

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

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 de fin d'études

En vue l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Présenté par :

ABDALLAH Zineb

Thème

Caractérisation des propriétés physicochimiques et moussantes
d'extrait aqueux des graines du fenugrec (*Trigonella foenum - graecum* L.) issu
par décoction

Soutenu publiquement le : 18/07/2021

JURY:

Grade

Président: BENKHETTOU Abdelkader

Maître assistant "A"

Encadrant: ACEM Kamel

Professeur

Examineur: ACHIR Mohammed

Maître de conférence "B"

Invité :

Année universitaire 2020-2021 🇫🇷

Remerciements

Remerciements

Je remercier avons tous, **ALLAH**. Le tout puissant de m' avoir donne la force pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer, ma plus profond gratitude mon plus grand respect à **Mr.ACEM K** pour son assistance et le long de la réalisation de ce travail.

Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements aux membres du jury le président **Mr. BENKHETTOUA** et l'examinateur **Mr. ACHIR M** pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Et particulièrement je remercier les responsables des laboratoires de Biochimie et Technologie alimentaire et spécialement les techniciens pour leurs collaborations, et leurs précieux conseils durant la réalisation de ce travail.

En fin, je remercier tous les personnes qui en participer à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

À l'âme de ma très chère grand-mère

À mes chers parents,

À toute ma famille,

À tous mes amies.

Zineb



Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations**Liste des tableaux****Liste des figures****Liste des annexes****Introduction****Chapitre I****Matériels et Méthodes**

I.1.Objectifs	4
I.2.Lieu de travail	4
I.3.Matériels.....	4
I.3.1.Fenugrec.....	4
I.3.2.Appareillages, verreries et réactifs.....	4
I.4.Méthodes d'analyses	6
I.4.1.Protocole expérimental.....	6
I.4.2.Extrait aqueux	7
I.4.3.Criblage phytochimique.....	7
I.4.3.1.Tanins.....	7
I.4.3.2.Sucres réducteurs.....	7
I.4.3.3.Amines.....	8
I.4.3.4.Saponines.....	8
I.4.3.5.Glucosides cardiotonique	8
I.4.3.6.Alcaloïdes.....	8
I.4.5.Analyses physiques	9
I.4.5.1 Indice de réfraction et degré de Brix.....	9
I.4.5.2. pH- mètre	9
I.4.5.3. Conductivité électrique.....	10
I.4.5.4. Cendres.....	10
I.4.5.5. Densité.....	11
I.4.6.Analyses chimiques.....	12
I.4.6.1.Polyphénols totaux	12
I.4.6.2.Protéines	14
I.4.6.3. Sucres totaux.....	15
I.4.6.4. Flavonoïdes	16
I.4.7.Pouvoir moussant.....	18
I.4.7.1.Préparation de la mousse.....	18
I.4.7.2.Capacité moussante.....	18
I.4.7.3. Diamètres moyen des bulles d'air	18

Chapitre II
Résultats et discussions

II.1.Criblage phytochimique	21
II.1.1.Tanins	21
II.1.2.Sucres réducteurs	21
II.1.3.Amines	22
II.1.4.Saponines	22
II.1.5.Glucosides cardiotoniques	23
II.1.6.Alcaloïdes	24
II.2.Analyses physiques.....	24
II.2.1.Indice de réfraction et degré de Brix	25
II.2.1.pH- mètre	25
II.2.2.Conductivité électrique	25
II.2.4.Cendres	26
II.2.5.Densité	26
II.3.Analyses chimiques	26
II.3.2.Polyphénols totaux.....	26
II.3.2.Protéines	27
II.3.3.Sucres totaux.....	27
II.3.4.Flavonoïdes totaux.....	27
II.3.Pouvoir moussant	28
II.3.1.Capacité moussante	28
II.3.2.Diamètre moyen des bulles d'air	29
I.3.3.Prise des photos.....	32

Conclusion**Références Bibliographiques****Annexes****Résumé**

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de la normalisation

ISO: Organisation internationale de la normalisation

Liste des tableaux

Tableau 1 : Appareillages, verreries et les réactifs utilisés durant notre expérimentation.5

Tableau 2 : Composition des dilutions de glucose pour la réalisation de la courbe d'étalonnage.
..... 16

Tableau 3 : Les résultats des analyses physiques d'extrait aqueux des graines de fenugrec.....25

Tableau 4 : Quelques composés phytochimiques d'extrait aqueux des graines de fenugrec.26

Tableau 5 : Aspect microscopique des mousses préparées à base d'extrait aqueux décocté du fenugrec et de tween80 (1%)..... 32

Liste des figures

Figure 1 : Protocole expérimental de notre étude	6
Figure 2 : Résultat de la mise en évidence de tanins galliques.	21
Figure 3 : Résultat de la mise en évidence des sucres réducteurs.	22
Figure 4 : Résultat de la mise en évidence des amines, (a)et(b) indique présence amines.	22
Figure 5 : Résultat de la mise en évidence des saponines ;(a) : la mousse (saponines), (b) saponines hétérosides stéroïdes.	23
Figure 6 : Résultat de la mise en évidence des glucosides cardiotoniques.	24
Figure 7 : Résultat de la mise en évidence des alcaloïdes.....	24
Figure 8 : Capacité moussante(a) et cinétique de sa stabilité(b) d'extrait aqueux des graines du fenugrec comparées au tween80 (1%)	28
Figure 9 : Le diamètre moyen des bulles d'air (a) et cinétique de sa stabilité(b) d'extrait aqueux des graines du fenugrec comparés au tween80 (1%).	29

Liste des annexes

Annexe 1 : La courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Annexe 2 : La courbe d'étalonnage de dosage protéique.

Annexe 3 : La courbe d'étalonnage du glucose.

Annexe 4 : La courbe d'étalonnage de catechine(Djennane et al. ;2016) .

Annexe 5 : Comparaison la capacité moussante entre l'extrait aqueux de fenugrec et tween 80.

Annexe 6 : Comparaison diametre moyenne des bulles d'air entre l'extrait aqueux de fenugrec et tween 80.

Annexe 7 : Les graines de fenugrec (*Trigonella foenum graecum* L.) .

Annexe 8 : La mousse d'extrait aqueux des graines de fenugrec.

Annexe 9 : Les propriétés physicochimique du tween 80($C_{64}H_{124}O_{26}$, marque Fluka , France).
(Aldarich, 2012).

Annexe 10 : Paramètres moyennes physicochimiques de l'eau potable de la ville Sougueur
(Laboratoire de Tiaret).

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales sont utilisées durant des millions d'années par les humains qui ont développés les connaissances sur les plantes médicinales et les utilisées comme outil naturel de traitement en médecine traditionnelle (**Venkata et al., 2017**).

L'organisation mondiale de la santé (OMS) a estimé que d'environ 80% de la population mondiale utilise les produits naturels des plantes médicinales comme premier moyen de traitement (**Venkata et al., 2017**).

Les plantes médicinales renferment des principes actifs qui sont issus des métabolites secondaires ayant des propriétés physicochimiques d'intérêt médical thérapeutique et pharmacologique (**Rahmani, 2017**).

Le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) est une petite plante annuelle, d'une famille fabaceae médicinale et condimentaire (**Venkata et al., 2017**), il est d'origine méditerranéenne et cultivé largement dans tout le monde, notamment dans les pays Asiatiques (Inde, Chine) et aussi dans l'Afrique du Nord (Tunisie, Maroc, Algérie), et en Europe centrale (Espagne, Portugal).

Le nom scientifique de l'espèce *foenum-graecum* en latin signifie « foin grec » réfère au parfum de la plante séchée (**Ghédira, 2015**), le genre *Trigonella* en latin signifie triangle réfère à la forme en triangle des fleurs, la plante herbacée de fenugrec à des feuilles vertes trifoliolées, les fleurs blanches ou jaunes et la plante à son pied environ 15cm sous forme d'une gousse contient 10-20 graines de couleur jaune d'or à épaisseur 2 à 4 mm (**Venkata et al., 2017**).

Les graines du fenugrec renferment des principes actifs tels que les tanins, les alcaloïdes, les phénols, les protéines, les vitamines, les minéraux, les huiles essentielles (**Rouibi, 2018**); les huiles sont responsables de l'odeur de la plante et aussi les graines contiennent les glucides, mucilages (**Rahmani, 2017**), tous composés ayant des effets thérapeutiques en médecine traditionnelle et moderne

pour leurs propriétés antidiabétiques, anticancéreuses, améliorations de la lactation après l'accouchement, outre leurs propriétés laxatives et carminatives de constituantes des graines sont utilisées en traitements des troubles digestifs et intestinaux **(Rouibi, 2018)**.

Les saponines ou sapogénines ont révélé des propriétés biologiques et pharmacologiques telles que, activité expectorante, anti-inflammatoire, anti-tumorales, chimio- préventive, antidiabétique, ainsi que des effets hépato-protecteurs, neuro-protecteurs, en particulier certaines saponines possèdent activités antimicrobiennes et immuno-modulateurs, qui pourraient être utilisés dans les préparations des vaccins **(Hanis, 2014)** .

Les saponines sont des composés hétérosides soit appartenant dans les graines à forme hétérosides stéroïdiques ou hétérosides tri terpéniques .ces constituants ont une propriété physicochimique tensioactif naturel dues à leur caractère amphotère qui évoque le pouvoir moussant **(Hanis, 2014)**.

La mousse est une bulle de gaz dispersée dans un solide ou un liquide .la matière liquide ou solide est très peu dans une mousse et beaucoup de bulle de gaz (air) , c'est ce qui lui donne une densité **(Verges, 2005)**.la forme des bulles de gaz sont sphériques séparées par un film de liquide visqueux mince , avec le temps, la structure sphérique de la mousse change graduellement en structure polyédrique **(Boumezaid, 2015)**.

Les mousses en générale ont des plusieurs propriétés, qui sont utiles dans l'application industrielles **(Boumezaid, 2015)**.

Dans ce contexte, le présent mémoire vise à évaluer les propriétés physicochimiques et moussantes d'extrait aqueux des graines de fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) issu par décoction.

Chapitre I

Matériels et méthodes

I.1.Objectifs

Les objectifs de la présente étude sont axés sur :

- Extraction aqueux des molécules phytochimiques à partir de la décoction des de fenugrec (*Trigonella foenum- graecum* .L).
- Criblage phytochimiques d'extrait aqueux décocté.
- Caractérisation phytochimique d'extrait aqueux décocté.
- Caractérisation des propriétés moussantes d'extrait aqueux décocté.

I.2.Lieu de travail

La partie expérimentale a été réalisée au sein laboratoires des Technologie alimentaire et Biochimie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université Ibn Khaldoun, Tiaret.

I.3.Matériels

I.3.1.Fenugrec

Les graines de fenugrec sont apportées par le commerce locale de la ville de Tiaret (annexe 7).

I.3.2.Appareillages, verreries et réactifs

Tableau 1 donne les appareillages, les verreries et les réactifs utilisés durant notre expérimentation.

Tableau 1 : Appareillages, verreries et les réactifs utilisés durant notre expérimentation.

Appareillage	Verreries	Réactifs
Agitateur magnétique chauffant (IKA)	Béchers	Acétone
Balance analytique (KERAN)	Capsules	Acide Sulfurique
Bain –marie (memert)	Erlen Mayer	Anhydride acétique
Blinder (ClaTRonic)	Eprouvette graduée	Acide acétique
Conductimètre (HANNA)	Entonnoir	Acide gallique
Etuve (memert)	Fioles jaugées	Carbonate de sodium
Four à moufle (Heraeus)	Pipette graduée	Chlorure d'aluminium
Microscope optique(OPTIKA)		Catéchine
pH- mètre (Five Easy)		Chlorure de ferrique
Réfractomètre (FASV)		Chloroforme anhydre
Spectrophotomètre (JENNAY UV-V)		Ethanol
Pycnomètre		Feeling (A+B)
Vortex (Karell)		Glucose
	Autres	Hydroxyde de sodium
	Papier filtre	Méthanol
	Passoire en plastique	Ninhydrine
		Nitrite de sodium
		Phénol
		Réactif de Biuret
		Réactif Folin-ciocalteu
		Sulfate de cuivre
		Tween 80 (annexe9)
		Wagner

I.4 .Méthodes d'analyses

I.4.1.Protocole expérimental

La figure 1 indique le protocole expérimentale de notre étude.

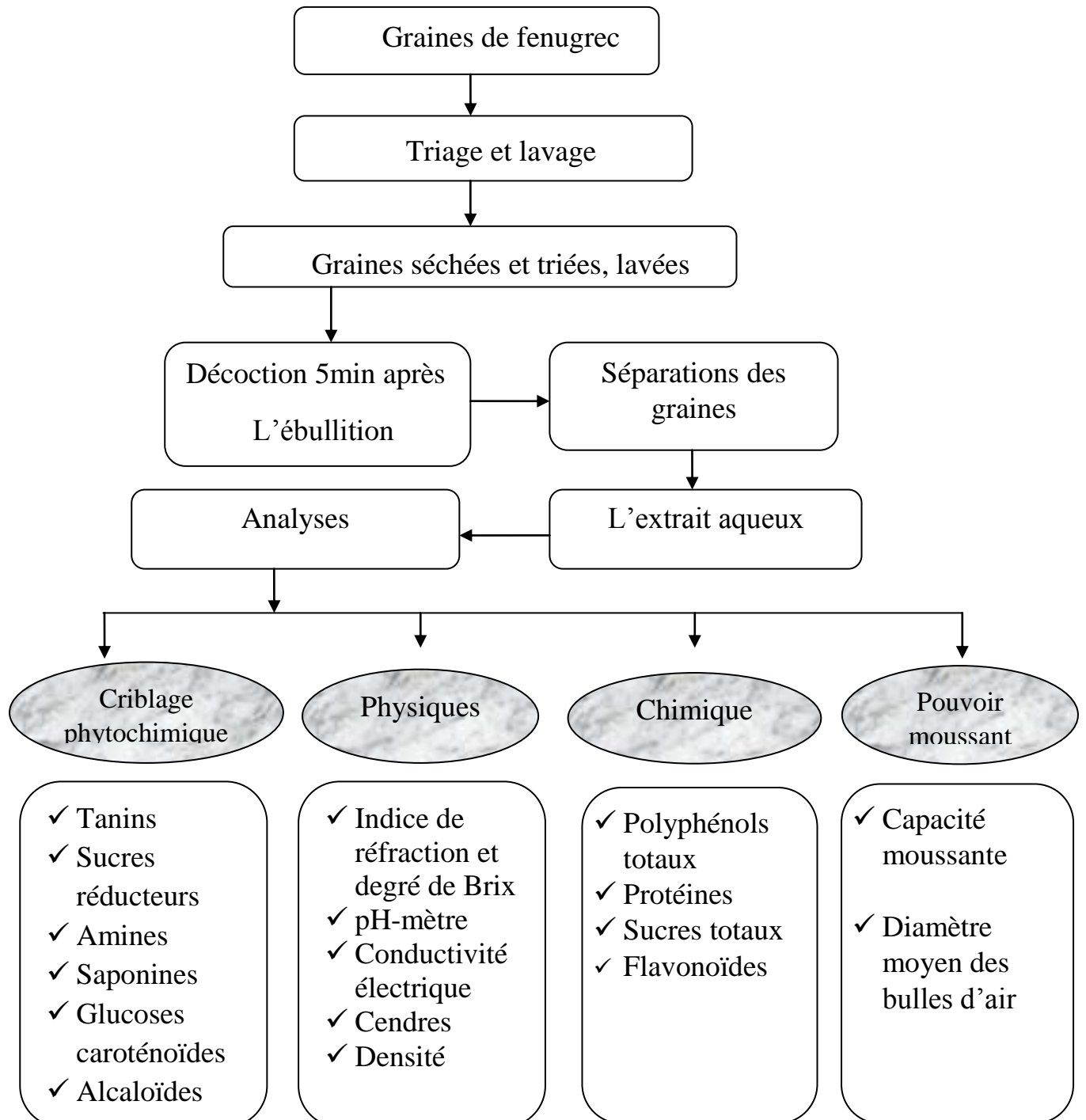


Figure 1 : Protocole expérimental.

I.4.2.Extrait aqueux

Après l'élimination des impuretés et de poussière par une simple immersion des graines dans l'eau potable ; l'extrait aqueux est obtenu à partir d'une décoction des graines de fenugrec à 25% dans l'eau potable durant 5min, et séparer ensuite à l'aide d'une passoire en plastique.

I.4.3.Criblage phytochimique

C'est la phytochimie qualitative, qui est permet d'identifier la présence ou l'absence de l'activité de certaines molécules chimique existantes dans les organes de la plante par des réactions de précipitation ou de coloration à partir des réactifs spécifiques à chaque molécules (**Khenafou , 2016**).

I.4.3.1.Tanins

On ajouter à 2ml d'extrait testé 2 à 3 gouttes de chlorure ferrique ($FeCl_3$, 1%), après quelques minutes de repos voir : une coloration bleu – noirâtre qui indique l'existence des tanins galliques ou verdâtre qui confirme la présence des tanins catéchiques (réaction positif) (**Djennane et al ., 2016**).

I.4.3.2. Sucres réducteurs

On additionner à 5ml d'extrait 1ml de Liqueur de Fehling (A+B) et chauffer au bain-marie pendant 5min, puis apparition de précipitation de couleur rouge brique (réaction positif) (**Djennane et al., 2016**).

I.4.3.3.Amines

✓ Test1

On met sur papier filtre une goutte d'extrait, après séchage à 80°C dans l'étuve pendant 3min, puis le papier est pulvérisé avec ninhydrine et séchée deuxième fois dans l'étuve à 110°C pendant 15 min, en fin apparaitre une tâche violette (réaction positif) (**Djennane et al., 2016**).

✓ **Test 2**

On prélever 1ml d'extrait est solubilisée dans l'eau distillée et ajoute 1ml de ninhydrine (1 %) préparé dans solution alcoolé (acétone ou éthanol), ensuite chauffer dans le bain-marie jusqu'observer l'apparition de couleur violette (**Mejdoub , 2013**).

I.4.3.4.Saponines

✓ **Test 1**

On mettre 1ml d'extrait dans un tube à essai, ajouter 2ml l'eau distillée et chauffer jusqu'ébullition et agiter pendant 15min au vortex et laisser au repose 15min, puis la présence une mousse à l'hauteur 1cm en plus (réaction positif) (**Djannane et al., 2016**).

✓ **Test 2**

On ajouter à 10ml d'extrait 10 ml de chloroforme anhydre, ensuite mélanger 5ml de solution chloroformique avec 5ml d'anhydride acétique et ajoute quelque gouttes d'acide sulfurique concentré, agité et laisse en reposer, observer une coloration violacée fugace virant au vert confirme la présence des hétérosides stéroïdiques (**Medjdoub, 2013**).

I.4.3.5.Glucosides cardiotoniques

On ajouter à 1ml l'extrait 0,5 ml d'acide acétique (0,1N) avec des traces de chlorure Ferrique (2%) et 5ml acide sulfurique (98%), formation deux phases : une premier phase rouge –marron et une deuxième phase bleu – vert (réaction positif) (**Benziane et al, 2019**).

I.4.3.6.Alcaloïdes

Dans ce teste, on a utilisé le réactif de Wagner qui composé de 2g de KI et 1,27g d'I₂, le tous solubilisé dans 100ml d'eau distillée.

On prélève 0,5ml de l'extrait étudié et ajoute 2 à 3 gouttes de réactif, puis l'apparition d'une précipitation qui confirme la présence des alcaloïdes (Medjduob, 2013).

I.4.5. Analyses physiques

I.4.5.1. Indice de réfraction et degré de Brix

➤ Principe

Le réfractomètre est principalement utilisé pour déterminer l'indice de réfraction et le degré de Brix (Djennane et al, 2016).

L'indice de réfraction qui caractérise la capacité d'une espèce chimique à dévier le trajet de la lumière. Il permet de connaître le degré de pureté de liquide ou la dose de solide dissout dans une solution (Lydie et Grégory, 2013) .

Le degré de Brix exprime le pourcentage de la concentration des solides totale soluble dans l'eau contenus dans l'échantillon (Djennane et al, 2016)

➤ Mode opératoire

La méthode selon AFNOR (NF ISO.297, 1999), comme suit :

- Laver les prismes du réfractomètre avec l'acétone et essuyer avec papier absorbant,
- Etalonner le réfractomètre avec l'eau distillée $n_{20}^D = 1,333$; Brix = 0%,
- Verser entre les prismes 2 à 3 gouttes d'extrait,
- Déplacer la lunette de visée pour que la ligne de séparation de la plage sombre et de la plage claire se situe au croisé de fils du réticule,
- Lire de l'indice de réfraction et le degré de Brix d'échantillon.

➤ Expression des résultats

Les valeurs des résultats s'affichent directement sur les deux échelles à l'intersection de la limite entre la frange claire et l'autre foncée.

I.4.5. pH- mètre

➤ **Principe**

Le pH d'échantillon est mesuré par un pH- mètre, la valeur qui s'affiche à l'appareille c'est en fonction de la concentration d'ions d'hydronium existants dans solution (**Djennane et al, 2016**).

➤ **Mode opératoire**

- Rincer l'électrode par l'acétone et nettoyer à l'aide papier absorbant,
- Etalonner le pH- mètre à partir de la solution tampons (pH= 7,12. pH= 4,4),
- Plonger l'électrode dans un volume suffisant d'échantillon pour lire le pH indiqué sur l'écran de pH – mètre,
- Attendre la stabilisation, puis note la valeur du pH à la température 20°C.

I.4.5.3. Conductivité électrique

➤ **Principe**

La conductivité électrique est mesurée par un conductimètre, qui permet d'accéder à la concentration des ions présente en solution. Le conductimètre est basée sur la connaissance de la grandeur liée à la conductance (l'inverse de la résistance) et la conductivité de la solution (**Djennane et al, 2016**).

➤ **Mode opératoire**

- Rincer la cellule à l'eau distillée,
- Plonger la cellule dans l'échantillon et laisser au repos sans agitation,
- Noter la valeur affichée après sa stabilisation.

I.4.5.4.Cendres

Le calcul des cendres totaux se repose sur l'incinération de l'échantillon dans un four à moufle à haute température, jusqu'à l'obtention du résidu des cendres blanchâtre à poids constant (**Djennane et al., 2016**).

➤ **Mode opératoire**

- On évapore 25ml d'extrait dans une capsule en porcelaine et mis en bain marie à 100°C,
- Puis incinérer au niveau d'un four à moufle à 550°C pendant 5 heures,
- En fin, on obtient un résidu grisâtre clair ou blanchâtre, la capsule a été pesée après le refroidir dans un dessiccateur.

➤ **Expression des résultats**

Le taux de cendres est calculé par la différence des poids avant (P0, P1) et après (P2) incinération selon la formule suivante :

$$TC = (P2 - P1) / P0 .100$$

- **TC** : Taux de cendres en %.
- **P0** : Poids de la prise d'essai en g.
- **P1** : Poids des creusets vides en g.
- **P2** : Poids d'échantillon après incinération en g.

I.4.5.5. Densité

➤ **Principe**

La densité c'est le rapport de la masse volumique d'échantillon par rapport à la masse volumique de l'eau (**Djennane et al., 2016**).

La densité d'un corps liquide se fait par un pycnomètre selon les usuelles (**Saoudet et al, 2016**).

➤ **Mode opératoire**

- Peser le pycnomètre vide et sec en g (P0),
- Peser le pycnomètre rempli d'eau distillée en g (P1),

- Vider et sécher le pycnomètre dans l'étuve,
- Peser le pycnomètre rempli de l'échantillon en g (P2).

➤ **Expression des résultats**

La densité est déterminée selon la formule suivante :

$$D = (P2-P0) / (P1-P0)$$

I.4.6. Analyses chimiques

I.4.6.1. Polyphénols totaux

➤ **Principe**

La quantification des polyphénols totaux dans l'extrait est réalisée par le réactif de Folin – ciocalteu a été décrit par **Singleton et al., (1965)**, le réactif de Folin-ciocalteu est constitué d'un mélange de deux acides : l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{15}O_{43}$) et l'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$), en présence des polyphénols totaux a d'une capacité réductrice selon le test, les deux acides qui vont être réduits en oxyde bleu de tungstène et de molybdène. La coloration bleue est proportionnelle à la concentration des polyphénols présents dans le mélange.

Le spectre de lecture est réalisé entre 750 – 760 nm. l'acide gallique est utilisé comme contrôle positif (standard) pour exprimer les résultats obtenus par rapport à la courbe d'étalonnage de standard (**Djannane et al, 2016**).

➤ **Mode opératoire**

L'extraction des polyphénols se fait par 10g d'extrait est additionné à 50ml du méthanol, puis agitation pendant 2heures à l'obscurité, ensuite réalisé une filtration de mélange et récupérer le filtrat (**Djannane et al, 2016**).

➤ **Dosage**

- Dans un tube à essai, prélever 2,5 ml de Folin-ciocalteu (dilué dix fois 1/10) et ajoute 0,5 ml d'extrait,
- Après 3min, ajoute 1ml de carbonate de sodium (20%),

- Puis, incubation de mélange pendant 15min à température ambiante et à l'obscurité,
- En fin, lire l'absorbance à 760 nm.

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

Préparer la solution mère à partir de 0,1g de l'acide gallique et ajouter à 100ml d'eau distillée, les dilutions ont été réalisées comme suit :

- Tube 1 : 5ml de solution mère et ajouter 5ml l'eau distillée (S/2),
- Tube 2 : 5ml de solution (S/2) et ajouter 5ml l'eau distillée (S/4),
- Tube 3 : 5ml de solution (S/4) et ajouter 5ml l'eau distillée (S/6),
- Pour les autres tubes c'est même procédure.

➤ **Traçage la courbe d'étalonnage**

Dans tubes à essai, prélever 0,5ml de chaque dilution et ajouter 2,5 ml de Folin-ciocalteu, après 3min ajouter 1ml de carbonate de sodium (20%) et par la suite incuber les tubes pendant 15min à température ambiante et à l'obscurité.

La lecture de l'absorbance se fait à 760nm, les concentrations des composés phénoliques déterminés en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (Djannane et al, 2016).(voire l'annexe 1)

➤ **Expression des résultats**

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en acide gallique équivalent (mg GAE/100g d'extrait), selon la formule suivante :

$$T = [(C \cdot V \cdot D) / P] \cdot 100$$

- **T** : Teneur en polyphénols totaux en (mg GAE/ 100d'extrait).
- **C** : Concentration des polyphénols en équivalent d'acide gallique déduit de la courbe.
- **V** : Volume d'échantillon en ml.
- **C**:Facteur de dilution.

- **P** : poids d'échantillon en g.

I.4.6.2. Protéines

➤ Principe

Le dosage des protéines est réalisé par la méthode de biuret, c'est une méthode colorimétrique décrit par **Gornall et al (1949)**. En solution alcalin, les liaisons peptidiques des protéines réagissent avec le cuivre (Cu^{+2}) pour former le complexe coloré en violette, proportionnelle à la concentration de protéines existantes dans l'extrait (**Biolabo, 2019**).

➤ Mode opératoire

Le dosage se fait selon les étapes suivantes :

- Dans une fiole de jaugee de 50 ml, on met 1g d'échantillon est complétée le volume jusqu'un trait par l'ajout de l'eau distillée, ramener le pH= 8 par ajout le NaOH (0,3N),
- Centrifuger pendant 30min à 400tr/ min,
- Récupérer le surnagent,
- Dans 4tubes à essai, mettre successivement les volumes suivants : (0 ; 2 ; 4 ; 6),
- Diluer les tubes par ajout de l'eau distillée à des volumes suivants : (6 ; 4 ; 2 ; 0),
- Dans chaque tube, prendre 2ml et ajouter 3ml de réactif de biuret,
- Homogénéiser les tubes et placer en l'obscurité pendant 30min pour développer la coloration,
- Lecture l'absorbance par spectrophotomètre à 540 nm,
- Noter les valeurs pour trace la courbe (**voire l'annexe2**).

➤ Expression des résultats

La concentration des protéines est calculée par la formule suivante :

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

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

I.4.6.3.Sucres totaux

➤ Principe

Le dosage des sucres totaux est réalisé par la méthode du phénol sulfurique est décrit par **Dubois et al ., (1956)**. Cette méthode utilise deux réactifs : phénol et acide sulfurique concentré, les sucres donnent une couleur jaune – orange est proportionnelle à la concentration des glucides .les résultats sont exprimes par rapport la courbe d'étalonnage de glucose, utilisé comme standard.

➤ Mode opératoire

- Préparer l'échantillon dans une solution méthanolique pour faire l'extraction des sucres à partir 0,1g d'extrait et ajouter 30ml d'éthanol (80%), le mélange est laissé 48heures à température ambiante,
- Placer la solution dans l'étuve à 80°C pour évaporer l'alcool,
- Ajouter 20ml de l'eau distillée à la solution testée.

➤ Dosage

- Dans un tube à essai, prendre 1ml de phénol (5%) et ajouter 5ml d'acide sulfurique (90%) et 1ml l'extrait méthanoïque, après 10min de repos, placer le tube dans un bain-marie pendant 20min à 25-30°C,
- Lire l'absorbance dans spectre à 490 nm, les concentrations des sucres ont été déterminées en se référant par rapport à la courbe d'étalonnage de glucose.

➤ Préparation de la gamme d'étalonnage

Préparer la solution mère à partir 0,1g de glucose est dissoudre dans 100ml de l'eau distillée, pour les dilutions sont préparées comme suit : prélever les volumes

(1ml, 2ml, 3ml,.....10ml) de solution mère et complété le volume à 10 ml par ajout de l'eau distillée, le tableau 2 représente les concentrations de glucose.

Tableau 2 : Composition des dilutions de glucose pour la réalisation de la courbe d'étalonnage.

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 en (mg /ml)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1

➤ **Traçage la courbe d'étalonnage**

Dans les tubes à essai, prélever 1ml de chaque tube de dilution et ajouter 1ml de phénol (5%) et 5ml de l'acide sulfurique (96%) , après 10min de repos et incuber les tubes dans bain-marie à 25-30°C pendant 20min .L'absorbance est mesurée à 490nm(**voire l'annexe 3**).

➤ **Expression des résultats**

La quantité des sucres totaux est déterminée par la courbe d'étalonnage de glucose selon la formule suivante :

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

- **ST :** Taux de sucres totaux en %.
- **X :** Quantité de sucres calculée à partir de la courbe d'étalonnage (mg / ml).
- **V :** Volume de l'extrait en ml.
- **D:** Facteur de dilution.
- **P :** Poids de la prise d'essai en g.

I.4.6.4.Flavonoïdes

➤ **Principe**

La quantité des flavonoïdes totaux est estimée par la méthode de **Zhishen et al., (1999)**. on utilise le trichlorure d'aluminium (AlCl₃) et le soude (NaOH), les deux réactifs vont former des liaisons avec les groupements hydroxyles des flavonoïdes qui donnent une coloration jaune (AlCl₃) et rose (NaOH), ce dernier est détectable par le spectre à 510nm.

➤ **Mode opératoire**

Déterminer la quantité des flavonoïdes à partir la méthode suivant :

- Prélever 250ul de l'extrait de fenugrec et mélanger avec 1ml d'eau distillée,
- Ajouté 75ul de nitrite de sodium (15%) et agiter puis incuber pendant 6min à température ambiante,
- Ajouter 75ul de chlorure d'aluminium (10%), agiter et incuber 6min.
- Ajouter 1ml d'hydroxyde de sodium (4%) et compléter le volume à 100ml l'eau distillée,
- Agiter et laisser 15min pour reposer,
- La mesure de l'absorbance est réalisée à 510 nm
- La courbe d'étalonnage est réalisée dans les même conditions opératoires en utilisant la catéchine comme standard à différents concentrations (0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 ; 1 µg/ml) (**voire l'annexe 4**).

➤ **Expression des résultats**

La tenue des flavonoïdes est exprimée en µg équivalent de la catéchine par ml d'extrait selon la formule suivante :

$$\text{Quantité de flavonoïdes} = \mathbf{a \cdot f / b}$$

- **a** : Concentration des flavonoïdes en mg /ml déterminée à la courbe d'étalonnage.
- **f**:Facteur de dilution.
- **b** : Concentration initiale de l'extrait (1µg/ ml).

I.4.7.Pouvoir moussant

I.4.7.1.Préparation de la mousse

Plusieurs méthodes ont été distinguées pour la formation des mousses pour un grand nombre de bulles d'air, généralement on utilise la méthode de dispersion se fait par l'agitation (**Boissonnet, 1998**).

Pour la formation de la mousse (**voire l'annexe8**), on a procéder les étapes suivantes :

- mettre 50ml l'extrait (Vl) dans un bécher de 250ml,
- Agiter le volume à l'aide de Blender 18000 tour pendant min,
- Noter le volume maximal (Vm) atteint par la mousse.

I.4.7.2.Capacité moussante

La capacité moussante (**CM%**) est exprimée par le fusionnement en pourcentage selon la formule suivante :

$$\mathbf{CM(\%) = Vm / Vl. 100}$$

Respectivement le volume de la mousse **Vm** et le volume initial de liquide **Vl** (**voire l'annexe 5**).

I.4.7.3.Diamètre moyen des bulles d'air

Pour visualiser les gouttelettes, on suivi les étapes suivantes :

- Grâce à une spatule, prélever un volume de la mousse préparée et déposer sur une lame en verre sans couvrir par lamelle,
- La préparation est ainsi prête en observation microscopique,
- La Prise des photos pour l'ensemble des mousses par un appareil photo numérique avec G x10,

- Le diamètre est mesuré par d'un micromètre oculaire gradué avec G x 40, en déplaçant au hasard sur la surface du rectangle en réalisent dix détermination successives pour une répartition statistique (**voire l'annexe6**).

La détermination de diamètre moyen des bulles d'air est faite selon formule suivante :

$$\Phi = K. \sum_{i=0}^{i=10} Di / 10$$

- **Φ**: diamètre moyen des bulles d'air.
- **i** : nombre des bulles fixés au hasard.
- **k** : coefficient oculaire constant (k = 2,41).

Chapitre II

Résultats et discussions

II.1.Criblage phytochimique

Le screening phytochimique est effectué sur l'extrait aqueux décocté du fenugrec qui permet la détection des différents composés chimiques.

II.1.1.Tanins

La figure 2 donne le résultat en mise évidence des tanins galliques.

Les tanins sont des substances phénoliques, donneurs des protons aux radicaux libres lipidiques plus stables produits aux cours de la peroxydation (**Rahmani, 2017**).

Après l'ajout de quelques gouttes de FeCl_3 , elle se développe une coloration bleu-noire confirmant la présence de tanins galliques (**Djennane et al., 2016**).



Figure 2 : Résultat de la mise en évidence de tanins galliques.

II.1.2.Sucres réducteurs

La figure 3 donne le résultat de la mise en évidence des sucres réducteurs.

Les sucres réducteurs sont mis en évidence par réaction de Fehling, au cours de réaction, l'ion de cuivre oxyde de l'aldéhyde pour donner un acide carboxylique sous forme basique, et un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre indique l'existence des sucres réducteurs selon l'équation d'oxydo-réducteur (**Djennane et al., 2016**).



Figure 3 : Résultat de la mise en évidence des sucres réducteurs.

II.1.3.Amines

La figure 4 donne le résultat de la mise en évidence des amines.

Les acides amines se réagissent avec la ninhydrine selon le type de réaction et la condensation, la ninhydrine a particularité de former un mélange coloré avec les amines (Djennane et al., 2016). Les deux tests confirmant la présence des amines.

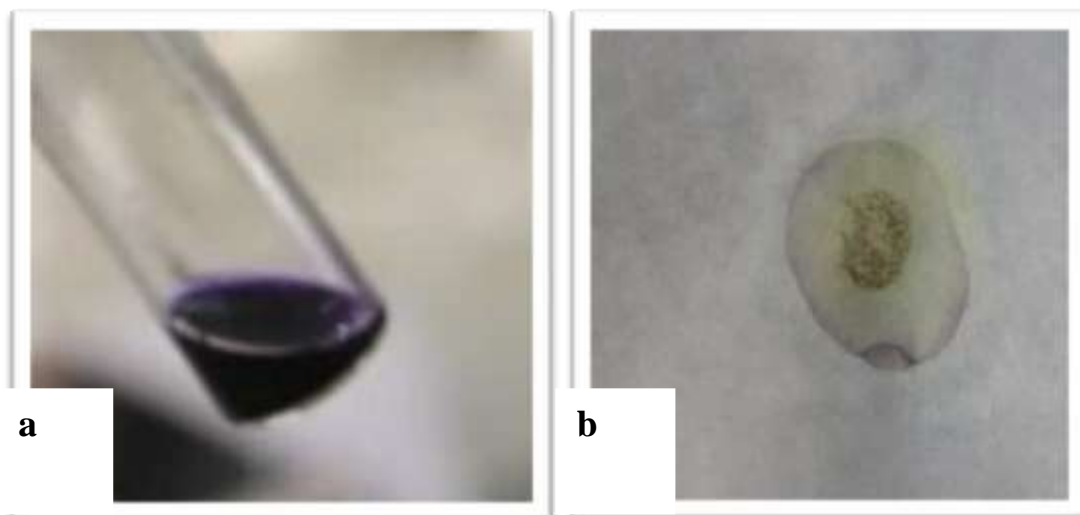


Figure 4 : Résultat de la mise en évidence des amines, (a) et (b) indiquent la présence d'amines.

II.1.4.Saponines

La figure 5 donne le résultat de la mise en évidence des saponines.

Les saponines sont des composés hétérosides d'alcools aliphatiques, l'hydrolyse des saponines libères des oses variés (**Sabouni et al., 2009**).

Selon le test 1 : Les saponines se dissolvent dans l'eau en formant une mousse (**Djennane et al, 2016**).

Selon le test 2 : Les saponines sont présentes sous forme des génines stéroïdiques par l'apparition de couleur violacée fugace virant vers le vert (**Medjdoub, 2012**).

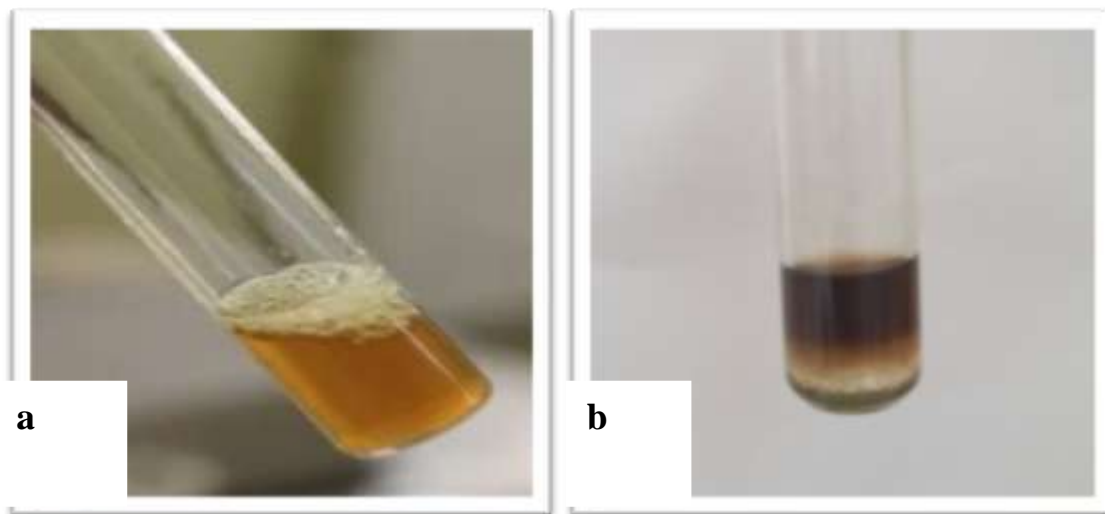


Figure 5 : Résultat de la mise en évidence des saponines ;(a) : la mousse (saponines), (b) saponines hétérosides stéroïdes.

II.1.5. Glucosides cardiotoniques

La figure 6 donne le résultat de la mise en évidence des glucosides cardiotoniques. La réaction de Killer Kilian est effectuée sur l'extrait aqueux décocté de fenugrec donnent du résultat positif par l'apparition deux phases qui indique la présence des glucosides cardiotoniques (**Benziane et al... , 2019**).



Figure 6 : Résultat de la mise en évidence des glucosides cardiotoniques.

II.1.6.Alcaloïdes

La figure 7 donne le résultat de la mise en évidence des alcaloïdes.

Les alcaloïdes sont hétérocycliques généralement et quelques composés azotés aliphatiques, soluble dans l'eau (**Sabouni et al., 2009**).

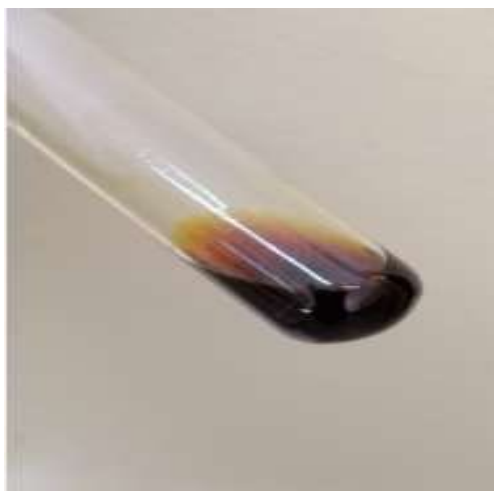


Figure 7 : Résultat de la mise en évidence des alcaloïdes.

II.2.Analyses physiques

Le tableau 3 représente les résultats des paramètres physiques d'extrait aqueux des graines de fenugrec :

Tableau 3 : Les résultats des analyses physiques d'extrait aqueux des graines de fenugrec.

Paramètres physiques	Valeurs moyennes
Indice de réfraction à 20°C	1,3334
degré de Brix à 20°C	0,75%
pH- mètre à 20°C	6,91
Conductivité électrique en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2,23
Cendres en % à 20°C	0,05
Densité à 20°C	1 ,004

II.2.1. Indice de réfraction et degré de Brix

L'indice de réfraction est une fonction linéaire avec le degré Brix.

L'indice de réfraction de l'extrait aqueux décocté (EAD) comparable aux valeurs trouvées **Al-shamari et al., 2020**) qui varie 1,3335 à 1,3340.

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

II.2.1.pH- mètre

Le pH est influencé par la température et la concentration en ions d'hydronium (H_3O^+).

La valeur du pH trouvée est légèrement neutre et presque comparable à la valeur trouvée par **Kumar et al ., (2014)** qui est égale à 6,23.

II.2.2. Conductivité électrique

Selon **Rodier et Mallien (1973)**, la conductivité électrique est liée à l'existence des ions en solution et elle augmente avec la concentration et la température en sels dissouts

D'autre part, la conductivité électrique est en corrélation avec la teneur en sel solubles ; elle exprime l'aptitude d'une solution aqueuse à conduire un courant électrique (Soualem, 2016).

II.2.4.Cendres

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

La teneur totale des cendres de l'extrait inférieure à la valeur trouvée par (Djennane et al ., 2016) est égale 0,13%.

II.2.5.Densité

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

La densité de l'extrait de fenugrec est inférieure à la valeur trouvée par Al-shamari et al ., 2020) est égale 1,025.

II.3.Analyses chimiques

Le tableau 4 suivant est représente les valeurs moyennes des composés phytochimiques d'extrait aqueux des graines de fenugrec :

Tableau 4 : Quelques composés phytochimiques d'extrait aqueux des graines de fenugrec.

Paramètres chimiques	Valeurs moyennes
Polyphénols totaux	6,82mg/100g
Protéines	0,312g/l
Sucres totaux	0,1g/l
Flavonoïdes	150µg/ml

II.3.2.Polyphénols totaux

La valeur des polyphénols totaux d'extrait aqueux est inférieure par rapport les résultats trouvés par **Sing et al. ,(1994)** qui ont enregistré une valeur de 9,42 à 16, 22 mg/g mais supérieure à la valeur identifié par **Abdouli et al.,(2014)** qui varie 5,9 à 6,2 mg/g.

Les polyphénols sont doués d'activités inhibitrices sur les bactéries à mécanisme interne, ces composés sont supposés agir sur le matériel génétique et la synthèse protéique de la bactérie (**Ben Aissi, 2018**) .

II.3.2.Protéines

La teneur des protéines d'extrait aqueux de fenugrec est 31,2%, supérieure à la valeur trouvée par **Queslati (2015)** entre 20%et 30%.

II.3.3.Sucres totaux

La teneur des sucres totaux est inférieure à la valeur de **Queslati (2015)** à trouvée de 20 à 45 des sucres dans les graines de fenugrec.

II.3.4.Flavonoïdes totaux

La teneur de flavonoïde dans les graines du fenugrec est faible selon les valeurs de **Sing et al., (1994)** ont trouvé 1,36 à 2,74mg/g.

II.3.Pouvoir moussant

II.3.1.Capacité moussante

La figure 8 montre la capacité moussante(a) et cinétique de sa stabilité(b) d'extrait aqueux des graines du fenugrec comparées au tween80 (1%).

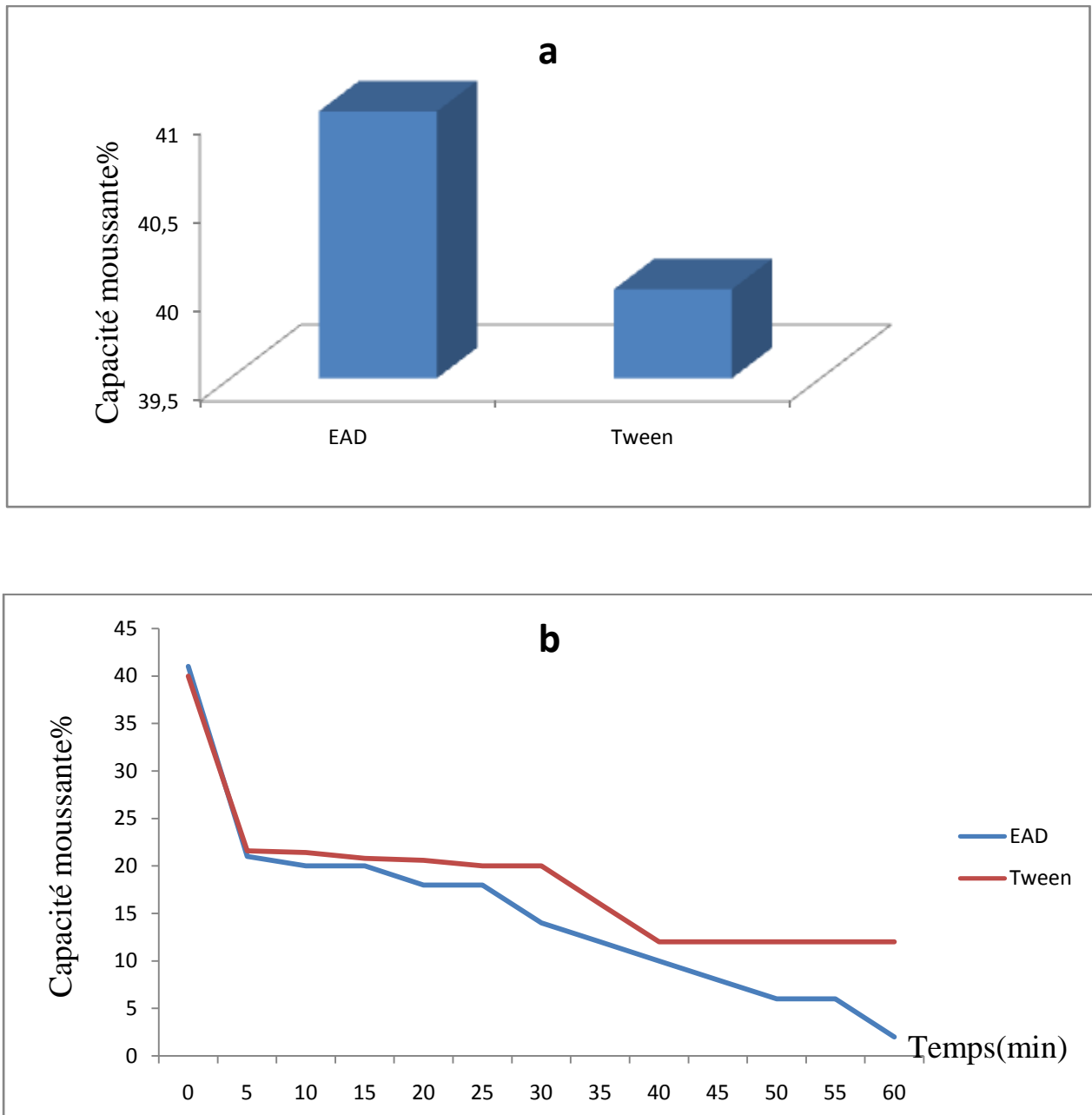


Figure 8 : Capacité moussante(a) et cinétique de sa stabilité(b) d'extrait aqueux des graines du fenugrec comparées au tween80 (1%)

II.3.2. Diamètre moyen des bulles d'air

La figure 9 montre le diamètre moyen des bulles d'air (a) et cinétique de sa stabilité (b) d'extrait aqueux des graines du fenugrec comparés au tween80 (1%).

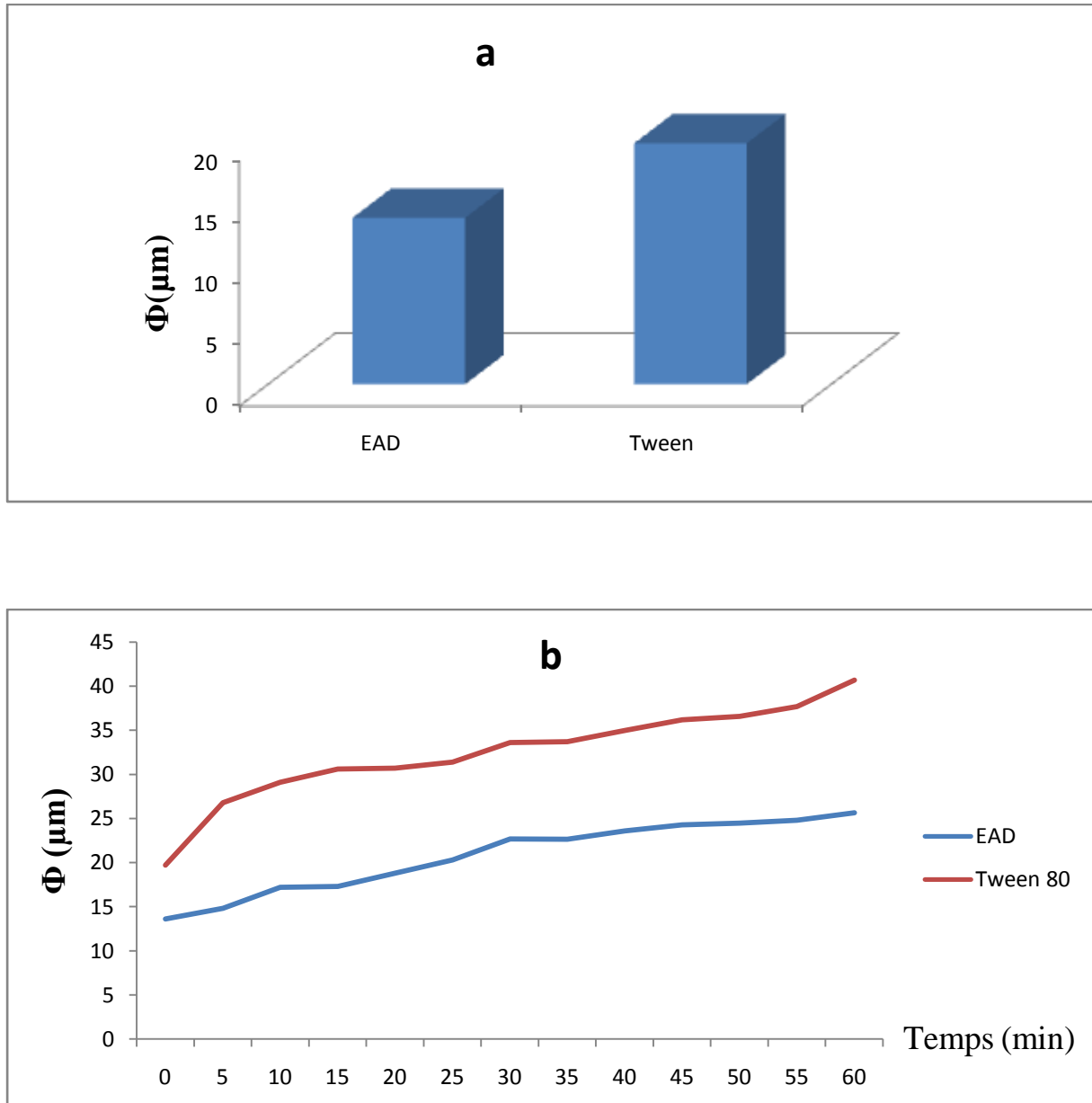


Figure 9 : Le diamètre moyen des bulles d'air (a) et cinétique de sa stabilité (b) d'extrait aqueux des graines du fenugrec comparés au tween80 (1%).

Nous remarquons qu'à temps $t=0\text{min}$, la capacité moussante mesurée pour l'extrait aqueux du fenugrec est comparable à celle trouvée dans le tween80 (1%), c'est-à-dire 41% contre 40%.

Au cours du temps, le comportement moussant de l'extrait aqueux est mais au-delà de 5min son pouvoir moussant s'est caractérisé par une allure décroissante jusqu'à 60min du repos.

Par contre, le pouvoir moussant de tween80 (1%) s'est caractérisé par une allure décroissante au cours du temps jusqu'à 40min et qui reste stable au delà de 40min du repos.

A temps $t=0\text{min}$, le diamètre moyen des bulles d'air enregistré pour l'extrait aqueux décocté (EAD) est inférieur à celui obtenu dans le tween80 (1%) qui sont respectivement $13,62\mu\text{m}$ contre $19,7\mu\text{m}$.

Au cours du temps, nous avons remarqué que les deux allures sont croissantes et que le diamètre moyen des bulles d'air des mousses formées à base d'extrait aqueux décocté (EAD) est stable par rapport à celui manifeste dans le tween80 (1%).

La protéine des graines de fenugrec c'est avérée plus soluble aux pH acides et alcalins qu'à un proche de la naturalité des propriétés émulsifiantes et moussantes du concentré étaient supérieurs à ceux des autres légumineuses, indiquant un rôle important dans les systèmes alimentaire , et comme la vinaigrette , viande hachée , crème glacée, pâtes à gâteaux et mayonnaise (**El Nasri et El Tiny , 2007**).


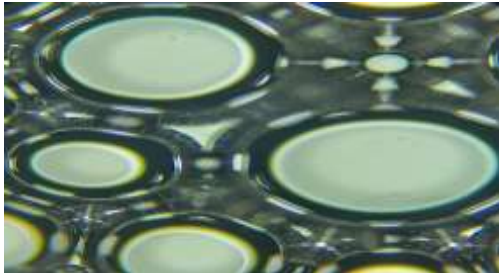
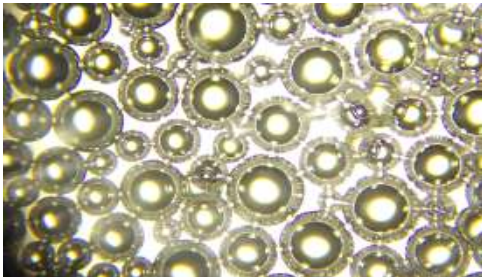

En tant que tensioactifs naturels biodégradables, les saponines sont capables de réduire la tension superficielle et d'améliorer le moussage des solutions aqueuses, même, à de faibles concentrations (**Hostettmann et Marston, 1995 ; Sparg et al, 2004**). De plus, les saponines sont également capables de former des micelles complexes montrant un comportement assez complexe en tant colloïdes (**Mirta, et Dungan, 1997,2001**).

Les principales propriétés de la mousse : capacité de mousse, durée de vie de la mousse et drainage du film sont influencées par plusieurs facteurs internes ou externes tels que la tension superficielle, la concentration micellaire critique (CMC), la surconcentration superficielle (Γ) et la température, électrolytes, force ionique, pH (Hunter, 1995 ; Higenfeld et al. 2001 ; Graner, 2002 ; Neethling et al., 2005 ; Nguyen et al., 2003 ; Pandey et al., 2003 ; Tchoukov et al., 2004 ; Harvey et al., 2005 ; Neethling et al., 2005 ; Tamura et al., 2006). de même, les méthodes de dosage jouent également un rôle important sur les mesures de moussage et de durée de vie de la mousse, et les résultats de différentes méthodes peuvent différer (Backlech et al., 2004 ; Potreck, 2004).

I.3.3.Prise des photos

Le tableau 5, illustre l'aspect microscopique des mousses préparées à base d'extrait aqueux décocté du fenugrec et de tween80 (1%).

Tableau 5 : Aspect microscopique des mousses préparées a base d'extrait aqueux décocté du fenugrec et de tween80 (1%).

Mousse	Etat de dispersion
 <p data-bbox="316 864 805 904">T80 (1%), t=0min ; $\phi=19,7\mu\text{m}$</p>	<p data-bbox="898 689 1233 730">Bulles d'air regroupés</p> <p data-bbox="898 775 1110 815">Tailles petites</p>
 <p data-bbox="304 1189 805 1232">T80 (1%), t=60min ; $\phi=40,7\mu\text{m}$</p>	<p data-bbox="898 1037 1209 1077">Bulles d'air dispersé</p> <p data-bbox="898 1122 1209 1162">Tailles plus grandes</p>
 <p data-bbox="325 1547 809 1594">EAD, t=0min ; $\phi=13,6\mu\text{m}$</p>	<p data-bbox="898 1364 1233 1404">Bulles d'air regroupés</p> <p data-bbox="898 1449 1110 1489">Tailles petites</p>
 <p data-bbox="325 1921 798 1962">EAD, t=60min ; $\phi=25,6\mu\text{m}$</p>	<p data-bbox="898 1727 1209 1767">Bulles d'air dispersé</p> <p data-bbox="898 1812 1126 1852">Tailles grandes</p>

Conclusion

Conclusion

A l'issue de cette étude des résultats appréciables ont été obtenus suite à la caractérisation des propriétés physicochimiques et moussante de l'extrait aqueux des graines du fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) issu par décoction.

Le criblage phytochimique de l'extrait aqueux décocté a montré sa richesse en biomolécules d'intérêt à savoir : les sucres réducteurs, les alcaloïdes, les protéines, les amines, les glucoses cardiotoniques, les tanins, et les saponines.

En se basant sur l'analyse quantitative des biomolécules phytochimiques de l'extrait aqueux décocté ; des teneurs non négligeables ont été estimées pour quelques substances naturelles à savoir : protéines (31,2%), sucres totaux (10%), polyphénols (6,82mg/100g), et les flavonoïdes (150µg /ml).

Sur le plan physicochimique, l'extrait aqueux décocté s'est caractérisé par des indices physicochimiques comparables ceux notés dans l'eau potable à savoir : degré de Brix (0,75%), indice de réfraction(1,3334), densité(1,004), pH (6, 91) conductivité électrique (2,23µS/cm), cendres (0,05%).

Sur le plan fonctionnel, nous avons constaté que les propriétés moussantes (capacité moussante et diamètre des bulles d'air des mousses) de l'extrait du temps sont fortement comparables à celles exprimées dans le tween80 (1%).

En perspective nous suggérons un travail de recherche qui porte sur l'étude de l'effet variétal de l'extrait aqueux décocté issu des graines du fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) sur ses propriétés physicochimiques et moussantes.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. **Abdouli.H,Missaoui.H. ;Jellali.S.,Tibaoui.G. ;Kaayachi.L.**(2014). Comparaison of two fenugreek seeds genotypes : bitterness value ,secondary metabolite contents and biological activities. *journal of New Sciences* , 7,19,27.
2. **Adrian.J,Legrand.G. ;Franger.R.**(1981). *Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition, 2éme édition.* paris : Lavoisier , Paris : 223 .
3. **AFNOR NF ISO.297, T.75-111.** (1999). Huiles essentielles - Détermination de la densité . *journal officiel* , 146p .
4. **Aldarich. S.** (2012). Material Safety Data Sheet. *Sigma - Aldrich - P1754* , 3,4.
5. **Al-shamari .B.G.,Al-Ali;B.M.A.;Al-Sahi.S.**(2020). Physical and functional properties of extracted Gum from Fenugreek seeds . *Basrah Journal of Agricultural Sciens* , 22,217-227.
6. **Backleh .M, Ekici.P.; Leupold.G.; Coelhan, M.; Parlar, H.**Enrichment of the glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine from potato juice by adsorptive bubble separation using a pH gradient *J.Sep.Sci.* v 27,n.12,p.1042-1044,2004.
7. **Ben Aissi.H.** (2018).Evaluation des activités biologiques de l'extrait aqueux de *Trigonella foenum-graecum*.Microbiologie et Biochimie.Mohammed Boudiaf, M'sila.
8. **Benziane.M.N.A.;Acem.K.;Aggad.H.;Abdali.M.**(2019). phytochemistry , HPLC .profile and antioxidant activity of aqueous extracts of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L) seeds grown in arid zone of algeria . *acta scientifica naturalis journal homepage :asn .shu.bg* 2019 , 74.
9. **Biolabo.SAS.** (2019). Protéines totales ,Méthode Biuret Liquide Prêt à l'emploi, Réactif pour le dosage quantitatif des protéines totales dans le sérum et de le plasma humains . WWW.biolabo.fr , 1.
10. **Boissannet.G.**(1998). Etude de l'écoulement d'une mousse aqueuse de décontamination Mécanismes de drainage et comportement hydrodynamique. Université Montpellier II .
11. **Boudier.J.;Luquet.F.**(1980). Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale . *Série synthèse bibliographique N021.96* .
12. **Boumezaid.S.;Bouzit.S.;Soum.R.**(2015). Impact de la chaleur et de quelques polyphénols purs (Acide gallique, Acide tannique , Acide quercétine) sur les propriétés moussantes du

- blanc d'oeuf . Microbiologie Applique et Sciences Alimentaire , Uiversité Mohammed Seddik ben Yahia ,Jijel.
13. **Djennane.H. ;Ferradj.F.;Beladjal.F.**(2016). Caractérisation physique et chimique d'extrait aqueux des graines du fenugrec (*Trigonella foenum graecum* L). Tairret, Des Sciences de la Nature et de la Vie : Université Ibn Khaldoun.
 14. **Dubois.M.;Gillies.K.L.;Hamitlon.J.;RebergA.;Smith.F.**(1956). Colormetric methode ffor the dertemination of sugars and related substances.*Analytical chemistry*:18-350-356 .
 15. **El Nasri.N.A.; El Tinay.A.H.** (2007). Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate, *Food Chemistry* 103(2007) 582-589.
 16. fenugrec (*Trigonella foenum garecum* L) . Sidi Bel-Abbès , Des Scienes de l'Environnement : Djillali Liabes .
 17. **Ghédira.K.;Queslati.H.A** .(2015). Note ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Trigonella foenum graecum*. *Phytothérapie* (2015)13:234 -238 , p1 , 2.
 18. **Graner, F.**Two-dimeensional fluid foams at equilibrium.In: Mecke, K.R, Stoyan, D. (Eds) *Lecture notes in physics* Heidelberg: Spriner Berlin, 2002.LNP600. p.187-211.
 19. **Hanis.L .; Hedir.I.** (2014, 09 28). Extraction et caractérisation d'un tensio -actif naturel : les saponines végétales ., Chimie , Tizi- Ouzou: Mouloud Mammeri.
 20. **Harvey, P.A.; Nguyen, A.; Jamexson, G.J.; Evans, G.M.**Influence of sodium dodecyl sulphate and dowforthfrothers on froth stability .*Miner.Eng*, v.18, n.3, p.311-315, 2005.
 21. **Hilgenfeldt, S.; Koehler, S.A.; Stone, H.A.**Dynamics of coarsening foams: Accelerated and self-limiting drainage .*Phys.rEV; Lett*, v.86, n20, p.4704-4707, 2001.
 22. **Hostettmann, K.; Marston, A.**Saponins Cambridge: University Press, 1995.p547.
 23. **Hunter, R.J.***Foundation of colloid science* .Oxford: Oxford University Press, 1995.v-1, p.673p.
 24. **Khenafou,K.**(2016). Contribution à l'étude phytochimique de quelque métabolites secondaires (Tanina ,Flavonoides et Alcaloides) de la racine de Caralina acauls Lde la région de Tlemcen. Tlemcen: université Aboubeker Belkaid.
 25. **Kumar, D.; Singal, A.; bansal, S.; et Gupta, S.** (2014). Extraction and evalution trigonella foenum graecum as mucoadhesive agent for gel drug delivery. *Journal of NPA* , 40-45.
 26. **Lydie.C.;et Gregory.B.** (2013). Seconde physique-chimique.

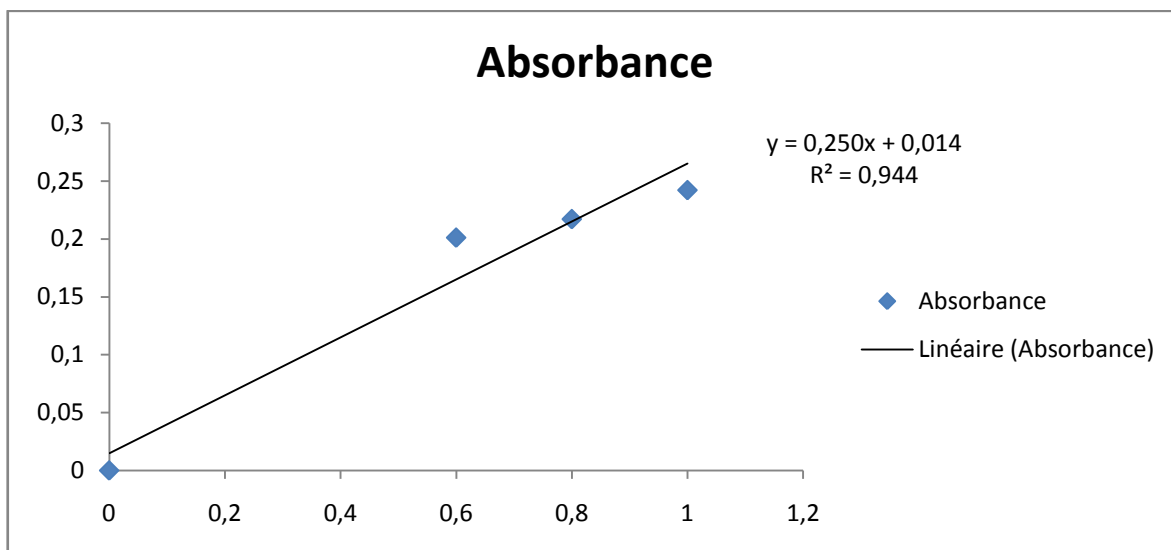
27. **Mathier.J.** (1998). *Initiation à la physicochimie du lait* . lavoisier,Paris: Ed et Doc.
28. **Medjdob.H.**(2013).contribution à la rechercher d'eventuelle activité biologique de *Zygophyllum geslini* Coss . Biologie : université Abou Bekr Belkaid ,Tlemcen
29. **Mitra, S.; Dungan, S.****Cholesterol**solubilization in aqueous micellar solutions of quillajasaponin, bile salts; or nonionic surfactants. *J;Agric;FoodChem*, v.49, n.1,p.384-394,2001.
30. **Mitra, S.;Dungan, S.** Micellar properties of Quillajasaponin .1.Effects of temperature, salt and pH on solution properties. *J;Agric;FoodChem*, v.45,n.5,p1587-1595,1997.
31. **Neething ,S .J.;Lee,H.T.;Grassia,P.**The growth, drainge and breakdoun of foams. *Colloid Surf.A*,v.263,n.1-3,p.184-196,2005.
32. **Nuguyen,A.V.; Harvey ,P.A.; Jamexon,G.**Influenceof gas flow rate and frithers on water recovery in a froth column. *Miner.Eng*,v.16,n.11,p.1143-1147,2003.
33. **Pandey, S.; Bagwe, P.R.; Shah, O.D.**Effet of counterions *.J.colloid Interface Sci*, v.267, n.1.p.160-166, 2003.
34. **Poterck,M.**Optrimierte Messung der Bierschaumstabilitat in Abhängiggkeit von Miliebedingungen und fluiddynamischen Kennwerten. Berli,2014.218p.[Genehmitge Dissertation .fakultät III –Prozesswissenschaften,Universität, Berlin].
35. **Rahmani.M.** (2017). Etude physiologique et valorisation des plantes médicinales dans la Wialya de sidi Bel-Abbès, algérie occidentale : Cas de
36. **Rodier.J.;Mallien.R.**(1973). *Manuel de biochimie pratique à l'usage pratique des laboratoires d'analyse médicales* . Paris : éd.Maloine .
37. **Rouibi.A. ;Megateli.S. ;Cherif.H.S. ;Fenagre.L. ;Bouriach.M.** (2018). propriétés pharmacologiques de l'extrait aqueux et huiles essentielles des graines de fenugrec (*TRIGONELLA- FOENUM GRAECUM* .L.). *RevueAgrobiologie* (2018) 8(1): p913 -919 , 914.
38. **Pandey, S.; Bagwe, P.R.; Shah, O.D.**Effet of counterions *.J.colloid Interface Sci*, v.267, n.1.p.160-166, 2003.
39. **Poterck, M.***Optrimierte Messung der Bierschaumstabilitat in Abhängiggkeit von Miliebedingungen und fluiddynamischen kennwerten.*Berlin,2004.218pDissertation .fakultät III –Prozesswissenschaften,Universität, Berlin].

40. **Sabouni.M,Chebira.N.,Djerdia.W.**(2009). l'utilisation de *Trigonella foenum graecum* .Len thérapeutique . JIJEL , Biologie Moléculaire et Cellulaire : Université JIJEL .
41. **Saoudet.N,Tergou.S.,Trari.N.**(2016). Etude des propriétés fonctionnelles du lactosérum doux déminéralisé . Tiaret, Des Sciences de la Nature et de la Vie : université Ibn Khaldoun .
42. **Singleton.V.L,Rossi.J.A,**(1965).Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents . *American Journal of Environment Viticu*.16:,144 .158.
43. **Tamura,T.;Takeuch,Y. ;Kaneko,Y.**Influence of surfactant structure on the drainage of nonionic surfactant foam films .*J.Colloid Interface Sci*.v.206,n.1,p.112-121,2006.
44. **Tchoukov, P.;Mileva,E.;Exerowa,D.**Drainage time peculiarities of foam films from amphiphilic solution.*Colloid Surf.A*,v.238,n.1-3,p19-25,2004.
45. **Venkata.N.K.C,Swaroop.A.,Bagchi.D.,Bishayee.A.**(2017, Mars). A small plant with benefit : fenugreek (*trigonella foenum graecum* Linn.n) for disease prevention and health promotion. *article in Molecular Nutrition or Food Research* , p1.
46. **Verges.M.** (2005, 09). Les secrets des mousses. (Claude. T; Interviewer)
47. **Zhishen.J, Mengcheng.T.,Jianming.W.**(1999). The determination of flavonoids in Mulberry and their scavenging Effect on superoxide Radicals. *Food chemistry*. 64.555-559.

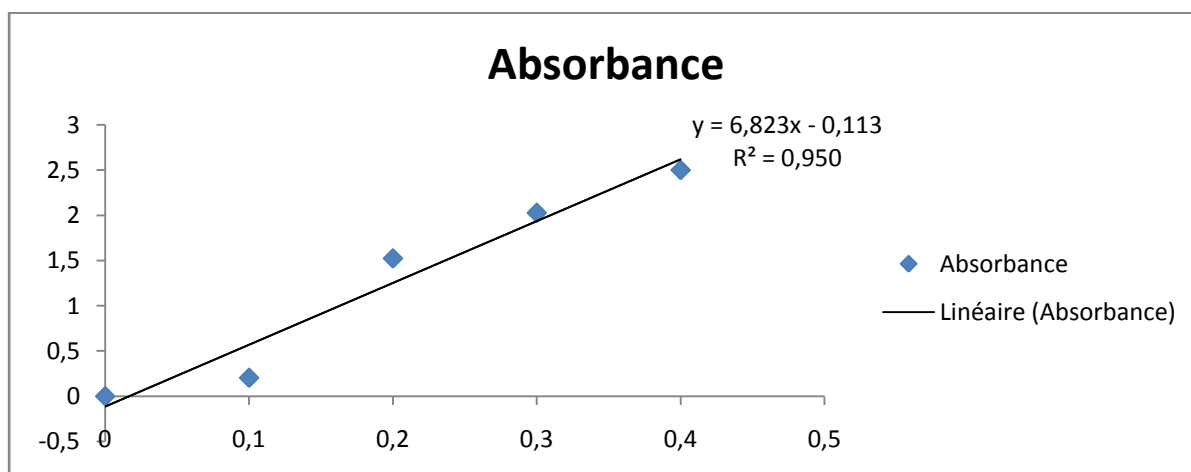
Annexes

Annexes

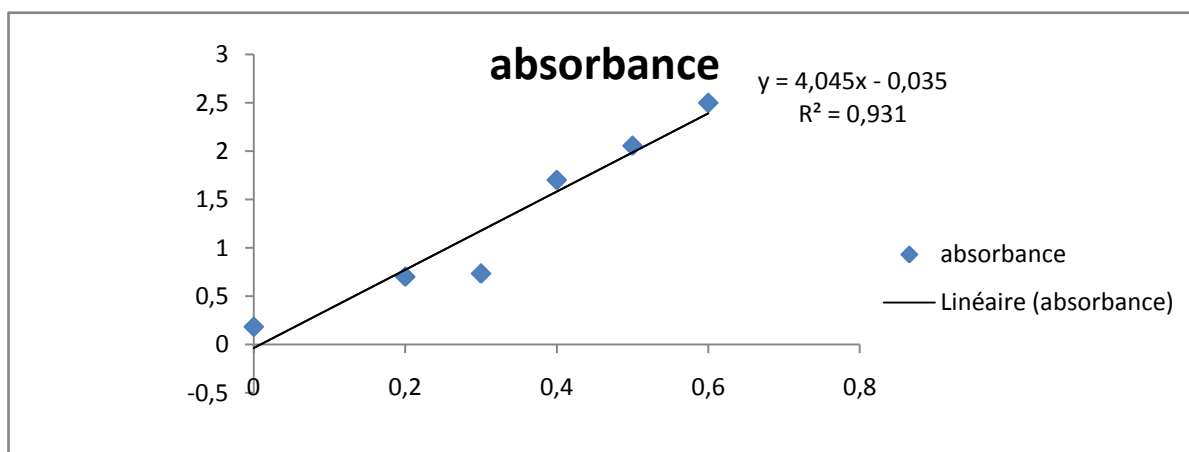
Annexe 1 : La courbe d'étalonnage de l'acide gallique.



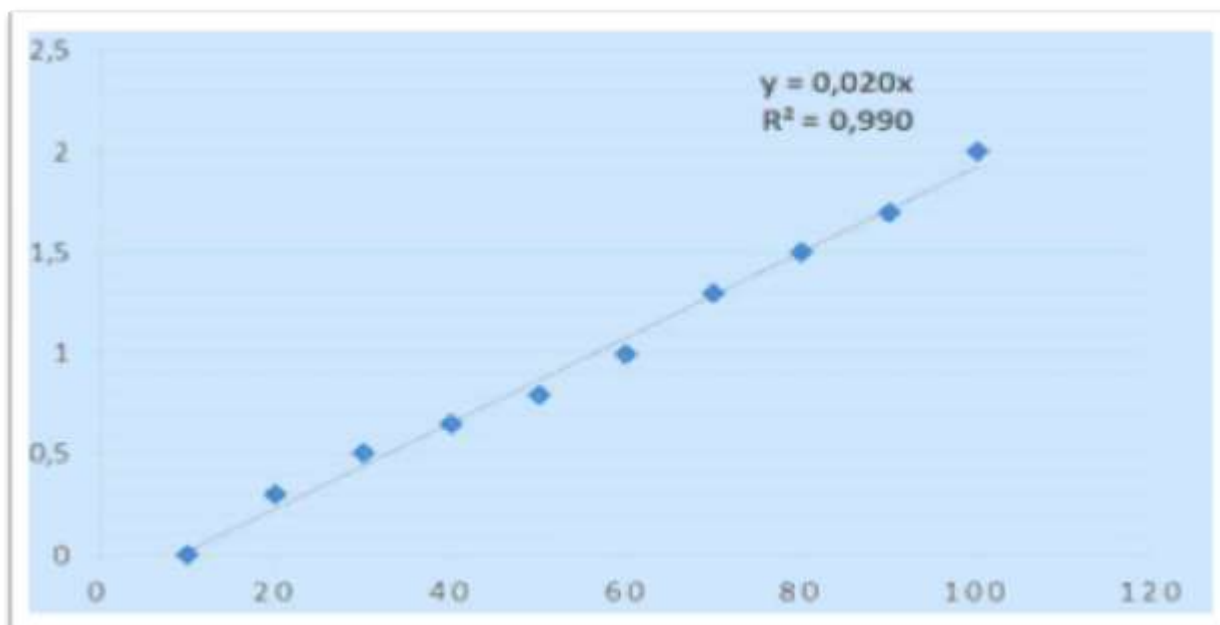
Annexe 2 : La courbe d'étalonnage de dosage protéique.



Annexe 3 : La courbe d'étalonnage du glucose.



Annexe 4 : La courbe d'étalonnage de catéchine (Djennane et al, 2016).



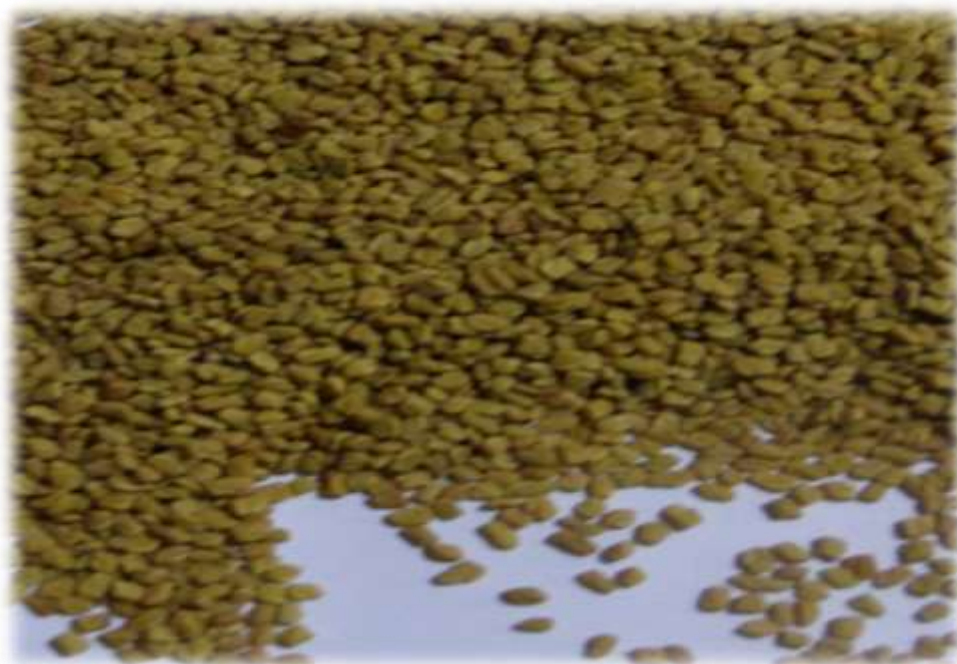
Annexe 5 : Comparaison la capacité moussante entre l'extrait aqueux de fenugrec et tween 80.

Tempe	EAD	Tween80
t ₀	41	40
t ₅	21	21,6
t ₁₀	20	20,8
t ₁₅	20	20,6
t ₂₀	18	20
t ₂₅	18	20
t ₃₀	14	16
t ₃₅	12	12
t ₄₀	10	12
t ₄₅	8	12
t ₅₀	6	12
t ₅₅	6	12
t ₆₀	2	12

Annexe 6 : Comparaison diamètre moyenne des bulles d'air entre l'extrait aqueux de fenugrec et tween 80.

Temps	EAD	Tween 80
t₀	13,61	19,7
t₅	14,79	26,8
t₁₀	17,2	29,1
t₁₅	17,3	30,6
t₂₀	18,79	30,7
t₂₅	20,3	31,4
t₃₀	22,65	33,61
t₃₅	22,7	33,7
t₄₀	23,6	35
t₄₅	24,3	36,2
t₅₀	24,5	36,6
t₅₅	24,8	37,7
t₆₀	25,66	40,7

Annexe 7 : Les graines de fenugrec (*Trigonella foenum graecum* L.).



Annexe 8 : La mousse d'extrait aqueux des graines de fenugrec.



Annexe 9 : Les propriétés physicochimique du tween 80($C_{64}H_{124}O_{26}$, marque fluka, France). (Aldarich, 2012)

Propriétés physicochimiques	Les valeurs
Forme	Visqueux
Couleur	Jaune
pH	Non – valable
Densité	1,064 g/cm ³
Solubilité	Soluble dans l'eau

Annexe 10 : Paramètres moyennes physicochimiques de l'eau potable de la ville Sougueur (Laboratoire de Tiaret)

Paramètres physicochimiques et de pollutions	Valeurs moyennes
pH	7,58
Conductivité électrique $\mu\text{s}/\text{cm}$	572
Température °C	12,1
Turbidité NTD	0,9
T.D.S mg/l	286
Ammonium (NH_4) mg/l	< 0,02
Nitrites (NO_2^-) mg/l	< 0,02
Phosphore (P) mg/l	< 0,02
Oxydabilité mg/l	< 0,04

ملخص

تهدف الدراسة إلى تحليل الخواص الفيزيوكيميائية و الرغوية للمستخلص المائي بالإغلاء للبذور الحلبة (*Trigonella foenum-graecum* L.).

تضمنت المرحلة التجريبية ثلاثة أجزاء : الكشف النوعي للجزيئات النباتية للمستخلص المائي بالإغلاء، التحليل الفيزيوكيميائي و الكمي للجزيئات النباتية وتقدير خواصه الرغوية.

أظهرت النتائج أن المستخلص المائي بالإغلاء للبذور الحلبة غني كما ونوعا بالجزيئات البيولوجية ذات الفائدة، خواصه الفيزيوكيميائية مقارنة للماء الصالح للشرب وسلوكه الرغوي جد مقارن ومنافس لتوين 80(1%).

الكلمات المفتاحية : حلبة، مستخلص مائي، استخلاص بالإغلاء، رغوة، استقرار.

Résumé

La présente étude a pour objectif d'analyser les propriétés physicochimiques et moussantes de l'extrait aqueux des graines du fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.) issu par décoction. la partie expérimentale a englobé trois phases débuté par le criblage phytochimique de l'extrait aqueux décocté suivi d'une analyse phytochimique et quantitative de ses biomolécules phytochimiques et nous avons terminé par l'évaluation de ses propriétés moussantes. les résultats ont montré que l'extrait aqueux décocté des graines du fenugrec s'est caractérisé par sa richesse en biomolécules d'intérêt en terme de qualité et quantité, ses propriétés physicochimiques sont comparables à celles de l'eau potable et son comportement moussant est fortement comparable et compétitif à celui marque dans le tween80(1%).

Mots clés : Fenugrec, extrait aqueux, décoction, mousse, stabilité.