

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière: "Biologique"

Spécialité: "Génétique moléculaire et amélioration des plantes "

Présenté et soutenu publiquement par

Ras El Maa Fatma Zohra

Taïbi Yamina

THÈME

L'effet du stress hydrique sur la teneur et la qualité des huiles lourdes
du carthame (*Carthamus tinctorius* L.) cultivé dans la région de Tiaret.

JURY:

Présidente: M^{me} SOUALMI N.

Promoteur: M^r ADDA A.

Co-Promoteur: M^r ZEMOUR K.

Examineur: M^r ADDA M.

MAC, Faculté SNV Tiaret

Professeur, Faculté SNV Tiaret

Docteur, Faculté SNV Tiaret

Docteur, Faculté SNV Tiaret

Année universitaire: 2017/2018

Remerciements

Nous avons le plaisir d'effectuer ce travail de recherche dans Laboratoire de la Faculté des Sciences de la nature et de vie de l'université Ibn Khaldoun-Tiaret sous la direction du professeur ADDA Ahmed.

Il est d'usage de commencer la rédaction d'un mémoire par une page de remerciements car ce travail n'aurait pu aboutir sans la contribution de nombreuses personnes qui ont toujours répondu à mes sollicitations avec indulgence et leurs encouragements m'ont permis d'arriver au terme de ce travail.

Nous remercions tout d'abord Monsieur ADDA Ahmed, professeur au département des sciences de la nature et vie de l'université de Tiaret d'avoir accepté de diriger cette Thèse avec beaucoup d'attention et de patience et pour la confiance qu'il m'avait témoigné, sans oublier sa disponibilité et son soutien permanent.

Nous remercions également, Madame SOUALMI Nadia maitre conférence au département des sciences de la nature et vie à l'université de Tiaret d'avoir accepté de présider le jury, qu'il me soit permis de lui exprimer ma profonde gratitude pour m'avoir conseillée et orientée avec beaucoup de patience, chaque fois que cela était nécessaire.

Nous voudrions ensuite remercions Monsieur ADDA Mhamed, Maître de conférences au département des sciences de la nature et de vie de l'université de Tiaret, Monsieur ZEMOUR Kamel, doctorant au département des sciences de la nature et vie de l'université de Tiaret, membres de jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail en dépit de leurs nombreuses autres obligations. Je vous remercie tous les deux avec reconnaissance.

Et spécialement

Nous remercions beaucoup Monsieur AIT HAMMOU Mohamed, Monsieur SERMMOUM Mohamed, Monsieur AZZAOUI Mohamed, Monsieur BEN ISSA Toufik, Monsieur DAHMANI Walid, nos sœurs, ATIKA et SARA et aussi les doctorantes BOUZID Assia et MOKHFI Fatima Zohra.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont du pré ou du loin contribuée à la réalisation de ce travail. On présent notre remerciements et notre gratitude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père : pour ce encouragement

Ma mère : pour sa patience

Les deux êtres les plus chères au monde pour toute leur tendresse et les sacrifices consentis à mon éducation et ma formation et qui n'ont d'égal que le témoignage de la profonde reconnaissance.

A tous mes chères frères et sœurs : Hamza, Belkhadem, Abdelhak, Ibrahim, Ikram, Bochra, Nourhan, et Djihad.

A toute la famille RASELMA et OUDJANI

A mes chères amis (Khadidja, Ikram, Nadia, sanaa, wahiba, Yamina, Sahla, Amira, Nawel, Soumia, sabrin, Ilham, Fadila, Fatiha, Samira RAMDANI, Karim ZITOUNI, Tayeb, Amine, Nedjadi, L'arbi, Frouk et Mohamed Talah, Miloud, DAHAM Mohamed)

Et spécialement

(BOUZID Assia, MOKHFI Fatima zohra, BENCHOHRRA Atika, Sara, et tous les familles MEDJEDOUB et BOUZID)

Ma promotion

Master II Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Fatma zohra

Dédicace

Je Dédie ce travail à :

Mes chers parents pour leur amour, soutien et encouragements

durant toutes mes années d'études, que Dieu les protège.

A mes frères

Mes sœurs

Ma famille

Mes amies

Ma promotion «Master II Sciences biologie»

Yamina

AFNOR : Association française de normalisation

AGIS : Les acides gras insaturés

AGPI : Les acides gras poly-insaturés

AGS : Les acides gras saturés

d : La densité

FB₁ : France bloc 1

FB₂ : France bloc 2

HB₁ : Halab bloc 1

HB₂ : Halab bloc 2

HCl : Hydro chlorure

IA : Indice d'acidité.

IB : Indice brix°

IBH : Indice e brix° d'huile

IP : Indice de peroxyde

IRH : Indice de réfraction d'huile

IS : Indice de saponification

KOH : Hydroxyde de potasse

LNG : Longueur

LRG : Largeur

MV en g : Masse végétale en gramme

N : La normalité de la solution

Na₂S₂O₃ : La solution de thiosulfate de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

PA : Poids amande

PA/PG : Poids amande / Poids graine

PA/PT : Poids amande/ Poids tégument

PDH : Poids d'huile

PE : Paramètre étudié

PG : Poids grains

PMG : Le poids de 1000 graines

PT : Poids tégument

PT/PG : Poids tégument / Poids graine

PVG : Poids vingt grains

R : Répétition

R : Répétition

T f : Température de fusion

TAG: Triacylglycérols

TB₁: Touggourt bloc 1

TB₂: Touggourt bloc 2

V: Variété

Tableau n°01: Les graines des trois génotypes utilisés.....	15
Tableau n°02: Effets de l'origine des graines, des régimes hydriques adoptés dans la conduite des génotypes et de leur interaction sur les paramètres morphologiques de grains de carthame.....	24
Tableau n°03: Les résultats moyens de poids mille grains chez les trois types des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec	24
Tableau n°04: Les résultats moyens de diamètre et longueur des grains et leurs évolutions en fonction des deux régimes hydriques, irrigué et sec	25
Tableau n°05: Les résultats moyens de PT/PG et PA/PG et leurs évolutions en fonction des deux régimes hydriques, irrigué et sec	26
Tableau n°06: Les résultats moyens de PA/PT chez les trois types des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec	27
Tableau n°07: Les résultats moyens de rendement chez les trois types des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec.....	27
Tableau n°08: Effets de l'origine des graines, des régimes hydriques adoptés dans la conduite des génotypes et de leur interaction sur les paramètres physiques de l'huile de carthame	29
Tableau n°09: les résultats moyens de la densité relative chez les trois types d'huile issue des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sèche.....	29
Tableau n°10: les résultats moyens de l'indice de réfraction et l'indice de brix° des huiles issues des trois types de graines et sous les deux régimes hydriques, irrigué et sec.....	30
Tableau n°11: Effets de l'origine des graines, des régimes hydriques adoptés dans la conduite des génotypes et de leur interaction sur les paramètres chimiques de l'huile de carthame.....	31
Tableau n°12: Les résultats moyens d'indice de peroxyde chez les trois types d'huile issus des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec	32
Tableau n°13 : Les résultats moyens de l'indice d'acidité et l'indice de saponification et leurs évolutions en fonction des deux régimes hydriques, irrigué et sec.....	33
Tableau n°14 : Les résultats moyens de l'indice d'ester et le taux d'impureté des huiles issues des trois types de graines et sous les deux régimes hydriques, irrigué et sec.....	34

Figure n°01: Fleurs de (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	03
Figure n°02: Acides gras contenus dans les diverses huiles comestibles	09
Figure n°03: Hydrolyse et saponification des acides gras.....	10
Figure n°04: Réaction de formation des triglycérides.....	11
Figure n°05: Structure générale d'un acide gras	12
Figure n°06: Structure des tocophérols	14
Figure n°07: Photographie de l'extracteur Soxhlet	16
Figure n°08: Représentation schématique d'un Soxhlet.....	17
Figure n° 09 : Refractomètre (ABBE 1T/ 4T).....	19
Figure n°10 : Les résultats du rendement.....	28

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations	I
Liste des tableaux	III
Liste des figures	IV
Introduction générale	01

1^{ère} Partie : Eléments bibliographiques

Chapitre I : Généralité sur la plante de carthame

1. Généralité sur la plante de carthame.....	03
1.1. Botanique de carthame.....	03
1.1.1. Description botanique	03
1.1.2. Classification systématique	03
1.2. La culture du carthame.....	03
1.2.1. Introduction	04
1.2.2. Utilisation du carthame	04
1.2.3. Origines et aire de répartition.....	05
1.2.4. Les exigences écologiques de la culture du carthame	05
1.3. Adaptation et tolérance à la sécheresse du carthame.....	05
1.3.1. Le comportement du carthame vis-à-vis de la sécheresse et tolérance au stress hydrique et déterminisme de la qualité	05
1.3.2. Effet de la sécheresse sur le rendement et la qualité de la graine.....	06
1.3.3. Effet du stress hydrique sur la composition biochimique des huiles.....	06

Chapitre II : Les huiles végétales

2. Les huiles végétales	07
2.1. Définition	07
2.2. Historiques	07
2.3. Utilisation des huiles.....	07
2.4. Définition des corps gras.....	07

2.4.1. Origine des corps gras.....	08
2.4.2. Les propriétés physiques.....	08
2.4.2.1. Etat physique.....	08
2.4.2.2. La Solubilité.....	09
2.4.3. Les propriétés chimiques.....	09
2.4.3.1. Hydrolyse et saponification.....	09
2.4.3.2. Hydrogénation.....	10
2.4.3.3. Transestérification.....	10
2.5. La composition des corps gras.....	10
2.5.1. Les constituants majeurs.....	10
2.5.1.1. Les Triglycérides.....	10
2.5.1.2. Les acides gras.....	11
2.5.1.2.1. Définition.....	11
2.5.1.2.2 Les principaux types des acides gras.....	11
a- Les acides saturés.....	11
b- Les acides gras insaturés.....	11
b. 1. Les acides gras mono-insaturés (AGMI).....	12
b. 2. Les acides gras polyinsaturés (AGPI).....	12
2.5.2. Les constituants mineurs.....	12
2.5.2.1. Les insaponifiables.....	12
2.5.2.2. Les phytostérols.....	12
2.5.2.1.1. Les tocophérols.....	13

2^{ème} Partie : Partie expérimental

Chapitre III : Matériels et méthodes

3. Matériel et méthodes.....	15
3.1. Matériel végétal utilisé.....	15
3.2. Les mesures effectuées.....	15
3.2.1. Les paramètres morphologiques des graines utilisées pour l'extraction dès l'huile.....	15
3.3. Extraction et évaluation de rendement en huile végétale.....	16
3.3.1. Etuvage.....	16

3.3.2. Broyage	16
3.3.3. Procédés d'extraction.....	16
3.4. Paramètres physico-chimiques de l'huile extraite.....	18
3.4.1. Paramètres physiques.....	18
a- La densité (AFN T 60 214).....	18
b- Indice de Réfraction (AFNT 60 212).....	19
3.4.2. Les paramètres chimiques	19
a- L'indice d'acidité (NORME FRANÇAISE T60 204)	20
b- L'indice de peroxyde (NORME FRANÇAISE T60 220).....	20
c- L'indice de saponification	21
d- L'indice d'ester	22
e- Taux d'impuretés	22

Chapitre VI : Résultats et discussion

4. Résultats et discussion.....	23
4.1. Paramètres morphologiques de la graine.....	23
4.1.1. Le poids de mille grains.....	23
4.1.2. La longueur du grain.....	24
4.1.3. Le diamètre du grain.....	25
4.1.4. Poids tégument / Poids graine	25
4.1.5. Poids amande / Poids graine	25
4.1.6. Poids amande/ Poids tégument.....	26
4.2. Evaluation du rendement	27
4.3. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile	28
4.3.1. Les paramètres physiques	28
4.3.1.1. La densité relative.....	28
4.3.1.2. Indice de réfraction.....	29
4.3.1.3. Indice brix°.....	29
4.3.2 Les paramètres chimiques.....	30

4.3.2.1. Indice de peroxyde.....	31
4.3.2.2. Indice d'acidité	32
4.3.2.3. Indice de saponification (mg de KOH/g d'huile)	32
4.3.2.4. Indice d'ester	33
4.4.2.5. Le taux d'impureté.....	34
Discussion et conclusion générale.....	35
Référence bibliographique	37
Annexe	

Introduction générale

Introduction

La culture des plantes oléagineuses constitue une spéculation agricole majeure dans l'économie mondiale. Elle fournit les produits gras dont l'importance primordiale se justifie par leur large utilisation dans différents secteurs économiques. En effet, ils représentent, des éléments essentiels sur lesquels se basent la nutrition humaine et des substances brutes utilisées dans différents secteurs de transformation agro-alimentaire, industrielle, cosmétique et médicale (**GADOUM, 2011**).

L'introduction et le développement de la culture des oléagineuses en Algérie enregistrent une latence importante aboutissant à une carence insupportable par l'économie en ces produits. Cette situation oblige l'Algérie à se comptabiliser parmi les pays totalement dépendants des marchés internationaux pour l'importation des corps gras sous leurs différentes formes. Ces transactions commerciales coûtent évidemment chères dans la balance économique Algérienne (**DAHO, 2005**).

Le groupe des plantes oléagineuses susceptibles de contribuer à l'enrichissement des sources de sources de production des corps gras, sont nombreuses. Sauf que, le développement de la culture de chacune de ses espèces repose sur la satisfaction de ses besoins écologiques, souvent compensés par des pratiques agricoles afin de rentabiliser sa culture. L'introduction de certaines plantes oléagineuses, dont on évoque principalement le tournesol, nécessite une conduite en irrigation durant une période à forte demande d'évapotranspiration où les ressources hydriques utilisées à cette fin s'annoncent rares dans la plupart des exploitations agricoles (**HOJATI et al., 2011**). Le choix des espèces supportant les grandes variations thermiques et la sécheresse constituent une alternative de taille dans l'élaboration des stratégies de développement des cultures des oléagineuses en Algérie (**SAMPAIO et al, 2016**). Parmi ces espèces le carthame (*Carthamus tinctorius L.*), une plante oléagineuse appartenant à la famille des astéracées, est candidate de référence pour le développement de cette filière agricole. Elle est considérée comme une plante rustique, supportant des climats régis par la sécheresse, l'hyperthermie et fournissant une huile végétale de particularités biochimiques exceptionnelles s'inscrivant dans des débouchés très valorisables (**MERATATE, 2017**). L'huile du carthame se distingue par sa forte teneur, en acides gras à degré d'insaturation élevé, d'antioxydants et en composés phénoliques totaux. La particularité de cette huile concerne la dépendance de sa composition des conditions climatiques. Ainsi, selon certains travaux (**WANG et al., 2014**), la culture de la plante en conditions sèches sous les hautes températures contribue à l'enrichissement de son huile

extraite, en ces composés particuliers et très recherchés pour l'amélioration de la qualité des huiles végétales (SINGH *et al.*, 2016).

L'huile lourde extraite de graines du carthame est employée en qualité d'huile de table et en préparation des produits cosmétiques et médicinaux. Le carthame est également cultivé pour ses fleurs, dont les constituants sont transformés en colorant et servent également dans des préparations pharmaceutiques (WANG *et al.*, 2014). D'après IFHVP (2005), l'huile du Carthame et l'huile d'olive, présentent une certaine similarité de point de vue nutritionnel.

Le carthame est connu par sa résistance aux conditions de sécheresse, les hautes températures, aux maladies (KARAMI *et al.*, 2017) et à la salinité (GENGMAO *et al.*, 2015 ; FAN *et al.*, 2014). Ces particularités de tolérance aux stress biotiques et abiotiques confèrent à la culture de cette espèce des perspectives d'expansion dans les différentes régions agricoles du pays.

Le travail présenté dans cette étude s'inscrit dans un domaine de recherche se fixant comme un principal objectif, l'introduction de la culture des oléagineuse dans la région de Tiaret. Cette partie de recherche permet d'évaluer la productivité et le rendement en huile des graines de carthame cultivée sous différents régimes hydriques dans la région de Tiaret. Une caractérisation physique et chimique de l'huile extraite permettra d'élucider les rapports entre les conditions climatiques et la qualité de l'huile de carthame.

Le travail est présenté selon trois parties. Une première partie expose les données bibliographiques relatives au sujet de recherche, une est consacrée à la présentation du matériel et les méthodes utilisées. Enfin, une troisième partie est consacrée à l'exposé des résultats obtenus ainsi que leur discussion.

1^{er} Partie

Synthèse

bibliographique

Chapitre I

*Généralité sur la plante de
carthame*

1. Généralité sur la plante de carthame

1.1. Botanique de carthame

1.1.1. Description botanique

Le carthame (*Carthamus tinctorius* L.) est une plante annuelle diploïde ($2n=2x=24$ chromosomes) appartenant à la famille des astéracées et considéré comme une plante oléagineuse (ANJANI et al., 2017 ;DERAKHSHAN et al.,2014.) utilisé pour l'extraction d'huile comestible et industrielle de haute qualité (ERIK et al., 2017). Elle présente un port pouvant mesurer jusqu'à 1,80 m de haut, il possède un système racinaire pivotant pouvant atteindre jusqu'à 3 mètres de profondeur lui permettant de pousser dans les régions arides. Il est caractérisé par la présence de feuilles longues à marge épineuse et de groupes de fleurs rassemblées en capitules émergeant à l'aisselle des feuilles. Il se distingue par ses fleurs oranges, et selon certaines variétés, elles peuvent être rouges, jaunes ou blanches et plus rarement violettes et produisant des akènes (GUEDDA, 2017).

1.1.2. Classification systématique

Règne: Plantae

Famille: Astéraceae

Genre: *Carthamus*

Espèce: *Carthamustinctorius*

Nom vernaculaire: Zaafor



Figure n° 01: Fleurs de (*Carthamus tinctorius* L.) (GUEDDA et al., 2017)

1.2. La culture du carthame

1.2.1. Introduction

Le carthame est une plante rustique, cultivé principalement pour sa graine oléagineuse et ses organes floraux (REGINALDO et al., 2017 ; FAN et GUO, (2014). Les graines sont utilisées essentiellement pour la production de l'huile de table, qui est également destinée aux préparations pharmaceutiques et cosmétiques. Les stigmates et les sépales des fleurs sont employés comme colorants naturels (VALLANTINO et al., 2017 ; MERATATE, 2017).

1.2.2. Utilisation du carthame

Les différents constituants du carthame dont évoque principalement son huile, ses feuilles et ses constituants floraux, constituent des composants communs dans certaines préparations de la médecine traditionnelle. Ces constituants sont sensés favoriser la circulation sanguine et alléger les douleurs (LI-LI et al., 2017). Aux Etats-Unis, les phytothérapeutes prescrivent le carthame contre la fièvre et les éruptions cutanées De même en France, l'huile extraite des graines est utilisée en diététique pour prévenir l'artériosclérose (GUEDDA., 2017).

Les Etats-Unis, le Mexique et le Brésil cultivent grandement le carthame pour les caractéristiques biochimiques des huiles extraites de ses graines. Elle est caractérisée par la poly-insaturation de ses acides gras (C18) et par conséquent sa richesse en acide oléique, acide linoléique et acide linoléique. Ces particularités renforcent ses effets anticoagulants, antioxydants et de remède contre l'hypertension artérielle et le développement des tumeurs (ROGERIO et al., 2016).

L'huile de carthame est une huile siccatrice naturelle, qui est extraite des graines du chardon des teinturiers (*Carthamus tinctorius* L.). Parmi les huiles siccatives, l'huile de carthame est l'une de celles qui jaunissent le moins en vieillissant. Cette huile se révèle excellente pour augmenter la résistance de la peinture caséine et poudre de marbre (GALTANE, 2013).

Selon HYEON-JEONG et al.(2017), l'huile du carthame détient une forte activité antimicrobienne particulièrement à l'encontre des bactéries présentes dans les produits alimentaires frais d'origine végétale.

Le carthame est composé par une fleur jaune orange avec une présence de la carthamine (flavonoïde) à propriétés tinctoriales. L'huile diététique du carthame contient 90%

d'acide gras non saturés (utilisée pour les margarines de régime). Jusqu'à ce jour, de nombreux constituants, tels que quinochalcons, flavonoïdes, polyacétylènes, alcane-diols, des acides gras, des stéroïdes, des lignanes ont été isolés à partir du carthame. Parmi ces substances, les quinochalcons et les flavonoïdes sont considérés comme les constituants caractéristiques et actifs de cette plante (MERATATE, 2017).

1.2.3. Origines et aire de répartition

Le Carthame des teinturiers; herbe annuelle originaire d'Asie est cultivée en région tropicale et méditerranéenne (MERATATE., 2017). Sa culture se répand au Moyen Orient, en Afrique du Nord, en Amérique, en France et en Turquie (C.R.S.T.R.A., 2009).

1.2.4. Les exigences écologiques de la culture du carthame

La production du carthame est habituellement développée dans les altitudes en-dessous de 900 m et au-dessus de niveau de la mer, mais dans les tropiques elle peut être développée dans les altitudes de 1400-2000 m au-dessus de niveau de la mer. Le climat joue une influence significative sur la croissance et le développement du carthame. Le carthame peut se développer dans des zones climatiques fraîches et tempérées du monde.

La germination qui dure entre 3 à 8 jours dépend de la température ambiante, elle est optimale à 25°C et qui se déroule même à un niveau plus bas atteignant 2 à 5°C. L'hyperthermie qui coïncide avec la période reproductrice contribue à un accroissement de la teneur en huile des graines. La croissance et le développement durant la période végétative exige des franges de température comprises entre 20 et 30°C (VALLANTINO et OTSOSENG, 2017).

1.3. Adaptation et tolérance à la sécheresse du carthame

Le carthame est une récolte tolérante aux stress abiotiques. En dépit de la résistance du carthame à la sécheresse, la chaleur, froid et la salinité, sa culture est restée insuffisamment utilisée en raison du manque d'information sur la gestion de sa récolte. Il est très important que la communauté scientifique effectue des recherches pour rentabiliser une récolte économique des graines de cette espèce (MERATATE, 2017 ; FAN et GUO, 2013).

1.3.1. Le comportement du carthame vis-à-vis de la sécheresse et tolérance au stress hydrique et déterminisme de la qualité

L'étude réalisée sur les organes, feuille adulte et graine, a permis de mettre en évidence 44 gènes appartenant aux métabolismes des acides aminés, des sucres, des glycérolipides et à la biosynthèse des tocophérols ainsi qu'au signal de transduction.

L'analyse de l'expression différentielle des gènes a révélé que 9 gènes sont réprimés sous l'effet d'un stress hydrique quel que soit le génotype. Ils concernent le métabolisme des acides aminés, des protéines phosphatases et kinases et des facteurs de transcription. Ce profil d'expression reflète la réponse globale cellulaire de la plante vis-à-vis des dommages physiologiques engendrés par un stress hydrique. Les gènes identifiés codent pour des protéines telles que les peroxydases, émolases, protéines kinases, facteurs de transcription et protéines phosphatases 2A. Qui sont connues pour être exprimées dans la réponse générale des plantes aux stress abiotiques. A cet égard, la phosphatase est connue pour réguler négativement la synthèse d'acide abscissique responsable de l'accélération de la sénescence. Cette protéine est inhibée dans des conditions de stress hydrique naturelles, ce qui suggère que la synthèse d'acide abscissique résulte de la régulation potentielle de la phosphatase 2A (JANE, 2005).

1.3.2. Effet de la sécheresse sur le rendement et la qualité de la graine

Un déficit hydrique sévère pendant le remplissage de la graine influence les caractéristiques physiques des graines comme leur taille, leur poids et l'importance de leur coque. Le remplissage des graines est lié au fonctionnement photosynthétique du couvert et du transfert de photo-assimilats. Sous les conditions d'alimentation hydrique optimale, le remplissage des akènes s'effectue principalement grâce à l'assimilation post-floraison qui est conditionnée par l'état physiologique de l'appareil végétatif. Tandis que sous les conditions de la sécheresse, le remplissage des graines s'effectue plutôt à partir de la redistribution d'assimilats des feuilles et des autres organes végétatifs vers les graines en formation. De manière générale, un stress hydrique appliqué après la floraison entraîne une diminution de la teneur en huile des graines. D'autre coté un déficit hydrique durant le remplissage de la graine est accompagné à un accroissement des teneurs en acides gras saturés (JANE, 2005). D'autres études démontrent que cette augmentation ne concerne que les acides gras en C₁₈ (JANE, 2005).

1.3.3. Effet du stress hydrique sur la composition biochimique des huiles

Les relations entre la composition en acides gras de l'huile et la disponibilité hydrique restent encore mal connues et controversées. De manière générale, un stress hydrique appliqué après la floraison entraîne une diminution de la teneur en huile. De brèves périodes d'exposition à un stress hydrique provoquent une réduction de la teneur en huile qui est associée à l'augmentation de l'épaisseur de la coque. Le stade d'application du stress

hydrique joue un rôle capital dans l'élaboration de la fraction lipidique. Dans le cas des acides gras saturés, l'effet de la disponibilité hydrique varie également selon les conditions expérimentales. Un déficit hydrique durant le remplissage de la graine est associé à une augmentation des teneurs en acides gras saturés alors que d'autres études n'enregistrent cette augmentation que pour le C18:0 ou aucune augmentation des acides gras saturés. (**JANE, 2005**).

Chapitre II

Les huiles végétales

2. Les huiles végétales

2.1. Définition

Les huiles végétales sont constituées majoritairement de triacylglycérols (TAG) avec 90% et leurs propriétés sont liées à la nature des acides gras estérifiant le glycérol. La connaissance de leur composition en TAG permet ou a permis le développement de connaissances dans de multiples domaines. Citons par exemple, l'établissement des différentes voies de la biosynthèse des acides gras polyinsaturés à longue chaîne par élongation et désaturation des acides linoléique et linoléique pour les différentes familles de végétaux; les études de leur métabolisation chez les animaux et chez les hommes et leur conséquence sur la nutrition et la santé, en fonction de leur structure ; ou encore leur rôle de marqueur de qualité, largement utilisé dans les industries agroalimentaires pour contrôler la pureté et détecter les adultérations des huiles d'appellation contrôlée (HMIDA, 2016).

2.2. Historiques

L'huile est utilisée depuis des siècles, bien que les premières matières grasses utilisées par l'homme proviennent de la graisse fondue des animaux. La première utilisation de l'huile n'avait pas de vocations alimentaires, il s'agissait bien souvent de combustible servant à l'éclairage. L'huile est une matière grasse, onctueuse et épaisse, souvent liquide à température ambiante. Une huile végétale renferme en général plus de 99 % de lipides et très peu ou pas de cholestérol. Quelques vitamines et antioxydants liposolubles complètent le pourcentage restant (1%) (CHEKROUN, 2013).

2.3. Utilisation des huiles

Seul un tiers de la production mondiale des corps gras est destiné à un usage industriel. Les deux tiers de la production sont en effet destinés à l'alimentation. Parmi les multiples usages industriels des corps gras, on peut citer la fabrication des savons et des acides gras. Les triglycérides sont également à l'origine de nombreux produits chimiques qui peuvent entrer dans la composition d'une multitude de produits tels que les lubrifiants les produits cosmétiques les produits pharmaceutiques et les peintures (ORNELLA, 2009).

2.4. Définition des corps gras

Les acides gras sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique hydrophobe saturée ou insaturée. Ils appartiennent à la catégorie des lipides, ils font l'objet de plusieurs nomenclatures: la nomenclature internationale normalisée, une nomenclature communément

appelée «oméga». Les acides gras sont des constituants majeurs des huiles et des graisses. (PHUONG JEAN, 2014) Parmi les acides gras saturés, ceux en C12, C16 et C18 sont les plus largement distribués, alors que parmi les acides gras insaturés, ceux en C18 pourvus de 1, 2 ou 3 doubles liaisons sont les plus importants au sein du monde végétal et animal terrestre. Les acides gras à 4 ou plus de 4 doubles liaisons et 20 à 24 atomes de carbone sont quant à eux majoritaires dans le monde marin (CUVELIER *et al.*, 2004).

Acide gras	Formule	Classe
Palmitique C16 :0	$CH_3 - (CH_2)_{14} - COOH$	Saturé
Stéarique C18 :0	$CH_3 - (CH_2)_{16} - COOH$	Saturé
Oléique C18 :1	$CH_3 - (CH_2)_4 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$	Insaturé
Linoléique C18 :2	$CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - COOH$	Polyinsaturé
Linoléique C18 :3	$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$	Polyinsaturé

Figure n°02: Acides gras contenus dans les diverses huiles comestibles (LYES, 2012).

2.4.1. Origine des corps gras

Les corps gras sont des aliments dont le pourcentage en lipides est très élevé. Ils comprennent les huiles et les graisses d'origine végétale ou animales, les beurres et les margarines ; les premières sont composées uniquement de triglycérides et quelques constituants mineurs, tandis que les beurres et les margarines sont des émulsions d'une phase aqueuse dans une phase grasse douées de propriétés plastiques (BENSEGHIER, 2014). La distinction entre huile et graisse repose sur le point de fusion. Les huiles sont fluides à la température de 15°C tandis que les graisses sont solides ou concrètes à la même température (BENSEGHIER, 2014).

2.4.2. Les propriétés physiques

2.4.2.1. Etat physique

Le point de fusion ou l'état physique dépend du nombre d'atomes de carbone pour une série homologue. Les acides gras saturés ayant moins de 10 atomes de carbone sont des liquides, volatils pour les premiers termes, huileux pour les derniers. Ils sont entraînés par

la vapeur d'eau. Les acides gras renfermant 10 atomes de carbone ou plus sont solides et le point de fusion s'élève régulièrement dans la série.

Il dépend également du taux d'insaturation. Dans la série des acides gras à 18 atomes de carbone, l'acide stéarique est solide ($T_f = + 69\text{ °C}$) alors que les acides oléique, linoléique, linoléinique sont liquides (T respectives $+ 16\text{ °C}$, $- 5\text{ °C}$, $- 11\text{ °C}$) (SAID, 2009).

2.4.2.2. La Solubilité

La solubilité des acides gras est liée à la structure de type bipolaire de leurs molécules. L'hydrophobie de leur chaîne hydrocarbonée apolaire l'emporte sur la faible hydrophilie de leur carboxyle peu dissocié. Seuls les premiers termes sont solubles dans l'eau, les homologues supérieurs étant insolubles. Comme toutes les molécules possédant cette structure bipolaire, les acides gras ont tendance, en fonction de la présence d'eau, à s'associer en ensembles orientés. Ainsi, selon l'état de l'acide gras et la nature des phases constituant l'interface, les molécules s'orientent en fonction des polarités pour constituer des structures feuilletées (films) ou micellaires (SAID, 2009).

2.4.3. Les propriétés chimiques

Les propriétés chimiques des glycérides dépendent essentiellement de celles des acides gras qui les constituent

2.4.3.1. Hydrolyse et saponification

L'hydrolyse des triglycérides libère un ou plusieurs acides gras. La réaction peut se faire par l'acide sulfurique ou par voie enzymatique. La saponification est une hydrolyse alcaline par KOH ou NaOH. (BENSEGHIER, 2014 ; COLINE, 2016).

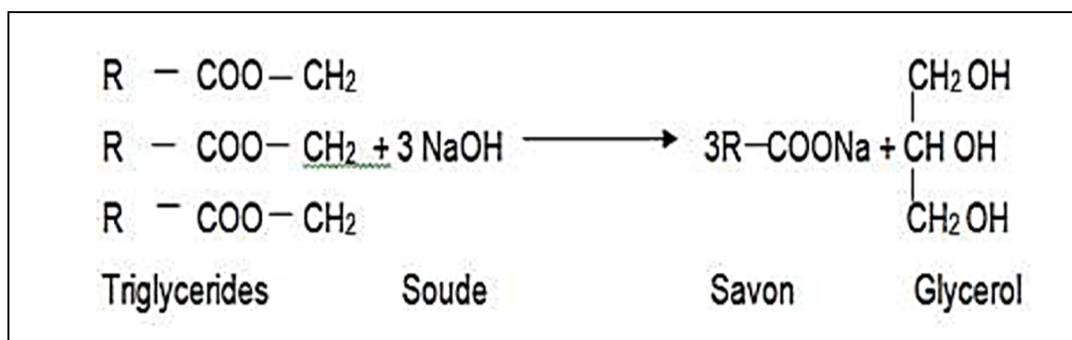


Figure n°03: Hydrolyse et saponification des acides gras (BENSEGHIER, 2014)

2.4.3.2. Hydrogénation

En présence d'hydrogène et d'un catalyseur (nickel finement divisé), les doubles liaisons des acides gras insaturés des triacylglycérols sont saturées. Le point de fusion du produit et les huiles deviennent solide (BENSEGHIER, 2014)

2.4.3.3. Transestérification

La transestérification vise à modifier la structure glycéridique des matières grasses par réarrangement intra- et intermoléculaire des acides gras sur le glycérol (COLINE, 2016)

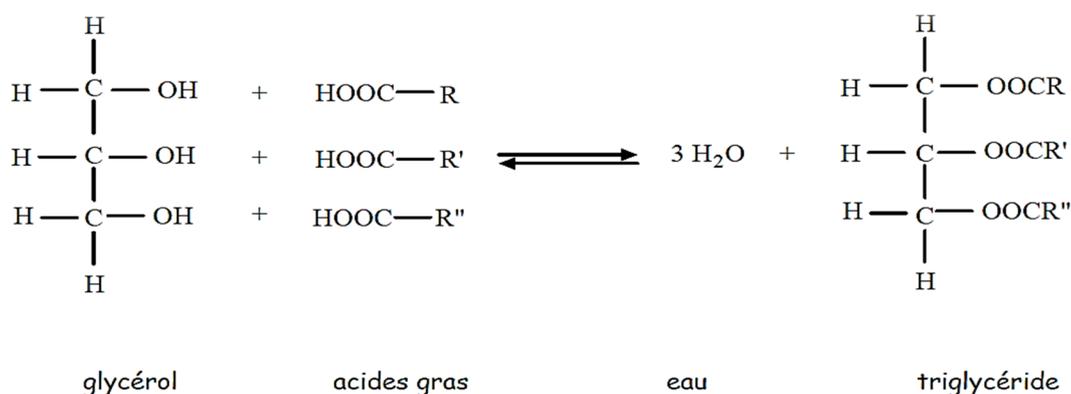
2.5. La composition des corps gras

Les corps gras qu'ils proviennent d'organismes animaux ou végétaux, correspondent à la partie «graisses neutres » de la fraction lipidique totale (BENSEGHIER, 2014).

2.5.1. Les constituants majeurs

2.5.1.1. Les Triglycérides

Les corps gras sont constitués par des mélanges d'esters appelés mono-, di-ou triglycérides (ces derniers étant prépondérants) selon le nombre de fonctions alcools du glycérol estérifiées par les acides gras. Le nombre élevé des acides gras présents dans un lipide, ainsi que les multiples possibilités de leur combinaison avec le glycérol font des corps gras des mélanges très complexes dont les structures et les propriétés varient de façon significative. Deux corps gras renfermant qualitativement et quantitativement les mêmes acides gras auront, si les acides gras sont répartis de manières différentes dans les triglycérides, des caractéristiques physiques, chimiques ou physiologiques différentes (JULIEN, 2006 ; CLAIRE, 2011).



Remarque : R, R' et R'' peuvent être identiques ou différents.

Figure n°04: Réaction de formation des triglycérides

2.5.1.2. Les acides gras

2.5.1.2.1. Définition

Ce sont des acides organiques faibles. Ils ne possèdent qu'une seule fonction acide organique (carboxyle) par molécule, et sont formés d'oxygène, d'hydrogène et de carbone à nombre presque toujours pair (en raison du mode de synthèse des acides gras qui se forment par combinaison de radicaux acétiques en C2), généralement compris entre 4 et 30. L'autre extrémité de la chaîne se termine par un groupe méthyle CH₃ (**Figure n°5**). Ils représentent 90 à 96 % de la masse molaire des triglycérides. Plusieurs acides gras différents sont présents dans un même corps gras, et un acide gras (acide oléique par exemple) peut se retrouver dans de nombreux corps gras différents (**JULIEN, 2006**).

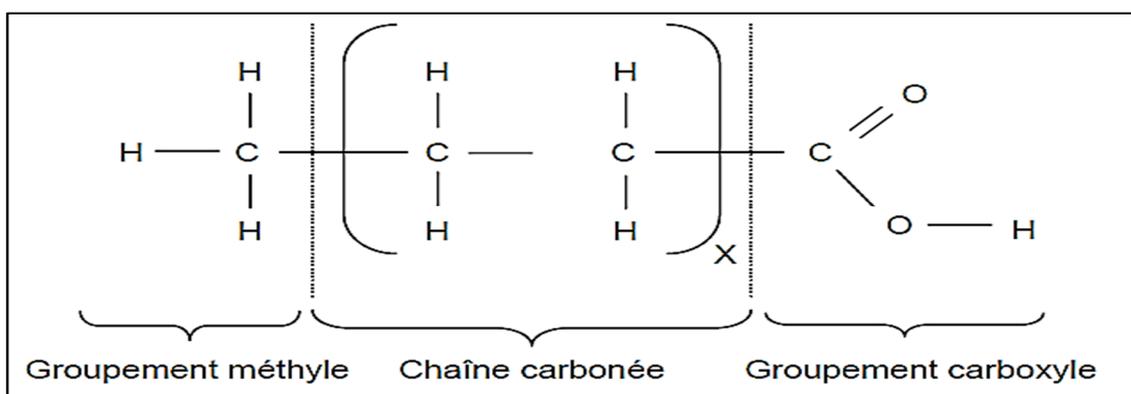


Figure n°05: Structure générale d'un acide gras (**JULIEN, 2006**).

2.5.1.2.2 Les principaux types des acides gras

Les acides gras sont classés en deux groupes, les acides gras saturés (AGS) et les acides gras insaturés (AGIS).

a- Les acides saturés

Ils sont représentés essentiellement par des acides gras en C16 et C18, dont les plus présents sont l'acide palmitique et l'acide stéarique. Les acides gras saturés ayant plus de 10 carbones dans leurs chaînes sont plus stables et solides à température ambiante (**CLAIRE, 2011**).

b- Les acides gras insaturés

Contenant plus de 10 atomes de carbone et une ou plusieurs doubles liaisons carbone-carbone. Leur formule brute est $C_nH_{2n-2x}O_2$ où x est le nombre des doubles liaisons. Ils

Peuvent contenir entre 1 et 6 doubles liaisons et sont dits, selon le cas, mono-insaturés ou poly-insaturés (LYES, 2012).

b. 1. Les acides gras mono-insaturés (AGMI)

A l'exception notamment de l'acide érucique (C22 Δ 1-13), la majorité des acides gras mono-insaturés qui ne possèdent pas leur double liaison en position C9 sont des constituants mineurs de la plupart des graisses dans lesquelles ils sont présents. Ils sont d'une formule chimique, H3C-(CH2) n-CH=CH-(CH2) p-COOH. L'acide oléique est le plus présent parmi cette catégorie. (CUVELIER *et al.*, 2004)

b. 2. Les acides gras polyinsaturés (AGPI)

Les acides gras poly-insaturés à moins de 18 atomes de carbone sont absents ou présents en quantités extrêmement faibles dans les graisses végétales et animales, mais les acides gras en C14 et en C16 ont été mentionnés dans les huiles d'animaux marins. Les acides gras poly-insaturés les plus importants et les plus répandus sont l'acide linoléique (C18 Δ 2(9,12)) et l'acide α -linoléique (C18 Δ 3 (9, 12,15)). Ils appartiennent respectivement à la famille des ω -6 et des ω -3 (CUVELIER *et al.*, 2004 ;MOSTEFA, 2011).

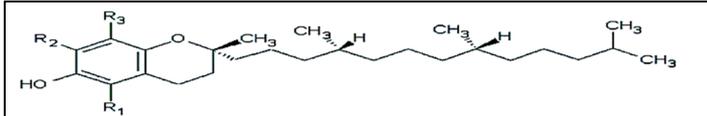
2.5.2. Les constituants mineurs

2.5.2.1. Les insaponifiables

C'est l'ensemble des composés qui ne sont pas esters, mais tous autres produits de constitution plus ou moins complexe. La teneur des corps gras en ces produits est généralement très faible, inférieure à 1% (ALICIA AYERDI, 2008).

2.5.2.1.1. Les tocophérols

La vitamine E est un terme générique pour huit composés chimiques voisins. Tous ont certes la même fonction, mais ils diffèrent nettement les uns des autres quant à leur degré d'efficacité. Le composé déployant la plus grande efficacité est l' α -tocophérol. La vitamine E est une vitamine liposoluble stockée dans le corps humain, principalement dans les tissus adipeux et le foie. Seules les plantes sont capables de synthétiser de la vitamine E. Par le biais de la chaîne alimentaire, la vitamine E se retrouve aussi dans les aliments carnés de sorte que, à côté des principales sources qui sont les huiles et graisses végétales, les fruits à coque et quelques légumes, les produits laitiers sont aussi une bonne source nutritionnelle (MOSTEFA, 2011).



Formule brute	Masse molaire	R ₁	R ₂	R ₃
α : C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430,7	CH ₃	CH ₃	CH ₃
β : C ₂₈ H ₄₈ O ₂	416,7	CH ₃	H	CH ₃
γ : C ₂₈ H ₄₈ O ₂	416,7	H	CH ₃	CH ₃
δ : C ₂₇ H ₄₆ O ₂	402,6	H	H	CH ₃

Figure n°06: Structure des tocophérols (AMCHA.A, 2012)

D'un point de vue biochimique, la vitamine E existe sous huit formes différentes, 4 tocophérols (α - β - γ - δ) et 4 tocotriénols (α - β - γ - δ). Dans le corps humain, celles-ci ne sont pas inter convertibles. Selon des études menées sur des animaux, l'efficacité décroît fortement de l'alpha-tocophérol au delta-tocophérol (; ALICIA AYERDI G, 2008).

A la température ambiante, les tocophérols se présentent sous la forme d'une huile visqueuse de coloration jaune pâle. Ils sont insolubles dans l'eau, très solubles dans les graisses, les huiles et les solvants organiques (éthers, acétone, chloroforme, méthanol, alcools méthyliques et éthyliques). Ils sont peu sensibles à la chaleur, à la lumière et aux acides, mais très sensibles à l'oxydation et aux bases.

2.5.2.2. Les phytostérols

Les stérols de plantes, appelés aussi phytostérols, sont des alcools stéroïdes, membres de la famille des triterpènes. Ils sont constitués d'un assemblage tétracyclique de cycles cyclopentaphenanthrène comprenant un groupement hydroxyle en position 3 du cycle A et une longue chaîne de 17 atomes de carbone. Leur structure est dérivée de celle du cholestérol et ne diffère que par un groupement méthyle ou éthyle sur le carbone 24 (JANE, 2005).

Le rôle premier des stérols est de renforcer les membranes cellulaires. Grâce à leur propriété amphiphile, les stérols s'intègrent dans la bicouche lipidique. La fonction hydroxyle polaire est dirigée soit vers la face interne soit vers la face externe de la bicouche. La fonction hydroxyle se trouve ainsi en contact soit avec le milieu intracellulaire soit avec le milieu extracellulaire. Le squelette hydrocarboné apolaire s'intercale entre les acides gras des phospholipides en interagissant par des liaisons de type Van der Waal. L'addition de stérol à une bicouche de phospholipides provoque la condensation de la membrane et donc son renforcement (ALEXANDRE, 2004).

2^{ème} Partie

Partie

Expérimentale

Chapitre III

Matériels et méthodes

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé est constitué de trois géotypes de carthame (*carthamus tinctorius* L.) d'origines différentes, France, Syrie (Halab) et Algérie (Touggourt). La conduite des géotypes pour la production des graines a été réalisée au niveau de la ferme expérimentale de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret. Les géotypes ont été installés selon un dispositif comprenant deux traitements hydriques, avec et sans irrigation. Au niveau de chaque traitement hydrique, chacun des trois géotypes a été installé dans trois micro-parcelles disposés en randomisation totale.

Tableau n°01: Les graines des trois géotypes utilisés

France	Halab (Syrie)	Touggourt (Algérie)
		

3.2. Les mesures effectuées

3.2.1. Les paramètres morphologiques des graines utilisées pour l'extraction de l'huile

Avant de procéder par l'extraction de l'huile, les graines mures issues de la récolte des trois géotypes conduits sous les deux situations hydriques (avec irrigation, sans irrigation), ont fait l'objet d'une caractérisation morphologique. Les mesures ont porté sur :

- Le poids de 1000 graines (PMG) ;
- Les dimensions de la graine (longueur et largeur) ;
- Le rapport du poids des téguments/ le poids du grain ;
- Le rapport du poids de l'amande/ le poids du grain ;
- Le rapport du poids de l'amande / le poids des téguments. (**voir annexe 01 ; annexe 02**)

3.3. Extraction et évaluation de rendement en huile végétale

L'extraction de l'huile a été réalisée à partir des graines des trois génotypes issues des deux situations hydriques, traitement avec irrigation et traitement sans pratique d'irrigation mené en sec. L'extraction a été faite par utilisation du cyclohexane à l'aide du SOXHLET. Différentes opérations ont été exécutées par parvenir à l'extraction de l'huile et qui se résumant aux étapes suivantes :

3.3.1. Etuvage

Les échantillons (graines) sont étuvés par passage à l'étuve réglée à une température de 55°C pendant une durée de 5 heures.

3.3.2. Broyage

Cette opération est réalisée juste avant l'extraction par un broyeur électrique et indispensable pour l'obtention d'une farine fine.

3.3.3. Procédés d'extraction



Figure n°07: Photographie de l'extracteur Soxhlet.

a- Le principe

L'extraction continue est un procédé beaucoup plus long que l'extraction discontinue (ampoule à décanter), mais elle a l'avantage d'être plus complète. L'extracteur Soxhlet est un appareil spécialement conçu pour l'extraction continue solide-liquide. Le solvant (5 à 10 fois la quantité de l'échantillon solide à extraire) est porté à ébullition, qui se condense ensuite avec le condenseur à boules, dans le réservoir à siphon, contenant le solide à extraire dans une cartouche de papier épais. Le contact entre le solvant et le produit à extraire dure pendant l'accumulation de solvant dans le réservoir, puis quand le solvant atteint un certain niveau, il

amorce le siphon et retourne dans le ballon en entraînant la substance dissoute. Ce cycle peut être répété plusieurs fois, selon la facilité avec laquelle le produit diffuse dans le solvant.

- 1 Agitateur magnétique
- 2 Ballon à col rodé
- 3 Retour de distillation (tube d'adduction)
- 4 Corps en verre
- 5 Filtre
- 6 Haut du siphon
- 7 Sortie du siphon
- 8 Adaptateur d'expansion
- 9 Condenseur
- 10 Entrée de l'eau de refroidissement
- 11 Sortie de l'eau de refroidissement

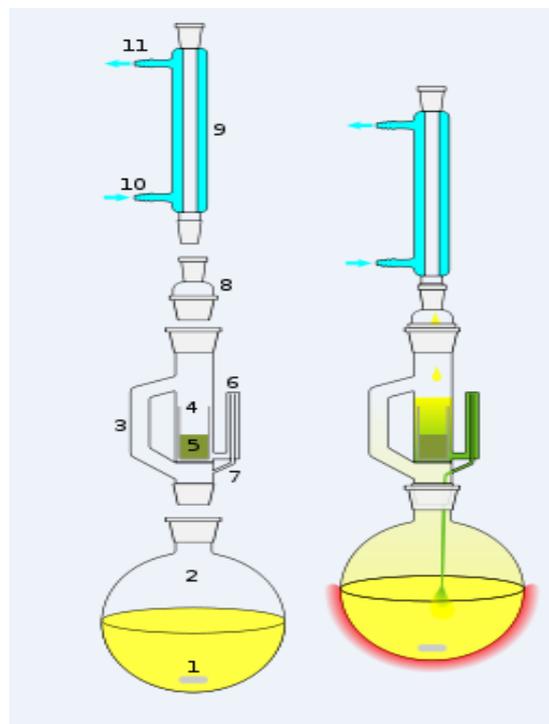


Figure n°08 : Représentation schématique d'un Soxhlet.

b- Mode opératoire

Le principe consiste à effectuer une extraction par un solvant organique à l'aide de dispositif Soxhlet d'une capacité de 150 ml. La farine est épuisée en matière grasse par le passage des solvants. On estime qu'une extraction est totale au bout de 6 heures. Le solvant utilisé est le cyclohexane et une fois l'extraction terminée le solvant est éliminés à l'aide d'un Rota vapor.

Les composés apolaires comme les corps gras sont insolubles dans les composés polaires comme l'eau, mais solubles dans les solvants apolaires tels que le cyclohexane. Le point d'évaporation du cyclohexane étant inférieur à celui des matières grasses à extraire, il est donc facile de les séparer par chauffage. Les étapes d'extraction selon ce procédé s'illustrent de la façon suivante :

- Peser de 15 g de farine de carthame ;
- Introduire l'échantillon dans une cartouche en cellulose qui est perméable au solvant et la couvrir avec du coton ;
- Mettre la cartouche dans l'appareil extracteur de "Soxhlet". Ce dernier est muni d'un réfrigérant par le haut, d'un ballon et d'un chauffe ballon par le bas ;

- Verser 150 ml de cyclohexane (50ml dans le réfrigérant et 100ml dans le ballon) ;
- Conduire le chauffage dans des conditions telles que le débit du reflux soit au moins de 3 gouttes à la seconde ;
- Le solvant va s'évaporer puis réfrigéré et le liquide tombe sur la substance à épuiser d'une façon à ce que la cartouche soit immergée. Lorsque la partie intermédiaire est suffisamment remplie de solvant, le siphon s'amorce et le solvant contenant la substance à extraire retourne dans le ballon chargé en lipides.
- Après la durée nécessaire (pendant 6 heures), on récupère la cartouche, d'une part, solvant et l'extrait, d'autre part ;
- La solution obtenue est passée dans le Rota Vapor pour éliminer par distillation la majeure partie du solvant, ce qui permet de récupérer les lipides seuls (la température d'ébullition des lipides est plus élevée que celle de cyclohexane qui s'évapore le premier) ;
- Eliminer les dernières traces du solvant en chauffant le ballon pendant 20 mn à 103°C ;
- Peser le ballon ;
- L'huile obtenue est mise dans des tubes hermétiquement fermés et envelopper dans du papier aluminium. Sa conservation est faite à une température ambiante +4°C. (**voir annexe 03**) ;
- Le rendement en huile de carthame a été défini comme étant le rapport entre la masse obtenue et la masse de la matière végétale traitée.

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{m}{m_0} \times 100$$

R% : rendement en huile végétale exprimé en % ; **m** : masse d'huile végétale obtenue en gramme ; **m₀** : masse de la matière végétale séchée en gramme.

3.4. Paramètres physico-chimiques de l'huile extraite

3.4.1. Paramètres physiques

a- La densité (AFN T 60 214)

La densité (poids spécifique, masse volumique) est un paramètre physique de l'huile qui se détermine par le rapport du poids d'un certain volume de l'huile à la température T, au poids d'un même volume d'eau à une température de 4°C. Elle renseigne sur le groupe auquel appartient une huile. Il est à noter que la densité doit être toujours inférieure à 1. Elle se mesure par la masse à température ambiante, d'un volume d'huile contenu dans le pycnomètre

préalablement étalonné à la même température. Elle est exprimée en gramme par ml ou en kilogramme par litre.

La densité est donnée par la formule suivante (WOLF, 1968) :

$$D = \frac{M2 - M0}{M1 - M0}$$

M0 : le poids en gramme du pycnomètre vide ; **M1**: le poids en gramme du pycnomètre rempli d'eau distillée ; **M2**: le poids en gramme du pycnomètre rempli d'huile. (Voir annexe 04.1) ;

b- Indice de Réfraction (AFNT 60 212)

L'indice de réfraction se définit comme le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide (à une longueur d'onde définie) à la vitesse de sa propagation dans la substance. A une température de 20°C, les huiles siccatives ont des indices de réfraction compris entre 1.480 et 1.523, les huiles demi-siccatives possèdent des indices de réfraction compris entre 1,468 et 1,470. Les mesures ont été effectuées au réfractomètre d'ABBE, à une température de 20°C, la méthode utilisée est celle décrite dans la norme NFT 60-212 (AFNOR, 1984). Les mesures au niveau des échantillons s'opèrent selon les étapes suivantes :

- Etalonner les prismes du réfractomètre (Réfractomètre d'ABBE 1T / 4T) par l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égale à 1,33 ;
- Nettoyer la lame du réfractomètre en utilisant du papier Joseph ;

Déposer quelques gouttes d'huile de carthame dans la lame de réfractomètre et régler le cercle de chambre sombre et claire dans la moitié, et effectuer la lecture des résultats à une température de 20°C. (Voir annexe 04.2).

-



Figure n° 09 : Refractomètre (ABBE 1T/ 4T)

3.4.2. Les paramètres chimiques

Les paramètres chimiques mesurés concernent, l'indice d'acidité, l'indice de peroxyde, l'indice de saponification, l'indice d'ester et le taux d'impureté.

a- L'indice d'acidité (NORME FRANÇAISE T60 204)

L'indice d'acide s'évalue par le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour la neutralisation des acides libres contenus dans l'huile (**Lion, 1955**). Il a été déterminé selon les étapes suivantes :

- Peser 2g d'huile dans un Erlenmeyer ;
- Ajouter 75 ml d'éthanol à 95° ;
- Neutraliser en présence de quelques gouttes de phénophtaléine à 1% ;
- Agiter énergiquement et titrer avec la solution d'hydroxyde de potassium (la solution éthanolique titrée est à 0,1 N) jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante ;
- On note le volume de la solution éthanolique de KOH ajoutée.

L'indice d'acide est donné par la relation :

$$\text{Indice d'acidité} = \frac{V \times 56.1 \times N}{P}$$

V : le volume de potasse employé ; **N** : la normalité de la solution ; **P** : la masse de la prise d'essai. (**Voir annexe 04.5**).

b- L'indice de peroxyde (NORME FRANÇAISE T60 220)

L'indice de peroxyde est défini comme le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme d'huile. Le principe est basé sur le traitement du corps gras en solution dans l'acide acétique et le chloroforme par une solution d'iodure de potassium. On titre par la suite l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium (0,01 N). La détermination de l'indice de peroxyde a été réalisée selon les étapes suivantes :

- Dans une fiole, peser 2 grammes d'échantillon. Ajouter 10 millilitres de chloroforme. Dissoudre rapidement la prise d'essai en agitant ;
- Ajouter 15 millilitres d'acide acétique puis 1 millilitre de solution de potassium ;
- Remettre le bouchon rapidement, agiter pendant une minute et laisser reposer pendant exactement 5 minutes à l'abri de la lumière et à une température de 15 à 25°C ;
- Ajouter 75 millilitres d'eau distillée. Titrer l'iode libéré avec une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,002 N en agitant vigoureusement et en employant une solution d'empois d'amidon comme indicateur ;

- Effectuer simultanément un essai à blanc. Si le résultat de ce dernier excède 0,05 millilitre de solution de thiosulfate de sodium 0,001N, remplacer les réactifs impurs (**WOLFF, 1969. AFNOR, 1981**).

L'indice de peroxyde (IP), exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme par la formule :

$$\text{Indice de peroxyde} = \frac{V \times T \times 1000}{M}$$

V : nombre de millilitres de solution de thiosulfate de sodium normalisée utilisée pour l'essai, corrigé en fonction des résultats de l'essai à blanc ; **T** : facteur de normalité exact de la solution de thiosulfate utilisé ; **M** : masse (en grammes) de la prise d'essai. (**Voir annexe 04.3**).

c- L'indice de saponification

L'indice de saponification correspond au nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier les acides gras contenus dans un gramme de matière grasse. Cette valeur est d'autant plus élevée que les acides gras sont de faible poids moléculaire (**Lion, 1955**).

Si l'on traite un ester par de la potasse suffisamment concentrée et chaude, on régénère suivant une réaction totale d'alcool et le sel de potassium de l'acide qui donne naissance à l'ester.



- Peser 2g d'huile puis ajouter 25 ml de KOH à 0,5 N, la solution est mise dans un chauffe ballon muni d'un réfrigérant ;
- Après une heure d'ébullition, le ballon est refroidi sous l'eau de robinet ;
- Ajout de 2 à 3 gouttes de phénophtaléine, titrer par une solution de HCl 0,5 N jusqu'à la disparition de la couleur rose et réapparition de la couleur initiale du mélange ;
- Utiliser un témoin selon le même procédé avec une prise d'essai et 2 ml d'eau distillée.

L'indice de saponification est donné par la formule établie ci-dessous (**Wolff, 1968**) :

$$\text{Indice de saponification} = \frac{V_0 - V}{P} \times N \times 56.11$$

V₀ : Volume en ml de HCl utilisé pour l'essai à blanc ; **V** : Volume en ml de HCl utilisé pour l'échantillon à analyser ; **P** : Prise d'essai en grammes ; **N** : Normalité 0.5 ; **56.11** : Masse molaire de KOH. (Voir annexe 04.4)

d- L'indice d'ester

Rappelons que l'indice d'ester d'un corps gras est la quantité de potasse exprimé en milligramme, nécessaire pour saponifier les acides gras combinés présents dans 1g de corps gras.

$$\text{Indice d'ester} = \text{IS} - \text{IA}$$

IS : indice de saponification ; **IA** : indice d'acidité. (Voir annexe 04.6).

e- Taux d'impuretés

L'altération des corps gras peut être estimée par le calcul du pourcentage d'impuretés.

$$\text{Taux d'impuretés}(\%) = \frac{\text{IA}}{\text{IS}} \times 100$$

IA : indice d'acidité ; **IS** : indice de saponification. (Voir annexe 04.7).

Chapitre IV

Résultats et discussions

Discussion et Conclusion
Générale

4. Résultats et discussion

4.1. Paramètres morphologiques de la graine

La caractérisation morphologique des graines de carthame utilisés dans la réalisation de notre étude a porté le poids de mille grains, les dimensions des graines ainsi que les rapports des poids de l'amande/la graine, les téguments/la graine et l'amande/les téguments.

4.1.1. Le poids de mille grains

L'élaboration du poids de mille grains (**Tableau n°02**) est significativement influencé par la nature des génotypes testés ($p < 0.01$) et du régime hydrique adopté ($p < 0.05$). L'interaction de la nature des génotypes avec le régime hydrique adopté n'impose aucune variation significative sur l'expression de cette caractéristique, ce qui indique que les génotypes expérimentés ont manifesté des comportements indistincts en réaction aux variations des régimes hydriques pour l'élaboration du poids de mille grains.

Les résultats moyens (**Tableau n°03**) indiquent que l'application de l'irrigation a été accompagnée d'une augmentation significative du PMG chez l'ensemble des génotypes testés. Les valeurs du PMG obtenues dans le traitement irrigué, sont de l'ordre 35.17g, 34g et 41g, enregistrées respectivement par les génotypes, France, Halab et Touggourt. Dans le traitement mené en sec, les valeurs du PMG sont comprises entre 31.41g et 37.33g relevées respectivement chez les génotypes Halab et Touggourt. Les taux de réduction du PMG imposées par l'absence d'irrigation sont de l'ordre de 11.19%, 9.82% et 9.30% relevés dans l'ordre chez les génotypes, France, Touggourt et Halab.

Tableau n°02 : Effets de l'origine des graines, des régimes hydriques adoptés dans la conduite des géotypes et de leur interaction sur les paramètres morphologiques de grains de carthame

	Géotypes	Régime hydrique	Géotypes x régime hydrique
Poids de mille grains	6.873 ^{**}	4.818*	0.023 ^{ns}
Longueur	1.052 ^{ns}	0.187 ^{ns}	0.896 ^{ns}
Diamètre	0 ^{ns}	4 ^{ns}	1 ^{ns}
Pois tégument/ Poids graines	0,1877 ^{ns}	0,0074 ^{ns}	0,3116 ^{ns}
Poids amande/ Poids graines	8,5243 ^{***}	5,3535*	2,8276 ^{ns}
Poids amande/ Poids tégument	30,802 ^{***}	11,143 ^{**}	1,974 ^{ns}

*Significatif a seuil de 5%, ** significatif au seuil de 1%, *** significatif au seuil de 0.1%, ^{ns} non significatif

Tableau n°03 : Les résultats moyens de poids mille grains chez les trois types des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec

Poids mille grain			
Géotype	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	35.17±2.61	31.63±1.27	18.18
Halab	34.33±1.76	31.41±1.14	0
Touggourt	41.00±2.65	37.33±1.20	18.18

4.1.2. La longueur du grain

L'élaboration de la longueur du grain (**Tableau n°02**) n'est que faiblement influencé par les variations des géotypes testés ($p>0.05$) ainsi les régimes hydriques adoptés ($p>0.05$). L'interaction des deux facteurs ne permet également que des variations imperceptibles ($p>0.05$). Ceci indique que cette caractéristique morphologique du grain chez le carthame est imposée génétiquement et qu'elle n'est que faiblement influencée par l'environnement.

Les résultats moyens (**Tableau n°04**) indiquent que les valeurs de la longueur du grain, au niveau du traitement irrigué, sont de l'ordre de 7.63mm (France), et 8mm (Halab, Touggourt). Tandis que dans le lot mené en sec, les valeurs de cette longueur évoluent entre de 7.33mm (France) et 7.67mm (Halab, Touggourt).

4.1.3. Le diamètre du grain

L'influence des niveaux de la variabilité génétique ainsi que les niveaux d'alimentation hydrique adoptés n'imposent aucunes variations notables des valeurs du diamètre de grain. Les fluctuations des valeurs émanant de leur interaction s'avèrent également faibles.

Dans le traitement irrigué, les valeurs du diamètre (**Tableau n°04**) sont comprises entre 3.33mm et 3.66mm détenues dans l'ordre par Halab d'un côté et Touggourt et France de l'autre. Dans le lot conduit en sec, les valeurs du diamètre vacillent entre les valeurs extrêmes de 3mm (France, Touggourt) et 3.33mm (Halab).

Tableau n°04 : Les résultats moyens de diamètre et longueur des grains et leurs évolutions en fonction des deux régimes hydriques, irrigué et sec.

Génotype	Diamètre			Longueur		
	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	3.66±0.33	3.00	18.18	7.63±0.37	7.33±0.33	3.97
Halab	3.33±0.33	3.33±0.33	0	8	7.67±0.33	4.13
Touggourt	3.66±0.33	3.00	18.18	8	7.67±0.33	4.13

4.1.4. Poids tégument / Poids graine

Le taux des téguments par rapport au poids total de la graine et estimé par le rapport poids tégument/poids de la graine s'annonce indépendant des variations de la nature génétique des individus, de la nutrition hydrique adoptée ainsi que de leur interaction (**Tableau n°02**).

Les résultats moyens obtenus (**Tableau n°05**) illustrent qu'au sein du traitement irrigué, les valeurs du rapport fluctuent entre 0.414 et 0,491 relevées respectivement chez les génotypes, France et Touggourt. Ces valeurs extrêmes dans le lot mené en sec, sont de l'ordre de 0,409 et 0,423 extériorisées dans l'ordre par les génotypes, France et Halab. Les réductions provoquées par l'absence d'irrigation sont de l'ordre de 14.34% (Touggourt), 10.47% (Hallab) et 1.17% (France).

4.1.5. Poids amande / Poids graine

Les variations des résultats élaboration du rapport PA/PG est significativement influencé par la nature des génotypes testés ($p < 0.001$) et du régime hydrique adopté ($p < 0.05$). L'interaction de la nature des génotypes avec le régime hydrique adopté n'impose aucune variation significative sur l'expression de cette caractéristique, ce qui indique que les génotypes testés

ont manifestés des comportements indistincts en réaction aux variations des régimes hydriques pour son élaboration (**Tableau n°02**).

Les résultats moyens (**Tableau n°05**) indiquent l'absence d'irrigation soldée par la déclaration du déficit hydrique, s'est accompagnée d'une nette réduction du rapport. Ainsi, dans le lot mené en irrigué, les valeurs moyennes du rapport progressent entre 0.509 et 0.591, tandis que dans le lot sec, ces valeurs s'étendent entre 0.279 et 0.586. Les fluctuations de ces données entre les deux traitements hydriques imposent des réductions du rapport dues au manque d'irrigation de l'ordre de 45.11%, 8.55% et 0.81% enregistrés respectivement chez les géotypes Touggourt, Halab et France.

Tableau n°05 : Les résultats moyens de PT/PG et PA/PG et leurs évolutions en fonction des deux régimes hydriques, irrigué et sec.

Géotype	Poids tégument/ Poids graine			Poids amande/ Poids graine		
	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	0.414±0.007	0,409±0,015	1.17	0.591±0.015	0,577±0,006	0.81
Halab	0,472±0,015	0,423±0,006	10.47	0,577±0,006	0,528±0,015	8.55
Touggourt	0,491±0,010	0,421±0,186	14.34	0,509±0,010	0,279±0,120	45.11

4.1.6. Poids amande/ Poids tégument

Le rapport PA/PT est significativement influencé par la nature des géotypes testés ($p < 0.001$) et du régime hydrique adopté ($p < 0.05$). L'interaction des deux facteurs ne permet que des variations non significatives, indiquant ainsi que les géotypes testés ont extériorisé des comportements similaires vis-à-vis des variations des régimes hydriques adoptés ($p > 0.05$) (**Tableau n°02**).

Les résultats moyens (**Tableau n°06**) illustrent que les valeurs obtenues de ce rapport dans le traitement irrigué sont de l'ordre de 1.45 (France), 1.37 (Halab) et 1.04 (Touggourt). Alors que dans le lot sec, les trois géotypes détiennent des valeurs de 1.42 (France), 1.12 (Halab) et 0.74 (Touggourt). La lecture des résultats entre les deux traitements hydriques indique que le déficit hydrique engendré par l'absence d'irrigation a provoqué des réductions des valeurs de ce rapport à des taux de 17.87%, 18.35% et 2.31% enregistrés respectivement chez les géotypes, Touggourt, Halab et France.

Tableau n°06 : Les résultats moyens de PA/PT chez les trois types des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec

Génotype	Poids amande/ Poids tégument		Evolution (%)
	Irrigué	Non irrigué	
France	1,45±0.09	1,42±0,04	2.31
Halab	1,37±0,03	1,12±0,07	17.87
Touggourt	1,04±0,04	0,74±0,11	28.73

4.2. Evaluation du rendement

Les résultats émanant de l'estimation du rendement (**Figure n°10 ; Tableau n°07**). Indique le régime hydrique appliqué avait réduit significativement le rendement en huile végétale fournies par les graines des trois génotypes testés.

En effet, les résultats montrent un rendement en huile plus élevé au niveau du lot irrigué par rapport au lot sec. Ainsi, en conditions d'alimentation hydrique optimale, le génotype Halab a inscrit le plus haut rendement avec une valeur moyenne de 33.47%, suivi par le génotype Touggourt avec 31.47%, enfin le plus faible rendement a été constaté chez le cultivar France avec une donnée de 30.60%.

Dans le traitement mené en conditions sèches, les valeurs du rendement en huile s'avèrent plus réduites et progressent entre 15.73% (Halab) et 29.40% (Touggourt). Le génotype France a inscrit une valeur intermédiaire estimé à 25.13%.

Tableau n°07 : Les résultats moyens de rendement chez les trois types des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec

Les génotypes	Huile en g	MV en g	Rendement
FB ₁	4.59	15	30.60
FB ₂	3.77	15	25.13
HB ₁	5.02	15	33.47
HB ₂	2.36	15	15.73
TB ₁	4.72	15	31.47
TB ₂	4.41	15	29.40

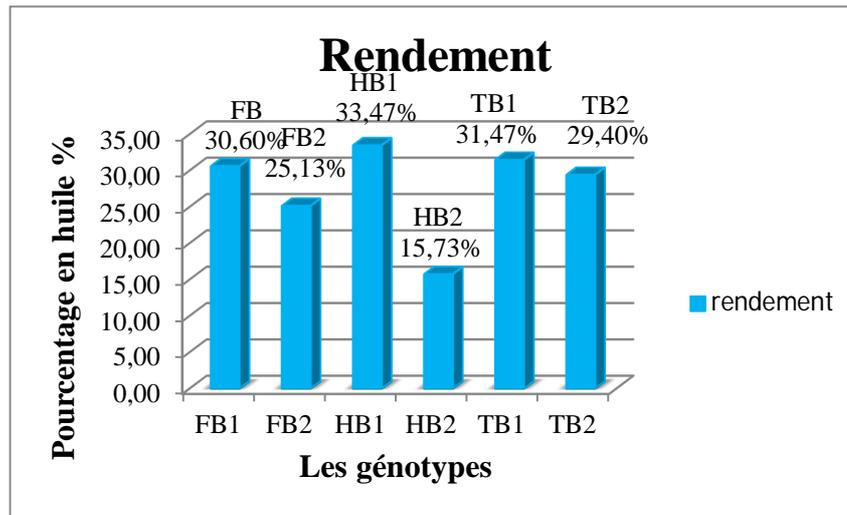


Figure n°10 : Les résultats du rendement

4.3. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile

4.3.1. Les paramètres physiques

La caractérisation physique de l'huile extraite des graines de carthame des trois génotypes et sous les deux régimes hydriques a porté sur la densité relative, l'indice de réfraction et l'indice de brusque.

4.3.1.1. La densité relative

La détermination de la densité d'une huile nous renseigne sur sa pureté. Elle est en fonction de la composition chimique des huiles et de la température (**BARKA, 2016**). Les résultats obtenus de la caractérisation de cette huile, indiquent que les variations de la densité constatées ne sont que faiblement influencées par la nature des graines, du niveau d'alimentation hydrique et de leur interaction (**Tableau n°08**).

Les résultats moyens (**Tableau n°09**) indiquent que le déficit en eau d'irrigation impose une réduction de la densité de l'huile chez tous les types en fonction des origines des graines, mais à des grandeurs différentes. Les résultats illustrent que dans le traitement irrigué, les valeurs de la densité sont comprises entre 0.743 et 0.871. Tandis que ou dans le lot sec, ces valeurs sont de l'ordre de 0.646 et 0.837. On note que les valeurs de la densité des deux lots sont proches de celle d'huile végétale de carthame dont la norme est donnée par **IFHVP (2005)** et est comprise entre 0.922 et 0.927.

De point de vue influence du déficit hydrique sur ce paramètre physique de l'huile, on constate que les indices de sensibilité des géotypes sont très divergents. Ces indices évalués à travers les taux de réduction de l'ordre de 13.02, 9.49 et 10.59 relevés respectivement chez les huiles des graines des géotypes, France, Halab et Touggourt.

Tableau n°08: Effets de l'origine des graines, des régimes hydriques adoptés dans la conduite des géotypes et de leur interaction sur les paramètres physiques de l'huile de carthame

	Géotype	Système hydrique	Géotype x système hydrique
La densité	0,9628 ^{ns}	0,9639 ^{ns}	0,0224 ^{ns}
Indice de réfraction	2 ^{ns}	87 ^{***}	44 ^{***}
Indice brix°	3.3 ^{ns}	111.8 ^{***}	36.2 ^{***}

*Significatif a seuil de 5%, ** significatif au seuil de 1%, *** significatif au seuil de 0.1%, ^{ns} non significatif

Tableau n°09: les résultats moyens de la densité relative chez les trois types d'huile issus des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec

La densité relative			
Géotype	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	0.743±0.0916	0.646±0,046	13.02
Halab	0.854±0,094	0.773±0,061	9.49
Touggourt	0.871±0,103	0,837±0,177	6.69

4.3.1.2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction nous renseigne sur la pureté et le groupe de l'huile. Les valeurs de cet indice (**Tableau n°08**) s'avèrent faiblement influencées par les origines des graines ayant servis à l'extraction des huiles, de la qualité d'alimentation hydrique ($p < 0.001$) et de leur interaction ($p < 0.001$).

Les résultats moyens (**Tableau n°10**) indiquent que dans les valeurs des huiles extraites des graines du traitement irrigué sont comprises entre 1.463 (France) et 1.470 (Touggourt). Tandis que pour l'huile extraite des graines issues du traitement hydrique mené en sec les valeurs de l'indice fluctuent entre 1.456 (Touggourt) et 1.463 (France). On constate, que l'absence d'irrigation imposant la déclaration d'un déficit hydrique, a provoqué une réduction de l'indice d'huile principalement de celui des graines des géotypes Halab et Touggourt. On

remarque également que les valeurs de l'indice de cette huile s'inscrivent dans les normes fournies par **IFHVP (2005)** et qui varient entre 1.467 et 1.470. Ces données classent l'huile extraite parmi la catégorie demi-siccative.

4.3.1.3. Indice brix°

Les valeurs obtenues de l'indice de brix° (IB) dépendent significativement des régimes hydriques appliqués dans la culture des graines ($p < 0.001$). A l'opposé la nature des géotypes produisant les graines n'a eu aucun effet sur les variations de l'IB des huiles extraites. L'interaction entre les deux facteurs impose également des variations significatives de l'IB de l'huile, indiquant ainsi que les géotypes produisant les graines ont manifesté des comportements distincts à l'égard des variations des régimes hydriques pour l'élaboration de ce paramètre (**Tableau n°08**).

Les résultats moyens (**Tableau n°10**) indique les valeurs de l'IB diminuent sous l'effet du déficit hydrique à des taux de 0.84%, 2.33% et 7.40%, respectivement des huiles des graines de France, Halab et Touggourt. Les valeurs de l'indice de brix° des huiles des graines du traitement irrigué sont comprises entre 0,691 (France) et 0,711 (Touggourt). Dans le lot sec, les valeurs de l'indice de brix° de l'huile sont comprises entre 0,659 (Touggourt) et 0,685 (France).

Tableau n°10: les résultats moyens de l'indice de réfraction et l'indice de brix° des huiles issues des trois types de graines et sous les deux régimes hydriques, irrigué et sec

Géotype	L'indice de réfraction			L'indice de brix°		
	Irigué	Non irrigué	Evolution (%)	Irigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	1.463±0.001	1.463±0,001	00.00	0.691±0.004	0.685±0,003	0.84
Halab	1.466±0,001	1.462±0,001	0.25	0.701±0,002	0.684±0,003	2.33
Touggourt	1.470±0,001	1.456±0,000	0.93	0.711±0,002	0.659±0,004	7.40

4.3.2 Les paramètres chimiques

La caractérisation chimique des graines de carthame utilisés dans la réalisation de notre étude a porté sur l'indice de peroxyde, l'indice d'acidité, l'indice de saponification, l'indice d'ester et le taux d'impureté. Les effets des géotypes producteurs des graines d'extraction d'huile, des régimes hydriques adoptés pour la culture des géotypes ainsi que leur interaction sur les paramètres chimiques de l'huile sont mentionnés dans le **Tableau n°11**. L'analyse de ces

effets démontre que les variations de l'ensemble des paramètres chimiques des huiles extraites sont soumises à une influence très hautement significative de ces facteurs de variation utilisés pour la production des graines ayant servis à l'extraction de l'huile analysée.

Tableau n°11: Effets de l'origine des graines, des régimes hydriques adoptés dans la conduite des géotypes et de leur interaction sur les paramètres chimiques de l'huile de carthame

	Origine des graines	Régime hydrique	Géotype x régime hydrique
Indice de peroxyde	606.46***	203.96***	819.34***
Indice d'acidité	1648.1***	469.4***	105.4***
Indice de saponification	26.784***	25.033***	21.977***
Indice d'ester	26.923***	25.209***	21.953***
Taux d'impureté	116.642***	81.902***	26.005***

*** significatif au seuil de 0.001% ; ns non significatif

4.3.2.1. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est lié aux conditions de conservation et aux modes d'extraction. C'est un critère très utile et d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative de l'huile végétale. Comme a été indiqué précédemment, l'indice de peroxyde dépend de la nature des graines (origine génétique) et des facteurs de l'environnement qui dans le cas de notre étude concerne les variations des régimes hydriques utilisés pour la production des graines. Les valeurs de cet indice varient à travers les différents types de l'huile en fonction de la nature des graines servant à son extraction. Les valeurs s'avèrent plus élevées chez les huiles issues des graines conduites en irrigué. Ainsi, dans le traitement irrigué, les valeurs d'IP sont comprises entre 14.62 (Touggourt) et 21.58 (France). Dans le lot sec, les valeurs de cet indice sont de l'ordre de 7.13 (Touggourt), 12.35 (Halab) et 14.54 (France). Suivant ces résultats, il se démontre alors que la sécheresse est un facteur induisant la diminution de l'indice de peroxyde de l'huile de carthame. Cette diminution dépend de la nature des graines et s'étend entre 33% (France) et 51% (Touggourt) (**Tableau n°12**).

Tableau n°12: Les résultats moyens d'indice de peroxyde chez les trois types d'huile issus des graines produites sous deux régimes hydriques, irrigué et sec

Indice de peroxyde			
Géotype	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	21.58±0.29	14.45±0.22	33.06
Halab	20.18±0.09	12.35±0.18	38.78
Touggourt	14.62±0.31	7.13±0.07	51.21

4.3.2.2. Indice d'acidité

L'indice d'acide définit la qualité de l'huile. Il caractérise la pureté et la stabilité des huiles à la température ambiante. Les valeurs de l'indice d'acidité varient en fonction de la nature des graines et de leur mode de conduite hydrique.

Les résultats moyens (**Tableau n°11 et Tableau n°13**) indiquent que les variations des niveaux d'alimentation hydrique des plantes produisant les différents types de graines imposent des variations des valeurs d'indice d'acidité des huiles extraites. Ces variations dépendent de la nature de la variabilité génétique des graines. Ainsi, l'huile extraite des graines issues du lot sec a inscrit des indices plus faibles que celle extraite des graines issues des plantes conduites en irrigué. Les valeurs moyennes de cet indice inscrites au niveau des huiles extraites des graines issues du lot irrigué sont de l'ordre de 0.92, 0.64 et 0.82 inscrites respectivement chez les géotypes France, Halab et Touggourt. Les valeurs de l'indice l'huile des graines du lot sec progressent entre 0.61 (Halab) et 0.78 (France).

Les valeurs de l'indice d'acidité de l'huile en fonction de la nature des graines de la nutrition hydrique des plantes sont en conformité avec les normes données par IFHVP(2005) et qui est d'au plus 0.6 milligramme d'hydroxyde de potassium par gramme de huile. Ceci confère une bonne stabilité à cette huile.

4.3.2.3. Indice de saponification (mg de KOH/g d'huile)

L'indice de saponification mesuré chez les trois types d'huile est influencé d'une façon très hautement significative par la nature des graines employées pour l'extraction de l'huile, du régime hydrique appliqué dans la conduite des géotypes producteurs des graines et de leur interaction (**Tableau n°11**).

Les résultats moyens (**Tableau n°13**) indiquent que la pratique d'irrigation a provoqué une augmentation d'indice de saponification des trois types d'huile suivant la nature des graines des quelles a été extraite. Ainsi, dans le traitement irrigué, les valeurs d'indice de saponification de l'huile est de l'ordre 158, 185 et 187 relevées respectivement des huiles des graines des génotypes, France, Touggourt et Halab. Dans le même ordre et dans le lot mené en sec, les valeurs de saponification enregistrées s'évaluent à 130.92, 170.2 et 143, permettant ainsi des accroissements respectifs de 17.14%, 8% et 23.54%.

Selon ces résultats, on constate que les huiles extraites des graines des génotypes, Halab et Touggourt sont en conformité avec les normes fournies par **IFHVP (2005)** et qui s'échelonnent entre 186 et 198.

Tableau n°13 : Les résultats moyens de l'indice d'acidité et l'indice de saponification et leurs évolutions en fonction des deux régimes hydriques, irrigué et sec.

Génotypes	L'indice d'acidité			L'indice de saponification		
	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	0.92±0.007	0.787±0.003	14.80	158±3.74	130.92	17.14
Halab	0.64±0.003	0.617±0.003	3.14	187.03	143±3.74	23.54
Touggourt	0.82±0.003	0.76±0.003	7.35	185.16±9.72	170.2±1.87	8.08

4.3.2.4. Indice d'ester

L'analyse des résultats obtenus des mesures de l'indice d'ester (**Tableau n°11**) montre que ce paramètre chimique est également dépendant de la nature de l'huile (nature des graines utilisées dans l'extraction) des régimes hydriques employés pour la culture des génotypes ayant fourni les graines et de leur interaction. Les résultats obtenus indiquent que les valeurs de cet des huiles analysées sont légèrement supérieures à celles fournis par le **Codex Alimentarius (1983)** et qui s'étalent de 92 à 102.

Les résultats moyens obtenus (**Tableau n°14**) montrent que dans les valeurs d'indice d'ester des huiles obtenues conduites sous la pratique d'irrigation, sont comprises entre 157.21 (France) et 186.42 (Halab), tandis que dans le lot mené en sec, ces valeurs extrêmes sont de l'ordre de 130 (France) et 169.44 (Touggourt). La pratique d'irrigation dans la conduite des

graines ayant servi à la production des huiles a provoqué une augmentation des valeurs d'indice d'ester à des taux de 17.31% (France), 23.63% (Halab) et 8.08 (Touggourt).

4.4.2.5. Le taux d'impureté

Les taux d'impureté des huiles des trois types des graines et des deux régimes hydriques s'avèrent conformes et consommables, selon les normes fournies par le **Codex Alimentarius (1983)** et qui sont comprises entre les valeurs de 1.16% et 3.71%. On note également que les taux d'impureté varient en fonction de la nature des graines, des régimes hydriques et de leur interaction (**Tableau n°11**).

Les résultats moyens (**Tableau n°14**) exposent que les taux d'impureté de l'huile des trois types de graines, dans de le lot irrigué, sont de l'ordre de 0.71, 0.46 et 0.44 enregistrés respectivement chez les huiles des graines des génotypes France, Halab et Touggourt. En absence d'irrigation ces valeurs sont de l'ordre de 0.5 (France), 0.33 (Halab) et 0.44 (Touggourt). Ces résultats démontrent que l'absence d'irrigation a permis de produire des huiles avec des taux d'impureté plus faibles avec des niveaux de 29.54% (France), 25.88% (Halab) et 0.22% (Touggourt).

Tableau n°14 : Les résultats moyens de l'indice d'ester et le taux d'impureté des huiles issues des trois types de graines et sous les deux régimes hydriques, irrigué et sec

Génotype	Indice d'ester			Taux d'impureté		
	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)	Irrigué	Non irrigué	Evolution (%)
France	157.21±0.003	130	17.31	0.71±0.024	0.5±0.002	29.54
Halab	186.42±3.74	142.36±0.003	23.63	0.46±0.002	0.33±0.007	25.88
Touggourt	184.35±9.72	169.44±1.87	8.08	0.44±0,004	0.44±0.02	0.22

Discussion et Conclusion
Générale

Discussion et conclusion générale

Le carthame est une plante oléagineuse caractérisée par sa tolérance aux stress abiotiques, essentiellement le déficit hydrique. Elle constitue une plante candidate par excellence pour l'introduction et le développement de la culture des espèces oléagineuses en Algérie. L'étude entreprise se fixe comme un principal objectif, la réalisation des essais de comportement de la culture de cette espèce sous les conditions environnementales de la région de Tiaret et particulièrement sa productivité et la qualité des huiles extraites des graines produites. Les résultats obtenus indiquent qu'au sein de cet espèce, il existe une richesse génétique importante, estimée à travers la variabilité (génotypes) conduite, conditionnant la tolérance à la sécheresse, la productivité et la qualité physico-chimique des huiles extraites.

Les résultats obtenus indiquent que les graines issues des trois génotypes ont inscrit des rendements en huiles supérieurs à 30% sous les conditions d'alimentation hydrique optimales et qui se rapprochent des rendements inscrits chez d'autres plantes oléagineuses, le tournesol et le ricin (JULIEN GARCIA et al., 2008 ; MAKHLOUF et al., 2013 ; Lecerf, 2010). En conditions de sécheresse, le rendement en huile diminue mais à des taux très faibles. Sous ces conditions, le génotype Touggourt a inscrit une teneur de 29.5%. Ces résultats confirment que cette espèce manifeste une faible sensibilité à la sécheresse pour la production de l'huile. On note que la population locale Touggourt a extériorisé l'indice de sensibilité à la sécheresse le plus faible, pour la capacité de production d'huile.

L'étude physico-chimique de l'huile extraite des graines des trois génotypes a démontré qu'elle se distingue par d'excellentes qualités et que ces caractéristiques ne sont nullement altérées par le déficit hydrique appliqué lors de la production des graines. Sous les deux conditions hydriques, avec et sans pratique d'irrigation les paramètres physico-chimiques de l'huile s'avèrent conformes aux normes établies par IFHVP (2005). Ces résultats indiquent que l'huile produite se distingue par ses faibles taux d'impureté, sa faible acidité et son faible indice de saponification (SALOME, 2004). Pour ces paramètres, les génotypes Touggourt et Halab se distinguent en inscrivant les plus faibles valeurs. Les résultats obtenus indiquent également que l'huile extraite des graines dont la production est conduite en condition de sécheresse présente un indice de peroxyde faible lui permettant d'être moins sensible aux oxydations durant sa conservation. Ce résultat confirme que l'huile de carthame, particulièrement celui cultivé en conditions de sécheresse est plus riche en acides gras insaturés (DAHO, 2008). Cette particularité chimique améliore la qualité de l'huile de

carthame en comparaison avec les huiles issues des autres espèces oléagineuses. On cite par conséquent l'huile de tournesol qui est plus oxydable et par conséquent plus riche en acides gras saturés.

1^{er} Partie

Synthèse

bibliographique

1. **ALEXANDRE.N., 2004.** Étude d'une famille de gènes d'*Arabidopsis thaliana* homologues de la lécithine cholestérol acyltransférase humaine. Caractérisation d'une nouvelle phospholipase A1 et étude d'un stérol acyltransferase : Thèse doctorat, Université Louis Pasteur 2p.
2. **ALICIA AYERDI. G., 2008.** Étude des variations des teneurs et de la variabilité des compositions en tocophérols et en phytostérols dans les akènes et l'huile de tournesol (*Helianthus annuus L.*) : Thèse doctorat, Université de Toulouse, 19-27Pp.
3. **AMCHA.A ., 2012.**Détermination des antioxydants des huiles d'olives (N.W Algérie) : Mémoire magister, Université de Tlemcen12-15-16-24-25-27Pp.
4. **ANJANI, K., et YADAV, P., 2017.** High yielding-high oleic non-genetically modified Indian safflower cultivars Cultivars indiens oliéque : Industrial Crops & Products, Indian Institute of Oilseeds Research, Hyderabad, India 104(April), 7p.
5. **ANJANI, K.YADAV, P., 2017.** High yielding-high oleic non-genetically modified Indian safflower cultivars. Industrial Crops and Products. . Journal home page: www.elsevier.com/locate/indcrop High. Indian Institute of Oilseeds Research, Hyderabad, India. 1p.
6. **BARKA. A., 2016.** Evaluation des indices de nature physico-chimiques de quelques huiles alimentaires de friture et impact sur la santé du consommateur: Mémoire de master académique, Université de Tlemcen, 37-48 Pp.
7. **BENSEGHIER. K et KHAMED.O., 2014.** Huiles Alimentaire de graines *Pinus pinea* Extraction et Caractérisation physique-chimique : Mémoire d'ingénieur, Université kasdi Merbah-Ouargla 23-25-38- 84-85Pp.
8. **CENTRE DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE SUR LES REGION ARIDES OMAR EL-BARNAOUL., 2009.** La culture des plantes médicinales condimentaires et aromatiques dans les régions arides (*Carthame tinctorius L.*).Station Expérimentale Des Bio Ressources d'El- Outaya 1-11Pp.
9. **CHEKROUN .N., 2013.** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales : Huile Afia : Mémoire du master en chimie, Université de Tlemcen. 8-10 Pp.

10. CLAIRE. B., 2011. Etude chimiques de substances contenues dans une collection exceptionnelle de poteries provenant de deir el midineh (Egypte) une population et ses produits : Thèse doctorat Université de Strasbourg 32-33Pp.

11. CODEX ALIMENTARIUS, 1993. Annexe V, avant-projet de norme pour les huiles végétales portant un nom scientifique. Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualité en chimie* n° 270: 108-115Pp.

12. COLINE. M., 2016. Etude des relations entre division cellulaire et métabolisme des triglycérides chez les plantes et les microalgues: Thèse doctorat, Université de Grenoble Aleps 9-22 P Pp.

13. CUVELIER, C., et CABARAUX. J., 2004. Acides gras : nomenclature et sources alimentaires : Article de synthèse, Université de Liège, 133-139Pp.

Derakhshan, E., Majidi, M. M., Sharafi, Y., & Mirlohi, A., 2014. Discrimination and genetic diversity of cultivated and wild safflowers (*Carthamus* spp.) using EST-microsatellites markers: *Biochemical Systematics and Ecology*, University of Technology, Isfahan 84156-8311, Iran130p.

14. DESPIAU. C., 1978. Les solvants d'extraction : Deux aspects technologiques et économiques. Incidences sur le choix du solvant : *Revue française de corps gras*, Paris, vol 25, n°1. 7 – 9 Pp.

15. ERIK, J et al., 2017. The effect of cold acclimation on the low molecular weight carbohydrate composition of safflower : Heliyon, University, Pullman, WA, 99164-6402, USA 2p.

16. FAN, L et GOU, M., 2013. Progress of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) regeneration through tissue culture: *Journal of Medical Colleges of PLA*, University, Shanghai 200433, China. 290p.

17. FAN, L et GUO, M., 2014. Regeneration of (*Carthamus tinctorius* L.) from Jimsar Chinese Herbal Medicines (CHM) University, Shanghai 200433, China. 237p.

18. FERNANDEZ MARTINEZ, J., 2005. Sesame and safflower newsletter. IAS, Cordoba, Spain. 1-12Pp.

19. GADOUM.A., 2011. *Extraction, analyse et caractérisation d'huile de carthame (Carthamus tinctorius L.)* : Mémoire Master II, Université de SAAD DAHLEB-BLIDA, 1p.

- 20. GALTANE, NETTOIE., 2013.** Huile de carthame. Fiche technique. *Chemin de l'Ermitte, 69 B-1420 Braine l'Alleud Belgique Tél. 02 384 98 15 Fax 02 384 12 92 info@galtane.com*. 1-18Pp.
- 21. GENGMAO, Z., YU, H., XING, S., SHIHUI, L., QUANMEI, S., CHANGHAI, W., 2015.** Salinity stress increases secondary metabolites and enzyme activity in safflower. *Industrial Crops and Products*, 64(1), 175–181. 3p.
- 22. GUEDDA. I et KOULL.R., 2017.** Contenu en composés phénoliques et activités biologiques des extraits de quelques plantes sahariennes : Mémoire de master académique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 11-12Pp.
- 23. HMIDA.D., 2016.** Recherche de conditions alternatives à l'utilisation de solvants chlorés en Chromatographie Liquide Non-Aqueuse à Polarité Inversée de Phases. Applications à l'analyse des lipides présents dans les milieux complexes : Thèse doctorat, L'Université Tunis El Manar Et De L'université Paris-Saclay Préparé A L'Université Paris-Sud Tunis, 29-34Pp.
- 24. HOJATI, M., MODARRES-SANAVY, S.A.M., KARIMI, M., GHANATI, F., 2011.** Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. *Acta Physiol. Plant* 33, 105–112Pp.
- 25. INSTITUT FRANÇAIS DES HUILES VEGETALES PURES (IFHVP),, 2005.** Les huiles végétales: 2000 plantes oléagineuses répertoriées . Description des huiles alimentaires au Canada ,20p.
- 26. JANE. R., 2005.** Composition de la graine de tournesol (*Helianthus annuus* L.) sous l'effet conjugué des contraintes agri-environnementales et des potentiels variétaux : Thèse de doctorat, École Doctorale 20-21-68-69Pp
- 27. JULIEN. G., 2008.** Filière oléo-protéagineuse. Huiles particulières (Carthame, Cynara, Risin, Sésame). Fiche technique, production peu développée. Synthèse régionale « Alternatives Agricoles à l'arrachage de la vigne » Chambre Régionale d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, 1-6Pp.
- 28. JULIEN.G., 2006.** Transformation par voie thermique de triglycéride et d'acide gras. Application à la valorisation chimique des déchets lipidique : Thèse doctorat, école doctoral RP2E, 10-11-12Pp.

- 29. KARAMI, S., SABZALIAN, M. R., RAHIMMALEK, M., SAEIDI, G., GHASEMI, S., 2017.** Interaction of seed coat color and seed hardness: An effective relationship which can be exploited to enhance resistance to the safflower fly (*Acanthiophilus helianthi*) in *Carthamus* spp. *Crop Protection*, 98, 267–275Pp.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.04.006>
- 30. LANDRY, ERIK J. FUCHS, SAM J. BRADLEY, VICKI L. JOHNSON, R. C., 2017.** The effect of cold acclimation on the low molecular weight carbohydrate composition of safflower. *Journal Heliyon*. 2p.
- 31. LECERF, J. M., 2010.** Editorial: Les huiles végétales. *Phytotherapie*, 8(2), 75–76Pp.
- 32. LION. PH., 1955.** Travaux pratiques de chimie organique. Ed. Dunod. Paris. 496p.
- 33. Lou, L. L., Liu, S., Yan, Z. Y., Lin, B., Wang, X. B., Huang, X. X., & Song, S. J., 2017.** Tetrahydro- β -Carboline alkaloids from *Carthamus tinctorius* L. with tyrosinase inhibitory activity Alcaloïdes de Tetrahydro- β -Carboline du tinctorius L *Phytochemistry Letters University, Shenyang*107p.
- 34. LYES.T, 2012.** Etude de la combustion d'un biocarburant innovant dans les moteurs à combustion interne de véhicules : Thèse de doctorat, Université de Nantes 10P.
- 35. MEKHLOUF, A., DEHBI, F., HANNACHI, A., & HARBI, M. (N.D.), 2013.** Réponses du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) aux basses températures en relations avec la capacité de production. *Revue Agriculture* N ° 3. 13–23Pp.
- 36. MERATATE.F., 2017.** Détermination structurale et évaluation biologique des substances naturelles bioactives : thèse doctorat, Université de M'sila, 10p.
- 37. MOSTEFA-KARA. I., 2011.** Contribution à l'étude de l'analyse de l'huile de *Citrullus colocynthis* (coloquinte) et de son pouvoir antimicrobien : Mémoire de magister, Université de Tlemcen .33-35Pp.
- 38. ORNELLA.Z, 2009.** Fonctionnalisation et photopolymérisation de l'huile de lin en vue de l'élaboration de nouveaux matériaux sans émission de composés organiques volatils (COV) Thèse doctorat Université 05p.

39. PHUONG JEAN. N., 2014. Intervention de la carnitine au cours du développement normal ou affecté chez *Arabidopsis thaliana*, en lien avec le métabolisme des lipides : Thèse doctorat, Université de Technologie de Compiègne. 16p.

40. REGINALDO, S et al., 2017. Productivity and production components of safflower genotypes affected by irrigation at phenological stages: *Agricultural Water Management*, Universidade Estadual font Oeste font Paraná. 66p.

41. ROGERIO, C., et al., 2016. Pressurized liquid extraction and chemical characterization of safflower oil: A comparison between methods *Food Chemistry*, Department of Food Technology, IFRS – Campus Sertão, Sertão, RS 99170-000, Brazil 425p.

42. SAID.B., 2009. Les lipides : Structure, Propriétés et applications technologique Académie de Montpellier Lycée Simone WEIL 05p.

43. SALOME KPOVIESSI, D. S., ACCROMBESSI, G. C., KOSSOUOH, C., SOUMANOU, M. M., ET MOUDACHIROU, M., 2004. Propriétés physico-chimiques et composition de l'huile non conventionnelle de pourghère (*Jatropha curcas*) de différentes régions du Bénin. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10–11), 1007–1012Pp.

44. SAMPAIO, M. C., SANTOS, R. F., BASSEGIO, D., VASCONSELOS, E. S. DE, SILVA, M. DE A., SECCO, D., SILVA, T. R. B. DA., 2016. Fertilizer improves seed and oil yield of safflower under tropical conditions. *Industrial Crops and Products*, 94, 589–595Pp. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.041>

45. SINGH, S., ANGADI, S. V., GROVER, K. K., HILAIRE, R. S., & BEGNA, S., 2016. Effect of growth stage based irrigation on soil water extraction and water use efficiency of spring safflower cultivars. *Agricultural Water Management*, 177, 432–439Pp.

46. TIZANE. DAHO., 2008. Contribution à l'étude des conditions optimales de combustion des huiles végétales dans les moteurs diesel et sur les brûleurs : cas de l'huile de coton thèse de Doctorat, L' UNIVERSITÉ DE OUAGADOUGOU. Unité de Formation et de Recherches / Sciences Exactes et Appliquées (UFR / SEA) Spécialité: Energétique / Combustion. 16P.

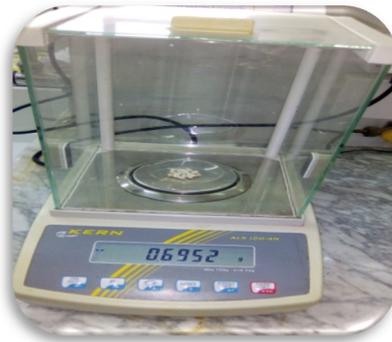
47. VALLANTINO.E. ET OTSOSENG.O., 2017. Safflower Production. The Botswana University of Agriculture and Natural Resources 6-40Pp

48. WANG, Y., CHEN, P., TANG, C., WANG, Y., LI, Y., ZHANG, H., 2014.
Antinociceptive and anti-inflammatory activities of extract and two isolated flavonoids of *Carthamus tinctorius* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 151(2), 944–950Pp.

49. Wolff, 1968. Manuel d'analyse des corps gras. Ed. Azoulay. Paris, 517p.

Annexes

Annexe 01 : Photos de morphométrie



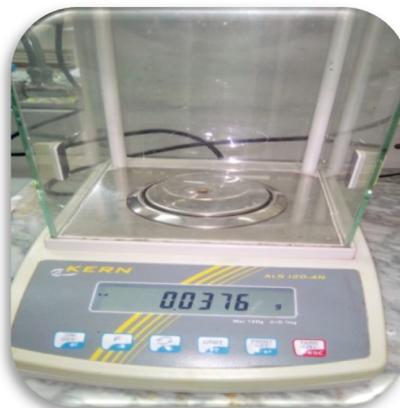
✓ Poids de 20 graines



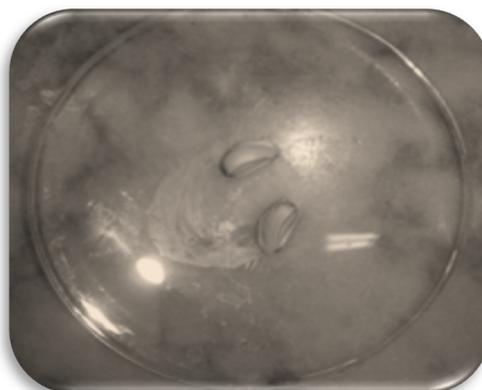
✓ Les dimensions de la graine (longueur et largeur)



✓ Poids d'une graine



✓ Poids de l'amande



✓ Poids du tégument

Annexe 02 : Paramètres morphologiques

V	SH	R	PVG	PMG	LNG	LRG	PG	PA	PT	PT/PG	PA/PG	PT/PA	PA/PT
F	B1	1	0,6832	34,16	6,89	2,87	0,032	0,0183	0,0137	0,428125	0,571875	0,74863388	1,335766423
		2	0,609	30,45	7,89	2,91	0,0317	0,0189	0,0128	0,403785489	0,596214511	0,677248677	1,4765625
		3	0,6056	30,28	7,76	3,44	0,0385	0,0227	0,0158	0,41038961	0,58961039	0,696035242	1,436708861
	B2	1	0,7926	39,63	6,73	3,13	0,0276	0,0171	0,0105	0,380434783	0,619565217	0,614035088	1,628571429
		2	0,7058	35,29	7,65	3,73	0,0272	0,0155	0,0117	0,430147059	0,569852941	0,75483871	1,324786325
		3	0,6119	30,59	6,67	3,73	0,0357	0,0208	0,0149	0,417366947	0,582633053	0,716346154	1,395973154

V	SH	R	PVG	PMG	LNG	LRG	PG	PA	PT	PT/PG	PA/PG	PT/PA	PA/PT
H	B1	1	0,6734	33,67	7,8	3,14	0,0403	0,0224	0,0179	0,444168734	0,555831266	0,799107143	1,251396648
		2	0,599	29,95	7,81	3,65	0,0592	0,0308	0,0284	0,47972973	0,52027027	0,922077922	1,084507042
		3	0,6125	30,625	7,75	2,6	0,0505	0,0256	0,0249	0,493069307	0,506930693	0,97265625	1,02811245
	B2	1	0,6245	31,225	7,66	3,03	0,0319	0,0183	0,0136	0,426332288	0,573667712	0,743169399	1,345588235
		2	0,7481	37,405	6,99	3,76	0,0302	0,0172	0,013	0,430463576	0,569536424	0,755813953	1,323076923
		3	0,6903	34,515	7,7	3,06	0,0335	0,0197	0,0138	0,411940299	0,588059701	0,700507614	1,427536232

V	SH	R	PVG	PMG	LNG	LRG	PG	PA	PT	PT/PG	PA/PG	PT/PA	PA/PT
T	B1	1	0,7801	39,005	8,04	3,32	0,0609	0,0209	0,04	0,65681445	0,34318555	1,913875598	0,5225
		2	0,8725	34,625	7,56	3,27	0,626	0,0294	0,0332	0,053035144	0,046964856	1,129251701	0,885542169
		3	0,7629	38,145	6,89	3,13	0,0536	0,024	0,0296	0,552238806	0,447761194	1,233333333	0,810810811
	B2	1	0,7208	36,04	7,93	4,33	0,0384	0,0203	0,0181	0,471354167	0,528645833	0,891625616	1,121546961
		2	0,8479	42,395	8,23	3,6	0,0539	0,0267	0,0272	0,504638219	0,495361781	1,018726592	0,981617647
		3	0,9038	45,19	7,73	3,48	0,0585	0,0294	0,0291	0,497435897	0,502564103	0,989795918	1,010309278

Annexe 03 : photos d'extraction d'huile de carthame



1. Incubateur



2. Broyeur



3. l'extracteur Soxhlet



4. Rota vapeur



5. Matière grasse

Annexe 04 : Paramètres physico-chimiques

Annexe 04.1 : Densité relative



PE	V	SH	R	M0	M1	M2	d
d	F	B1	1	7,1067	8,0935	7,8135	0,7162546
			2			7,837	0,7400689
			3			7,8694	0,7729023
		B2	1			7,6565	0,5571544
			2			7,808	0,710681
			3			7,7689	0,671058
	V	SH	R			M2	d
		B1	1			7,7791	0,6813944
			2			7,9731	0,8779895
	H		3			8,0971	1,0036482
		B2	1			7,8041	0,7067288
			2			7,9895	0,8946088
			3			7,8156	0,7183827
	V	SH	R			M2	d
	T	B1	1			7,7963	0,6988245
			2			7,8701	0,7736117
			3			8,1326	1,039623
		B2	1			8,132	1,039015
			2			7,5439	0,4430482
			3			7,9568	0,8614714

Annexe 04.2: l'indice de réfraction

PE	V	SH	R	IRE	IBE	IRH	IBH	
I.R	F	B1	1	0	1,333	1,465	69,75%	
			2			1,463	69%	
			3			1,462	68,50%	
		B2	1			1,463	69%	
			2			1,465	68%	
			3			1,462	68,50%	
		V	SH			R	IRH	IBH
		H	B1			1	1,465	69,75%
						2	1,466	70,15%
	3					1,467	70,25	
	B2		1			1,463	68,65%	
			2			1,461	67,85%	
			3			1,463	68,75%	
	V	SH	R			IRH	IBH	
	T	B1	1			1,47	71,15%	
			2			1,47	70,75%	
			3			1,469	71,50%	
		B2	1			1,458	66,60%	
			2			1,455	65,50%	
			3			1,455	65,50%	

Annexe 04.3 :L'indice de peroxyde

PE	Variété	SH	R	V0	V1	PDH	milliequi/kg	V1-V0	(V1-V0)/PDH	LPC
I.P	France	B1	1	5	11	0,25	10	6	24	240
			2	4,8	9,2			4,4	17,6	176
			3	3,7	6			2,3	9,2	92
		B2	1	8	10,5			2,5	10	100
			2	7,51	9			1,49	5,96	59,6
			3	5	7			2	8	80
	Variété	SH	R	V0	V1			V1-V0	(V1-V0)/PDH	LPC
	Halab	B1	1	7,8	11,5			3,7	14,8	148
			2	9,2	12			2,8	11,2	112
			3	8	10			2	8	80
		B2	1	4	7,7			3,7	14,8	148
			2	3	6			3	12	120
			3	5	8,8			3,8	15,2	152
	Variété	SH	R	V0	V1			V1-V0	(V1-V0)/PDH	LPC
	Tougourt	B1	1	9,2	11,3			2,1	8,4	84
			2	5,3	8,5			3,2	12,8	128
			3	7,1	9,8			2,7	10,8	108
		B2	1	9	15,2			6,2	24,8	248
			2	7,2	13,1			5,9	23,6	236
			3	8,7	12,2			3,5	14	140

Annexe 04.4 :L'indice de saponification

PE	Variété	SH	R	V0	V1	V0-V1	PDH	(V0-V1)/PDH	N	M KOH	ISC
I.S	France	B1	1	4,61	4,4	0,21	0,25	0,84	0,5	56,11	23,5662
			2	3,59	3,38	0,21		0,84			23,5662
			3	6,55	6,35	0,2		0,8			22,444
		B2	1	4,3	3,2	1,1		4,4			123,442
			2	4,9	3,7	1,2		4,8			134,664
			3	5,7	4,5	1,2		4,8			134,664
	Variété	SH	R	V0	V1	V0-V1		(V0-V1)/PDH			ISC
	Halab	B1	1	4	2,3	1,7		6,8			190,774
			2	3,7	2,1	1,6		6,4			179,552
			3	4,5	2,8	1,7		6,8			190,774
		B2	1	3,5	3,2	0,3		1,2			33,666
			2	4	3,7	0,3		1,2			33,666
			3	4,8	4,3	0,5		2			56,11
	Variété	SH	R	V0	V1	V0-V1		(V0-V1)/PDH			ISC
	Tougourt	B1	1	3,5	2	1,5		6			168,33
			2	6	4,45	1,55		6,2			173,941
			3	7,3	5,8	1,5		6			168,33
		B2	1	4,2	3,8	0,4		1,6			44,888
			2	3,5	2	1,5		6			168,33
			3	5,6	3,8	1,8		7,2			201,996

Annexe 04.5:L'indice d'acidité

PE	Variété	SH	R	V	N	M KOH	V*N*MKOH	PDH	IAC
I.A	France	B1	1	0,3	0,1	56,11	1,6833	0,25	6,7332
			2	0,6			3,3666		13,4664
			3	0,3			1,6833		6,7332
		B2	1	0,4			2,2444		8,9776
			2	0,6			3,3666		13,4664
			3	0,5			2,8055		11,222
	Variété	SH	R	V			V*N*MKOH		IAC
	Halab	B1	1	0,3			1,6833		6,7332
			2	0,2			1,1222		4,4888
			3	0,3			1,6833		6,7332
		B2	1	0,3			1,6833		6,7332
			2	0,3			1,6833		6,7332
			3	0,3			1,6833		6,7332
	Variété	SH	R	V			V*N*MKOH		IAC
	Tougourt	B1	1	0,3			1,6833		6,7332
			2	0,3			1,6833		6,7332
			3	0,3			1,6833		6,7332
		B2	1	0,3			1,6833		6,7332
			2	0,3			1,6833		6,7332
			3	0,3			1,6833		6,7332

Annexe 04.6 :L'indice d'ester

PE	Variété	SH	R	I.SC	I.AC	I.EC
I.E	France	B1	1	23,5662	6,7332	16,833
			2	23,5662	13,4664	10,0998
			3	22,444	6,7332	15,7108
		B2	1	123,442	8,9776	114,4644
			2	134,664	13,4664	121,1976
			3	134,664	11,222	123,442
	Variété	SH	R	I.SC	I.AC	I.EC
	Halab	B1	1	190,774	6,7332	184,0408
			2	179,552	4,4888	175,0632
			3	190,774	6,7332	184,0408
		B2	1	33,666	6,7332	26,9328
			2	33,666	6,7332	26,9328
			3	56,11	6,7332	49,3768
	Variété	SH	R	I.SC	I.AC	I.EC
	Tougourt	B1	1	168,33	6,7332	161,5968
			2	173,941	6,7332	167,2078
			3	168,33	6,7332	161,5968
		B2	1	44,888	6,7332	38,1548
			2	168,33	6,7332	161,5968
			3	201,996	6,7332	195,2628

Annexe 04.7 : % d'impuretés

PE	Variété	SH	R	I.A	I.S	%	%Impuré	
% Impuré	France	B1	1	6,7332	23,5662	100	28,57142857	
			2	13,4664	23,5662		57,14285714	
			3	6,7332	22,444		30	
		B2	1	8,9776	123,442		7,272727273	
			2	13,4664	134,664		10	
			3	11,222	134,664		8,333333333	
	Variété	SH	R	I.AC	I.SC		%Impuré	
	Halab	B1	1	6,7332	190,774		3,529411765	
			2	4,4888	179,552		2,5	
			3	6,7332	190,774		3,529411765	
		B2	1	6,7332	33,666		20	
			2	6,7332	33,666		20	
			3	6,7332	56,11		12	
	Variété	SH	R	I.AC	I.SC		%Impuré	
	Tougourt	B1	1	6,7332	168,33		4	
			2	6,7332	173,941		3,870967742	
			3	6,7332	168,33		4	
		B2	1	6,7332	44,888		15	
			2	6,7332	168,33		4	
			3	6,7332	201,996		3,333333333	

Résumé

L'objectif de cette étude est basé sur l'extraction et la caractérisation physico-chimique de l'huile végétale extraite par des graines du carthame (*Carthamus Tinctorius L.*), les trois variétés (France, Haleb et Touggourt) mené à deux situations hydriques pour contribution à une meilleure appréciation de cette huile.

L'extraction se fait par la méthode chimique Soxhlet (extrait à cyclo hexane) a donné un bon rendement en huile dans le traitement irrigué issues des graines de Haleb, qui est de l'ordre de 33.47% proche à la norme. A l'encontre, sous régime hydrique des extraits issus graines de Touggourt est estimé à 29.40 %.

Les résultats de nos analyses des paramètres physico-chimiques ont permis de déduire que les huiles issues des graines des trois génotypes (France, Haleb et Touggourt) conduit à l'alimentation hydrique répondent à la norme à l'exception d'une huile qui dépasse légèrement la norme pour le paramètre indice d'ester et qui égale 186.42 mg KOH/g (Halab). Dans le lot sec impose une diminution des valeurs des paramètres physico-chimiques qui ne répond pas aux normes.

Mots clés : Extraction, Graine (*Carthamus Tinctorius L.*), des paramètres physico- chimiques, Huile végétale, Soxhlet, Rendement, Indices.

المخلص

تستند دراستنا على استخراج الزيوت النباتية ودراسة خصائصها الفيزيوكيميائية من ثلاثة أصناف من القرطم (*Carthamus tinctorius*) والمتمثلة في (فرنسا، حلب، تقورت) في نظامين سقي مختلفين ويتم ذلك عادة عن طريق عدة طرق ، و أفضل الطرق شيوعا و المعروفة بتوفير زيوت ذات نوعية جيدة من بين الأساليب الحديثة في الاستخلاص وهي الاستخلاص بواسطة Cyclohexane باستخدام جهاز Soxhlet الذي اعتمده في عملنا من أجل إجراء دراسة تجريبية لاستخلاص زيوت ذات نوعية جيدة لصنف البذور المسقية حلب (33.47 %) حيث انها قريبة من المعيار Codex Alimentarius و بالنسبة لصنف الجاف لبذور القرطم (تقورت 29.40 %) نتائج تحاليل الخصائص الفيزيوكيميائية لزيوت البذور للأصناف الثلاثة (فرنسا، حلب، تقورت) لنظام السقي تنطبق على المعايير باستثناء مؤشر استر يفوق نسبيا المعايير (حلب 186.42 mg KOH/g) اما بالنسبة للخصائص الفيزيوكيميائية لزيوت البذور للأصناف الثلاثة (فرنسا، حلب، تقورت) لنظام السقي الجاف لا تنطبق على المعايير Codex Alimentarius و IFHVP (2005) .

الكلمات المفتاحية: استخلاص ، بذور القرطم، الخصائص الفيزيوكيميائية ، الزيوت النباتية ، Soxhlet، المرود، مؤشر.

Abstract

The objective of this study is based on the extraction and the physicochemical characterization of the plant oil extracted by seeds of Safflower (*Carthamus Tinctorius L.*), the three genotypes (France, Haleb and Touggourt) led to two hydrous situations for contribution to a better appreciation of this oil.

The extraction is done by the chemical method Soxhlet (extracted with cyclo hexane) gave a good output oils some in the irrigated treatment resulting from seeds of Halab, which is about 33.47% close relation to the standard. With the opposition, under hydrous mode of the extracts resulting seeds from Touggourt is estimated at 29.40%.

The results of our analyzes of the physicochemical parameters made it possible to deduce that oils resulting from seeds of the three genotypes (France, Halab and Touggourt) led to the hydrous food meet the standard except for an oil which slightly exceeds the standard for the parameter index of ester and which equalizes 186.42 Mg KOH/g (Halab). In the dry batch a reduction in the values of the physicochemical parameters imposes which does not meet the standards.

Key words: Extraction, Seeds (Safflower) , The chemical physic parameters, Plant oil, Soxhlet, Output, Index.