

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: " Biologie"

Spécialité: "Sciences des Procédés Biotechnologiques et Agro-Alimentaires"

Thème

Etude des propriétés émulsifiantes d'extrait aqueux des graines du fenugrec (*Trigonilla foenum greacum. L*) obtenue par décoction et traité par chauffage conventionnel (bain marie).

Présenté et soutenu publiquement par :

1- CHENAOUI Rachida

2- HAFSAOUI Fatma

3- LAKEHAL Fatima Zahraa

JURY:

-Président: M^r BENBAGUARA M. MAA.

-Promoteur: M^r ACEM K. MCB.

-Examineur: M^r. METTAÏ K. MAA.

Année universitaire: 2014 -2015

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant, pour nous avoir donné le courage et la patience d'achever ce travail.

*Tout d'abord, nous remercions sincèrement, notre encadreur **Dr ACEM .K** qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance pour nous avoir accordé sa confiance, et pour ses compétences, ses précieux conseils, sa disponibilité et sa gentillesse.*

*Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements aux membres de jury, le président **Mr. BENBAGUARA.M** et l'examineur **Mr METTAI .K** pour avoir accepté d'examiner notre travail et d'assister à notre soutenance.*

*Nous tenons particulièrement remercier **Mr. BENHLIMA.A**, le responsable de laboratoire de technologie alimentaire pour sa collaboration enrichissante pour ses précieux conseils durant la réalisation de ce travail.*

Enfin, nous remercions tous les enseignants et les techniciens de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université d'Ibn Khaldoun de Tiaret.

Dédicace

*Je m'incline devant Dieu tout puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé
la franchir.*

Avec l'aide du tout puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

*A mon père **M'haméd** et ma chère mère **Saàda** sur qui j'ai pu compter et me
ressourcer d'affection et de bénédictions durant toute ma vie ;*

*A mes deux frères, **Sbaà, Hakim** ;*

*A mes chères sœurs **Houria, fatima, Naima, Nacéra** ;*

*A mon encadreur **Mr Acem.K** ; qui n'a pas cessé de m'encourager sagement aux moments de
détresse ;*

*A mes chers amis : **H.Fatima, A Naima, L.Fatima zahraà, S.Fatiha, S.Souad,***

R. Souad, B.Fatima zahraà ; G.zahia ;

*A tout ma famille **Chenaoui et Hardoube** ;*

A toutes les personnes que j'aime.

Rachida



Dédicaces

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail.

*A mon père BOUALEM Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon
éducation et mon bien être.*

A ma très chère mère KHAIRA la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur

A mes très chères grands-mères KHAIRA ET FATMA

A mon frère BILLAL

A mes sœurs SIHAM et KHAOULA

A toute familles : LAKEHAL et HAMEL

*A tous mes amies: SOUAD, HANANE, FATIMA, RACHIDA, AICHA, WASSILA,
NAWAL, HADJIRA, KHAIRA, AMINA.*

A Mr. ACEM KAMAL

A mes amis et mes collègues de promotion 2010-2015

A tout ceux qui mon aidés pour l'obtention de ce diplôme.

Fatima Zahraa



Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes chers parents Pour votre soutien tout au long de ces années, pour avoir toujours cru en moi, pour tout ce que vous m'avez inculqué et transmis et qui font de moi la personne que je suis aujourd'hui, pour votre amour inconditionnel et votre présence dans les bons moments comme dans les difficiles.

À mes grands parents.

À mes très chères frères : Bakhti , Abd elkader, Yahya, Mahmoud, Hamza, Mohamed, Hocine et Yacine.

À ma petite sœur Meriem.

À mes petits fils des frères Ikrem, AbobaKer, Mohamed amin et Ridha.

À toute les familles Hafsaoui et Safou

À mon encadreur Mr Acem. K qui n'a pas cessé de m'encourager sagement aux moments de détresse.

Tous mes amis en précisent : Rachida, Fatima, Djahida, Wahiba, Noura.T, Houria, Fatiha, Zahia, Saliha, Souad, Aicha, Hanane,

À mes amis et mes collègues de promotion 2010-2015

À tous ces personnes et a celle que j'ai peut être oublié j'adresse mes Sentiments le plus chaleureux. À tous ceux qui m'ont soutenue et épaulée.

À tous, ceux qui aiment la science

H. Fatma



Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre I : Le fenugrec

1. Définition et origine	2
2. Description et composition.....	2
3. Taxonomie de l'espèce.....	4
4. Culture et récolte	4
5. Propriétés.....	4
6. Toxicologie.....	5

Chapitre II : les émulsions

1. Définition	6
2. Composition.....	6
2.1.phases lipophile et hydrophile	6
2.2.Émulsifiants	6
3. Types d'émulsions	6
3.1.Émulsion simple.....	6
3.2.Émulsion multiple.....	7
3.3.Microémulsion	8
4. Stabilisation d'une émulsion.....	8
5. Déstabilisation.....	8
5.1.Coagulation	8
5.2.Coalescence.....	8
5.3.Murissement d'Ostwald	9
5.4.Crémage ou sédimentation.....	9
6. Fabrication des émulsions.....	9
7. Application des émulsions	9

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Lieu de travail.....	10
2. Objectif de travail.....	10
3. Matériel et produits utilisés	10
3.1.Matières premières	10
3.1.1. Fenugrec <i>Trigonella foenum-graecum</i>	10
3.1.2. Huile d'olive.....	10
3.1.3. Stabilisant	10
3.2.Appareillage, verrerie et produits chimique utilisés.....	11
3.2.1. Apparielage	11
3.2.2. Verrerie.....	11
3.2.3. Produit chimiques.....	12
4. Méthode d'analyse	13
4.1.Protocole expérimentale	13
4.2.Préparation d'extrait aqueux	14
4.2.1. Extrait aqueux	14
4.2.2. Extrait aqueux traité	14
4.3.Analyse physique	14
4.3.1. Détermination de pH	14
a. Principe	14
b. Mode opératoire.....	14
4.3.2. Détermination de la teneur en eau	14
a. Principe	14
b. Mode opératoire.....	15
c. Expression des résultats.....	15
4.3.3. Détermination du taux de cendres	15
a. Principe	15
b. Mode opératoire.....	15
c. Expression des résultats.....	15
4.3.4. Détermination de la conductivité électrique.....	16
a. Principe	16
b. Mode opératoire.....	16
c. Expression des résultats.....	16

4.3.5. Densité.....	16
a. Principe.....	16
b. Mode opératoire.....	16
c. Mode de calcul.....	16
4.3.6. Viscosité	17
a. Principe	17
b. Mode opératoire.....	17
c. Mode de calcul.....	17
4.3.7. Indice de réfraction et degré de Brix	18
a. principe	18
b. Mode opératoire.....	18
c. Expression de résultats	18
4.4.Analyse chimiques	18
4.4.1. Indice d'acidité.....	18
a. Principe	18
b. Mode opératoire.....	18
c. Mode de calcul.....	19
4.4.2. Sucres totaux	19
a. Principe.....	19
b. Mode opératoire	19
c. Expression des résultats.....	20
4.4.3. Détermination du taux des protéines	21
a. Principe	21
b. Mode opératoire.....	21
c. Expression des résultats.....	21
4.5.Etude de pouvoir émulsifiant	22
4.5.1. Préparation des émulsions	22
4.5.2. Caractérisation des émulsions	22
4.5.2.1.Stabilité	22
4.5.2.2.Index de stabilité	23
4.5.2.3.Diamètre moyen des globules gras.....	23
4.5.2.4.Surface interfaciale.....	24

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Caractérisation des matières premières étudiées	26
1.1. Huile d'olive vierge	26
1.1.1. pH	26
1.1.2. Densité	26
1.1.3. Indice de réfraction	26
1.1.4. Viscosité	26
1.1.5. Indice d'acidité	27
1.2. Conductivité électrique	27
Eau potable	27
1.2.1. Conductivité électrique	27
1.2.2. Densité	27
1.2.3. pH	28
1.3. Extrait aqueux	28
1.3.1. Paramètres physiques	28
1.3.1.1. Viscosité	28
1.3.1.2. pH	29
1.3.1.3. Conductivité électrique	29
1.3.1.4. Densité	31
1.3.1.5. Indice de réfraction	31
1.3.1.6. Matière sèche	32
1.3.1.7. Cendres	33
1.3.2. Paramètre chimique	34
1.3.2.1. Sucres totaux	34
1.3.2.2. Protéines	35
1.3.3. Etudes des émulsions	36
1.3.3.1. diamètre des globules gras	36
1.3.3.2. stabilité	37
1.3.3.3. Index de stabilité	40
1.3.3.4. Surface interfaciale	41
1.3.3.5. Prise des photos	44

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de la Normalisation.

AOAC: Association of Official Analytical Chemists (Association Officielle des chimistes analytiques).

as : Avec stabilisant.

cP: Centipoise.

CE : Conductivité électrique.

E/H/E: Émulsion eau dans huile dans l'eau.

E/H: Émulsion eau dans huile.

EA : Extrait aqueux brut.

EAT : Extrait aqueux traité.

Gr : Grossissement.

H/E/H: Émulsion huile dans l'eau dans huile.

H/E: Émulsion huile dans l'eau.

MS: Matière sèche.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ss : Sans stabilisant.

ST : Sucres totaux.

SI : Surface interfaciale.

μS/cm : Micro siemens par centimètre.

Liste des figures

Figure 1 : Les différents organes du fenugrec	2
Figure 2 : Schémas d'une gouttelette d'émulsion huile-dans-eau et eau-dans huile	7
Figure 3 : Exemple d'une émulsion multiple.....	7
Figure 4 : Mécanisme de perte de stabilité d'une émulsion en deux étapes : Coagulation et Coalescence.....	8
Figure 5 : Schéma du protocole expérimental.....	13
Figure 6: Variation de la viscosité d'extrait aqueux en fonction de la température.	28
Figure 7 : Les valeurs du pH d'extraits aqueux des graines du fenugrec	29
Figure 8: Les valeurs des conductivités électriques d'extraits aqueux des graines du fenugrec .	30
Figure 9: Les valeurs de la densité d'extraits aqueux des graines du fenugrec	30
Figure 10 : Les valeurs de l'indice de réfraction d'extraits aqueux des graines du fenugrec.....	31
Figure 11 : Les valeurs de la matière sèche d'extraits aqueux des graines du fenugrec.....	32
Figure 12 : Les valeurs de cendres d'extraits aqueux des graines du fenugrec	33
Figure 13 : Les valeurs de sucres totaux d'extraits aqueux des graines du fenugrec	34
Figure 14: Les valeurs des protéines d'extraits aqueux des graines du fenugrec	35
Figure 15 : Cinétique du diamètre des globules gras des émulsions à base d'extraits aqueux des graines du fenugrec (A, B) au cours du temps.....	36
Figure 16 : Cinétique de stabilité des globules gras des émulsions à base d'extraits aqueux des graines du fenugrec (A, B) au cours du temps.....	38
Figure 17 : Cinétique de l'index de stabilité des globules gras des émulsions à base d'extraits aqueux des graines du fenugrec (A, B) au cours du temps	40
Figure 18 : Cinétique de surface interfaciale de l'émulsion À base de l'extrait aqueux (A et B) au cours de temps.....	42

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition des graines du fenugrec	3
Tableau 2 : Taxonomie botanique de l'espèce <i>Trigonella foenum græcum</i>	4
Tableau 3 : Usage des émulsions dans quelques industries.....	9
Tableau 4 : Préparation des dilutions de glucose pour la réalisation de la courbe standard des sucres totaux	21
Tableau 5 : Composition des émulsions en %	23
Tableau 6 : Paramètres physico-chimique moyen d'huile d'olive à 20°C	26
Tableau 7 : Paramètre physico-chimiques moyens d'eau potable à 20°C.....	27
Tableau 8 : Aspect microscopique des émulsions à base d'extrait aqueux (EA et EAT)	44

Introduction

Introduction

Le fenugrec *Trigonella foenum graecum* L, est une légumineuse de la famille des Fabaceae, cultivée depuis l'Antiquité dans les pays bordant la Méditerranée sur la côte d'Afrique, elle contient une huile volatile responsable d'une odeur caractéristique désagréable, les graines obtenues exclusivement des plantes cultivées, sont les parties utilisées à des fins médicinales, en macération, en décoction ou en poudre (**Lahsissene et Kahouadji, 2010**).

Ses graines renferment un taux élevé de protéines riches en lysine, de lipides composés essentiellement d'acides gras oméga-6 et oméga-3 et des glucides surtout mucilagineux (**Bidri et Choay, 2013**).

Le fenugrec, par ses composés chimiques, se révèle être d'une grande valeur alimentaire, et présentent de multiples vertus phytothérapeutiques (**Harchane et al., 2012**).

Les émulsions sont des systèmes hétérogènes dans lesquels deux liquides non-miscibles sont dispersés sous forme de gouttelettes, ce système est thermodynamiquement instable et nécessite l'addition d'un stabilisant, appelé émulsifiant.

Dans le domaine alimentaire, les principaux émulsifiants sont les protéines (notamment les protéines laitières) et les petits agents tensio-actifs tel que les lécithines, les mono et les diglycérides et les sucroesters (**Guichard et al., 2012**).

Selon **Dalmazzone (2000)**, les émulsions font sans aucun doute partie des systèmes complexes les moins connus, elles se rencontrent dans le domaine alimentaire (lait, mayonnaise, etc.), les cosmétiques (crèmes et lotions), la pharmaceutique (crèmes, dérivés vitaminés ou hormonaux, etc.) et dans un grand nombre de produits liés à l'activité agricole (insecticides ou herbicides).

Dans ce contexte, il s'inscrit notre mémoire de fin d'étude qui porte sur l'étude de propriétés émulsifiantes d'extrait aqueux des graines du fenugrec obtenue par décoction et traité par chauffage conventionnel (bain marie).

Partie

Bibliographique

Chapitre I

Le fenugrec

1. Définition et origine

Le fenugrec (*Trigonella feonum-graecum L.*) est une légumineuse annuelle appartenant à la famille des Fabaceae, c'est l'une des plus anciennes plantes médicinales et culinaires connues dans l'histoire, originaire de l'Inde et de l'Afrique du Nord, elle est à présent cultivée dans diverses régions du monde, notamment en Chine, au Nord et à l'Est de l'Afrique, en Ukraine et en Grèce (Oueslati et Ghédira, 2015).

2. Description et composition

Le fenugrec est caractérisé par des feuilles trifoliées, il s'agit d'une plante annuelle, de 30 cm à 1m de haut, presque glabre, à petites fleurs blanches, elle produit des gousses oblongues, légèrement aplaties et arquées de 10 à 15 cm de long, renfermant chacune 10 à 20 graines (Billaud et Adrian, 2001).

La figure 1 donne les différents organes du fenugrec.



Figure 1 : Les différents organes du fenugrec (Oueslati et Ghédira, 2015).

Les graines du fenugrec contiennent des protides, une huile riche en acides gras insaturés et en phytostérols, des glucides, des saponines stéroïdiques, des alcaloïdes, du mucilage, des vitamines (A, B1 et C) et une large gamme de minéraux (Harchane et al., 2013).

Le tableau 1 donne la Composition des graines du fenugrec.

Tableau 1 : Composition des graines du fenugrec (moyenne pour 100 g) (Moorthy et al., 2010).

Humidité	13 à 14 g
Glucides	7 à 8g
Sucres Totaux	2,5 à 3 g
Protéines	28 à 32 g
Lipides	7 à 8 g
Lipides saturés	1,2 à 1,6 g
Fibres	23,5 à 25,5 g
Cholestérol	3,8 à 4,3 mg
Calcium	140 à 160 mg
Sodium	28 à 32 mg
Vitamine A	22 à 26 µg
Cendres :	2,9 à 3,3 g
Calcium	70 mg
Magnésium	160 mg
Fer	12.5 mg
Cuivre	1.8 mg
zinc	7 mg
Valeur énergétique	200 à 240kcal

3. Taxonomie de l'espèce

Le tableau 2 donne la taxonomie de l'espèce

Tableau 2 : Taxonomie botanique de l'espèce *Trigonella foenum graecum* (Ghedira et al., 2010).

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Magnoliophyta</i>
Sous-embranchement	<i>Magnoliophytina</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabaceae</i>
Genre	<i>Trigonella</i> L.
Espèce	<i>Trigonella foenum-graecum</i>

4. Culture et récolte

Le fenugrec est visible dans les régions méridionales de l'Europe, il ne pousse pas à haute altitude, pour sa culture, choisissez une terre légère, chaude, et une bonne exposition, faites des semis en ligne à l'automne ou printemps : dès l'apparition des premières feuilles, éclaircissez, recueillez les gousses à maturité, battez-les pour récolter les graines, qui doivent être grosses, jaune foncées, très odorantes (Pierre et Lys, 2007).

5. Propriétés

En phytothérapie, les graines de la plante sont indiquées chez les diabétiques, chez qu'elles contribueraient au contrôle du taux de glucose et du taux de cholestérol, elles sont également indiquées pour stimuler l'appétit, pour soulager l'inflammation, comme fortifiants, pour traiter la dysenterie, la dyspepsie, la toux chronique, la bronchite, les névralgies, pour faciliter l'accouchement et comme galactogènes (Skalli, 2006).

Le fenugrec se trouve dans l'alimentation sous forme de :

- poudre, entrant dans la composition de certains mélanges d'épices : curry, ras el hanout.
- les graines rôties ou grillées : plats de légumes mijotés, épinards, pommes de terre, poissons.
- Les feuilles de fenugrec sont consommées en salade ou sous forme cuite (**Jean-Sébastien et al., 2009**).

Selon **Bidri et Choay (2013)**, les graines du fenugrec contiennent un acide aminé particulier, la 4-hydroxyisoleucine, formé in situ par voie enzymatique, cet acide aminé insuline tropé stimule la sécrétion endocrine du pancréas chez l'animal et l'homme.

Les saponines de la graine du fenugrec présentent des propriétés physiologiques et fonctionnelles liées à leur caractère émulsifiant et hydrophobe, en particulier un effet hypocholestérolémiant (**Billaud et Adrian, 2001**).

6. Toxicologie

La toxicité de la graine du fenugrec a été évaluée et l'on ne note aucune altération des paramètres hépatiques ou hématologiques, cependant, le fenugrec, bien qu'il soit bien toléré par la plupart des sujets, des précautions d'utilisation sont recommandées chez les sujets souffrant d'allergies alimentaires (**Oueslati et Ghédira, 2015**).

Chapitre II

Les émulsions

1. Définition

Une émulsion est une dispersion de gouttelettes liquides dans un milieu continu liquide, les deux liquides sont souvent l'eau et l'huile, mais plus généralement, on peut préparer des émulsions dès que deux liquides sont non miscibles (**Chevalier, 2014**).

2. Composition

2.1. Phase lipophile et hydrophile

La phase huileuse, appelée également phase grasse, phase lipophile ou phase organique, comporte des huiles, des cires et des graisses.

La phase aqueuse ou phase hydrophile contient l'eau et divers composants hydrosolubles, les solutés de la phase aqueuse sont de nature diverse : ions minéraux, acides, bases, vitamines, glucides, protéines, etc.

2.2. Émulsifiants

Les émulsions conventionnelles sont des systèmes thermodynamiquement instables qui se séparent, plus ou moins rapidement, en deux phases, on parle de systèmes hors équilibre.

En raison de cette instabilité les émulsions industrielles comportent toujours des émulsifiants, ou émulsionnants, formant un film interfaciale, ou film mince, ou membrane interfaciale, autour des globules de phase dispersée.

Il s'agit le plus souvent de petites molécules amphiphiles appelées tensioactifs, surfactifs, surfactants ou agents de surface (**Doumeix, 2011**).

3. Types d'émulsions

3.1. Émulsion simple

Elles sont composées d'une phase lipophile, d'une phase hydrophile et d'un émulsifiant, suivant que la phase continue est lipophile ou hydrophile, on définit deux types d'émulsions (figure 2).

Une émulsion huile-dans-l'eau (H/E) désigne une dispersion de gouttelettes d'huile dans une phase aqueuse, et une émulsion eau-dans-huile (E/H), un système constitué de gouttelettes d'eau dispersées dans huile (**Nau et al., 2010**).

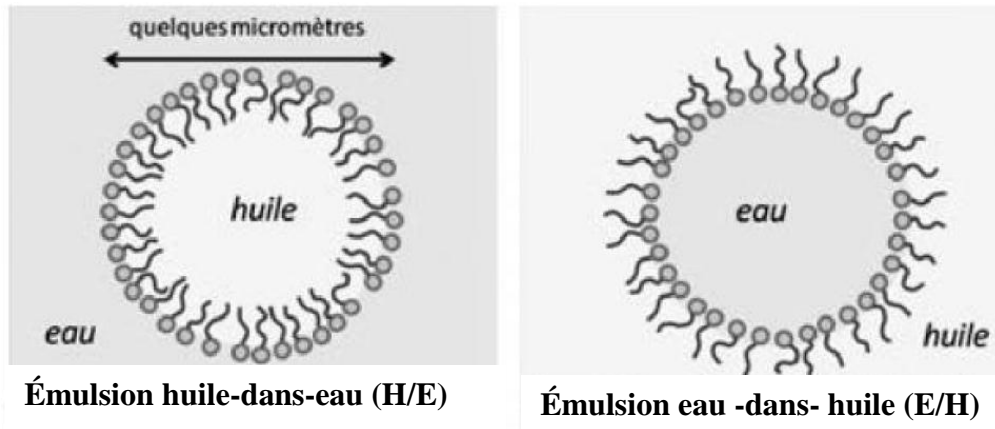


Figure 2 : Schémas d'une gouttelette d'émulsion huile-dans-eau et eau-dans-huile (Chevalier, 2014).

3.2. Émulsion multiple

Selon De luca *et al.*, (1991), une émulsion multiple est définie comme une émulsion d'émulsion, c'est-à-dire une émulsion dans laquelle deux types d'émulsion coexistent (figure 3).

-Émulsion H/E/H, les particules huileuses dispersées dans la phase aqueuse renferment elles-mêmes une ou plusieurs gouttelettes d'eau.

-Émulsion E/H/E, les particules aqueuses dispersées dans la phase huileuse renferment elles-mêmes une ou plusieurs gouttelettes d'huile.

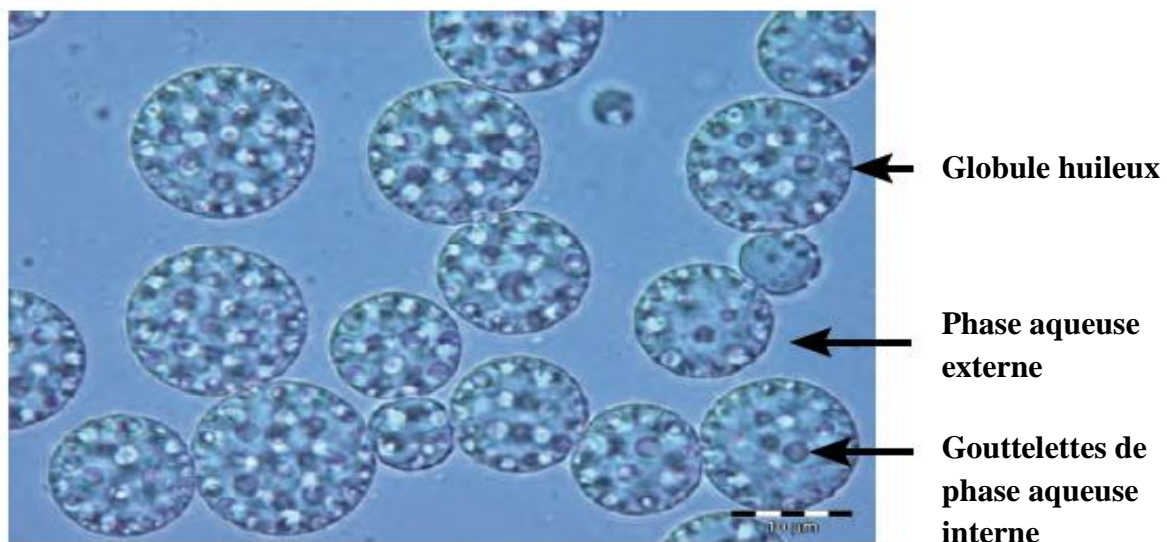


Figure 3 : Émulsion E/H/E observée au microscope optique à contraste de phase (Doumeix, 2011).

3.3. Microémulsion

Selon **Doumeix (2011)**, les microémulsions sont décrites comme des systèmes biphasiques composés de gouttelettes très fines (10-200 nm), d'où leur aspect (lié au fait que les diamètres des gouttelettes sont inférieurs aux longueurs d'onde de la lumière visible).

4. Stabilisation d'une émulsion

La stabilisation d'une émulsion est obtenue par adsorption d'espèces stabilisantes à la surface des gouttelettes de la phase dispersée, les espèces stabilisantes sont souvent des émulsifiants moléculaires ou macromoléculaires, mais aussi des protéines, des particules solides, leur action stabilisante consiste à ralentir la perte de stabilité des émulsions (**Chevalier, 2014**).

5. Déstabilisations d'une émulsion

D'après **Chevalier (2014)**, la perte de stabilité des émulsions s'effectue en deux étapes successives : la coagulation et la coalescence (figure 4), un troisième mécanisme de déstabilisation des émulsions est le mûrissement d'Ostwald et ainsi le crémage.

5.1. Coagulation

La coagulation est un phénomène d'agrégation des gouttelettes, comme les gouttelettes sont liquides, elles peuvent se déformer lorsqu'elles viennent en contact, ce qui accroît l'étendue de la zone de contact.

5.2. Coalescence

La coalescence résulte de la fusion deux ou plusieurs gouttelettes d'émulsion pour n'en former qu'une seule plus volumineuse (**Lechevalier et al., 2010**).

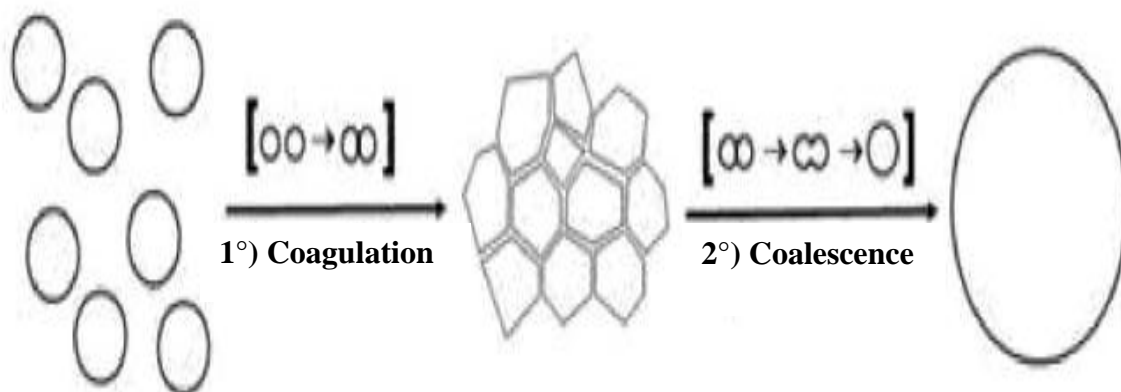


Figure 4 : Mécanisme de perte de stabilité d'une émulsion en deux étapes : Coagulation et Coalescence (**Chevalier, 2014**).

5.3. Murissement d'Ostwald

C'est un processus irréversible qui dépend d'une part de la granulométrie et d'autre part de la suppression de Laplace, les gouttes les plus petites disparaissent au profit des plus grosses par transfert de matière à travers la phase continue (**Brochette, 1999**).

5.4. Crémage ou sédimentation

Le crémage ou sédimentation des gouttelettes dues aux forces gravitationnelles, les gouttelettes se rassemblent en surface (crémage) ou au fond (sédimentation), selon la densité du liquide dispersé (**Cheftel et al., 1992**).

6. Fabrication des émulsions

Les émulsions sont fabriquées à partir d'un mélange macroscopique d'eau et d'huile, l'une des deux phases contenant des particules colloïdales, la fragmentation des gouttes de la phase dispersée est produite par agitation manuelle, ou à l'ultra-turrax (**Arditty, 2007**).

7. Application des émulsions

Les émulsions jouent un rôle important dans le domaine industriel, le tableau 3 montre l'usage des émulsions dans divers domaines.

Tableau 3 : Usages des émulsions dans quelques industries (**Chitour, 1992**).

Domaine d'application	Opération concernées
Agriculture	Eradications des larves
Biochimie	Destructions des mousses
Tannerie	Nourriture-habillage-huilage-imperméabilisation
Cosmétique	Préparation-crèmes-laits et shampoings
Traitement des eaux	Abatages des mousses
Encres	Dispersion
Peintures-pigments	Broyages-dispersion
Pharmacie	Désinfection
Pétrole	Forage-désémulsification
Textile	Dégraissage-ensimage-apprêtage-encollage-impression-imperméabilisation.

Partie

Expérimentale

Chapitre III

Matériel et

méthodes

1. Lieu du travail

Notre expérimentation a été réalisée au sein des laboratoires (Technologie alimentaire et Biochimie) de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université Ibn Khaldoun de Tiaret.

2. Objectifs du travail

Les objectifs de notre étude sont :

- Caractérisation d'extraits aqueux des graines du fenugrec (*Trigonella foenum graecum*) obtenus par décoction et par chauffage conventionnel (bain marie) ;
- Caractérisation des propriétés émulsifiantes d'extraits aqueux (témoin et traité) des graines du fenugrec (*Trigonella foenum graecum*).

3. Matériel et produits utilisés

3.1. Matières premières

3.1.1. Fenugrec : *Trigonella foenum - graecum*

Les graines du Fenugrec proviennent du commerce.

3.1.2. Huile D'olive

Huile d'olive utilisée est une huile d'olive vierge, qui provient du commerce, sa marque CHIALI huile d'olive vierge (sidi belabbes, Algérie), de catégorie supérieure obtenue directement des olives et uniquement par des procédés mécaniques.

3.1.3. Stabilisant

On a utilisé comme stabilisant la caséinates du sodium préparé au laboratoire.

3.2. Appareillage, verreries et produits chimiques utilisés

3.2.1 Appareillage

- Agitateur magnétique chauffant KIKALABORATECHNIK.
- Appareil ultra turrax KIKALABORATECHNIK type T 25
- Balance de précision SARTORIUS Basic.BA 1105
- Bain - marie MEMMERT
- Conductimètre électrique PHYWE 13701.93
- Centrifugeuse Sigma laborentrifugeuse 2_15
- Etuve MEMMERT
- Four à moufle HEARAEUS Instruments
- Microscope ZEISS, WEST GERMENY
- Passoire plastique NO.1 lion BRAND REGD NO 296859
- pH -mètre SCHOTT-G+ERATE CG822
- Plaque chauffante RTC Basic
- Réfractomètre RL2.
- Spectrophotomètre GENWAY UV-V
- Tamis ouverture 2 mm
- Viscosimètre Thermo-Electron Corporation

3.2.2. Verrerie

- Creusets
- Capsules
- Dessiccateur
- Entonnoir
- Micropipette
- Pycnomètre
- Thermomètre KIKATRON

3.2.3. Produits chimiques

- Acétone
- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré 95%
- Bleu de méthylène
- Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) (80%)
- Hydroxyde de sodium
- Hydroxyde de potassium
- Phénol
- Réactif de Biuret
- Glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)

4. Méthodes d'analyses

4.1. Protocole expérimental

Les différentes étapes de notre protocole expérimental sont illustrées par la figure 5.

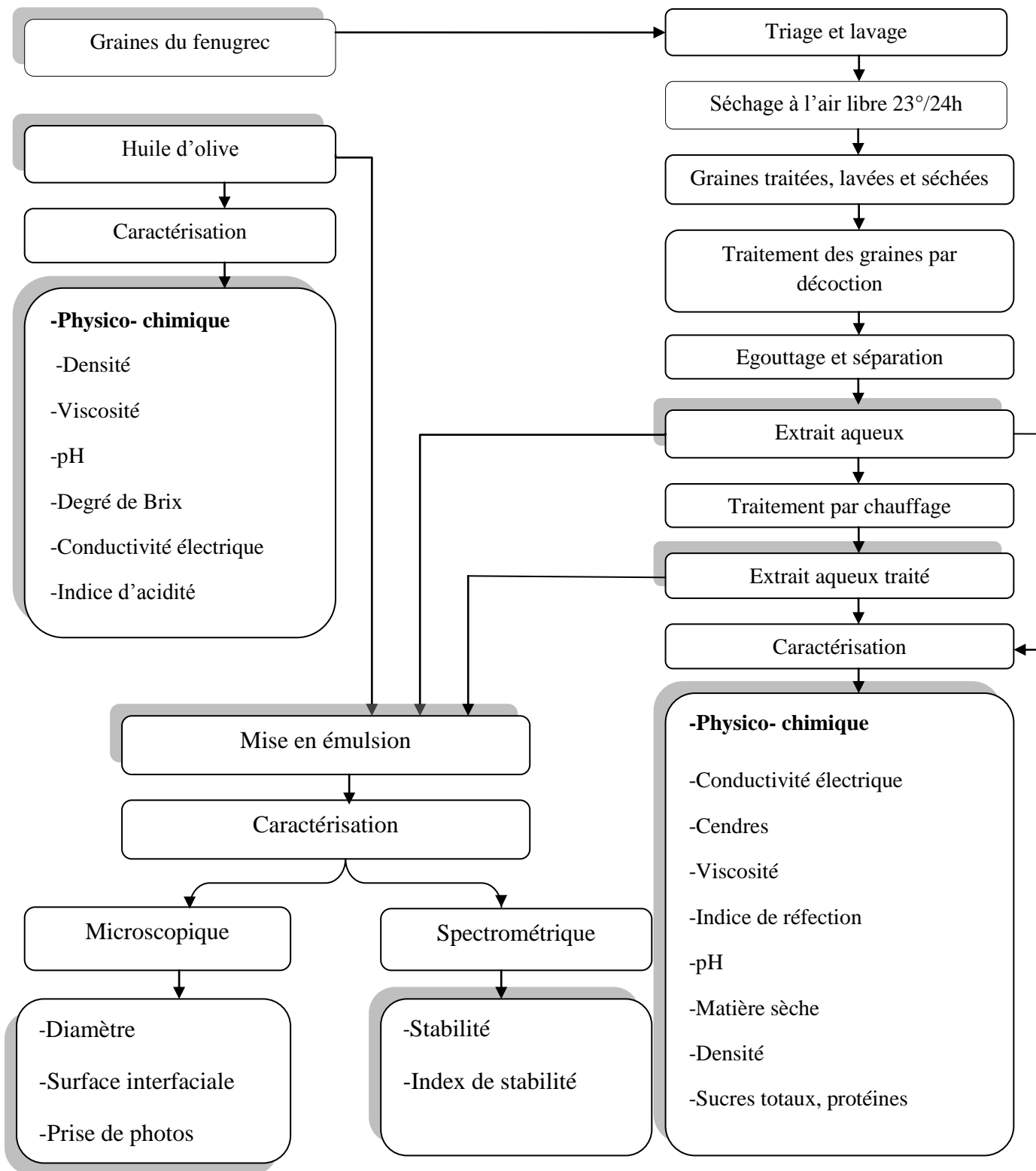


Figure 5 : Schéma du protocole expérimental.

4.2. Préparation d'extrait aqueux

4.2.1. Extrait aqueux

La préparation de l'extrait aqueux a été faite selon le mode opératoire suivant :

- 25g des graines du fenugrec ont été mises dans un bécher préparé avec 100 ml de l'eau potable ;
- Chauffer sur une plaque chauffante, dont le temps du chauffage est compté dès l'ébullition jusqu'à 5 min ;
- Séparer de l'extrait aqueux chaud (EA) par passoire plastique dont le diamètre est inférieure à la taille de la graine.

4.2.2. Extrait aqueux traité

L'extrait aqueux obtenu a été traité par le chauffage au bain marie tout en variant la température et en fixant le temps du traitement à 5 min, le meilleur extrait aqueux celui qui a une viscosité maximale.

4.3. Analyses physiques

4.3.1. Détermination du pH

a. Principe

Le pH est mesuré par un pH-mètre dont sa valeur est en fonction de la caractérisation des ions hydronium présents dans la solution (Geoffrey, 2011).

b. Mode opératoire

La mesure a été réalisée en plongeant l'électrode du pH mètre dans la solution (AOAC, 2002), le mode opératoire est le suivant :

- L'électrode doit être rincée par l'acétone et nettoyer avec du papier absorbante ;
- Etalonner le pH-mètre à l'aide de solution tampon (pH=8 ; pH= 3) ;
- Tremper l'électrode du pH-mètre dans un volume suffisant de l'échantillon et lire le pH indiqué sur l'écran d'affichage du pH-mètre.

4.3.2. Détermination de la teneur en eau

a. Principe

La teneur en eau est mesurée en déterminant la perte de poids de l'échantillon après son séchage dans l'étuve (Wrolstad *et al.*, 2005).

b. Mode opératoire

15ml de l'extrait aqueux du fenugrec a été mis dans des creusets préalablement pesés et tarés puis ont été placés dans l'étuve à 105 °C pendant 3heures, les creusets ont été retirés, placés dans un dessiccateur et pesés après refroidissement (AOAC, 2000).

c. Expression des résultats

La teneur en eau est calculée par la formule donnée par AOAC (2000) :

$$TE = [P_1 - P_2 / P_0] \times 100$$

Dont : TE: Teneur en eau (%).

P₀ : Poids de la prise d'essai (g).

P₁ : Poids du creuset plus échantillon avant étuvage (g).

P₂ : Poids du creuset plus échantillon après étuvage (g).

$$\text{Matière sèche (\%)} = 100 - TE(\%)$$

4.3.3. Détermination du taux de cendres**a. Principe**

L'échantillon est incinéré dans un four à moufle à haute température jusqu'à l'obtention de cendres blanchâtres à poids constant (Nielsen, 2010).

b. Mode opératoire

On évapore à sec 25ml de l'extrait aqueux dans des capsules en porcelaine mises dans un bain marie à 100°C, après incinération au niveau d'un four à moufle à 550°C pendant 5heures jusqu'à l'obtention un résidu grisâtre, claire ou blanchâtre, les capsules ont été pesées par la suite (AOAC, 2000).

c. Expression des résultats

Le taux de cendres est calculé par la différence de poids avant et après incinération par la formule suivante (AOAC, 2000) :

$$TC = [P_1 - P_2 / P_0] \times 100$$

Dont :

TC : Taux de cendres (%).

P₀ : Poids de la prise d'essai (g).

P₁ : Poids de creuset vide plus échantillon avant l'incinération (g).

P₂ : Poids de creuset plus échantillon après incinération (g).

4.3.4. Détermination de la conductivité électrique

a. Principe

La conductivité électrique exprime l'aptitude de la solution aqueuse électrique à conduire un courant électrique, elle est en corrélation avec la teneur en sels solubles (**Rodier,1997**).

b. Mode opératoire

L'électrode de conductimètre a été plongée dans une solution à 20 % de matière sèche (**Amellal,2008**).

c. Expression des résultats

La lecture de la conductivité a été faite directement sur l'afficheur du conductimètre (**Amellal, 2008**).

4.3.5. Densité

a. Principe

D'après **Mathieu(1998)**, la densité d'une solution est le rapport des mesures d'un même volume de cette solution et de l'eau à 20°C.

b. Mode opératoire

La densité est calculée à 20°C selon les étapes suivantes :

- Peser le pycnomètre vide et parfaitement sec (**P₀**) ;
- Peser le pycnomètre rempli d'eau distillée (**P₁**) ;
- Vider le pycnomètre, le sécher ;
- Peser le pycnomètre rempli de l'échantillon (**P₂**).

c. Mode de calcul

La densité est donnée par la formule suivante :

$$D = (P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)$$

4.3.6. Viscosité

a. Principe

La viscosité résulte du frottement des molécules, elle se traduit par la résistance plus ou moins grande des liquides à l'écoulement, la viscosité absolue η s'exprime usuellement en centipoise, la viscosité absolue se mesure par le calcul du temps de chute d'une petite boule dans une colonne (viscosimètre d'Hoeppler), fondée sur la loi de Poiseuille (**Boubezari, 2010**).

b. Mode opératoire

- Remplir le tube avec l'échantillon ;
- Fixer la température à 20°C ;
- Lorsque l'équilibre de température est atteint, choisir une bille pour laquelle son écoulement à travers l'échantillon dans le tube du viscosimètre, doit être aussi lent que possible ;
- Laisser ensuite la bille s'écouler librement et lorsqu'elle atteint le repère de la partie supérieure, mettre le chronomètre en marche ;
- Lorsque la bille atteint le repère situé à la partie inférieure du tube viscométrique, noter le temps de chute de la bille.

c. Mode de calcul

Le calcul de la viscosité se fait selon la formule suivante :

$$\eta = t (D_0 - D_1) .K$$

Dont : η : Viscosité en centipoise (cP).

t : Temps de chute de la bille en secondes.

D_1 : Densité de l'échantillon.

D_0 : Densité de la bille.

K : La constante d'étalonnage par gravité du tube égal à 0,10277.

4.3.7. Indice de réfraction et degré de Brix

a. Principe

D'après **Velsseyre (1975)** ; l'indice de réfraction c'est la mesure de pouvoir réfringent au moyen d'un réfractomètre par rapport à la raie de sodium, il permet de connaître le degré de pureté d'un liquide ou de connaître la dose de solide dissout dans une solution, il est mesuré à l'aide d'un réfractomètre muni d'un thermomètre.

Le degré de Brix(%) exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon, le contenu des solides solubles représente le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les protéines, acides, etc (**Cendres, 2011**).

b. Mode opératoire

Selon la méthode d'**AFNOR «NF-60,22, (1984) »**, les mesures sont prises comme suit :

- Laver les prismes de réfractomètre par l'acétone et les essuyer avec un papier absorbant ;
- Etalonner l'appareil à l'aide de l'eau distillée ($n_D^{20} = 1.333$) ;
- Verser entre les prismes 2 à 3 gouttes de l'échantillon, les étaler ;
- Déplacer alors la lunette de viser pour que la ligne de séparation de la plage claire et la plage sombre se situe à la croisée des fils de réticule.

c. Expression des résultats

L'indice de réfraction et degré de Brix ont été notés directement sur les deux échelles à l'intersection de la limite entre la frange claire et la frange foncée (**AOAC, 2000**).

4.4. Analyses chimiques

4.4.1. Indice d'acidité

a. Principe

On définit l'indice d'acide comme étant le nombre de milligramme de potasse nécessaire pour neutraliser les acides gras libres de corps gras (**Benabid, 2009**).

b. Mode opératoire

L'indice d'acidité des huiles est évalué à l'aide de la méthode d'**AFNOR «NF60.1204, (1984) »** qui consiste à :

- ✓ Peser 0,5 à 1 g de corps gras ;
- ✓ Ajouter 10 ml d'éthanol et 2 gouttes de phénol phtaléine ;

- ✓ Titrer avec la solution de KOH (0,1N) jusqu'au virage à la couleur rose ;
- ✓ Lire le volume de KOH versé.

c. Mode de calcul

L'indice d'acidité est déterminé par la formule suivante :

$$I_A = V * 56.1 / E$$

- Où :
- IA** : L'indice d'acidité (%).
 - V** : Volume de KOH (0,1N) versé en ml.
 - E** : Prise d'essai en g.

4.4.2. Sucres totaux

a. Principe

La méthode du phénol sulfurique donnée par **Dubois et al., (1956)**, permet de doser les sucres totaux en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré en présence de ces deux réactifs, les oses donnent une couleur jaune-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides, les résultats sont exprimés par rapport à une gamme étalon de glucose préparée à 490 nm (**Nielsen, 1997**).

b. Mode opératoire

➤ Préparation de la solution à analyser

L'extraction des sucres a été faite à partir de 0.1g de l'échantillon par l'ajout de 30 ml d'éthanol (80%), le mélange a été laissé 48 heures à température ambiante, au moment du dosage, les tubes ont été placés dans l'étuve à 80°C afin d'évaporer l'alcool, par la suite 20 ml d'eau distillée ont été ajoutées à l'extrait (solution à analyser) (**Cuiyand et Brummer, 2005**).

➤ Dosage

Dans un tube à essai, 1ml de phénol (5%) et 5 ml d'acide sulfurique concentré (96%) ont été ajoutés à 1ml de la solution à analyser, après 10 minutes, le mélange a été placé dans un bain marie pendant 20 minutes à 25-30°C.

La lecture de l'absorbance a été faite à 490 nm et la concentration en sucres totaux a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le glucose comme solution standard d'étalonnage (annexe 1) (**Dubois et al. 1956**).

➤ **Préparation de la gamme d'étalonnage**

La solution mère a été préparée à partir de 0.1 g de glucose qui a été dissoute dans 100 ml d'eau distillée ; les dilutions ont été réalisées comme suit : 1 ml, 2 ml, 3 ml ,4 ml10 ml de la solution mère ont été prélevés et le volume a été complété jusqu'à 10 ml par l'eau distillée, les concentrations sont représentées dans le tableau 4, la lecture des absorbances a été faite à 490 nm (**Dubois et al. 1956**).

Tableau 4: Préparation des dilutions de glucose pour la réalisation de la courbe standard des sucres totaux.

Tube	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Solution mère (ml)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Concentration (mg/ml)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

➤ **Traçage de la courbe d'étalonnage de glucose**

Dans des tubes à essai, 1 ml de chaque dilution a été prélevé puis 1 ml de phénol (5%) et 5ml d'acide sulfurique concentré (96%) ont été ajoutés, après 10 minutes de repos, l'incubation a été réalisée dans un bain marie de 25 à 30°C pendant 20 minutes, l'absorbance a été mesurée à 490 nm (**Dubois et al., 1956**).

c. Expression des résultats

La quantité des sucres totaux est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage par la formule suivante (**Sadasivam et Manickarn, 1996**) :

$$ST = [(X .V.D)/P].100$$

Dont :

ST : Taux de sucres totaux (%).

X : Quantité de sucres calculée à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml) (annexe 1).

D : Facteur de dilution.

V : Volume de la solution analysée (ml).

P : Poids de la prise d'essai (g).

4.4.3. Protéines

a. Principe

Nous avons adapté la méthode de **Biuret (1949)**, en milieu alcalin (NaOH), à froid, les ions cuivrique (Cu^{+2}) forment avec les liaisons peptidiques un complexe de coordinations coloré en rose, qui ajouté à la teinte bleue du réactif donne finalement une coloration pourpre (bleu- violet), cette réaction est positive dès que la molécule possède 3 à 4 liaisons peptidiques, elle est donc utilisable pour les protéines et polypeptides.

La mesure de l'absorbance se fait à 540 nm après avoir laissé la coloration se développer durant 30 min, la technique tire son nom de la molécule de biuret $\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$ obtenue par condensation de 2 molécules d'urée $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$ qui donne une coloration violette.

b. Mode opératoire

- ✓ Dans une fiole de 50 ml on met 1 g d'échantillon et on complète le volume en ajoutant l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, ramener à pH=8 avec NaOH (0,3N) ;
- ✓ Centrifuger pendant 30 min à 4000 tours/min ;
- ✓ Récupérer le surnageant ;
- ✓ Préparer 4 tubes à essais ;
- ✓ Mettre successivement dans chaque tube les volumes suivants (0, 2, 4,6ml) de solution d'échantillon ;
- ✓ Diluer chaque tube avec de l'eau distillé en ajoutant respectivement les volumes suivants (6, 4, 2,0 ml) ;
- ✓ Prendre de chaque tube 2 ml, puis ajouter 3 ml de réactif de biuret ;
- ✓ Homogénéiser et placer les tubes 30 min à l'obscurité pour développer la coloration ;
- ✓ Mesurer l'absorbance à 540 nm en remplissant la cuve de l'échantillon et la placer dans le spectrophotomètre ;
- ✓ Noter les valeurs obtenues pour tracer la courbe ;
- ✓ Les résultats sont extrapolés à partir d'une courbe étalon (annexe 2).

c. Expression des résultats

Le calcul de la concentration de protéines est donné par la formule suivante :

$$\text{Protéines (g/l)} = \text{A.D/P}$$

Où : **A** : Absorbance d'échantillon.
D : Facteur de dilution.
P : Pente de la droite d'étalonnage.

4.5. Etude du pouvoir émulsifiant

4.5.1. Préparation des émulsions

Selon les travaux d'**Acem (2001)**, la composition des émulsions préparées est indiquée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Composition des émulsions en %.

Composants(%)	Emulsion	
	HO/EA	HO/EA
Huile d'olive	5	4.5
Extraits aqueux	95	95
Stabilisant	0	0.5

Chaque émulsion est homogénéisée à 20°C pendant 30 min, l'homogénéisation est réalisée par un agitateur ultra-turrax avec une vitesse 8000 tour/min.

4.5.2. Caractérisation des émulsions

Le pouvoir émulsifiants d'extrait aqueux repose sur la mesure spectrale de l'absorbance à 500 nm, l'échantillon est dilué en double (1/20 et 1/5) (**Paerce et Kinsella, 1978**).

4.5.2.1. Stabilité

On exprime la stabilité (S) en pourcentage selon la formule suivante :

$$S(\%)=100.A_t/A_{t_0}$$

Où : **At₀** : Absorbance à temps t₀
At : Absorbance à temps t

4.5.2.2. Index de stabilité

L'index de stabilité (IS) égal au nombre d'heures nécessaire pour la déstabilisation total de l'émulsion, c'est à dire pour trouver $At=0$; exprimé en heures et donné par la formule :

$$\text{IS (heures)} = \left[\frac{At_0}{At_0 - At} \right] (t - t_0)$$

Où : **IS** : L'index de stabilité (h)

At₀ : Absorbance à temps t_0

At : Absorbance à temps t

4.5.2.3. Diamètre moyen des globules gras

Diamètre moyen des globules gras est déterminé microscopiquement à l'aide d'un microscope optique, nous avons utilisé micromètre oculaire gradué de 0 à 10 dont les graduations sont distantes les unes des autres de 0.1 μm , pour avoir une répartition statistique,

On se déplace au hasard sur la surface du rectangle en réalisant 10 déterminations successives sous l'objectif 40.

$$\Phi = \frac{K}{10} \left[\sum_{i=1}^{i=10} D_i \right]$$

Où : **Φ** : Diamètre moyen des globules gras à temps t en μm .

K : Coefficient oculaire constant ($k=1.33$).

I : Nombre des globules gras fixés.

D : Diamètre de globule gras en μm .

4.5.2.4. Surface interfaciale

L'évaluation de l'aire interfaciale des émulsions repose sur la détermination de diamètre moyen des globules gras à l'aide d'un micromètre oculaire gradué de 0 à 10 dont les graduations sont distantes les unes des autres de $0.1\mu\text{m}$ (**Tournaire et Drapron, 1987**), lorsqu'on connaît le diamètre moyen (Φ) on peut alors calculer la surface interfaciale (SI) selon l'équation suivante :

$$SI = 6V / \Phi \text{ (m}^2\text{)}$$

Où : V : Volume de la phase émulsifiée en ml.

Φ : Diamètre moyen des globules gras en μm .

Chapitre IV

Résultats et

discussions

1. Caractérisation des matières premières étudiées

1.1. Huile d'olive vierge

Le tableau 6 montre les paramètres physico-chimiques moyens d'huile d'olive.

Tableau 6 : Paramètres physico-chimiques moyens d'huile d'olive à 20°C

Paramètres	Valeurs moyennes
Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	8,71
Densité	0,92
Indice d'acidité (%)	0,56
Indice de réfraction	1,470
Degré de Brix (%)	70,8
pH	6,6
Viscosité (cP)	62

1.1.1. pH

La valeur de pH d'huile d'olive est identique à celle trouvée par **Eberhard (2005)**, qui a obtenu à 20°C qu'est égal à 6,5 ; le pH d'huile végétale varie sensiblement avec sa composition, procédé d'obtention et ses conditions du stockage.

1.1.2. Densité

Nous remarquons que la densité d'huile d'olive est supérieure à celle trouvée par **François (1974)** qu'il a estimé du 0,915 à 0,919, selon **Karlskind (1992)**, la densité des huiles végétales dépend de la composition chimique, la température et le taux de saturation du corps gras.

1.1.3. Indice de réfraction

La valeur de l'indice de réfraction d'huile d'olive est comparable à l'intervalle donnée par **Uzzan (1992)**, qui a trouvé des valeurs comprises entre 1,468 à 1,470.

1.1.4. Viscosité

La valeur obtenue de la viscosité de l'huile d'olive est identique à la valeur trouvée par **Allouche et al., (2001)** qui est égal à 62cP .

D'après **Karleskind (1992)**, la viscosité des corps gras dépend de leur structure chimique et de la température, elle augmente avec le poids moléculaire et diminue avec l'augmentation du nombre insaturation des acides gras.

1.1.5. Indice d'acidité

La valeur de l'acidité est égal à 0,56%, ce résultat est inférieure à celui obtenu par **Bencherif et al., (2010)** qu'ont trouvé 3,315% , ce résultat est due aux faibles teneurs en acides gras qui se retrouvent à l'état libre.

1.1.6. Conductivité électrique

La valeur de conductivité électrique trouvée est inférieure à celle obtenue par **Akkak et Lairedj (2007)** qui ont obtenu respectivement 9,16 et 10,35 $\mu\text{S}/\text{cm}$, d'une façon générale, la conductivité électrique d'un corps varie avec la composition minérale et la mobilité des ions.

1.2. Eau potable

Le tableau 7 montre les paramètres physico-chimiques moyens de l'eau potable.

Tableau 7 : Paramètres physico-chimiques moyens de l'eau potable à 20°C.

Paramètres	Valeurs moyennes
Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1035
Densité	0,98
pH	7,83

1.2.1. Conductivité électrique

La valeur de la conductivité électrique de l'eau potable trouvée est 1035 $\mu\text{S}/\text{cm}$; cette valeur est conforme à la norme dans la limite de la conductivité est égal à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**OMS, 2000**).

1.2.2. Densité

Nous remarquons que la densité de l'eau potable est similaire à celle trouvée par **Rodier (1978)** qui est égal à 1,0025 à 20°C.

1.2.3. pH

La valeur du pH de l'eau potable est légèrement supérieure à la valeur indiquée par **Rodier (1978)** qui est égal à 7,55 à 20°C.

1.3. Extrait aqueux

1.3.1. Analyses physiques

1.3.1.1. Viscosité

La figure 6 donne la variation de la viscosité d'extrait aqueux en fonction de la température.

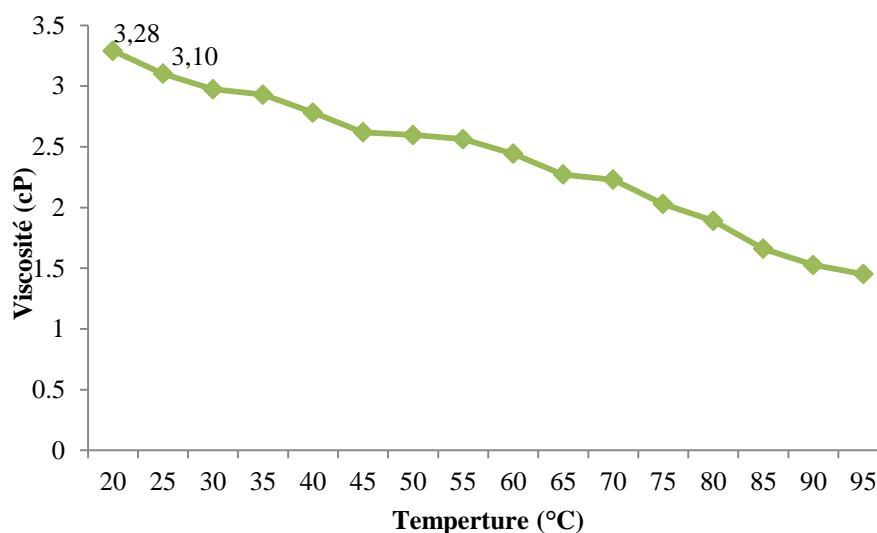


Figure 6 : Variation de la viscosité d'extrait aqueux en fonction de la température.

D'après les résultats obtenus, la viscosité d'extrait aqueux du fenugrec diminue en fonction de la température, la viscosité maximale a été marquée dans l'extrait aqueux traité à 25°C.

Selon **Adrain et al., (1981)** ; **Lorient et al., (1994)** , la viscosité dépend de la température, de nature de solvant, de la taille, de la forme, de la concentration, de la charge électrique, des particules dispersées , et de leur affinité pour le solvant.

La viscosité d'un liquide se caractérise par sa résistance au frottement des couches les unes contre les autres, la viscosité d'un liquide diminue lorsque la température augmente et inversement (**Dubosc et Chemin, 2013**).

1.3.1.2. pH

Les valeurs du pH trouvées pour les extraits aqueux des graines du fenugrec (EA et EAT) sont mentionnées par la figure 7.

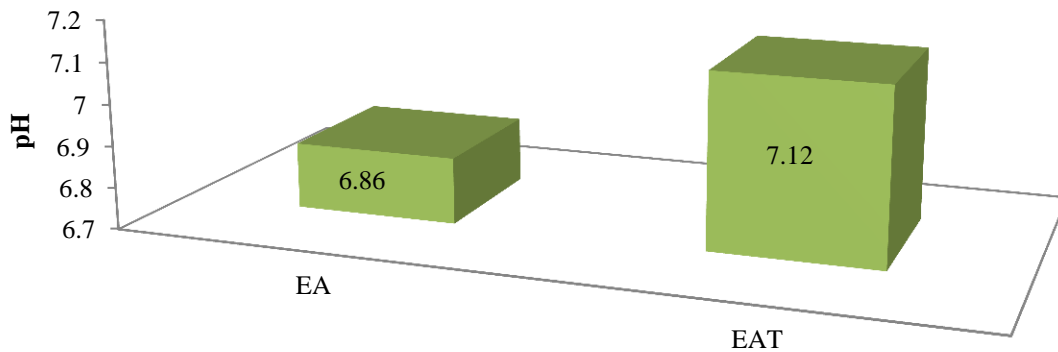


Figure 7 : Valeurs du pH d'extraits aqueux des graines du fenugrec.

La variabilité du pH d'une solution est fortement liée à sa composition en ions H^+ . Les valeurs du pH obtenus sont légèrement neutres et comparables à la valeur trouvée par **Kumar et al., (2014)** qui est égal à 6.23.

1.3.1.3. Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique trouvées pour les extraits aqueux des graines du fenugrec sont mentionnées par la figure 8.

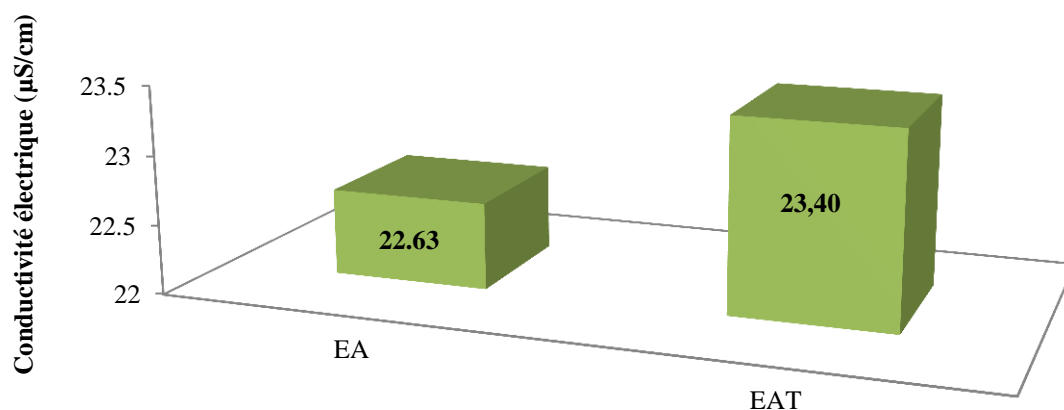


Figure 8 : Valeurs de la conductivité électrique d'extraits aqueux des graines du fenugrec.

Selon les résultats obtenus, on remarque que la CE de l'extrait aqueux traité est supérieure à celle trouvée dans l'extrait brut ; cela s'est expliqué par **Rodier et Mallein (1973)**, que la conductivité électrique est liée à la présence des ions en solution, elle augmente avec la température et la concentration en sels dissouts.

1.3.1.4. Densité

Les valeurs des densités obtenues pour les extraits aqueux des graines du fenugrec sont mentionnées par la figure 9.

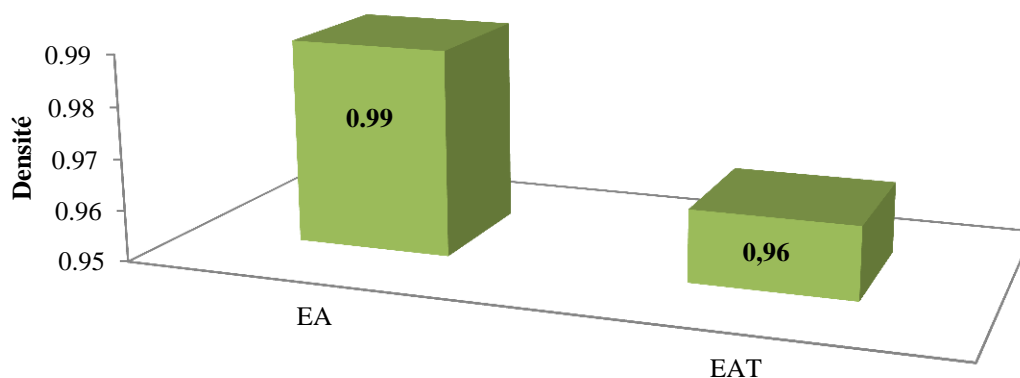


Figure 9 : Valeurs de la densité d'extraits aqueux des graines du fenugrec.

Selon les résultats obtenus, la valeur de la densité d'extrait aqueux traité est légèrement supérieure à celle d'extrait aqueux brut, cela est probablement dû à l'effet de la température sur la solubilité des molécules, minéraux et des gaz dissouts dans la phase aqueuse.

D'après **Boudier et Luquet (1980)**, la densité dépend de la teneur en matière sèche, matière grasse et ainsi de la température.

1.3.1.5. Indice de réfraction

Les valeurs de l'indice de réfraction trouvées pour les extraits aqueux des graines du fenugrec sont mentionnées par la figure 10.

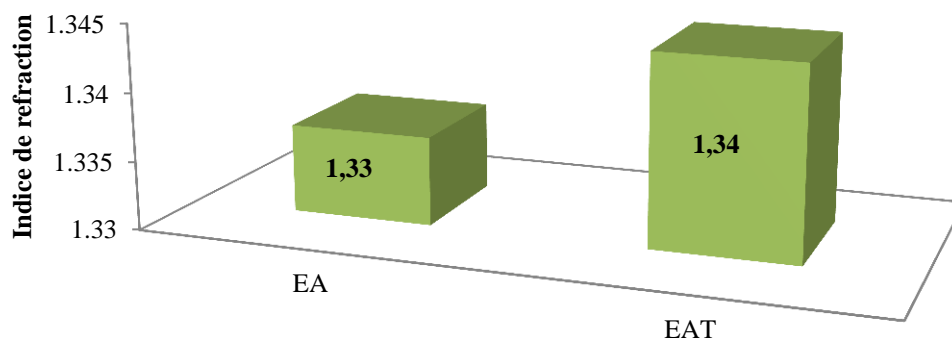


Figure 10 : Valeurs de l'indice de réfraction d'extraits aqueux des graines du fenugrec.

D'après la figure 10 l'indice de réfraction de l'extrait aqueux brut est légèrement identique à celui trouvé dans l'extrait aqueux traité.

Selon **Adrian et al., (1981)**, l'indice de réfraction varie suivant la température et la composition chimique des corps étudiés.

1.3.1.6. Matière sèche

Les valeurs de la matière sèche trouvées pour les extraits aqueux des graines du fenugrec sont indiquées par la figure 11.

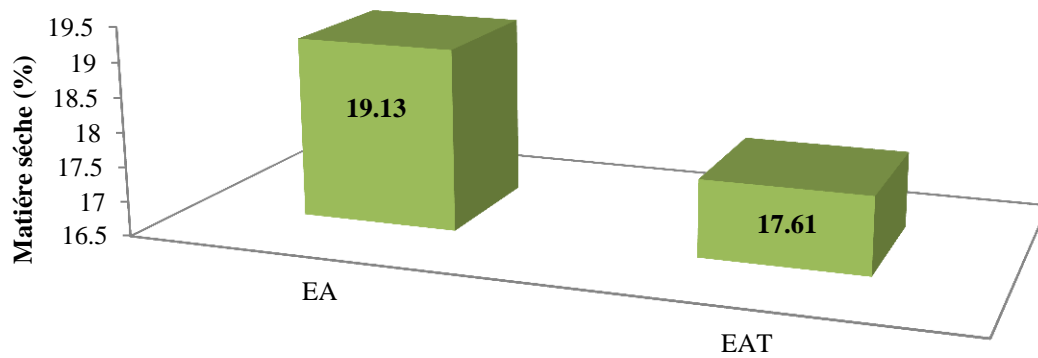


Figure 11 : Valeurs de la matière sèche d'extraits aqueux des graines du fenugrec.

Nous observons que la valeur de la matière sèche de l'extrait aqueux brut est supérieure à celle marquée pour l'extrait aqueux traité.

Cela peut être dû à l'effet du chauffage au bain marie sur le taux d'évaporation de l'eau libre.

1.3.1.7. Cendres

Les valeurs du taux de cendres trouvées pour les extraits aqueux des graines du fenugrec sont mentionnées par la figure 12.

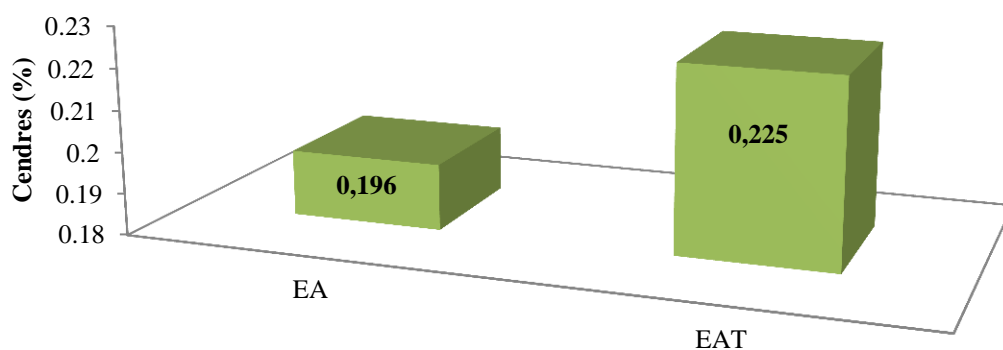


Figure 12 : Valeurs des cendres d'extraits aqueux des graines du fenugrec

D'après la figure 12, nous notons que l'extrait aqueux traité a enregistré une valeur de 0,225% qui est supérieure à celle observée dans l'extrait aqueux brut.

Selon **Mathieu(1998)**, le chauffage provoque la destruction de la matière organique : des matières grasses, des protéines, des vitamines et d'autre constituants se combinent pour donner les substances minérales ; la minéralisation et la formation de corps minéraux à partir de molécules organiques.

1. 3.2. Paramètres chimiques

1.3.2.1. Sucres totaux

Les valeurs de sucres totaux trouvées pour les extraits aqueux des graines du fenugrec sont illustrées par la figure 13.

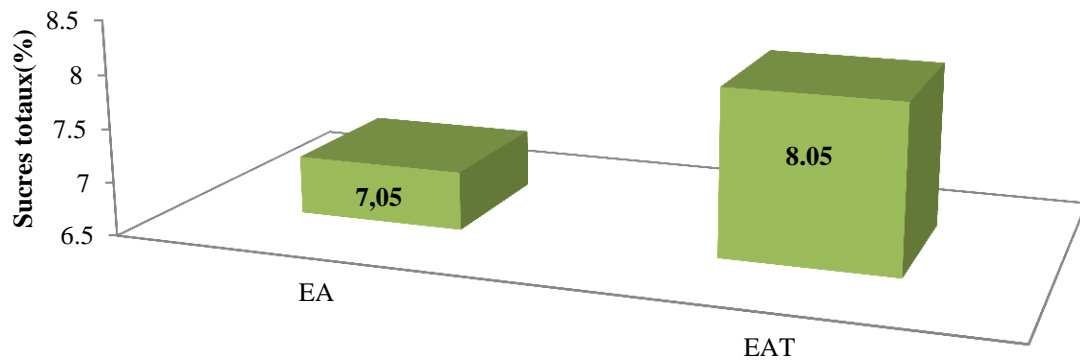


Figure 13 : Valeurs de sucres totaux d'extraits aqueux des graines du fenugrec.

Nous remarquons que le taux de sucres totaux de l'extrait aqueux traité est supérieur à celui noté dans l'extrait aqueux brut, l'ensemble d'échantillons testés ont des taux de sucres inférieur à celui obtenu par **Ghedira et al., (2010)** qui ont trouvés 20 à 30% dans les graines du fenugrec.

1.3.2.2. Protéines

Les valeurs des protéines trouvées pour les extraits aqueux des graines du fenugrec sont indiquées par la figure 14.

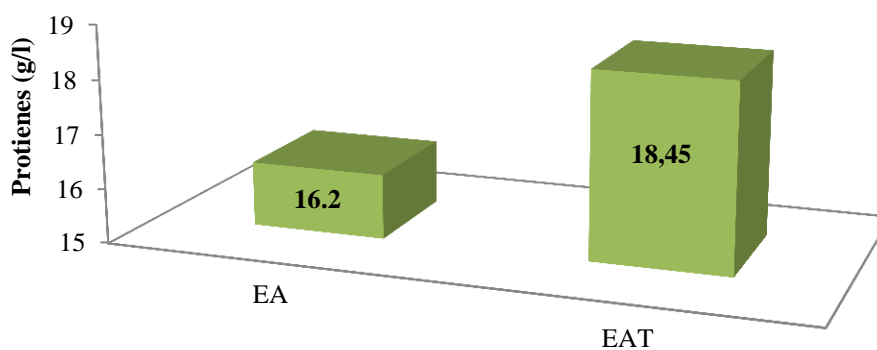


Figure 14 : Valeurs des protéines d'extraits aqueux des graines du fenugrec.

Nous remarquons que la teneur en protéines notée dans l'extrait aqueux traité est supérieure à celle enregistrée dans l'extrait aqueux brut, ces valeurs sont inférieures par rapport aux résultats trouvés par **Ghedira et al., (2010)** qui ont enregistré une valeur de 28 à 30% de protéines dans les graines du fenugrec.

Les protéines sont les constituants les plus importants dans la plante *Trigonella foenum-graecum* L (**Maletic et Jevdjovic, 2007**).

Les traitements thermiques des protéines peuvent provoquer des modifications structurales ,hydrolyse de liaisons peptidiques , des modifications des chaines latérales d'acides aminés et une condensation avec d'autre molécules, l'activité de l'eau, le pH ,la teneur en sels, la nature et la concentration des autre molécules réactives ,etc (**Cheftel et al., 1992**).

1.3.3. Etude des émulsions

1.3.3.1 Diamètre des globules gras

La figure 15 indique la cinétique du diamètre moyen des globules gras des émulsions au cours du temps.

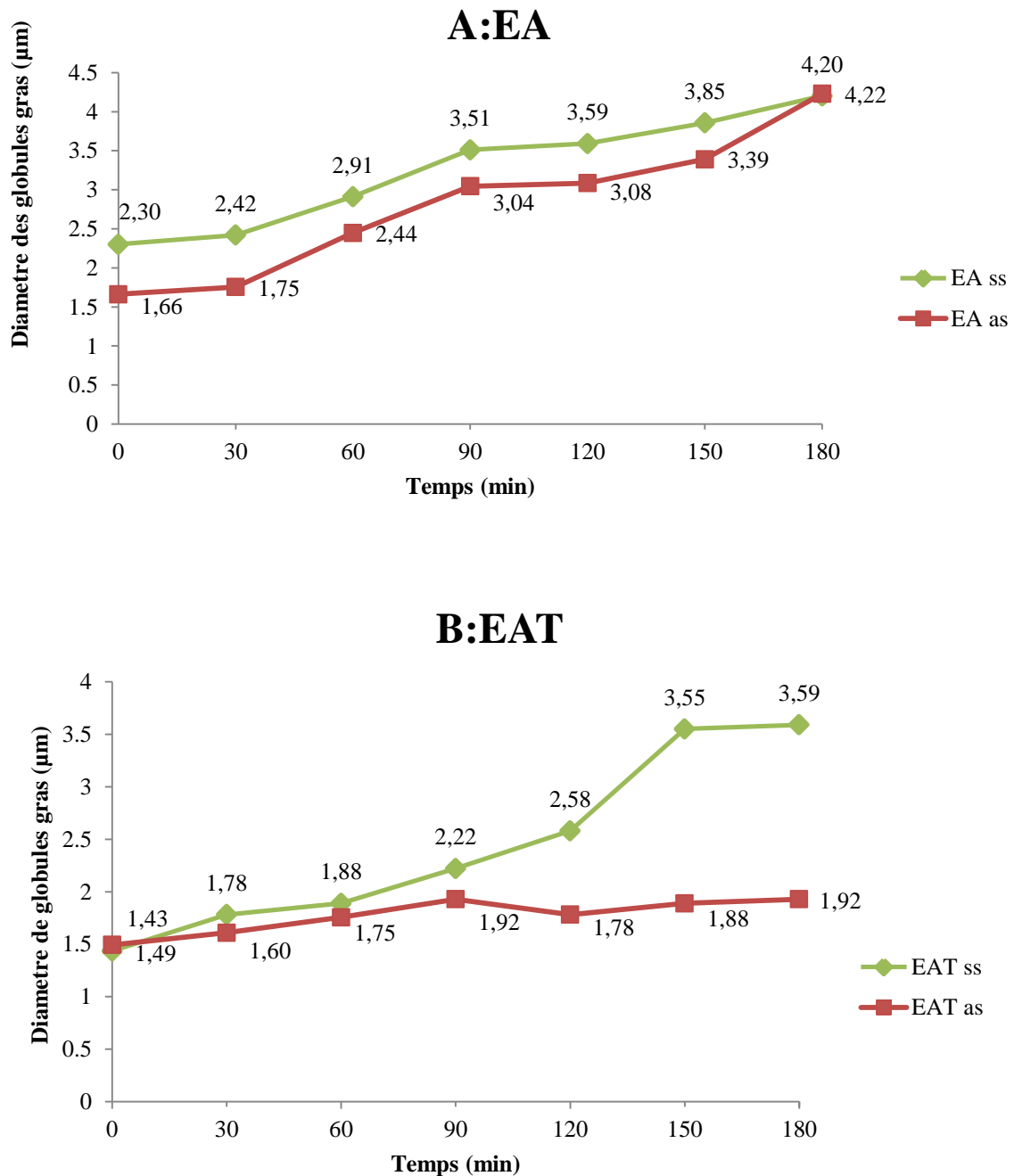


Figure 15 : Cinétique du diamètre moyen de globule gras des émulsions à base d'extraits aqueux des graines du fenugrec (A et B) au cours du temps.

Les différents types d'émulsions étudiées présentent des allures croissantes dans le temps pour le diamètre de globules gras :

- L'extrait aqueux brut (EA ss) avec un diamètre varie de 2,42 à 4,20 μm (0 à 180 min).
- L'extrait aqueux brut (EA as) avec un diamètre varie de 1,66 à 4,23 μm (0 à 180 min).
- L'extrait aqueux traité (EAT as) avec un diamètre varie de 1,43 à 3,59 μm (0 à 180 min).
- L'extrait aqueux traité (EAT ss) avec un diamètre varie de 1,49 à 1,94 μm (0 à 180 min).

Dans la plus part des cas de diamètre des gouttelettes liquides dispersées compris entre 0.1 et 50 μm (Cheftel et al., 1992).

Selon Frelichowska (2009), la taille des gouttelettes d'une émulsion dépend de sa composition et du procédé de fabrication.

D'après Lorient et al., (1985), la stabilité maximum des émulsions huile/l'eau correspond généralement à des valeurs de diamètre comprises entre 0.77 et 0.88 μm , la coalescence et la séparation d'une couche d'huile se produisent à des valeurs de diamètre plus élevées.

1.3.3.2. Stabilité

La figure 16 montre la cinétique de la stabilité de différentes émulsions en fonction du temps.

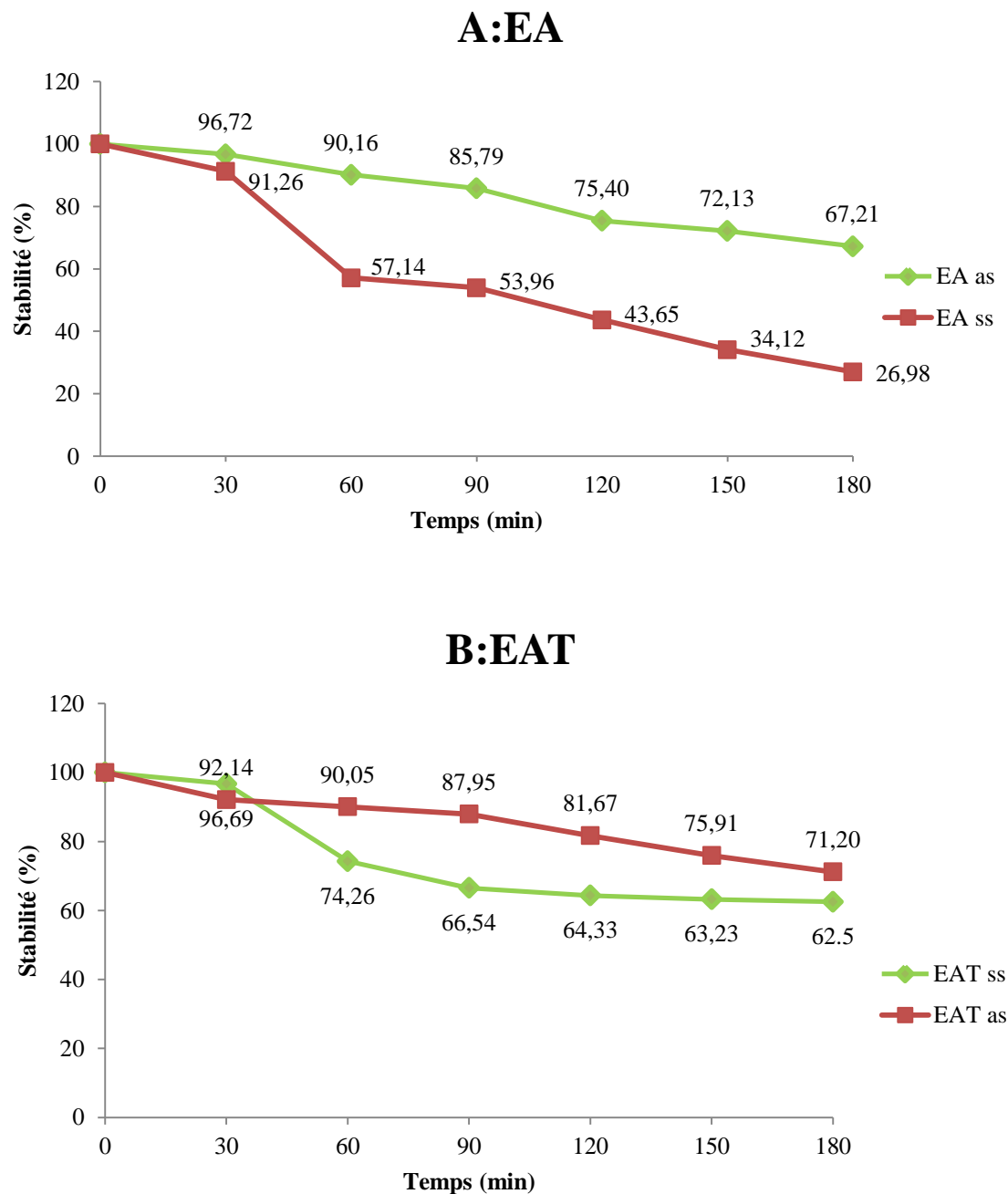


Figure 16 : Cinétique de stabilité des émulsions à base d'extraits aqueux des graines du fenugrec (A, B) au cours du temps.

Nous constatons que les différentes allures de la stabilité ont une tendance à se diminuer au cours du temps.

Parmi les émulsions qui on révélé des bonnes stabilités au cours du temps sont celles formées à base de :

-L'extrait aqueux brut (EA as) avec une stabilité varie du 100 à 67,21%.

-L'extrait aqueux brut (EA ss) avec une stabilité varie du 100 à 26,98 %.

-L'extrait aqueux traité (EAT as) avec une stabilité varie du 100 à 71,20 %.

-L'extrait aqueux traité (EAT ss) avec une stabilité varie du 100 à 62,5 %.

D'après **Mathieu(1998)**, un système dispersé est dit stable quand ses particules ne se soudent pas mais au contraire restent dans le milieu de dispersion.

D'après **Cheftel et al., (1992)**, divers phénomènes tendent cependant à stabiliser les émulsions :

- Une faible tension inter faciale entre les deux phases, de fait de la nature de ces phases et /ou de l'addition d'agent tensioactif ;
- la présence d'une couche interfaciale résistante, constituée par exemple par un film de répulsions manifestant lorsque la double couche de deux gouttelettes chargées entre en contact et s'interpénètrent, cette répulsion électrostatique s'oppose à la force d'attraction de vander -Waal entre les gouttelettes ;
- Un petit diamètre des gouttelettes (et une distribution uniforme des diamètres), tel qu'on peut l'obtenir avec une agitation intense et une concentration appropriée en agent tensioactif spécifique, il en prévoit l'équation de stockes.
- Une forte viscosité de la phase continue, qui entraine une faible vitesse de crémage, d'après l'équation de stokes.

Les émulsifiants se distinguent de stabilisants ne peuvent seule permettent la création d'une émulsion, certaines composé comme les protéines prouvent jouer à la fois le rôle d'émulsifiant, en effet les protéines, composé amphiphile qui présente une partie hydrophobe et hydrophile (**Serdzinski, 2010**).

La chaleur a pour effet de changer la structure tridimensionnelle native des protéines ; elle provoque une dénaturation dont les conséquences sont variées, ainsi la plupart des protéines coagulant sous l'action de la chaleur (**Malewiak et al., 1992**).

La coagulation des protéines diminue la stabilité de l'émulsion, cependant la gélification des protéines stabilise l'émulsion (**Frénot et Vierling ,2001**).

1.3.3.3. Index de stabilité

La figure 17 montre la cinétique de l'index de stabilité des émulsions au cours du temps.

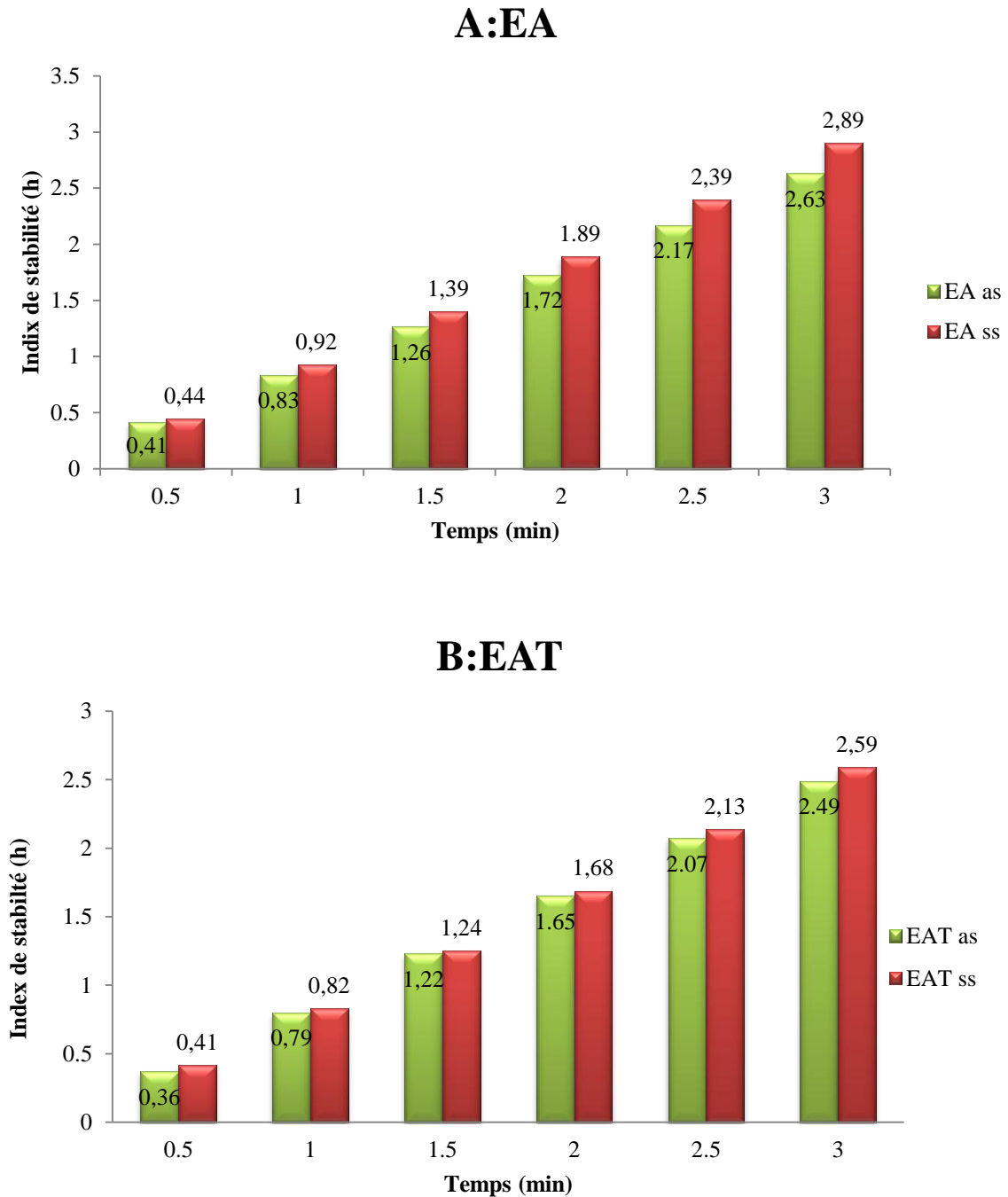


Figure 17 : Cinétique de l'index de stabilité des émulsions à base d'extraits aqueux des graines du fenugrec (A et B) au cours du temps.

Nous observons que la durée de la stabilité des émulsions est variable par celles formées de l'huile d'olive, d'extraits aqueux (brut et traité), avec ou sans stabilisant :

- L'extrait aqueux brut (EA as) avec un index de stabilité égal à 2h 37min après 3h.
- L'extrait aqueux brut (EA ss) avec un index de stabilité égal à 2h 54min après 3h.
- L'extrait aqueux traité (EA as) avec un index de stabilité égal à 2h 35min après 3 h.
- L'extrait aqueux traité (EAT ss) avec un index de stabilité égal à 2 h 29min après 3h.

D'après **Xalabarder(1994)**, l'index de stabilité dépend de l'huile utilisée et du milieu stabilisant.

Selon **Mathieu (1998)**, la déstabilisation des solutions est due à une rupture d'équilibre entre forces attractives due aux différents paramètres du milieu (pH, force ionique et température).

1.3.3.4. Surface interfaciale

La figure 18 montre la cinétique de la surface interfaciale de différentes émulsions en fonction du temps.

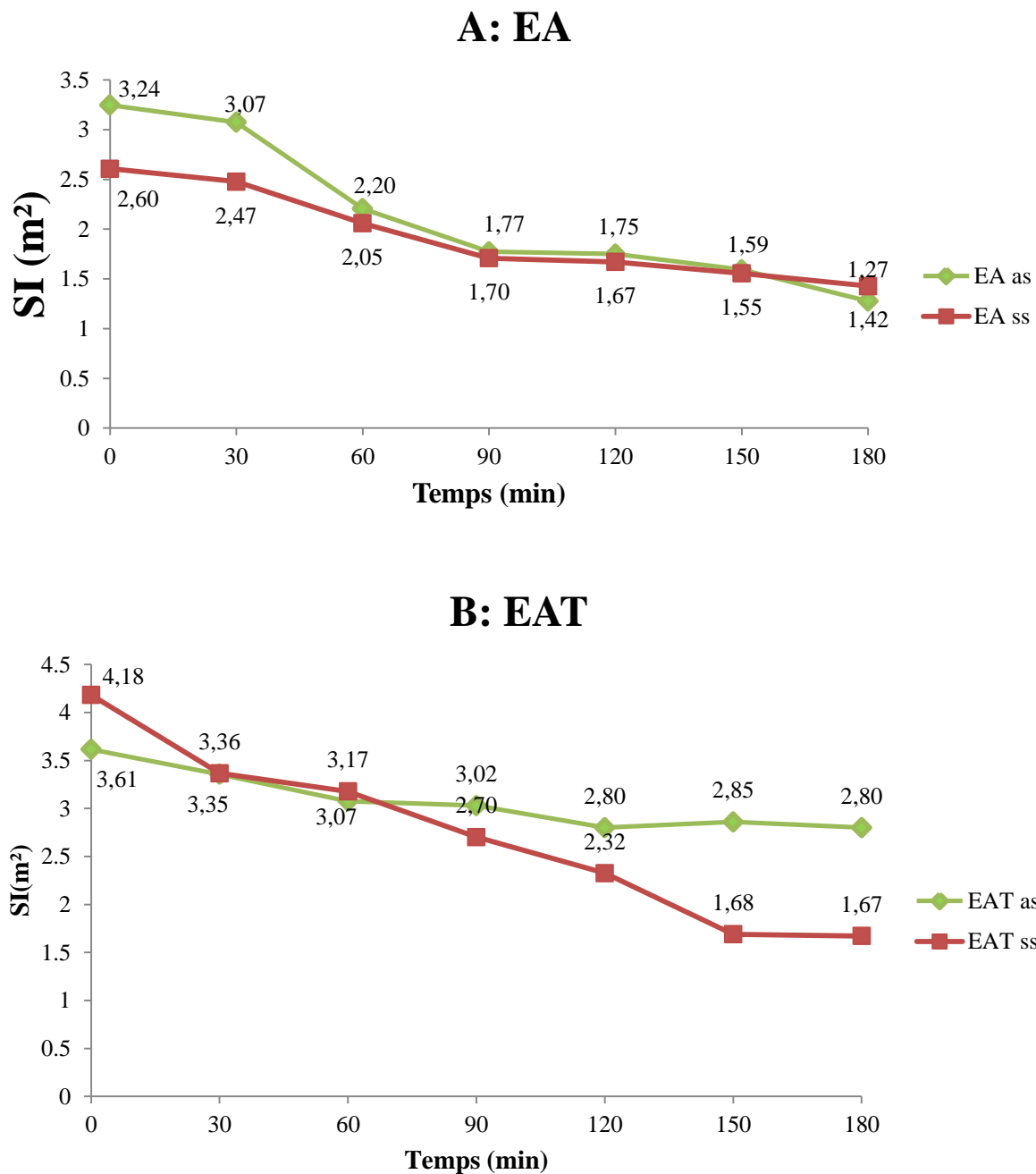


Figure 18 : Cinétique de la surface interfaciale des émulsions à base d’extraits aqueux (A et B) au cours du temps.

Les valeurs supérieures de la surface interfaciale sont enregistrées dans toutes les émulsions à temps t_0 , en suite elles sont diminuées au cours du temps, cela à cause de phénomènes de déstabilisation des émulsions.

Au cours du temps, une variabilité de la surface interfaciale a été notée dans les émulsions formées à base de :

- L'extrait aqueux brut (EA as) avec une surface varie du 3,25 à 1,28 m² (0 à 180 min).
- L'extrait aqueux brut (EA ss) avec une surface varie du 2,60 à 1,43 m² (0 à 180 min).
- L'extrait aqueux traité (EAT as) avec une surface varie du 3,62 à 2,80 m² (0 à 180 min).
- L'extrait aqueux traité (EAT ss) avec une surface varie du 4,18 à 1,67 m² (0 à 180 min).

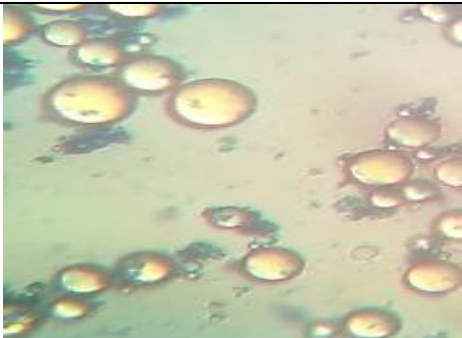

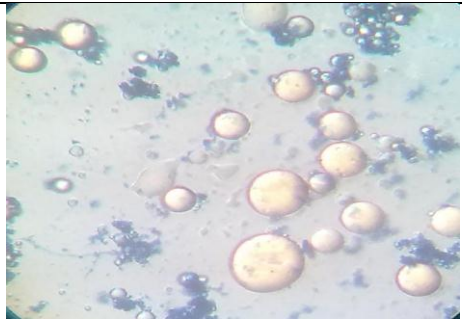
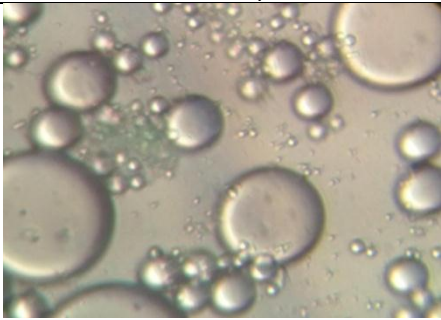
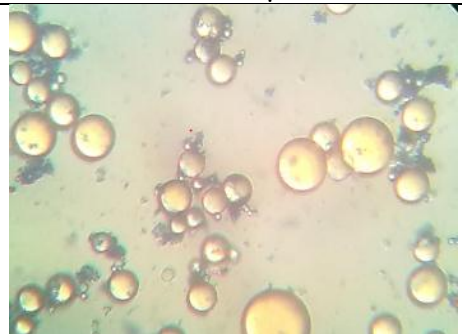

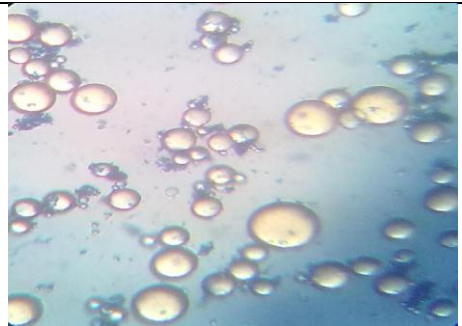
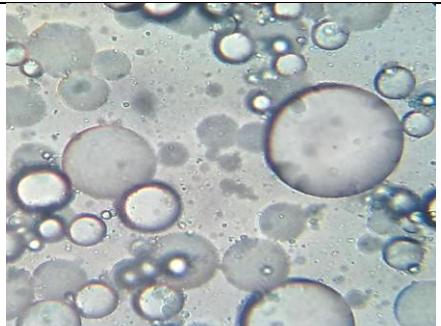
Selon **Sérdzinski (2010)**, plus le rayon des globules gras est faible, plus l'aire totale des interfaces est grande.

Dans une émulsion, lorsque la taille des gouttelettes diminue la surface d'interface générée augmente (si l'agent émulsifiant n'est pas en quantité limitante) (**Guichard et al., 2012**).

1.3.3.5. Prise des photos

Le tableau 8 donne l'aspect microscopique des émulsions au cours du temps.

Tableau 8: Aspect microscopique des émulsions à base d'extrait aqueux (EA et EAT)

		Photos (Gr x 40)	
		Photo à t_0	Photo à t_6 (180 min)
EA	ss	 <p>$\Phi = 2,42\mu\text{m}$</p>	 <p>$\Phi = 4,20\mu\text{m}$</p>
EA	as	 <p>$\Phi = 1,66\mu\text{m}$</p>	 <p>$\Phi = 4,23\mu\text{m}$</p>
EAT	ss	 <p>$\Phi = 1,46\mu\text{m}$</p>	 <p>$\Phi = 1,94\mu\text{m}$</p>
EAT	as	 <p>$\Phi = 1,43\mu\text{m}$</p>	 <p>$\Phi = 3,59\mu\text{m}$</p>

Conclusion

Conclusion

L'étude des propriétés émulsifiantes d'extrait aqueux des graines du fenugrec traité par chauffage conventionnel a dégagé nombreux résultats d'ordre physiques, chimiques et fonctionnels.

Une variabilité a été enregistrée concernant les paramètres physiques et chimiques d'extraits aqueux des graines du fenugrec (brut et traité) à savoir : pH, cendres, matière sèche, conductivité électrique, indice de réfraction, densité, viscosité, sucres totaux et protéines.

Le traitement par chauffage au bain marie de l'extrait aqueux brut a provoqué une augmentation de l'ensemble des paramètres physiques et chimiques, sauf la densité, la viscosité, matière sèche, qui ont subis une diminution.

En plus l'émulsion préparée à base d'extrait aqueux traité, huile d'olive vierge et sans stabilisant a manifesté par une meilleure stabilité au cours du temps par rapport aux autres types d'émulsions.

En perspective, nous suggérons un travail porte sur l'étude de l'effet des ultrasons sur les propriétés émulsifiantes d'extrait aqueux des graines du fenugrec.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- **Acem, K. 2001.** Etude des propriétés émulsifiantes du lactosérum en vue de sa valorisation dans le domaine cosmétique. Thèse magister, Ag. ISA Tiaret, 87.
- **Adrian, J., Legrand, G., Frangner, R. 1981.** Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition, 2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 223.
- **AFNOR. 1984.** Méthode d'analyse des corps gras graines oléagineuses, Produits dérivés collections. AFNOR, France, 455.
- **Akkak, S., Lairedj, O. 2007.** Caractérisation et valorisation du lactosérum en comitologie, mémoire d'ingénieur d'Etat en nutrition et technologie agroalimentaire, Tiaret, 84.
- **Allouche, J., Tyrode, E., Sadler, V., Choplin, L., Salager, J.L. 2004.** Simultaneous conductivity and viscosity measurements as a technique to track emulsion inversion by the phase-inversion-temperature method. *Langmuir* 20(6). 2134-2140.
- **Amellal, H. 2008.** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes. Formation d'un yaourt naturellement, sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en Technologie alimentaire. Université M'hamed bougara. Boumerdes.127.
- **AOAC. 2000.** Official Methods of Analytics.17th Ed .Gaithersburg, USA.
- **AOAC. 2002.** Official Methods of Analytics.17th Ed .Gaithersburg, USA.
- **Arditty, S. 2004.** Fabrication, stabilité et propriétés rhéologiques des émulsions stabilisées par des particules colloïdales. Thèse de Doctorat. Université Bordeaux 1, 5.
- **Benabid, H. 2009.** Caractérisation de l'huile d'olive algérienne apports des méthodes chimio métriques. Université Mentouri de Constantine, INTAA. 240.
- **Bencherif, Y., Ben Chouhra, M., Bensoukehal, M. 2010.** Contribution à l'innovation des produits émulsionnés à base du lactosérum et étude de leurs stabilités. Mémoire d'ingénieur, Tiaret. 70
- Bidri, M., Choay, P. 2013. Le fenugrec: une légumineuse aux multiples usages
La Phytothérapie européenne, n°74. 15-21.
- **Billaud, C., Adrian, J. 2001.** Le fenugrec : composition, valeur nutritionnelle et physiologique, science des aliments, vol 21, n°1. 3-26.
- **Brochette, P. 1999.** Emulsification : Elaboration et étude des émulsions. Techniques de l'ingénieur. **2150.**

- **Boubezari, E. 2010.** contribution à l'évaluation des pratiques frauduleuses dans le lait à Gharb Chrarda ben hsen. Lot 230 n°6, maghrib arabi, Kenitra. 64.
- **Boudier, J.F et Luquet, F. 1980.** Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale. Série synthèse bibliographique N° 21. 96.
- **Cendres, A. 2011.** Procédé novateur d'extraction de jus de fruit par mic ro-onde: variabilité de fabrication et qualité nutritionnelle de jus, thèse Doctorat. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse. 137
- **Cheftel, j.C., Cuq, L.J., Lorient, D.L. 1992.** Protéines végétale.11 rue Lavoisier-75384-paris cedex 08 .tec et doc. 309.
- **Chevalier,Y., Bolzinger M-A ., Puel F. 2014.**les émulsions .In conception des produits cosmétiques. Edition TEC et DOC, Lavoisier, Paris. 164.
- **Chitour, C. 1992.** Physico-chimie des surfaces : Les interfaces liquide- liquide et gaz- liquide, voll. Ed. Office des publications universitaire. Alger. 242.
- **Cuiyand, S. W., Brummer,Y. 2005.** FOOD Carbohydrate: Chemistry, Physical properties, and Application.CRC Press USA. 256.
- **De Luca, M., Rocha-Filho, P., Grossiord, J.L., Rabaron , A ; Vaution, C., Seiller M. 1991.** Les emulsions multiples, International Journal of Cosmetic Science, vol 13. 1-21.
- **Doumeix, O. 2011.** Les émulsions, in Operations unitaires en génie biologique. CRDP d'aquitaine. Bordeaux.
- **Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers P.A., Smith, F. 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. vol 28 n°3. 350-356.
- **Dubosc, P., Chemin, P. 2013.** Les cahiers techniques de la cofrend ressuage Edition LEXITIS .Paris . 15.
- **Eberhard .2005.** Plantes aromatiques, Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 568-601.
- **GROS, F. 1990.** Rapport sur les applications des biotechnologies à l'agriculture et à l'industrie agro-alimentaire. office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. France. 4.
- **Frelichowska, J. 2009.** Emulsions stabilisées par des particules solides: études physico-chimiques et évaluation pour l'application cutanée. Thèse doctorat, l'université Claude Bernard Lyon 1. 143.

- **Frénot, M., vierling, E. 2001.** Biochimie des aliments diététique du sujet bien portant. 2^{ème} édition, CRDP d'aquitaine. bordeaux. 132.
- **Francois , R . 1974.** Les industries des corps gras, biochimie, extraction raffinage, misance et réclamation
- **Geoffrey, C.P. 2011.** Food Science and technology .Ed.John Wiley ans Son.USA 520.
- **Ghedir , K., Goetz P ., Le Jeune. R. 2010.** Fenugrec : *Trigonella foenum-græcum* L. (Fabaceae ex. Leguminosae). matière médicale pratique. 180-184.
- **Harchane, H., El Addas, H., Amsaguine, S., El Amrani, N., Radallah D.** Effets de l'extrait aqueux des graines du fenugrec (*Trigonella foenum graecum*) sur l'amélioration du profil lipidique et la prise de poids chez le rat. *Phytothérapie* , n°10. 357-362.
- **Karleskind, A. 1992.** Détermination des caractéristiques physiques in Manuel des corps gras.Tec et Doc, Lavoisier, Paris, Vol 2. 1290-1320.
- **Kumar, D., Singhal, A., Bansal, S., Gupta, S.K. 2014.** Extraction, isolation and evaluation *trigonella foenum-graecum* as mucoadhesive agent for nasal gel drug delivery. *Journal of NPA*, vol XXVII n°1. 40-45.
- **Lechevalier, V., Croguennec, T., Anton, M., Desfougères, Y. 2010.** L'œuf ingrédient alimentaire. *In science et technologie de l'œuf.* Édition TEC et DOC vol 2. Lavoisier. 403.
- **Maletic, R., Jevdjovic, R., 2007.** Sowing date -the factor of yield and quality of Fenugreek seed (*Trigonella foenum-graecum* L). *Journal of Agricultural Sciences.* Vol 52, N°1. 1-8.
- **Malewiak, M.I., Leynaud –Rouaud, C., Berthier, A.M., Serville,Y. 1992.** Aliment et nutriments *.In alimentation et nutrition humaines.*ESF.178.
- **Mathieu, J. 1998.** Initiation à la physicochimie du lait. Ed et Doc. Lavoisier, Paris. 220.
- **Moorthy, R., Prabhukm., Murthy, PS. 2010.** Anti-hyperglycemic compound GII from fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L) seeds, tks purification and effect in diabetes mellitus. *IndJExBiol.* ; vol 48. 1111-1118.
- **Messaid, H. 2008.** Optimisation du processus d'immersion- rehydradation du système dattes sèches – jus d'orange. Mémoire de magister. Universités m'Hamed bouguera Boumerdes.

- **Nau, F., Guérin-Dubiard, C., Baron, F.,Thapon, J. L. 2010.** Science et technologies de l'oeuf. Editions Tec et DOC. Lavoisier. 401.
- **Oueslati, H-A., Ghédira, K .2015.** Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Trigonella foenumgraecum*. Phytothérapie. Lavoisier SAS.V 13. 1-5
- **Pearce, K., Kinsella, J. E. 1978.** Emulsifying properties of proteins évaluation of à turbidimétrie technique, journal of agricultural and food chemistry, 26. 716-723
- **Pierre, M., Lys, M.2007.** Secret des plantes, Edition Artémis, France. 138
- **Nielsen, S.S. 2010.** Food Analysis.4thEd.Springer.USA. 602.
- **Rodier, J. 1978.** Analyse de l'eau, eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. Ed : Dunod. 1135.
- **Rodier, J. 1997.** L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer, 8^{ème} Ed, Dunod, France. 57-65.
- **Rodier, J., Mallein, R. 1973.** Manuel de biochimie pratique à l'usage Pratique des laboratoires d'analyses médicales. Paris, éd. Maloine.
- **Sadasivam, S., Manickarn, A. 1996.** Biochemical methods. 2^{ème} Ed .New Age International .New Delhi. 256 .
- **Srdzinski, N. 2010.** Additifs et adjuvants alimentaires. 50.
- **Skalli, S. 2006.** Malformations associées à la prise de fenugrec au cours de la grossesse, bulletin d'information de pharmacovigilance, vol 3,N°11.
- **Tournaire., Drapron. 1987.** Activité de la lipase en milieu eau-glycérol et eau-glycérol, science des aliments N°7. 50.
- **Uzzan, A. 1992.** Huile d'olive in manuel des corps gras, Ed, Tec et Doc, Lavoisier, voll. Paris. 763-424.
- **Velsseyer, R., 1975.** Technologie de Lait ,3ème édition, La maison Rustique, Paris. 698.
- **Weolstad, R-E., Decker, E-A., Schwartz, S-J., Sporns, P. 2005.** Handbook of food analytical Chemistry, water, Proteins, Enzymes, lipids, and carbohydrates. Ed John Wiley and son, Canada. 427-428.
- **Xalabarder, R. 1994.** Les émulsifiantes in actualités techniques et industrielles. JIAA. Paris. 561-562.

Annexes

Annexe 1 :

Présentation de la courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres totaux

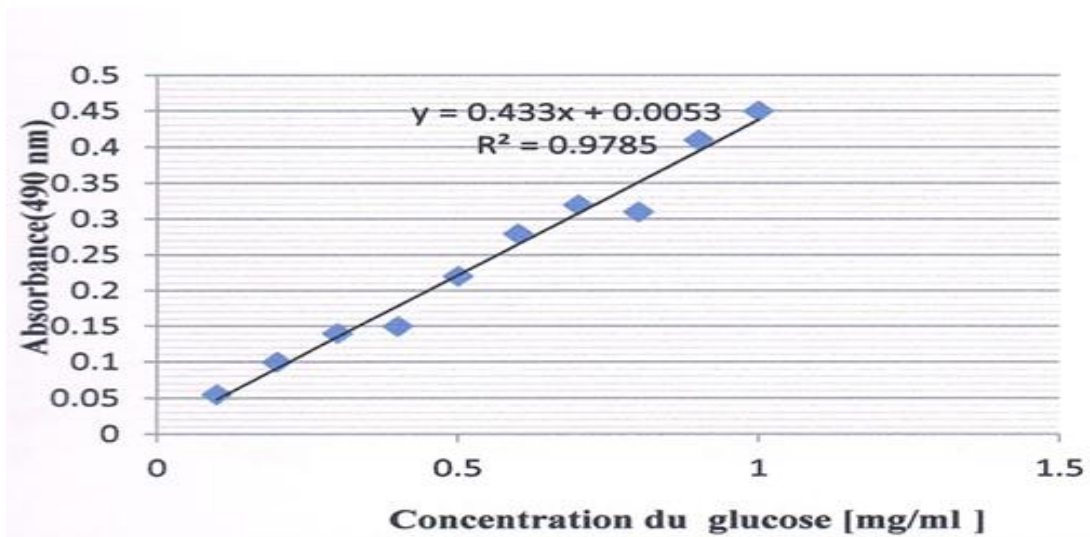


Figure 21 : courbe étalonnage des sucres totaux.

Annexe 2 :

Présentation de la courbe d'étalonnage pour le dosage des protéines.

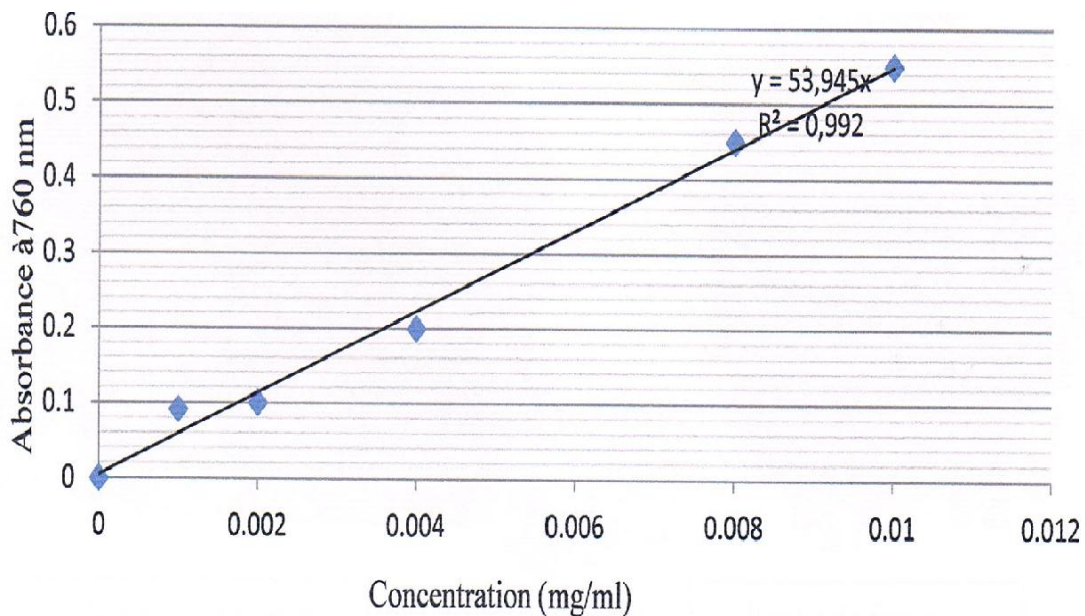


Figure 22 : Courbe étalonnage des protéines.

Résumé

Le fenugrec, *Trigonella foenum -graecum*, du nom arabe l'helba compte parmi les plus anciennes plantes médicinales et culinaires dans l'histoire de l'humanité.

Notre étude expérimentale s'est concentrée d'une part dans la caractérisation physique et chimique d'extrait aqueux du fenugrec obtenue par décoction et traité par chauffage conventionnel (bain marie) et d'autre part dans la caractérisation de son pouvoir émulsifiant.

Les résultats ont montré que les paramètres physiques et chimiques d'extrait aqueux des graines du fenugrec et huile d'olive vierge sont acceptables pour l'émulsification, en plus l'émulsion préparé à base d'extrait aqueux des graines du fenugrec traité par chauffage conventionnel (bain marie) et le stabilisant (caséinates de sodium) a présenté des meilleurs paramètres microscopiques (diamètres des globules gras, surface interfaciale) et spectrométriques (stabilité et index de stabilité).

Mots clés : Emulsion, extrait aqueux, fenugrec, chauffage conventionnel, décoction, huile d'olive vierge, stabilisant.

ملخص

تعرف الحلبة علمياً باسم *Tatrigonel foenum graecum* و تعتبر من أقدم النباتات الطبية و الغذائية. تمحورت دراستنا التجريبية من جهة في دراسة المعايير الفيزيائية والكيميائية للمستخلص المائي لبذور الحلبة المعالج بالتسخين المائي النظامي (حمام مائي) ومن جهة أخرى في دراسة قدرته الاستحلابية.

بينت النتائج ان المعايير الفيزيائية والكيميائية للمستخلص المائي لبذور الحلبة ولزيت الزيتون العذراء مساعدة في عملية الاستحلاب، حيث اتسم المستحلب المشكل من المستخلص المائي لبذور الحلبة المعالج والمثبت (كازينات الصوديوم) بأفضل المقاييس المجهرية والطيفية.
الكلمات الجوهرية : مستحلب، مستخلص مائي، حلبة، تسخين نظامي، زيت الزيتون العذراء، مثبت.