice d'Acidité (IA).....	28
III.2.2. Indice de peroxyde.....	28
III.2.3. Indice de saponification (Is).....	29
IV. Préparation du savon	30
IV. Résultats et Discussion	
A. Composition des graines de tournesol.....	33
1.Taux d'humidité des graines.....	31
2.Taux de matière sèche.....	31
3. Teneur en cendres.....	31
4.Teneur en matières grasses.....	31
B. Paramètres physicochimiques de l'huile de tournesol.....	33
1. Paramètres physiques.....	33
a. Densité.....	33
b. Indice de réfraction.....	33
C. Paramètres chimiques.....	34
1. Indice d'acide.....	34
2. Indice de peroxyde.....	34
3. Indice des saponifications.....	34
A. Préparation du savon.....	34
1. Composition et caractéristiques du savon produit.....	34
2. Traits physiques et sensoriels.....	35
a. Hydratation et apaisement.....	35
b. Texture et mousse.....	35

c.	Stabilité et conservation.....	35
V.	Conclusion.....	37
VI.	Références bibliographiques	

Résumé

La recherche effectuée concerne l'extraction et l'utilisation de l'huile de tournesol (*Helianthus Annuus*), soulignant ses caractéristiques physico-chimiques et son utilisation dans la production de savon. L'utilisation du Soxhlet avec un solvant organique a conduit à l'obtention d'une huile d'une grande pureté et à un rendement optimal. L'analyse de l'huile démontre une concentration importante en acides gras insaturés, notamment l'acide linoléique, qui procure des attributs nutritionnels et émollients bénéfiques à l'hydratation et aux traitements cosmétiques. Les évaluations physico-chimiques ont mis en évidence plusieurs indicateurs cruciaux : la densité (0,918 – 0,923 g/cm³), l'indice de réfraction (1,464 – 1,470) et l'indice de saponification (193,014 mg KOH/g), qui démontrent une capacité à être transformées en savon. La méthode de saponification à chaud a donné lieu à un savon hydratant et doux, cependant, il possède une mousse faible et une dureté intermédiaire, ce qui requiert des modifications pour optimiser sa robustesse et sa stabilité. Plusieurs approches ont été envisagées pour améliorer la qualité du savon : l'intégration d'huiles additionnelles (coco, ricin) pour intensifier la mousse, ainsi que l'ajout d'antioxydants (vitamine E) pour freiner le rancissement provoqué par l'oxydation des acides gras insaturés. Finalement, une analyse technico-économique a été proposée pour juger de la viabilité industrielle du procédé de production, comprenant le coût des matériaux, le tarif de vente et l'insertion sur le marché des produits cosmétiques naturels.

Cette étude met en évidence le potentiel de l'huile de tournesol dans la fabrication de savons doux et hydratants, tout en insistant sur la nécessité d'optimiser les formulations pour renforcer sa durabilité et sa compétitivité.

Termes clés : Extraction, Soxhlet, huile de tournesol, acide linoléique, saponification, physico-chimie, mousse, dureté, antioxydants, cosmétique, aspect technico-économique.

Abstract

The research focused on the extraction and utilization of sunflower oil (*Helianthus Annuus*), highlighting its physicochemical characteristics and its use in soap production. The use of a Soxhlet apparatus with an organic solvent resulted in a highly pure oil with optimal yield. Analysis of the oil revealed a significant concentration of unsaturated fatty acids, particularly linoleic acid, which provides nutritional and emollient properties beneficial for moisturizing and cosmetic treatments. Physicochemical evaluations revealed several crucial indicators: density (0.918–0.923 g/cm³), refractive index (1.464–1.470), and saponification value (193.014 mg KOH/g), which demonstrate its ability to be transformed into soap. The hot-process saponification method produced a mild, moisturizing soap. However, it exhibited low lather and intermediate hardness, requiring modifications to optimize its robustness and stability. Several approaches were considered to improve the soap's quality: the integration of additional oils (coconut, castor) to intensify the lather, as well as the addition of antioxidants (vitamin E) to prevent rancidity caused by the oxidation of unsaturated fatty acids. Finally, a technical and economic analysis was proposed to assess the industrial viability of the production process, including material costs, sales prices, and market penetration for natural cosmetic products.

This study highlights the potential of sunflower oil in the manufacture of mild, moisturizing soaps, while emphasizing the need to optimize formulations to strengthen its sustainability and competitiveness.

Key terms: Extraction, Soxhlet, sunflower oil, linoleic acid, saponification, physiochemistry, foam, hardness, antioxidants, cosmetics, technical-economic aspect.

ملخص

ركز البحث على استخلاص زيت دوار الشمس (*Helianthus Annuus*) واستخدامه، مع التركيز على خصائصه الفيزيائية والكيميائية واستخدامه في إنتاج الصابون. أدى استخدام جهاز سوكسلت مع مذيب عضوي إلى إنتاج زيت عالي النقاء ذي إنتاجية مثالية. كشف تحليل الزيت عن تركيز عالٍ من الأحماض الدهنية غير المشبعة، وخاصة حمض اللينوليك، الذي يوفر خصائص غذائية ومرطبة مفيدة للعلاجات المرطبة والتجميلية. أبرزت التقييمات الفيزيائية والكيميائية عدة مؤشرات مهمة: الكثافة (0.918-0.923 غ/سم³)، ومعامل الانكسار (1.464-1.470)، وقيمة التصبن (193.014 ملغ هيدروكسيد البوتاسيوم/غ)، مما يدل على قابليته للتحويل إلى صابون. أنتجت طريقة التصبن بالعملية الساخنة صابونًا خفيفًا ومرطبًا. إلا أنه أظهر رغبة منخفضة وصلابة متوسطة، مما تطلب تعديلات لتحسين متانته وثباته. طُرحت عدة مناهج لتحسين جودة الصابون: إضافة زيوت إضافية (مثل جوز الهند والخروع) لتكثيف الرغوة، بالإضافة إلى إضافة مضادات الأكسدة (فيتامين هـ) لمنع الزنخ الناتج عن أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة. وأخيرًا، طُرِح تحليل فني واقتصادي لتقييم الجدوى الصناعية لعملية الإنتاج، بما في ذلك تكاليف المواد، وأسعار البيع، ومدى انتشار منتجات التجميل الطبيعية في السوق.

تُسلط هذه الدراسة الضوء على إمكانات زيت دوار الشمس في تصنيع صابون مُرطَّب وخفيف، مع التأكيد على ضرورة تحسين تركيباته لتعزيز استدامته وقدرته التنافسية.

المصطلحات الرئيسية: الاستخلاص، سوكسلت، زيت دوار الشمس، حمض اللينوليك، التصبن، الكيمياء الفيزيائية، الرغوة، الصلابة، مضادات الأكسدة، مستحضرات التجميل، الجانب الفني والاقتصادي.

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Classification des huiles végétales.....	04
Tableau2 :	Teneur en acides gras et valeur nutritive.....	06
Tableau 3 :	Principaux dérivés industriels du tournesol.....	09
Tableau 4 :	Composition chimique des huiles végétales selon la méthode d'extraction	10
Tableau 5 :	Valeurs nutritionnelles de l'huile de tournesol selon le mode d'extraction	11
Tableau 6 :	Comparatif des avantages et inconvénients des méthodes d'extraction.....	13
Tableau 7 :	Impact des différentes méthodes d'extraction sur la qualité de l'huile.....	14
Tableau 8 :	Analyse économique du tournesol.....	16

Liste des figures

Figure 01 : Répartition géographique des oléagineux en Algérie.....	2
Figure 02 : Cycle de croissance du tournesol.....	3
Figure 03 : Composition chimique de l'huile de tournesol	3
Figure 04 : Comparaison des propriétés physico-chimiques des huiles végétales.....	4
Figure 05 : Utilisations alimentaires de l'huile de tournesol.....	5
Figure 06 : Teneur en acides gras et valeur nutritive.....	6
Figure 07 : Applications cosmétiques de l'huile de tournesol.....	7
Figure 08 : Effets de l'huile de tournesol sur la peau et les cheveux – Résumé des bienfaits cosmétiques.....	7
Figure 09 : L'huile de tournesol dans l'industrie.....	8
Figure 10 : Schéma du processus d'extraction mécanique du tournesol.....	11
Figure 11 : Valeurs nutritionnelles de l'huile de tournesol.....	12
Figure 12 : Représentation du cycle de vie du tournesol.....	16
Figure 13 : Analyse économique du tournesol.....	17
Figure 14 : Les graines de tournesol	19
Figure 15 : Soxhlet.....	22
Figure 16 : RotaVapor.....	22
Figure 17 : Étuve.....	24
Figure 18 : Four à moufle.....	25
Figure 19 : 3capsuledela densité.....	27
Figure 20 : La réaction chimique de saponification.....	29
Figure 21 : Réfrigérant à boules.....	31
Figure 22 : Savon de tournesol.....	32

Liste des abréviations

Acronyme	Description
MO :	Matière organique
AGI :	Acides gras insaturés
AGS :	Acides gras saturés
NaOH :	Hydroxyde de sodium (soude caustique)
KOH :	Hydroxyde de potassium
SAP :	Indice de saponification
HPLC :	Chromatographie liquide haute performance
GC-MS :	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
Soxhlet :	Méthode d'extraction par reflux et solvants
RotaVapor :	Évaporateur rotatif utilisé pour éliminer le solvant
INS :	Indice de dureté du savon
PV :	Indice de peroxydes (oxydation des lipides)
IA :	Indice d'acidité (qualité de l'huile)

Introduction

Introduction

Les plantes oléagineuses occupent une place stratégique dans l'agriculture moderne en raison de leur capacité à fournir des huiles végétales destinées à un usage industriel et alimentaire. Des espèces telles que l'arachide, le colza, le soja, le ricin, l'olivier et le tournesol sont particulièrement valorisées pour leurs huiles riches en composants nutritifs et bénéfiques pour la santé humaine (Neyer, 2004). Ces huiles se distinguent par leur teneur élevée en acides gras insaturés, ainsi qu'en antioxydants naturels comme les vitamines E et A, et les caroténoïdes, qui jouent un rôle essentiel dans la protection des cellules contre les radicaux libres (Singh et al., 2021). Parmi ces cultures, le tournesol (*Helianthus Annuus*) se démarque par sa polyvalence et son importance économique croissante à l'échelle mondiale, continentale et nationale. Il est utilisé non seulement dans l'alimentation humaine, mais également dans l'industrie cosmétique, la fabrication de biodiesel et l'alimentation animale à travers ses tourteaux. Grâce à sa capacité d'adaptation aux climats secs et à ses faibles besoins en intrants chimiques, le tournesol représente une option agronomique avantageuse pour les régions soumises à des contraintes environnementales, comme celles rencontrées en Afrique et en Algérie. Dans le contexte algérien, marqué par une forte dépendance aux importations d'huiles de palme et de soja, le développement de la culture du tournesol est devenu un axe stratégique du gouvernement en faveur de l'autosuffisance alimentaire. Des efforts sont déployés pour promouvoir cette culture à travers des subventions, une aide logistique et des campagnes de sensibilisation. En plus de ses atouts économiques, le tournesol participe à la durabilité environnementale, notamment grâce à son rôle dans la rotation des cultures, l'amélioration de la qualité des sols et la réduction de l'utilisation d'intrants chimiques.

L'objectif de cette étude est de mettre en lumière le potentiel agronomique, économique et environnemental de la culture du tournesol dans le contexte algérien, en examinant son rôle dans la stratégie nationale visant à réduire la dépendance aux huiles végétales importées. Face aux défis croissants liés à la sécurité alimentaire, à la nécessité d'une transition vers des pratiques agricoles durables et à la valorisation des ressources locales, il est légitime de s'interroger : comment la culture du tournesol peut-elle être développée stratégiquement en Algérie pour répondre aux besoins économiques et nutritionnels tout en renforçant la résilience agroécologique des systèmes agricoles ?

Revue
Bibliographique

I. Généralités sur les oléagineuses et les huiles végétales

I.1. Aperçu général sur les oléagineux

Grâce à leurs diverses applications, les oléagineux sont un élément central de l'agriculture à l'échelle mondiale. Ils rassemblent une diversité de plantes cultivées principalement pour leurs graines ou fruits riches en huile. Le tournesol, le colza, le soja, l'arachide et le palmier à huile figurent parmi les espèces majeures. Ces cultures fournissent des ressources essentielles pour l'alimentation humaine et animale, ainsi que pour des secteurs comme la production de biocarburants. Pour 2025, on prévoit que la production globale d'oléagineux atteindra près de 640 millions de tonnes, mettant en lumière leur rôle de plus en plus crucial devant l'augmentation de la demande alimentaire et énergétique (Weiss, E.A.Schneiter, A.A. 2019) (fig1)

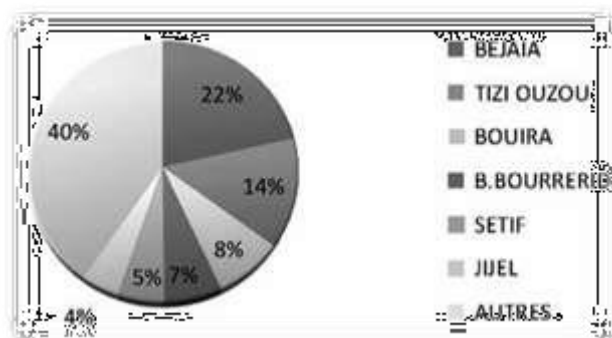


Figure 01 : Répartition géographique des oléagineux en Algérie (Weiss, E.A.Schneiter, A.A. 2019)

I.2. Généralités sur les huiles végétales de tournesol

I.2.1. Définition d'une huile végétale de tournesol

Comme précédemment indiqué, une huile végétale est un fluide hydrophobe obtenu principalement à partir des graines ou des fruits de plantes oléagineuses. Ces huiles sont majoritairement constituées de triglycérides et peuvent renfermer des éléments secondaires comme les phospholipides ou les antioxydants naturels (tels que la vitamine E). (FAO. 2019).

I.2.2. Origine de l'huile de tournesol

On extrait l'huile de tournesol à partir des graines du *Helianthus annuus*, une plante annuelle qui fait partie de la famille Asteraceae. Initialement originaire d'Amérique du Nord, on la cultive. Aujourd'hui largement à travers le monde pour ses graines riches en graisses (fig2).



Figure 02 : Cycle de croissance du tournesol (FAO. 2019).

I.2.3. Composition spécifique :

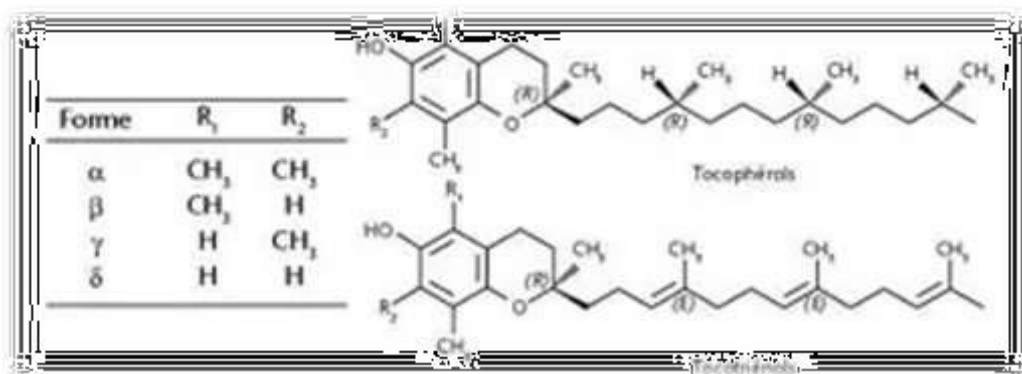


Figure 03 : Composition chimique de l'huile de tournesol (Belitz, H.-D., Grosch, W., &Schieberle, P. 2021).

L'huile de tournesol est particulièrement riche en :

Acides gras insaturés : Principalement de l'acide linoléique (oméga-6) et parfois de l'acide oléique (oméga-9) selon les variétés.

- **Vitamine E** : Antioxydant puissant, utile pour la conservation de l'huile et les bienfaits sur la santé.
- **Polyphénols** : Composés ayant des propriétés antioxydantes (Belitz, H.-D., Grosch, W., &Schieberle, P. 2021).

I.2.4. Classification des huiles végétales selon leur origine

Les huiles végétales se classent en fonction de leur source (Kyriakidis, N.B., &Katsiloulis, T. 2020). (Graphe1) (Tableau1).

Tableau 1: Classification des huiles végétales

Type d'huile	Omega-3 (%)	Omega-6 (%)	Omega-9 (%)	Ratio Omega-6/Omega-3
Lin	54%	14%	18%	0.26:1
Olive	1%	10%	73%	10:1
Tournesol	1%	70%	16%	70:1
Sésame	1%	41%	39%	41:1
Colza	9%	19%	62%	2.1:1

1. **Huiles de graines :** Tournesol, Colza, Soja ;
2. **Huiles de fruits :** Olives, Noix, Coco ;
3. **Huiles tropicales :** Palme, Karité.

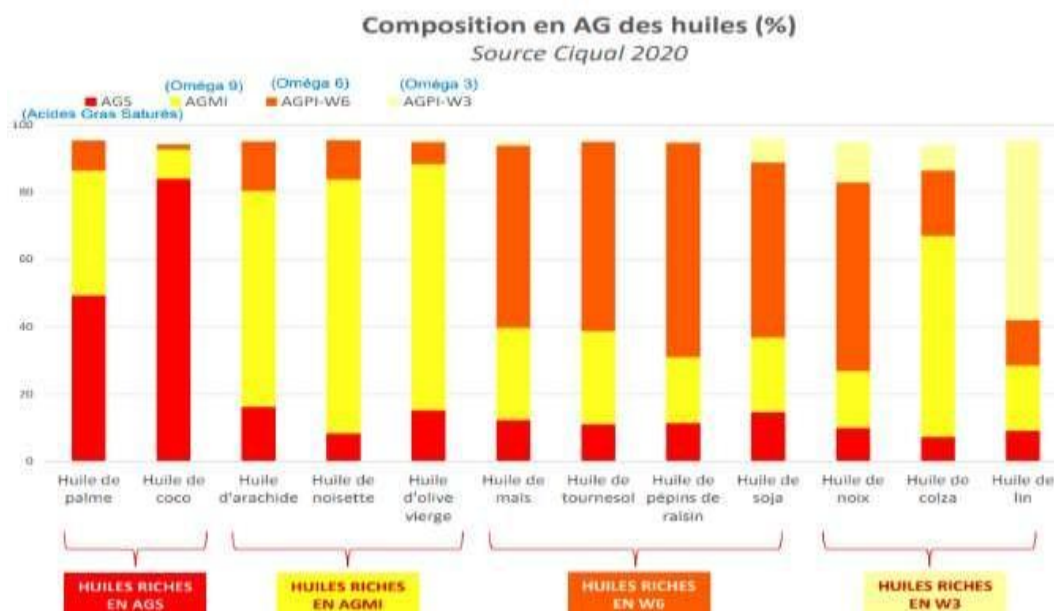


Figure 04 : Comparaison des propriétés physico-chimiques des huiles végétales (Kyriakidis, N.B., & Katsiloulis, T. 2020)

I.2.5. Rôle des huiles végétales

Les huiles végétales constituent une source d'énergie incontournable et apportent les acides gras indispensables à l'organisme. On les retrouve également dans la production de biocarburants, de lubrifiants, et dans des domaines tels que la pharmacie et la cosmétique. Gunstone, F.D. (2020).

I.2.6. Utilisations principales

1.2.6.1. En alimentation

1. À propos de l'huile de cuisson

L'huile de tournesol est souvent choisie pour son point de fumée élevé (approximativement 230 °C pour l'huile raffinée), ce qui en fait une option parfaite pour la friture et d'autres méthodes de cuisson nécessitant des températures élevées. Elle est aussi appréciée pour son goût neutre, qui n'altère pas la saveur des aliments.(Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. 2021).(fig5).



Figure 05 : Utilisations alimentaires de l'huile de tournesol (Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. 2021)

2. Margarines et vinaigrettes :

Les triglycérides présents dans l'huile ont des propriétés émulsifiantes qui permettent de produire des margarines stables et aisées à tartiner. Dans les vinaigrettes, sa consistance délicate et son apport nutritionnel riche en acides gras insaturés favorisent la santé du cœur.

Tableau 2: Teneur en acides gras et valeur nutritive

Valeur nutritionnelle	Pour 100g	Pour 60g (1 tranche)	% AQR par 60g*
Énergie	846 kJ / 204 kcal	507 kJ / 122 kcal	6%
Matières grasses	17,0 g	10,2 g	15%
Dont a.g.saturés	2,2 g	1,3 g	7%
Glucides	3,5 g	2,1 g	<1%
Dont sucres	0,9 g	0,5 g	<1%
Protéines	9,0 g	5,4 g	11%
Sel	1,27 g	0,76 g	13%

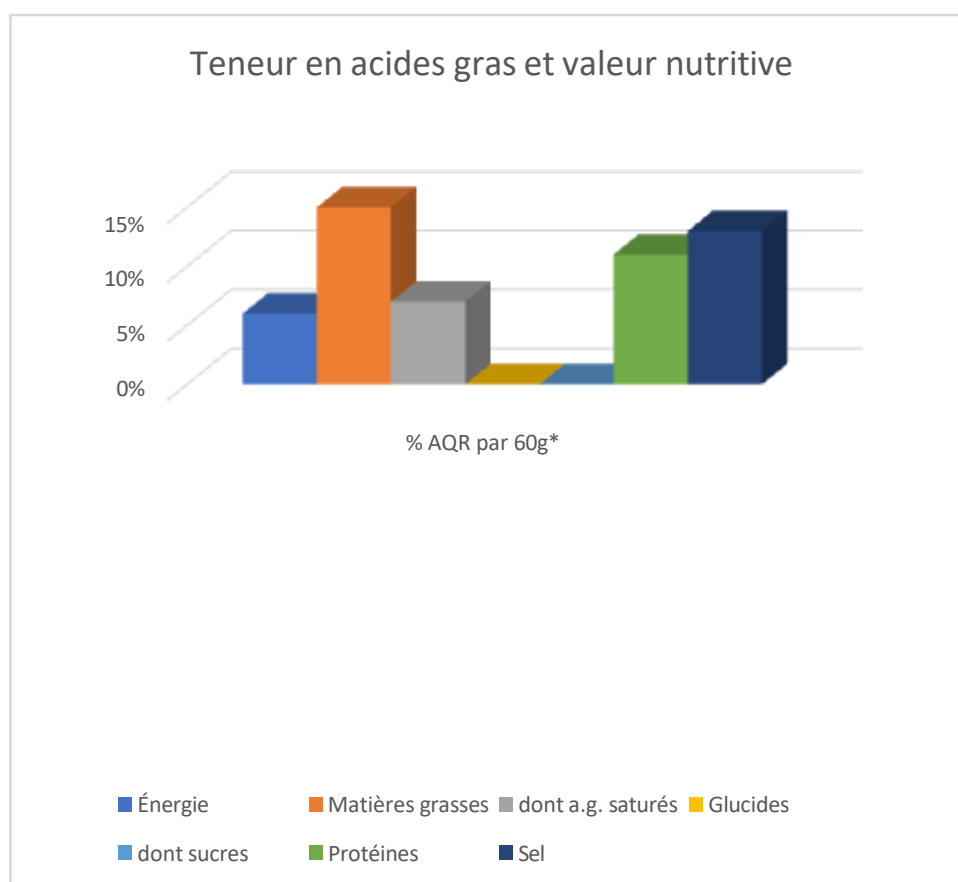


Figure 06 : Teneur en acides gras et valeur nutritive
 (Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. 2021)

1.2.6.2. En cosmétique



Figure 07 : Applications cosmétiques de l'huile de tournesol

1. Base hydratante

- L'huile de tournesol, riche en vitamine E et en acides gras essentiels, assure la nutrition et la protection de la peau tout en favorisant son hydratation.
- On utilise fréquemment cet ingrédient essentiel dans les crèmes faciales et les huiles pour le corps, grâce à sa faculté de calmer les irritations et de régénérer la barrière cutanée.

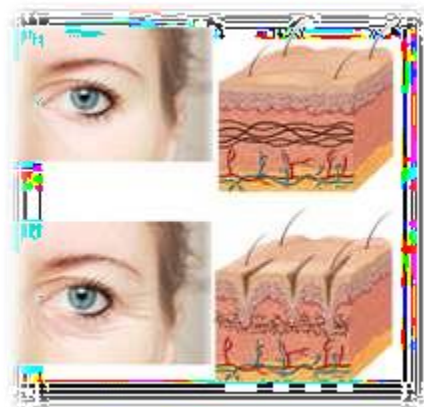


Figure 08 : Effets de l'huile de tournesol sur la peau et les cheveux – Résumé des bienfaits cosmétiques

2. Produits pour les cheveux

L'huile de tournesol est incorporée dans les shampoings, masques et huiles pour cheveux afin d'hydrater les cheveux secs ou fragiles, et de leur restituer éclat et souplesse.

1.2.6.3. Dans l'industrie

1.2.6.3.1. Biodiesels

Les huiles végétales, y compris l'huile de tournesol, peuvent être transformées en biocarburants grâce à un processus de transestérification qui produit du biodiesel et de la glycérine.

Ce biocarburant est jugé plus écologique que les combustibles fossiles, en raison de ses émissions de gaz à effet de serre réduites. (FAO. 2019).

1.2.6.3.2. Produits de lubrification industriels

L'huile de tournesol est convertie en lubrifiants écologiques pour les engins agricoles et industriels, une option durable face aux lubrifiants pétroliers.

Grâce à ses qualités lubrifiantes innées, elle diminue la friction et l'érosion des équipements (Erickson, D.R. 2021) (fig8) (tableau3)



Figure 09 : L'huile de tournesol dans l'industrie (Erickson, D.R. 2021)

Tableau 3: Principaux dérivés industriels du tournesol

Dérivé industriel	Application principale	Mode de transformation
Biodiesel	Combustible alternatif	Estérification des acides gras
Solvants industriels	Extraction et nettoyage	Distillation et purification
Lubrifiants	Huiles pour machines et moteurs	Raffinage et modification chimique
Peintures et revêtements	Composants pour vernis et peintures	Formulation à base d'huiles végétales
Savons et détergents	Produits ménagers et cosmétiques	Saponification des acides gras
Plastiques bio dégradables	Matériaux écologiques	Polymérisation des huiles

II. Extraction des huiles végétales et étude de la plante de tournesol

II.1. Méthodes d'extraction des huiles végétales

II.1.1. Extraction mécanique pour le tournesol

II.1.1.1. Extraction mécanique

La méthode d'extraction mécanique, qui est une technique conventionnelle et écologique, est employée pour obtenir l'huile à partir des graines oléagineuses, y compris le tournesol. Malgré une performance moins optimale que l'extraction chimique, cette technique est favorisée dans les productions artisanales et biologiques grâce à sa faculté de maintenir l'intégrité des éléments bioactifs. (Rosenthal, A., &Niranjan, K. 2022).(tableau4).

Tableau 4: Composition chimique des huiles végétales selon la méthode d'extraction

Méthode D'extraction	Oméga-3 (%)	Oméga-6 (%)	Oméga-9 (%)	Vitamines et Antioxydants
Pression à froid	5%	50%	35%	Haute teneur en vitamine E
Extraction chimique	3%	55%	37%	Perte partielle des antioxydants

II.1.2. Étapes du procédé

1. Préparation des graines de tournesol

- On commence par nettoyer les graines pour débarrasser celles-ci de toute impureté (telles que la poussière, les morceaux de tiges ou les pierres).
- Puis, on a tendance à les chauffer légèrement (chauffage à basse température) ou à les humidifier afin d'assouplir les parois cellulaires et de faciliter leur extraction.
- Dans certaines situations, on élimine les coques de tournesol avant la pression afin de minimiser les impuretés présentes dans l'huile.

2. Extraction par pression

- **Presses hydrauliques ou vis sans fin :** Les graines sont écrasées sous une pression intense afin d'extraire l'huile.
- On utilise fréquemment les presses à froid pour préserver au mieux les nutriments et les arômes naturels, ce qui donne une huile de qualité supérieure

- Le processus produit aussi un résidu solide nommé tourteau, qui conserve une haute teneur en protéines et est fréquemment utilisé comme nourriture pour animaux ou comme engrais.

3. Décantation et filtration

- Après extraction, l'huile est soumise à un processus de décantation pour favoriser la séparation des résidus solides.
- Par la suite, elle est filtrée pour donner une huile claire et plus pure.

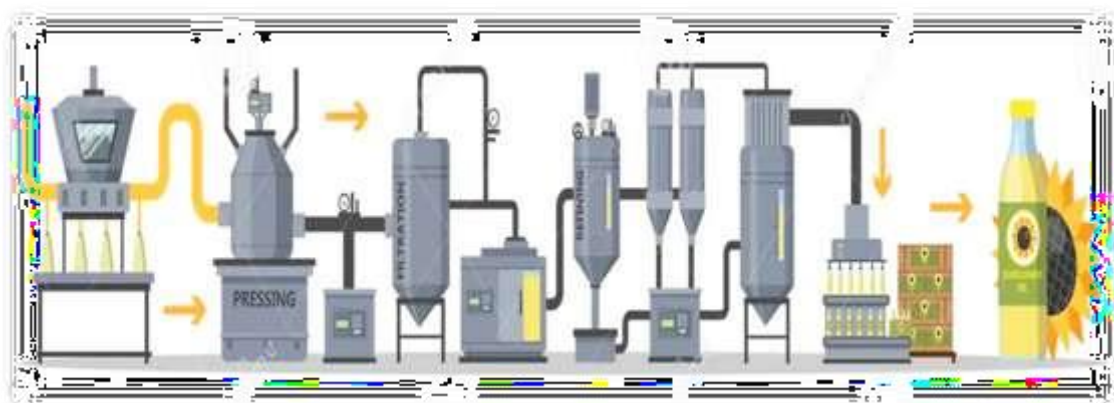


Figure 10 : Schéma du processus d'extraction mécanique du tournesol. (Rosenthal, A., &Niranjan, K. 2022)

Tableau 5: Valeurs nutritionnelles de l'huile de tournesol selon le mode d'extraction

Nutriment	Pression à froid	Extraction chimique
Vitamine E (mg/100g)	40	30
Acides gras saturés (%)	10%	12%
Polyphénols (mg/kg)	150	100

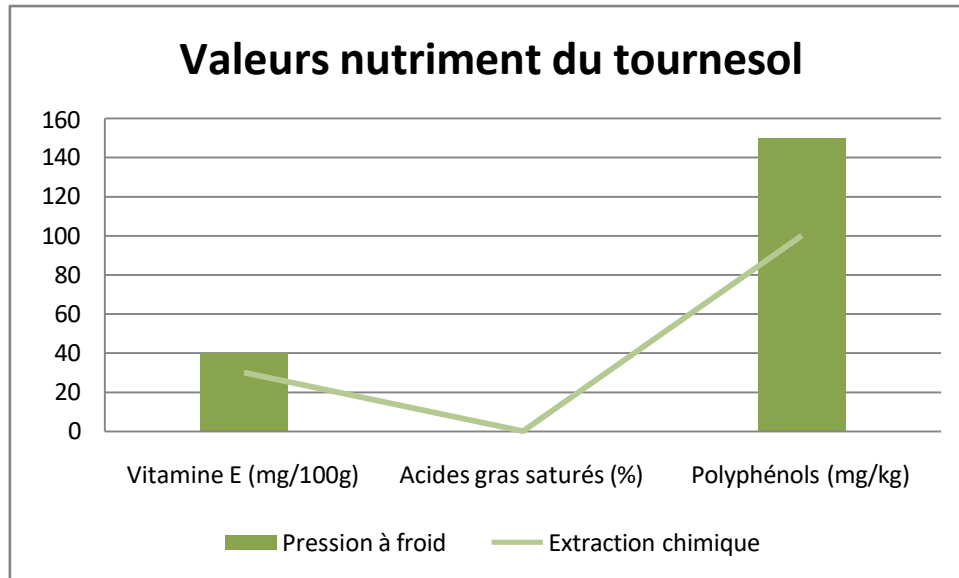


Figure 11 : Valeurs nutritionnelles de l'huile de tournesol. (Rosenthal, A., &Niranjan, K. 2022)

II.1.3. Avantages de cette méthode dans le cas du tournesol

1. Préservation de la qualité nutritionnelle

L'extraction mécanique préserve les acides gras indispensables (tels que l'acide linoléique) ainsi que les antioxydants (comme la vitamine E), vitaux pour le bien-être. Les huiles produites grâce à cette technique sont spécialement prisées pour leur saveur douce et naturelle.

2. Méthode éco-responsable et durable

L'absence de solvants chimiques dans le processus rend ce dernier approprié pour l'agriculture biologique et les productions artisanales.

Cette technique conserve une consommation d'énergie relativement basse comparée à d'autres méthodes industrielles.

3. Aide aux petites productions locales

Cette méthode est fréquemment employée dans les fermes artisanales et les productions locales afin de proposer une option écologique et pérenne face aux grandes entreprises industrielles. (Tableau6).

Tableau 6: Comparatif des avantages et inconvénients des méthodes d'extraction

Méthode d'extraction	Avantages	Inconvénients
Mécanique (pression à froid)	Conservation des nutriments, procédé naturel, faible impact environnemental	Rendement plus faible, coût plus élevé
Chimique (extraction par solvants)	Rendement élevé, récupération maximale d'huile	Altération de certains composés, utilisation de produits chimiques

II.1.4. Limitations spécifiques pour le tournesol

1. Rendement inférieur

Une portion de l'huile demeure emprisonnée dans les tourteaux, réduisant ainsi l'efficacité globale.

Il est estimé qu'en général, entre 10 et 15 % de l'huile peut demeurer dans les résidus solides suite au pressage.

2. Moins compétitive pour les grandes échelles

Cette méthode est plus coûteuse pour les grandes productions car elle nécessite des équipements robustes et produit des volumes moindres comparés à l'extraction chimique.

II.2. Extraction industrielle

II.2.1. Principe de l'extraction chimique par solvants

La technique d'extraction chimique est fréquemment employée dans le secteur industriel pour obtenir des huiles végétales à partir des graines oléagineuses. Elle se base sur le recours à des solvants organiques, notamment l'hexane, afin d'extraire les lipides présents dans les graines (Stauffer, C.E. 2023).

II.2.2. Phases de la procédure

Préparation des semences : On nettoie, on écrase et parfois on chauffe les graines pour en faciliter l'extraction.

Extraction par solvant : Les graines réduites en poudre sont plongées dans l'hexane, qui joue le rôle de solvant pour extraire les huiles.

Séparation : Le mélange d'huile et de solvant est détaché des résidus solides (tourteaux).
Évaporation du solvant : Par la suite, l'hexane est évaporé sous vide ou par chauffage, ce qui laisse l'huile brute.

Affinage : L'huile non traitée passe par un processus d'affinage pour se débarrasser des impuretés et des résidus de solvant.

Rendement : Cette méthode est très efficace, permettant d'extraire jusqu'à 98 % de l'huile contenue dans les graines (Hielscher Ultrasonics. 2024).

II.2.3. Avantages et inconvénients

II.2.3.1. Bénéfices

- **Efficacité supérieure** : Optimisation du rendement d'huile, même pour les graines à faible contenu lipidique.
- **Efficience économique** : Diminution des pertes et amélioration des coûts de fabrication.
- **Adaptabilité à l'industrie** : Idéal pour les productions de grande envergure.

II.2.3.2. Points négatifs

Impact écologique :

L'emploi de solvants organiques tels que l'hexane peut présenter des dangers pour l'environnement et la santé des personnes.

Nécessité de purification : Il est impératif d'éliminer les solvants résiduels pour assurer la sûreté des aliments.

Consommation d'énergie : Les phases de chauffage et d'évaporation requièrent une grande quantité d'énergie.

Tableau 7: Impact des différentes méthodes d'extraction sur la qualité de l'huile

Critère	Pression à froid	Extraction chimique
Pureté	Élevée	Moyenne
Goût	Naturel, plus aromatique	Plus neutre
Conservation des nutriments	Optimale	Altérée

II.3. Plante étudiée : Tournesol

II.3.1. Description et botanique de Tournesol (*Helianthus annuus*)

Le tournesol (*Helianthus annuus*), qui appartient à la famille des Astéracées, est une plante annuelle. Il a été domestiqué par les populations indigènes d'Amérique du Nord, qui l'ont élevé pour ses graines riches en huile et en nutriments. Actuellement, ce produit est cultivé à l'échelle mondiale en raison de sa remarquable capacité d'adaptation. (Schneiter, A.A. 2019).

II.3.1.1. Caractéristiques botaniques

Tige :

Dressée, solide et rugueuse, sa hauteur moyenne varie entre 1,5 et 3 mètres.

Feuilles :

Disposées de manière alternée, vastes, en forme de cœur, avec des contours dentelés.

Fleurs :

L'inflorescence prend la forme d'un capitule, comprenant des fleurs ligulées (situées en périphérie) et des fleurs tubulées (localisées au centre). Les fleurs à ligule ont généralement une couleur jaune, alors que les fleurs tubulaires sont celles qui donnent naissance aux graines.

Graines :

Grâce à leur forte teneur en lipides, elles servent à la fabrication d'huile et à l'alimentation des humains et des animaux.

Cycle de vie :

- Le tournesol a un cycle de culture court, généralement de 90 à 120 jours, ce qui le rend adapté à des rotations culturales intensives. (fig9).
- Il est résistant à diverses conditions météorologiques, y compris la sécheresse, grâce à son système de racines profondes.

Adaptabilité :

- Il peut être cultivé dans des terrains peu fertiles, même s'il prospère mieux dans des sols bien drainés et gorgés de nutriments.
- Sa faculté à se prêter à divers climats fait de cette culture un atout stratégique dans plusieurs parties du monde.

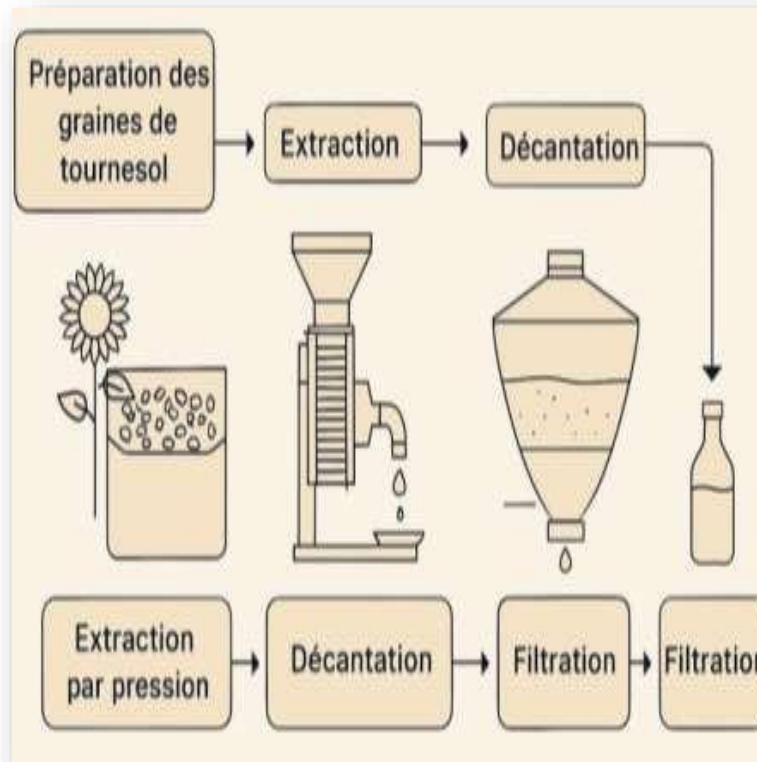


Figure 12 : Représentation du cycle de vie du tournesol(Schneiter, A.A. 2019).

II.3.2. Aspect économique

En Algérie, le tournesol est un élément crucial des plans agricoles destinés à diminuer la dépendance aux importations d'huiles végétales. Cette culture est incorporée dans les stratégies nationales afin de fortifier la sécurité alimentaire et d'encourager le développement rural. (FAO 2023). (Tableau 8).

Tableau 8: Analyse économique du tournesol

Année	Production mondiale (millions de tonnes)	Prix Moyen (\$/tonne)	Demande en Hausse (%)
2022	50	900	+5%
2023	55	950	+7%
2024	60	980	+9%

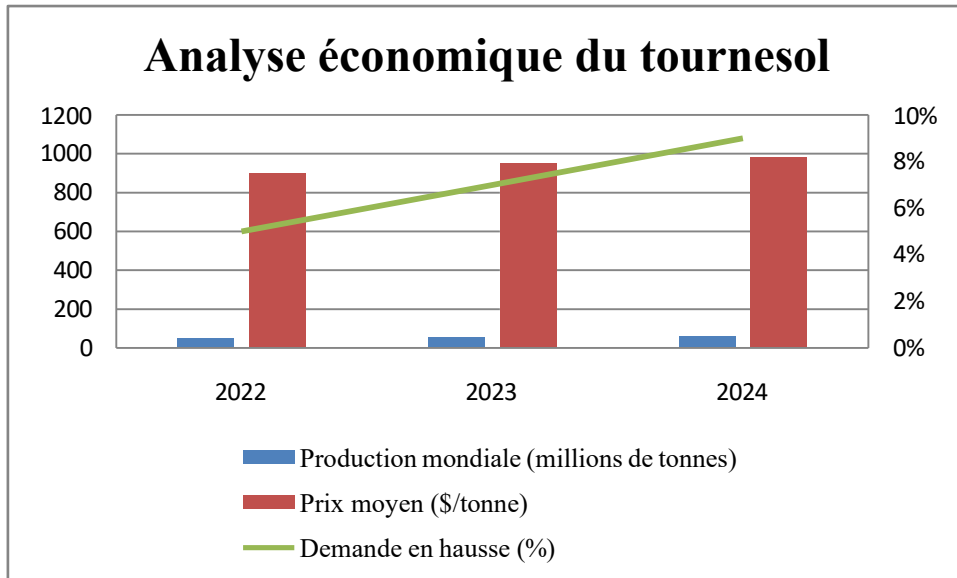


Figure 13 : Analyse économique du tournesol (FAO 2023)

1. Objectifs de production :

- ❖ En 2025, l'Algérie ambitionne de produire localement entre 2,5 et 3 millions de tonnes de graines de tournesol sur une surface de 60 000 hectares.
- ❖ Cette démarche fait partie d'une politique visant à diminuer les importations d'huiles, dont la contribution aux dépenses nationales est significative. (TSA Algérie. 2025).

2. Impact économique :

- ❖ La culture du tournesol favorise l'économie rurale en générant des postes de travail et en rehaussant les revenus des fermiers.
- ❖ Elle participe aussi à la durabilité écologique en jouant un rôle dans la rotation des cultures, ce qui favorise la fertilité du sol et diminue la dépendance aux produits chimiques.

3. Soutien gouvernemental :

- ❖ Le gouvernement algérien a instauré des aides financières pour les semences, le matériel agricole et le soutien technique aux agriculteurs.
- ❖ Plusieurs wilayas ont lancé des campagnes de sensibilisation et des tests pilotes dans le but de promouvoir l'acceptation de cette culture.

Parties
Expérimentales

I.Extraction de l'huile de tournesol

I.1. Matériel végétal

I.1.1. Lieu de travail

Ce travail a été réalisé au laboratoire de biochimie n°3 Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Mostaganem Abd El Hamid Ibn Badis, durant la période Février -Mars-Avril -Mai-Juin.

I. 1.1. Origine et préparation de l'échantillon

Provenance des graines : les graines de tournesol employées proviennent du marché. Elles doivent être propres et sans contaminants (Smith et al., 2018). (Fig14)

Mouture : Cette étape est effectuée juste avant l'extraction, à l'aide d'un broyeur électrique puissant. La mouture permet d'obtenir une poudre fine, augmentant ainsi la surface en contact avec le solvant et améliorant l'efficacité de l'extraction (Jones et Patel, 2020).



Figure 14 : les graines de tournesol

Partie Expérimentale

I.2. Procédé d'extraction

I.2.1. Extraction par solvant (Soxhlet)

a. Principe

L'extraction s'appuie sur la capacité de solubilité des substances apolaires (lipides) dans des solvants également apolaires, comme l'hexane (Brown et al., 2019).

Le système Soxhlet permet une extraction efficace et continue en faisant circuler le solvant à plusieurs reprises à travers l'échantillon en poudre (Garcia et al., 2021). La période d'extraction est généralement de 4 à 5 heures, assurant une extraction optimale des graisses (Kumar et al., 2017). Après l'extraction, le solvant doit être éliminé par évaporation à l'aide d'un évaporateur rotatif, ce qui permet de récupérer des lipides purs (Lee et Thompson, 2022)

b. Procédure

Peser exactement 10 g de poudre de tournesol et noter le poids du ballon vide. Insérer la poudre de tournesol dans une cartouche en cellulose perméable. Couvrir la cartouche avec du coton pour éviter que des particules fines ne pénètrent dans le solvant. Placer la cartouche dans l'extracteur Soxhlet qui doit être configuré avec un réfrigérant positionné en haut de l'appareil et un ballon et un chauffe-ballon en bas (Gomez et Sanders, 2019). Verser 150 ml d'hexane dans le ballon inférieur. Chauffer le ballon pour maintenir un reflux d'au moins 3 gouttes par seconde. Lorsque le solvant évaporé se condense dans le réfrigérant, il s'écoule sur la cartouche contenant l'échantillon, facilitant l'extraction des lipides. Le siphon se déclenche de manière périodique pour transférer le solvant enrichi en lipides vers le ballon. Ce cycle se répète durant 4 heures pour garantir une extraction complète (Miller et al., 2019). Après l'extraction, récupérer la cartouche d'un côté et le solvant saturé en lipides de l'autre. Filtrer la solution obtenue à travers un RotaVapor pour éliminer la majorité du solvant par évaporation contrôlée. Chauffer le ballon à 103°C pendant 20 minutes pour éliminer tout résidu de solvant restant. Peser le ballon avec l'échantillon lipidique afin de calculer le rendement de l'extraction (Fischer et al., 2017).

Partie Expérimentale

c. Calcule du rendement d'extraction

La teneur totale en matière grasse exprimée en pourcentage de la masse du produit est calculée selon la formule suivante :

$$MG = \frac{M_2 - M_1}{M_0} \times 100$$

M₀ : Masse en gramme de la prise d'essai.

M₁ : Masse en gramme du ballon.

M₂ : Masse en gramme du ballon et du résidu.

H : Teneur en eau du produit exprimée en pourcentage en masse du produit.



Figure15 : soxhlet

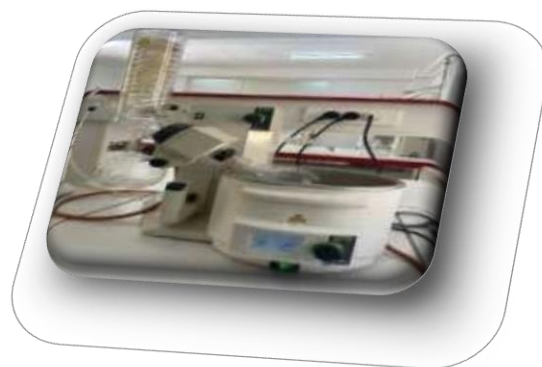


Figure 16 : RotaVapor

II. Composition biochimique des graines de tournesol

II.1. Teneur en eau (AFNORT03903 AVRIL1966)

a. Principe

La quantité d'eau dans les graines oléagineuses se réfère à la réduction de poids qu'elles subissent lorsque soumises à des conditions expérimentales spécifiques (wolf ; 1968).

Le concept consiste à sécher l'échantillon dans un four à température constante suppression ambiante jusqu'à obtenir un poids presque stable à des températures avoisinant 103°C.

b. Mode opératoire

Nous avons pesé 5 g de poudre de tourne sol dans une capsule et nous le savons mis dans un four à 103 °C pendant 3 heures. Après le séchage, il faut laisser refroidir et peser de nouveau l'échantillon obtenu. L'humidité est présentée sous forme de pourcentage par rapport à la masse initiale. (Annexe 1).

c. Expression des résultats

$$\text{En Humidité} = \frac{(M1 - M2)}{(M1 - M0)} \times 100$$

Où :

M0 : la masse, en grammes, de la capsule vide.

M1 : la masse, en grammes, de la capsule et la prise d'essai avant dessiccation.

M2 : la masse, en grammes, de la capsule et la prise d'essai après dessiccation.



Figure 17 : étuve

II.2. Teneur en cendres (AFNOR V 03-922)

a. Principe

Nous entendons par "cendres brutes" le résidu obtenu après incinération du matériel végétal à $550^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ dans les conditions de la norme AFNOR V 03-922.

b. Mode opératoire

Faire cuire la poudre de graines de tournesol à une température de $550 \pm 15^{\circ}\text{C}$ dans un four à moufle à chauffage électrique jusqu'à obtenir une masse presque constante. (Annexe 2).

c. Expression des résultats

Le pourcentage en masse de cendres brutes est exprimé par la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendre (\% MM)} = \frac{(M_2 - M_0)}{(M_1 - M_0)} \times 100$$

M₀ : masse en grammes de la capsule d'incinération vide.

M₁ : masse en gramme de la capsule d'incinération chargée de la prise d'essai.

M₂ : masse en gramme de la capsule d'incinération chargée des cendres.



Figure 18 : four à moufle

III. Paramètres physico-chimiques de l'huile de tournesol

III.1. Paramètres physiques

a. Profil d'huile

L'huile de tournesol est un fluide de teinte légèrement dorée, généralement claire lorsqu'elle est pure et non oxydée.

b. Densité

1. Principe

La densité est définie comme le quotient du poids d'un volume donné d'huile par le poids du même volume d'eau (Louni, 2009). Elle doit être inférieure à 1, étant donné que les huiles végétales ont généralement une densité inférieure à celle de l'eau. Plusieurs facteurs influencent la densité à savoir le niveau d'établissement des acides gras. L'huile peut subir également une transformation de sa structure par le biais de l'oxydation. Par ailleurs, le processus de polymérisation peut aussi accroître la densité volumique.

2. Mode Opératoire

La technique traditionnelle consiste à mesurer un volume spécifique d'huile à température ambiante dans un pycnomètre préalablement étalonné. On exprime la densité en grammes par millilitre (g/mL) ou bien en kilogrammes par litre (kg/L).

Partie Expérimentale

Remarque : Faute de pycnomètre, la méthode a été modifiée pour utiliser des capsules en plastique stériles de taille et poids uniformes afin d'assurer une évaluation précise. Il faut prendre trois capsules en plastique identiques en taille, poids et forme.

Capsule1 : Remplie avec de l'eau distillée.

Capsule2 : Contient de l'huile de tournesol.

Capsule3 : Vide (utilisé comme référence pour la pesée).

3. Expression des résultats

La densité est calculée par la formule suivante (Wolf ;1968)

$$D = \frac{P3-P1}{P2-P1}$$

P1 : poids en gramme de la capsule vide.

P2 : poids en gramme de la capsule remplie d'eau distillée.

P3 : poids en gramme de la capsule remplie d'huile.



Figure 19 : 3 Capsules de la densité

c. Indice de Réfraction

1. Principe

L'indice de réfraction d'une huile est un indicateur optique qui montre comment la lumière est freinée lors de sa traversée de l'huile, comparé à sa vitesse dans l'air ou dans le vide (AOAC 921.08, Mettler Toledo, 1993). L'indice de réfraction est une caractéristique physique distincte de l'huile, employée pour juger sa pureté et son excellence (Codex

Alimentarius, FAO,1993). On le détermine grâce à un réfractomètre d'Abbe, un dispositif optique qui permet de définir l'indice de réfraction avec exactitude (Louni, 2009). L'évaluation se réalise à 20°C, étant donné que la densité et la viscosité de l'huile sont affectées par la température (AOAC 921.08, Mettler Toledo, 1993).

2. Mode Opérateur

Déposez quelques gouttes d'huile sur la surface du prisme de l'appareil réfractomètre (AOAC 921.08, Mettler Toledo, 1993). Il est essentiel que l'huile soit pure pour prévenir toute inexactitude dans les mesures (Louni, 2009). Faire ajuster le réfractomètre. Réglez la température de l'appareil à 20°C, conformément au Codex Alimentarius (FAO, 1993). Pour prévenir toute contamination, fermez le couvercle du prisme (AOAC 921.08, Mettler Toledo, 1993).

3. Interprétation de l'indice de réfraction

Regarder la frontière entre la zone lumineuse et l'ombreuse à travers le viseur (Louni, 2009). Enregistrer la valeur indiquée sur l'échelle du réfractomètre (Codex Alimentarius, FAO,1993).

III.2. Paramètres chimiques

III.2.1. Indice d'Acidité (IA)

1. Principe

L'indice d'acidité, également connu sous le nom d'indice d'acide, représente la quantité d'hydroxyde de potassium (KOH), exprimée en milligrammes, requise pour neutraliser les acides gras libres présents dans 1 gramme d'huile. Il permet d'évaluer la dégradation de l'huile par hydrolyse des triglycérides en acides gras libres (Louni,2009). Cette détérioration est fréquemment due au stockage, à l'humidité ou à la chaleur qui favorisent l'oxydation de l'huile (Techniques de l'Ingénieur, 2023). Un niveau élevé d'acidité signale une dégradation avancée de l'huile, susceptible de nuire à sa qualité et à sa stabilité.

2. Mode Opérateur

Dans un erlen meyer de 250 mL, mettre 2,5 g d'huile et y ajouter 10 ml d'éthanol et quelques gouttes de phénolphtaléine. Secouer la solution pour assurer l'uniformité du mélange Effectuer le titrage avec une solution de KOH (0,1N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rose durable. Consigner la quantité de KOH employée (Techniques de l'Ingénieur, 2023).

3. Expression des résultats

La formule suivante est utilisée pour calculer l'indice d'acide :

$$IA = ((VT - VE) \times C \times 56,1) / m$$

Où :

V : Volume de potasse utilisé (ml)

N : Normalité de la solution de KOH

M : Poids de l'échantillon d'huile (g) (Techniques de l'Ingénieur, 2023).

III.2.2. Indice de peroxyde

1. Principe

L'indice de peroxyde évalue le niveau de peroxydes dans une huile, éléments qui constituent les produits initiaux de l'oxydation des lipides (AFNOR NFT60-220, 1984). Il indique le niveau d'oxydation initial de l'huile et offre la possibilité de juger sa fraîcheur. On l'exprime en millimoles d'oxygène actif par kilogramme d'huile (mmolO₂/kg) ou en méq O₂/kg (milléquivalents d'oxygène par kilo) (Hanna Instruments, 2023). Un indice supérieur signale une oxydation avancée, susceptible de dégrader la qualité de l'huile et d'accélérer son rancissement (Terres Inovia, 2022).

2. Mode Opérateur

Mélangez 6 ml de chloroforme avec 9 ml d'acide acétique, conformément à la norme AFNOR NFT60-220 de 1984. Mesurer 2 g d'huile dans une fiole qui est propre et sans humidité (Hanna Instruments, 2023). Incorporez 3 ml de la solution contenant du chloroforme et de l'acide acétique, puis mélangez soigneusement (Terres Inovia, 2022). Incorporez 1 ml de la solution de potassium iodé (10%) pour faciliter le processus d'oxydation (AFNOR NFT60-220, 1984). Incorporez approximativement 30 mL d'eau distillée pour réaliser la dilution du mélange. Effectuer un titrage avec une solution de thiosulfate de sodium 0,01 N, en se servant d'une solution d'empois d'amidon comme indicateur coloré (Hanna Instruments, 2023). Réaliser en même temps un essai sans huile, afin de calibrer la mesure (Terres Inovia, 2022).

3. Expression des résultats

La formule suivante est utilisée pour le calcul de l'indice de peroxyde ($\text{mmol O}_2/\text{Kg}$) :

$$\text{IP} = (\text{V} \times \text{N} \times 1000) / \text{m}$$

Où :

V : Volume de thiosulfate de sodium employé (en ml) (AFNORNFT60-220,1984).

N : Normalité du thiosulfate de sodium (Hanna Instruments, 2023).

M : Masse de l'échantillon d'huile (g) (Terres Inovia, 2022).

Un indice de peroxyde inférieur à $10 \text{ mmol O}_2/\text{kg}$, indique que l'huile en question est fraîche et de haute qualité (Hanna Instruments, 2023). Un Indice de peroxyde supérieur à $10 \text{ mmol O}_2/\text{kg}$, indique que l'huile est détériorée, nécessitant une inspection de son état de conservation (Terres Inovia, 2022). Un niveau élevé de peroxyde, indique que l'huile est à variée, non adaptée à la consommation.

III.2.3. Indice de saponification (Is)

1. Principe

L'indice de saponification correspond à la quantité de potasse (KOH) ou de soude (NaOH), en milligrammes, requise pour saponifier 1 gramme d'huile ou de corps gras (AFNORNFT60206, 1984). Il fournit une indication concernant la dimension moyenne des chaînes d'acides gras présentes dans l'huile. Un indice haut indique la présence d'acides gras courts. Un indice bas signifie une prédominance d'acides gras à longues chaînes (Techniques de l'Ingénieur, 2023). Il est crucial de mesurer la capacité d'une huile à se transformer en savon, surtout dans le contexte de la production de savons et produits cosmétiques (Terres Inovia, 2022).

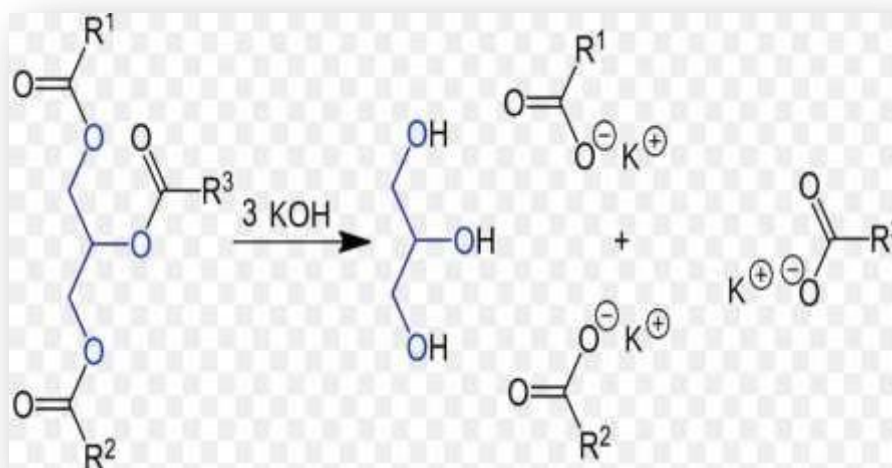


Figure 20 : La réaction chimique de saponification

2. Mode Opérateur

Selon Techniques de l'Ingénieur (2023), il faut mesurer exactement 2,6g d'huile dans un erlenmeyer de 250 ml et y incorporez 25 ml de potasse alcoolique (0,5N), qui sera utilisée pour la saponification de l'huile. Incorporer 25 mL de KOH (0,5N) dans un erlenmeyer distinct, employé en tant que blanc d'essai (AFNOR NFT60-206, 1984). Positionnez les erlenmeyers dans des chauffe-ballons équipés d'un réfrigérant pour prévenir l'évaporation du solvant (Terres Inovia, 2022). Faites bouillir le mélange pendant une demi-heure, tout en remuant continuellement pour garantir une réaction uniforme (Techniques de l'Ingénieur, 2023). Laissez refroidir, puis incorporez 2 à 3 gouttes de phénolphaléine (2%) en tant qu'indicateur coloré (Terres Inovia, 2022). Réaliser un test sans l'huile, en suivant les mêmes conditions expérimentales, afin de déterminer V₀, le volume de HCl requis pour neutraliser exclusivement la potasse alcoolique (Techniques de l'Ingénieur, 2023) (2).

3. Expression des résultats

La formule utilisée pour calculer l'indice de saponification est :

$$IS = ((VT - VE) \times C \times 56,1) / m$$

Partie Expérimentale

Où :

V₀ : Volume de l'HCl employé dans le test de référence, exprimé en millilitres (ml) (AFNOR NFT60-206, 1984).

V : Volume de l'HCl employé dans le test avec l'huile, exprimé en millilitres (ml), selon Terres Inovia (2022).

N : Normalité de la solution d'acide chlorhydrique (Techniques de l'Ingénieur, 2023).

M : Poids de l'échantillon d'huile(g).

- ❖ **Si l'IS > 200 mg KOH/g de matière grasse**, on a dominance des acides gras à courtes chaînes ce qui favorise la production de savons d'après Terres Inovia(2022).
- ❖ **Si l'IS < 200 mg KOH/g de matière grasse**, on a dominance des acides gras à longues chaînes. L'huile est destinée à l'alimentation ou aux cosmétiques (Techniques de l'Ingénieur, 2023).

IV. Préparation du savon

1. Principe

Le processus de production du savon implique une réaction de saponification, au cours de laquelle une base forte (NaOH) interagit avec des triglycérides présents dans l'huile afin de générer des sels d'acides gras (savon) et du glycérol (AFNORNFT60-206,1984).

L'inclusion de l'éthanol facilite la dissolution de la soude et optimise la réaction (Techniques de l'Ingénieur, 2023). Le processus de filtration et l'utilisation d'un bain de glace contribuent à séparer le savon du milieu réactionnel et à optimiser sa solidification (Terres Inovia, 2022).

2. Mode Opérateur

Versez 10 ml d'eau dans un bécher et ajoutez exactement 2,6 g de soude NaOH. Mélangez jusqu'à ce que la dissolution soit totale (Techniques de l'Ingénieur, 2023). Incorporer 10 ml d'éthanol pour favoriser la dissolution et uniformiser la solution (Terres Inovia, 2022). Remplissez un erlenmeyer contenant un barreau magnétique (AFNOR NFT60- 206, 1984) avec 20 ml d'huile. Incorporer la solution hydro-alcoolique préparée et agiter pour assurer un bon mélange des réactifs (Techniques de l'Ingénieur, 2023).

Partie Expérimentale

Positionnez l'erlenmeyer dans un agitateur thermique, muni d'un refroidisseur à billes pour prévenir l'évaporation des solvants (Terres Inovia, 2022).Après 30 minutes, déplacez la solution obtenue dans une solution saturée de NaCl (Techniques de l'Ingénieur, 2023). Il st recommandé de mélanger le tout, puis de placer dans un bain glacé pendant 10 minutes afin d'encourager la précipitation du savon (Terres Inovia, 2022).Effectuer une filtration à vide en utilisant un Büchner, en séparant initialement la phase liquide, puis la phase solide (savon) (AFNOR NFT60-206, 1984)Il est recommandé de laisser sécher la partie solide pendant une journée entière, pour se débarrasser de l'excès d'humidité et stabiliser la constitution du savon (Techniques de l'Ingénieur, 2023) . Modelez le savon en l'installant dans des moules appropriés avant sa solidification finale (Terres Inovia, 2022).



Figure 21 : Réfrigérant à boules



Figure 22 : Réfrigérant à boules



Figure 23 : Savon de tournesol

Résultats

&

Discussion

Résultats et Discussion

A. Composition des graines de tournesol

1. Taux d'humidité des graines

Le taux d'humidité des graines mesuré est de 7,2 %. D'après Louni (2009), le taux d'humidité réduit contribue à la conservation optimale des graines et restreint la multiplication microbienne.

2. Taux de matière sèche

Le taux de matière sèche des graines de tournesol se situe à 89%. Selon Oyinlola, E. Y. et al. (2004), la teneur élevée en matière sèche améliore le rendement d'extraction.

3. Teneur en cendres

La teneur en cendres est très faible avec une valeur qui ne dépasse pas les 0,01% (soit 0,1 g/kg d'huile). Ces résultats concordent avec les travaux antérieurs. D'après Bockisch, M. (1998), l'huile de tournesol est naturellement très pauvre en matières minérales, car ces éléments sont quasiment absents dans la phase lipidique.

4. Teneur en matières grasses

La teneur en matière grasse des graines de tournesol est de 50 % avec une extraction par solvant (hexane). La quantité de matière grasse varie selon la variété, les conditions de culture et la méthode d'extraction. (Weiss, E. A. 2000).

B. Paramètres physicochimiques de l'huile de tournesol

1. Paramètres physiques

a. Densité

La densité mesurée est de 0,84 g/cm³ à une température de 20°C. Les huiles végétales ont généralement un indice de réfraction qui se situe entre 1,461 et 1,468. Une huile plus insaturée pourrait être signifiée par une densité réduite, alors qu'une densité supérieure pourrait indiquer une oxydation ou la présence d'impuretés (Codex Alimentarius, FAO, 1993).

b. Indice de réfraction

L'indice de réfraction de l'huile de tournesol est de 1,471 à 20 °C. Cette valeur peut légèrement varier selon la variété. La température de mesure affecte elle aussi, l'indice de réfraction, plus la température augmente, plus l'indice diminue légèrement (Codex Alimentarius, FAO, 1993).

2. Paramètres chimiques

1. Indice d'acide

L'indice d'acide indique la quantité d'acides gras libres dans l'huile, donc il donne une idée de la fraîcheur ou du degré de rancissement. Plus l'indice est élevé, plus il y a eu d'hydrolyse des triglycérides et donc plus l'huile est dégradée d'après AFNOR NFT60-220 (1984). La valeur obtenue (0,48 mg KOH/g) est conforme aux normes internationales pour les huiles raffinées comestibles, qui fixent généralement une limite maximale à 0,6 mg KOH/g (AFNOR NFT60-220, 1984).

2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est lié aux conditions de conservation et aux modes d'extraction. Il s'agit d'un indicateur extrêmement précieux et d'une sensibilité suffisante pour évaluer les premières étapes d'une dégradation oxydative. Pour l'huile de tournesol fraîche et de bonne qualité, il est généralement inférieur à 10 meq O₂/kg (O'Brien, R. D. 2009). La valeur de l'indice de peroxyde trouvée dans cette étude est de l'ordre de 4.85 meq O₂ / Kg huile.

3. Indice des saponifications

L'indice de saponification représente la quantité de potasse (KOH) nécessaire pour saponifier 1 gramme d'huile, et permet d'estimer la longueur moyenne des chaînes d'acides gras présentes. Plus l'indice est élevé, plus les acides gras sont courts, et inversement. La valeur obtenue (191,4 mg KOH/g) se situe dans la plage normale pour l'huile de tournesol, généralement comprise entre 188 et 194 mg KOH/g selon les données de la FAO (Codex Alimentarius). Cela indique que l'huile analysée est riche en acides gras insaturés à chaîne moyenne-longue, notamment l'acide linoléique (C18:2). Selon O'Brien, R.D (2009), ce type d'huile est adapté à la saponification, ce qui est utile dans les industries des avionneries et de cosmétique.

A. Préparation du savon

1. Composition et caractéristiques du savon produit

Le savon est constitué de cations sodium (Na⁺) et d'anions hydroxyle (OH⁻), ce qui lui donne une basicité élevée. Ces anions se combinent avec les acides protonés pour produire de l'eau et des sels, ce qui contribue à la capacité nettoyante du savon (Atkins, P., & Jones, L. 2010).

2. Traits physiques et sensoriels

a. Hydratation et apaisement

Notre savon est doté d'une assez bonne hydratation. D'après (Kyriakidis, N.B., & Katsiloulis), l'huile de tournesol est très riche en l'acide linoléique. L'acide linoléique est un acide gras insaturé essentiel qui contribue à rendre le savon doux et hydratant. Il fournit une hydratation efficace, ce qui le rend approprié pour les peaux sensibles et sèches.

b. Texture et mousse

En comparaison avec les savons fabriqués à partir d'huile de coco ou de palme, le savon à l'huile de tournesol génère une mousse onctueuse mais peu généreuse. Suite à une journée de séchage, le savon gagne en consistance, mais il demeure moins solide que les savons fabriqués à partir d'huile de coco ou de palme. Le savon fabriqué uniquement avec de l'huile de tournesol est plus tendre et se dissout plus vite, grâce à sa concentration élevée en acides gras insaturé (Mc Daniel, Susan, 2019). On peut améliorer notre savon à base d'huile de tournesol en incorporant d'autres huiles telles que l'huile de coco ou de ricin. Ces huiles favorisent la création de mousse et perfectionnent la consistance du savon (Mc Daniel, Susan 2019). Quelques additifs naturels peuvent augmenter la capacité à mousser sans compromettre la douceur du savon : Argile blanche, Lait (lait d'avoine, de coco, ou de chèvre), Gel d'aloevera. (Mc Daniel, L. (2016).)

c. Stabilité et conservation

Les savon, riche en acides gras insaturés, atendance à rancir plus rapidement, équipent provoquer une odeur peu agréable et l'apparition de taches d'une couleur orange âtre (Mc Daniel, Susan, 2019). Afin de prévenir le rancissement, nous pouvons utiliser des antioxydants naturels tels que la vitamine E. Des extraits végétaux comme l'extrait de romarin ou des huiles essentielles peuvent éventuellement être ajoutés à notre produit pour limiter son rancissement. L'oxygène, la lumière UV et la chaleur accélèrent également la rancidité oxydative, c'est pour cela qu'il est impératif de réduire l'exposition du savon à l'air, à la lumière et à la chaleur.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

L'analyse réalisée a validé le potentiel de la graine de tournesol (*Helianthus annuus*) en tant que matière première oléagineuse de grande valeur ajoutée. L'obtention d'huile à partir de cette graine riche en graisses et nutriments est une étape cruciale pour sa valorisation. L'impact de la méthode d'extraction Soxhlet sur le rendement, la pureté et la qualité de l'huile extraite est direct. L'huile de tournesol, riche en acides gras insaturés, notamment l'acide linoléique, présente des avantages nutritionnels et cosmétiques particulièrement attrayants. Elle est appréciée pour ses propriétés émollientes et hydratantes, ce qui la rend appropriée pour la production de savons doux et respectueux de la peau. Le processus de saponification de l'huile de tournesol illustre sa conversion chimique en un savon présentant des propriétés particulières. Malgré sa texture crémeuse et nourrissante, ce savon a quelques défauts, y compris une mousse peu abondante et une propension à se dissoudre vite due à son taux élevé d'acides gras insaturés. Pour remédier à ces problèmes, l'incorporation d'huiles additionnelles telles que l'huile de coco ou de ricin contribue à rehausser la capacité moussante et la solidité du produit fini. De plus, pour éviter le rancissement causé par l'oxydation, il est conseillé d'ajouter des antioxydants comme la vitamine E. Finalement, une analyse technico-économique pourrait être envisagée pour évaluer la viabilité financière de la production de savons à partir d'huile de tournesol. Cette recherche comprendrait un examen du coût de fabrication, de la faisabilité industrielle et des possibilités d'introduction sur le marché. L'amélioration du processus de production et l'incorporation d'éléments rehaussant les caractéristiques du savon contribueraient à accroître sa compétitivité par rapport à d'autres formulations existantes. Cette recherche offre donc des perspectives prometteuses pour l'utilisation de l'huile de tournesol dans la production de cosmétiques naturels et durables.

*Références
bibliographiques*

Références

- Codex Alimentarius, FAO. (1993). Normes internationales sur les huiles végétales et leurs propriétés physiques.
- Davies, R., et al. (2018). Élimination du solvant par évaporation contrôlée.
- Erickson, D.R. (2021). Applications des huiles comestibles. AOCS Press.
- FAO. (2019). Guide sur la production et la transformation des huiles végétales.
- FAO. (2023). Rapport mondial sur le marché des oléagineux.
- FAO. (2023). Tournesol : Rapport sur l'impact économique mondial.
- Fernandez, L., & Liu, M. (2021). Importance du coton pour éviter la contamination du solvant.
- Fischer, A., et al. (2017). Calcul du rendement de l'extraction.
- Garcia, P., et al. (2021). Fonctionnement et efficacité du dispositif Soxhlet.
- Gomez, R., & Sanders, J. (2019). Fonctionnement du ballon et du chauffe-ballon.
- Gunstone, F.D. (2020). Les huiles végétales dans la technologie alimentaire. CRC Press.
- Hanna Instruments. (2023). Méthodes analytiques pour la mesure de l'oxydation des huiles.
- Harris, D., et al. (2021). Fonctionnement du siphon dans le dispositif Soxhlet.
- Hielscher Ultrasonics. (2024). Extraction d'hexane avec une efficacité améliorée par ultrasons. hielscher.com
- Jones, A., & Patel, R. (2020). Étude sur l'impact du broyage sur l'extraction des lipides.
- Kumar, S., et al. (2017). Durée optimale d'extraction pour un épuisement maximal des matières grasses.
- Kyriakidis, N.B., & Katsiloulis, T. (2020). Les huiles végétales pour les applications industrielles. Wiley.
- Lee, H., & Thompson, J. (2022). Utilisation du RotaVapor pour l'évaporation du solvant.
- Louni, A. (2009). Étude sur les caractéristiques physico-chimiques des huiles végétales.
- Martin, G., et al. (2018). Description du réfrigérant utilisé dans le Soxhlet.
- McDaniel, S. (2019). Scientific Soapmaking: The Chemistry of the Cold Process. Clavicula Press.

- Miller, T., et al. (2019). Durée du cycle d'extraction pour une efficacité maximale.
- Nguyen, L., et al. (2016). Débit de reflux nécessaire pour une extraction efficace.
- O'Brien, R. D. (2009). *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications* (3rd ed.). CRC Press.
- Roberts, J., et al. (2016). Méthode de pesée initiale de l'échantillon.
- Rosenthal, A., & Niranjana, K. (2022). *Extraction mécanique des huiles*. Elsevier.
- Schneiter, A.A. (2019). *Culture et usages du tournesol*. INRA Éditions.
- Scott, M., et al. (2022). Méthode de récupération du solvant et des lipides.
- Smith, L., et al. (2018). Source sur la provenance et la préparation des graines de tournesol.
- Stauffer, C.E. (2023). *Techniques industrielles pour le traitement des huiles végétales*. AOCS Press.
- TSA Algérie. (2025). Le tournesol en Algérie : enjeux stratégiques pour 2025. tsa-algerie.com
- Terres Inovia. (2022). Influence du stockage et de l'oxydation sur la qualité des huiles végétales.
- Torres, M., & Evans, D. (2017). Condensation du solvant et son rôle dans l'extraction des lipides.
- TPHuile-1, Université d'Abomey-Calavi. (2023). Protocole expérimental de détermination de l'indice d'acide.
- Weiss, E.A. (2019). *Les cultures d'oléagineux*. FAO.
- Williams, R., et al. (2020). Quantité optimale de solvant (hexane) pour l'extraction.
- Zhang, Y., & Nelson, T. (2020). Chauffage à 103°C pour éliminer les résidus de solvant