

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Science Biologiques



Mémoire

MASTE ACADEMIQUE

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologique
Spécialité: Biochimie appliqué

Présenté par:

M^{elle} ABDELMALEK SELSABIL

Thème :

Caractérisation biochimique et physico-chimique de *Psyllium* issus de *Plantago ciliata* Desf récolté dans la région de Ghardaïa

Soutenu publiquement

Le : 20/ 06/2023

Devant le jury :

M ^F Oueld El Hadj Didi	Pr (UKM Ouargla)	Président
M ^{elle} Saifi Hadjer	MCB (UKM Ouargla)	Examinatrice
M ^F Boual Zakarya	Pr (UKM Ouargla)	Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force, le courage, la persistance et m'a permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce modeste travail. Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite,

J'exprime ma plus vive reconnaissance à Monsieur BOUAL Zakaria Maître de conférence au Département des Sciences Biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah -Ouargla, qui a bien voulu accepter de me prendre en charge pour réaliser ce travail dont le mérite lui revient grâce à son aide, sa pédagogie, son ouverture d'esprit, ses conseils précieux et sa vision de la recherche scientifique. Ce travail est le fruit de vos efforts. Je vous remercie vivement pour votre soutien, pour vos conseils et vos disponibilités qui m'ont permis d'atteindre les objectifs visés

Je tiens à remercier les membres du jury :

Mr OULD EL HADJ DIDI Professeur au Département des Sciences biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah -Ouargla, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

M^{elle} SAYFI.H Maître de Conférences au Département de Biologie à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, d'avoir accepté d'examiner ce travail

Je suis particulièrement honoré de vous avoir vu assurer d'examiner notre mémoire, mais aussi pour votre présence et vos conseils tout au long de notre cursus universitaire.

Je présente mes remerciements les plus sincères à Monsieur BOURICHA MOUHAMED, docteur au Département des Sciences biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, merci pour toute votre attention, votre disponibilité et pour et pour tous vos précieux conseils

Je remercie le Cabinet médical « ABDELMALEK » Ouargla, et en particulier sa Directrice, Dr.ABDELLAOUI SOUAD de m'avoir accueilli au sein du Cabinet médicale. Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite

Je remercie le Laboratoire d'analyse médical « IBN ROCHD » Ghardaïa, pour tout leur aident

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, sans oublier ma famille pour

le soutien tout au long de la période de mes études.

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

A la mémoire de mon père

À qui je dois tant, qui n'a jamais dit non à mes exigences, tu resteras à jamais mon idole et mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir ABDELFETAH .

Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta présence. Merci de m'avoir offert toutes les conditions propices et luxueuses à ma réussite. Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Je t'aime papa, de la part de ta fille qui a toujours prié pour le salut de ton âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

A MA CHÈRE MÈRE

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les efforts que vous avez faits pour me voir réussir.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés. Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A MA CHÈRE SOEUR AKILA

Merci énormément pour ton soutien plus que précieux, Merci pour ton grand cœur, toutes vos qualités qui seraient trop longues à énumérer.

A MON CHER FRÈRE ABDENNOUR

Avec tous mes sentiments de respect d'amours, de gratitude, que ce travail soit l'expression de ma grande affection et un témoignage de mon attachements et de mon grand amour. Merci frère que dieu te garde pour nous

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Ce mémoire est la votre

Listedesabréviations

Ara	Arabinose
Glc	Glucose
LDL	Lipoprotéines de basse densité
UV/Vis	l'ultraviolet/visible
µl	Microlitre
mg/ml	Milligramme/Millilitre
ml	Millilitre
Min	Minute
H₂O₂	peroxyded'hydrogène(eauoxygéné)
BSA	Sérumalbuminebovine
T°	Température
TFA	trifluoro-acétiqueAcide
Xyl	Xylose

Table des matières

Listedesabréviations	V
Liste des tableaux	VIII
Liste des annexes	IX
listes de figures	X
Introduction.....	1
1.1. Généralités sur les plantes Sahariennes.....	4
I.1.1. Plantes médicinales du Sahara.....	4
I.1.2. Répartition et physiologie.....	4
1.2. Famille des Plantaginacae	5
I.2.1. Présentation et physiologie	5
I.2.2.Genre Plantago.....	5
I.2.3.Répartition géographique.....	7
1.2.Psyllium	8
I.2.1.Intérêt de psyllium	8
Usage traditionnelle.....	8
Effet Hypocholestérolémiant	8
Diarrhée	9
Constipation.....	10
Santé digestive.....	10
Santé cardiaque.....	11
Diabète.....	11
Satiété/Faim	12
Nourriture de volaille	12
Pouvoir épaississant	12
I.2.2.Production mondiale de psyllium	13
I.2.3.Production commerciale	13
I.2.5.Composition chimique de Psyllium.....	14
I.2.6. Propriétés physico chimique des fibres	15
Solubilité.....	15
Viscosité	16
Férméntéscibilité	16
I.2.7.Contre indication et interaction médicamenteuse	17

Contre indication	17
Interaction médicamenteuse.....	17
CHAPITRE II :	18
MATERIELS ET METHODES	18
II.1.Présentation de la zone d'étude	19
II.2.Principe d'étude	19
II.3.Matériel d'étude	19
II.3.1.Matériel biologique.....	19
II.4.Analyse de la composition de psyllium	22
II.4.1.Dosage des oses totaux	22
II.4.2.Dosage des oses neutres	23
II.4.3.Dosage des oses acides.....	24
II.4.4.Dosage des protéines	26
II.4.5.Dosage des lipides	27
II.4.6.Détermination de taux de cendres	28
II.4.7.Dosage des sels minéraux.....	29
II.4.8.Dosage polyphénols totaux	29
II.5.Caractérisation desrésidusglycosidiques.....	30
II.5.1.Hydrolyse acide des liaisons glycosidiques	30
II.5.2.Analyse par HPLC.....	31
II.6.Diffraction des rayons X (DRX)	37
II.6.1.Principe	37
II.6.2.Matériels et réactifs	37
II.6.3.Mode opératoire.....	37
Chapitre III :	19
RESULTATS ET DISCUSSION	19
III.1.-Caractérisation physicochimique et biochimique.....	39
III.2. Caractérisation par HPLC des polysaccharides	42
III.6.Diffraction des rayons X	45
Annexes.....	38
Résumé.....	59
Mots clés	63
Abstract	63

Liste des tableaux

TABLEAU 1- PREPARATION DES ETALONS DE GLUCOSE (RUIZ, 2005)	23
TABLEAU 2.- PREPARATION DES ETALONS DE GLUCOSE (RUIZ, 2005)	24
TABLEAU 3COMPOSITION CHIMIQUE ET BIOCHIMIQUE TEGUMENTS DES GRAINES DE P.CILIATA ET DES TEGUMENTS DU MARCHÉ	39
TABLEAU 4COMPOSITION EN MONOSACCHARIDES CONSTITUTIFS DES TEGUMENTS	44

Liste des annexes

ANNEXES 1	COURBE ETALON DES OSES TOTAUX	59
ANNEXES 2	COURBE ETALON DES OSES NEUTRE	59
ANNEXES 3	COURBE ETALON DES OSES ACIDE	60
ANNEXES 4	COURBE ETALON DES PROTEINES SELON LA METHODE DE BRADFORD	60
ANNEXES 5	PREPARATION DE SOLUTION DE TFA UTILISEE AU COURS DE L'EXPERIMENTATION	61

listes de figures

FIGURE 1-EXEMPLES D'ESPECES APPARTENANT AU GENRE PLANTAGO, (A)P. MAJOR, (B)P. LANCEOLATA ET (C) P. MEDIA (BENAOUN, 2017)	6
FIGURE 2-PLANTAGO NOTATA(PLANTAGINACEAE) RECOLTEE DANS LA REGION D'OUED NECHOU DANS LA REGION DE GHARDAÏA (BOUAL, 2014).	6
FIGURE 3-REPARTITION MONDIALE DU GENRE PLANTAGO	7
FIGURE 4-LES ETAPES DE PRODUCTION DE LA POUDRE DE PSYLLIUM	14
FIGURE 5-PHOTO DE PLANTAGO CILIATA DANS LEUR AIRE NATURELLE (TOUNSI, 2017)	20
FIGURE 6-LES ORGANES D'UNE CHAINE HPLC 16 (DGRAEVE ET BERTHOU, 1986).	32
FIGURE 7- PREPARATION DES ETALONS DE GLUCOSE (RUIZ, 2005)	33
FIGURE 8CHROMATOGRAMME DES STANDARDS (ARABINOSE ET XYLOSE(43
FIGURE 9 -.CHROMATOGRAMME DES TEGUMENTS DES GRAINES DE P.CILIATA	44
FIGURE 10 -.CHROMATOGRAMME DE PSYLLIUM DU MARCHE	44
FIGURE 11 -DIFFRACTOGRAMME DRX TEGUMENTS DES GRAINES DE P.CILIATAB	45
FIGURE 12DIFFRACTOGRAMME DRX DU PSYLLIUM DU MARCHE	45

Introduction

INTRODUCTION

Les maladies gastro-intestinales sont des problèmes majeurs de santé publique dans le monde et on estime qu'elles touchent 70% de la population générale (Ouyang *et al.*, 2004). La constipation et la diarrhée, en particulier, sont des troubles courants. La constipation est connue pour affecter environ 27% de la population, étant plus fréquente chez les femmes que chez les hommes (Cheng *et al.*, 2009).

Les mesures diététiques et hygiéno-diététiques sont le traitement de première intention de la constipation chronique dans le monde entier (Ramkumar *et al.*, 2005). Le deuxième choix de traitement est l'utilisation de divers laxatifs sur ordonnance, cependant, ne sont pas considérés comme sûrs pour une utilisation à long terme (Tacket Muller 2009). Dans les pays en développement, le taux de mortalité par diarrhée est élevé (1,5 à 2 millions/an) chez les enfants de moins de cinq ans (Liebelt, 1998).

Les plantes médicinales ont suscité un intérêt considérable en tant que remèdes en raison de leurs grandes propriétés thérapeutiques, de leurs faibles toxicités et de leurs couts (Sung, 2012). Elles sont généralement préférées pour traiter les troubles gastro-intestinaux, par exemple la constipation et la diarrhée, car elles contiennent de multiples constituants ayant un potentiel d'amélioration des effets et/ou de neutralisation des effets secondaires et, par conséquent, sont considérées comme relativement sûres en cas d'utilisation prolongée sans nuire à l'hôte (GILANI, 2005). L'utilisation des plantes médicinales est encore aujourd'hui une des formes de médecine la plus répandue à travers le monde. Elles représentent la seule source de médicaments pour près de 90% de la population de certains pays d'Afrique (DJERIDANE, 2008).

Durant les deux dernières décennies, les chercheurs ont réévalué l'importance des glucides et, envisagent pour eux de nombreuses applications notamment dans le secteur biomédical, en raison de leur large spectre de propriétés thérapeutiques, de leur abondance, de leurs sources renouvelables, non-toxiques et biodégradables (BOUAL, 2014).

L'enveloppe de graines de *Plantago ovata*, connue localement sous le nom d'Ispaghula (Malik Hassan *et al.*, 2010), elle appartient à la famille des Plantaginaceae qui comprend environ 275 herbes et sous arbustes, largement distribués dans le monde entier (Gonçalves et Romano 2016 ; Rønsted *et al.*, 2002). Elle est ethno botaniquement associée aux différentes tribus (Samuelsen, 2000 ; Yin *et al.*, 2010), comme *P. asiatica* (Chiang *et al.*,

2023 ; Fujita et al., 1995), *P.lancéolata* (Sezik et al., 2001 ; Tabata et al., 1994) et *P.ovata* (Motamedi et al., 2010). Les téguments des graines des *Plantago* ont une grande valeur économique utilisée comme ingrédients alimentaires, médicaments et approuvées comme matières premières dans industries pharmaceutiques, comme Serutan®, Konsyl®, Metamucil®, Cilium®, etc. Ils sont utilisées pour traiter la constipation (Madgulkar et al., 2015), le diabète, l'hypercholestérolémie (Patil et al., 2011) ou comme adjuvants anti cancérogènes dans les cancers du côlon et du sein (Hui et Sherkat, 2015 ; Verma et Mogra, 2015).

Plantago ciliata Desf., appartenant aux Plantaginaceae, est une plante herbacée utilisée dans la pharmacopée traditionnelle algérienne, abondamment distribuée dans la région Nord-Est du Sahara. Il a été rapporté pour avoir de nombreuses propriétés ethno pharmacologiques supposées, notamment des activités anti inflammatoires, antiulcéreuses, anti toux et antidiabétiques (Djeridane, 2008).

Dans les pays développés la production de psyllium a un effet sur la croissance économique, il a une valeur élevée de la demande du marché. Compte tenu de la demande croissante du marché, la culture de cette plante au niveau mondial est de la plus haute importance pour élever l'économie d'un pays. Selon un rapport scientifique, les États-Unis sont le principal importateur de psyllium et consomment chaque année 8000 tonnes, ce qui indique la valeur marchande de cette culture dans le monde entier. La culture à une forte demande d'exportation aux États-Unis et en Europe occidentale et environ 90% de la production est exportée vers ces pays. Actuellement, l'Inde est le plus grand producteur et le principal fournisseur de psyllium sur le marché mondiale (Rehahana et al., 2015).

Face a ce constat, le présent travail s'oriente sur l'étude d'une nouvelle source de psyllium, issus des téguments des graines de *Plantago ciliata*, plante spontanée a caractère médicinal récoltée dans la région du M'zab, Ghardaïa. L'objectif recherché vise à caractériser les téguments des graines de *P. ciliata* et de comparer avec ce de marché (BioHerbs®).

Ce travail est divisé en trois parties. La première est consacrée à une synthèse bibliographique, qui nous a permis de mieux cerner quelques aspects de taxonomie propres à la plante faisant l'objet de cette étude, l'intérêt et l'utilisation de l'enveloppe de psyllium dans différents domaines, la répartition géographique des *Plantago*, la production mondiale et

INTRODUCTION

commerciale de psyllium., la structure, la composition chimique et les propriétés physico-chimiques de psyllium ont été détaillées.

La seconde partie, aborde ensuite la partie expérimentale, en décrivant les techniques utilisées pour la détermination de la composition globale des téguments des graines de *P.ciliata* et en caractérisant les résidus glycosidiques par HPLC.

Le troisième chapitre expose les principaux résultats obtenus, suivi d'une discussion, et enfin une conclusion générale qui portera sur une lecture attentive des différents résultats obtenus et des perspectives qui sont un ensemble de réflexions achève ce travail.

I.1. Généralités sur les plantes Sahariennes**I.1.1. Plantes médicinales du Sahara**

La végétation naturelle du Sahara constitue une flore riche en espèces végétales de grande qualité dont certaines sont utilisées comme plantes médicinales par les populations locales (Ozenda, 1983).

Ces plantes pratiqués en médecine traditionnelle présentent une source potentielle de récents principes actifs d'origine naturelle, au regard de leur utilisation en médecine populaire. (Bourmita et *al.*, 2013 ; Frakchich et Elachouri, 2014).

L'Algérie est un exemple typique de pays méditerranéen avec une longue tradition médicinale basée sur l'utilisation des plantes médicinales (Bouhrara et Belgacem, 2016).

De par sa diversité climatique, l'Algérie se caractérise par une flore riche en plantes médicinales et aromatiques et est considérée comme l'un des pays les plus riches avec 3164 espèces de plantes vasculaires (Benarba et *al.*, 2015).

Au Sahara, l'intérêt pour la médecine traditionnelle tient avant tout à son appartenance à la culture de ses usagers. Il s'explique aussi par le fait que la richesse et la diversité de la flore du Sahara constitue une source potentiel de principe actifs et forment un atout pour la recherche scientifique. (Ghourri et *al.*, 2012)

Le monde prend de plus en plus conscience du potentiel médical d'origine naturelle qui procure des matières premières essentielle dans la production des médicaments à base de plantes. Malgré ces différents usages, les plantes médicinales du Sahara algérien leur potentialité est faiblement exploité (Cheriti et *al.*, 2005).

I.1.2. Répartition et physiologie

La distribution de la végétation au Sahara est étroitement liée à la formation géomorphologique des sols, à leurs caractéristiques physico-chimiques et à la disponibilité en eau (Ozenda, 1977). Malgré des conditions difficiles au Sahara, le couvert végétal persiste en raison d'adaptations morphologiques, physiologiques et anatomiques (Houari et *al.*, 2013). En effet, les caractéristiques physiologiques et anatomiques des plantes vivaces spontanées leur permettent de réduire les pertes par évaporation en réduisant la surface foliaire et/ou le nombre de feuilles. Les taux d'évaporation dans ces plans sont également considérablement

réduits en raison de la formation d'une épaisse couche cornée et d'une couche de cellules scléreuses ou huileuses sur les stomates (Houari et *al.*, 2013). Les plantes méditerranéennes développent également des systèmes racinaires profonds et étendus qui leur permettent de rechercher l'humidité en profondeur dans le sol. Les tiges de nombreuses plantes méditerranéennes sont également fortement scarifiées. Chez de nombreux cactus et euphorbes, on note la présence de nervures longitudinales sur les tiges, qui permettent de constituer des ombrages temporaires, évitant que certaines parties de la surface ne soient trop souvent exposées à la lumière directe du soleil. Une autre stratégie consiste à stocker l'eau dans les cellules végétales. Il a été adopté par des plantes à feuilles charnues ou des plantes dites « grasses » comme les sédums ou les cactées. Les poils de plantes méditerranéennes comme le chêne pubescent ou le ciste à coton ont également été expliqués comme des adaptations à la sécheresse. Ceux-ci réfléchissent la lumière et peuvent attraper et capturer la rosée du matin. Les chênes sacrés et les oliviers ont ces poils sur la face inférieure et ils protègent les entrées des stomates, permettant un degré supplémentaire de régulation de la transpiration (Benaoun, 2017).

I.2.Famille des Plantaginaceae

I.2.1.Présentation et physiologie

La famille des Plantaginaceae ce sont des plantes herbacées, parfois ligneuse à la base, qui portent des feuilles en rosette basale opposées ou alternes avec une inflorescence en épis denses plus ou moins allongés (Quézel et Santa, 1963). D'une façon habituelle cette famille de plante comporte trois genres, le premier est le plus vaste qui est *Plantago* qui regroupe 260 espèces, et le second est *Littorella* qui contient trois espèces, et le dernier genre est *Bougeria* qui renferme une seule espèce(Lewalle, 1978 ; Wolff et Schaal, 1992).Les espèces saharienne de cette famille botanique et formé presque uniquement par le genre *Plantago* (Plantain) (Ozenda ; 1977 ; Quezel et Santa, 1963).

I.2.2.Genre *Plantago*

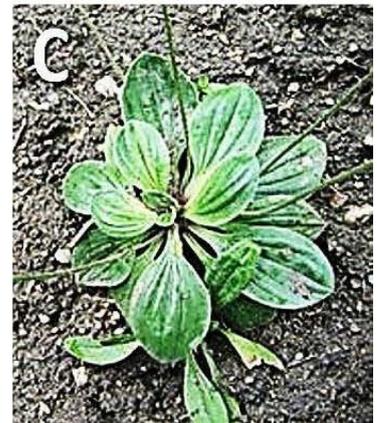
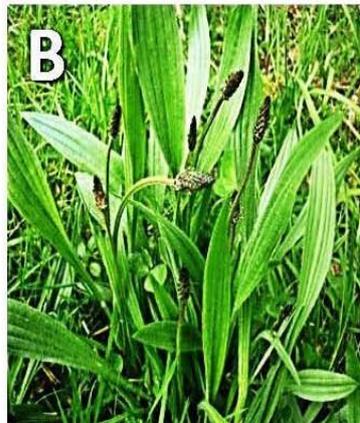
Le plantain est une végétation herbacée vivace originaire des régions tempérées de la Méditerranée, de l'Europe et de l'Asie. Son nom botanique vient de (*planta*), signifiant plante du pied, et (*ago*), (je pousse), en d'autres termes, pousse sur la plante du pied. Le genre *Psyllium* est le plus grand de la descendance des plantains. Au Sahara, il inclue les espèces *P. mauritanica* Marie., *P. psyllium.*, *P. amplexicaule* Cv., *P. major* L., *P. coronpus* L., *P. crassifolia* Forsk., *P. maritima* L., *P. subulata* L. *P. surpentina* (Mangol) Villars., *P. tunetana*

Murbec., *P. albicans* L., *P. logopus* L., *P. lanceolata* L., *P. ciliata* Desf., *P. Bellardii* All., *P. notata* ., *P. akkensis* Coss., *P. Leoffingii* L., *P. ovata* Forsk (Ozenda, 1977 ; Quezel et Santa, 1963) . En médecine traditionnelle les espèces les plus utilisé »es sont *P.major*, *P. ciliata*, *P.*



media, *P. pumilia*, *P. coronopus* qui on la capacité de produire le mucilage (Trivedi, 2009).

Figure 1-Exemples d'espèces appartenant au genre *Plantago*, (A)*P. major*, (B)*P. lanceolata* et



(C) *P. media* (Benaoun, 2017)

Figure 2-*Plantago notata*(Plantaginaceae) récoltée dans la région d'Oued Nechou dans la région de Ghardaïa (Boual, 2014).

I.2.3. Répartition géographique

Les *Plantagos* sont distribués dans la région côtière méditerranéenne, désert de l'isthme, Sinai, et dans le coté est du Nil, l'Afrique du Nord, Pakistan, Iran, pays de la péninsule arabique et de l'Asie occidentale, s'étendant jusqu'à Sutlej et Sind au Pakistan occidental (Devesh et *al.*, 2014).

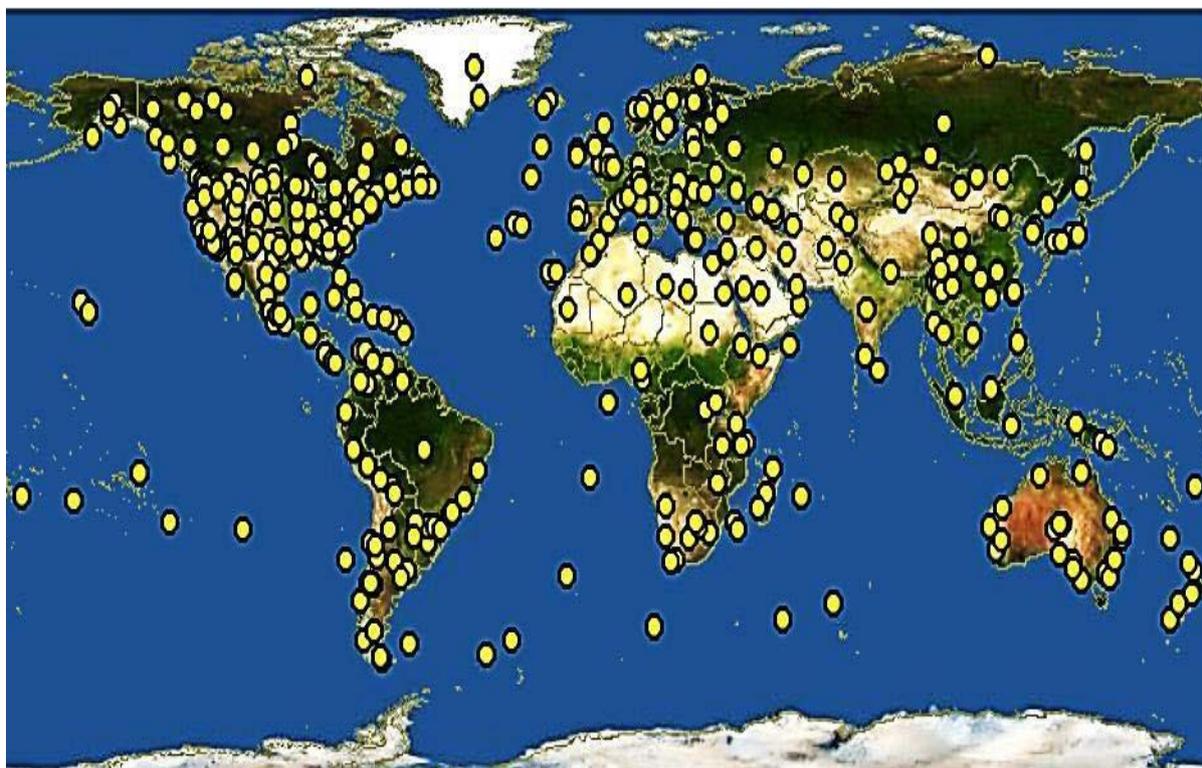


Figure 3-Répartition mondiale du genre *Plantago*

(<http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Plantago>).

En Inde, le psyllium est cultivé dans des Etats par exemple le Gujarat, le Pendjab, le Maharashtra et le Rajasthan et aussi dans la province du sindh au Pakistan. Il est aussi cultivé en Espagne et en France pour le marché européen. Les graines sont produites dans l'Europe du sud, l'Afrique du Nord et Pakistan occidental. Le psyllium est exporté vers de nombreux pays tels que le Royaume-Uni, les Etats-Unis, l'Indonésie, le Mexique, le Japon, l'Allemagne, le Canada, la Suède, l'Italie, l'Espagne, la Norvège, le Danemark, la Corée, l'Australie et le Pakistan (Shanti et *al.*, 2017).

Dans toute la région phytogéographique les espèces de *Plantago* sont distribuées soit dans les environnements plus arides des déserts et des oasis, soit comme mauvaises herbes en culture (GAZR et SHALABI, 2016).

Dans l'Algérie, sur les hauts-plateaux et dans la région présaharienne dont Ain Sefra, Zenaga, Bou Saada, Tolga Laghouat et Biskra les espèces de *Plantago* sont abondantes, mais elles sont rares dans les collines côtières (QUEZEL et SANTA, 1963 ; OZENDA, 1977).

I.2.Psyllium

Le psyllium est largement utilisé en médecine en raison de ses nombreux effets curatifs.

I.2.1.Intérêt de psyllium

Usage traditionnelle

Les téguments de graines *Plantago* sont utilisés d'une manière habituelle depuis le XVI^e siècle en Asie et en Europe comme médicament pour la constipation chronique. Ils ont été aussi utilisés dans la médecine traditionnelle chinoise et indienne comme laxatif et diminuent le risque de provoquer des diarrhées chroniques, dysenteries et d'autres troubles intestinaux. L'enveloppe de la graine a des propriétés curatives très spéciales et n'irrite pas l'intestin lorsque la membrane muqueuse est perturbée à cause des infections ou inflammatoires. En outre la plante est considérée comme médicament de plusieurs maux dans la médecine traditionnelle dans différentes parties du monde. En Pakistan et en Inde les graines de psyllium sont considérées comme diurétiques.

D'autre part en Iran l'extrait aqueux de graines séchées est utilisé en externe pour l'inflammation et les graines prises par voie orale sont utilisées pour soigner l'indigestion accompagnée de anomalies de la sécrétion biliaire (Rehana Khaliq et al, 2015).

Effet Hypocholestérolémiant

Les fibres solubles visqueuses des téguments de graines de *Plantago* sont les plus efficaces et ont moins d'effets secondaires. Le psyllium réduit de manière significative les taux plasmatiques de cholestérol LDL de 10 à 24 %. L'enveloppe de psyllium active la production d'acides biliaires en augmentant l'activité de la 7-hydroxylase dans des modèles animaux et humains. On pense que la conversion du cholestérol en production d'acides biliaires dans le foie est un processus qui abaisse le cholestérol sérique. La synthèse des acides biliaires à partir du cholestérol est régulée par une rétro-inhibition de l'enzyme limitant

le cholestérol 7-hydroxylase par les acides biliaires retournant au foie via la circulation entérohépatique (Baljit Singh, 2007).

Dans l'intestin grêle la fibre de psyllium se lie à l'acide biliaire qui forme un complexe qui empêche la réabsorption de la bile de l'intestin grêle, et améliore par la suite la production et la sécrétion d'acides biliaires pour remplacer les acides perdus. Ensuite, le cholestérol est prélevé de la circulation pour faire la production d'acide biliaire, abaissant ainsi le taux de cholestérol sanguin(Shanti et *al.*, 2017).

L'administration des graines pas voie orale chez les adultes qui sont atteints de l'hypercholestérolémie conduit a la réduction du cholestérol LDL de 8% et le cholestérol total de 6% a 40%(Devesh et *al.*, 2014).

Diarrhée

En cas de diarrhée, une selle molle par jour ou plusieurs selles molles semi-formées par jour ou des selles molles fréquentes tout au long de la journée ou des selles composées principalement d'eau.

Plusieurs investigation ont montré que le psyllium peut être bénéfique pour les individus qui souffre de diarrhée, et en spécifique ceux qui sont alimentées par sonde. Il est scientifiquement prouvé que le psyllium peut augmenter le volume des selles.

Cette preuve, combinée à l'exploration humaine existante, montre que le psyllium augmente le nombre de selles normales et réduit le chiffre de selles liquides.

Wenzel et ses collaborateurs ont conclu que la quantité de matières fécales produites par l'intestin normal varie considérablement, mais le pourcentage d'eau fécale reste dans une fourchette étroite. La douceur des selles dans la diarrhée dépend du rapport entre la capacité de rétention d'eau des selles. Chez les patients diarrhéiques avec des selles de poids correct, le relâchement est dû à une faible production de solides insolubles, mais n'est pas associé à une diminution de la production d'eau, ce qui se produit chez les sujets normaux avec de faibles niveaux de solides insolubles.

Le psyllium peut retarder la vidange gastrique en augmentant la viscosité du repas et peut réduire l'accélération du transit colique en retardant la production de produits de fermentation gazeux. Le psyllium améliore la diarrhée causée par ETEC (Baljit Singh, 2007).

Constipation

Les téguments de graines *Plantago* sont connus pour leur utilisation dans le domaine pharmaceutique comme émoulinant, laxatif (Hitanjal *et al.*, 2016). La constipation est une difficulté à évacuer les selles. L'estomac remue et mélange les aliments pour la digestion, puis les aliments presque liquides passent dans l'intestin grêle, qui se termine dans l'abdomen inférieur droit et pénètre dans le côlon. Le côlon élimine l'eau des selles liquides, donc quand il atteint le rectum, il est lâche. Si trop d'eau est évacuée, les selles peuvent devenir dures et difficiles à évacuer. La constipation est généralement causée par le fait que le côlon ne se contracte pas correctement et déplace les selles vers le rectum.

Le psyllium est l'une des charges les plus servies au monde. Ce remède augmente la fréquence et le poids des selles, ramollit les selles dures et rend les selles moins douloureuses. Une étude nouvelle a montré qu'il fonctionne mieux que le docusate sodique. Il a été démontré que le psyllium a les caractéristiques paradoxales d'améliorer la constipation en augmentant le poids des selles. Le psyllium est un élément courant dans les produits laxatifs en vrac, et plusieurs études ont montré que le psyllium peut être bénéfique dans le traitement de la constipation. Le psyllium a un soutien scientifique en tant que laxatif doux. Ces preuves, combinées aux recherches humaines existantes, montrent que le psyllium réduit le temps nécessaire pour aller à la selle, augmente le nombre de selles par jour et augmente le volume des selles

(Baljit Singh, 2007).

Santé digestive

Le psyllium est un laxatif qui forme une masse, ce qui signifie qu'il absorbe l'eau dans l'estomac et aide à rendre les défécations très simples et aide à améliorer la consistance sans augmenter les flatulences. Il est aussi utilisé comme excipient pour faciliter l'arrêt, ou additionné au régime alimentaire pour aider à améliorer la cohérence et le bien-être lié à l'estomac (Baljit, 2007).

Le psyllium est un probiotique, une substance importante pour que des colonies de probiotiques remplissent l'estomac. Les probiotiques ne contiennent pas vraiment d'organismes microscopiques mais ils aident au développement des organismes microscopiques. Tous les probiotiques sont constitués de fibres alimentaires. Les bactéries transforment les fibres prébiotiques en une graisse insaturée à chaîne courte nommée butyrate. La formation de

butyrate dans le colon ne peut être maintenue sans apport satisfaisant de fibre prebiotique (Par Sarah Lewis, RD.2020).

Le psyllium peut adoucir vos selles et vous hydrater. Cela peut être utile avec des infirmité passagers par exemple la constipation qui peu prévenir les complications de la constipation comme les hémorroïdes et les fissures anales(Baljit, 2007).Aujourd'hui il attire attention sur son utilisation comme supplément de fibre alimentaire pour favoriser la régulation de la fonction intestinale(Rehana Khaliq et *al*, 2015).

L'efficacité des téguments des graines Plantago est entièrement due à la présence d'une grande quantité de mucilage dans la coquille, qui gonfle en une substance semblable à un gel avec de l'eau froide. Il soulage mécaniquement la constipation et stimule les selles. Il a été démontré que le mucus est pratiquement insensible aux enzymes digestives et aux bactéries et traverse l'intestin intact. Lors de son passage, le mucus tapisse les muqueuses et agit comme émoullient, émoullient et lubrifiant pour apaiser et protéger. Les toxines présentes dans l'intestin sont absorbées par le gel de mucilage (Deveshe et *al.*, 2014).

Santé cardiaque

Plusieurs études ont expliqué que les fibres comme le psyllium, considérées comme une caractéristique principale d'une alimentation saine, peut aider à diminuer le risque de maladie cardiaque d'un individu. Le psyllium influence sur le cœur en abaissant la tension artérielle, et en améliorant les niveaux de lipides et en fortifiant le muscle cardiaque (Baljit, 2007).

Diabète

Une alimentation riche en fibres de psyllium augmente la sensibilité périphérique à l'insuline chez les jeunes et les moins jeunes en bonne santé. La capacité des fibres solubles à abaisser la réponse glycémique postprandiale à un repas quelques heures après la consommation de fibres (effet du deuxième repas) a déjà été démontrée chez des personnes non diabétiques (Baljit, 2007).

Après avoir suivi un régime alimentaire riches en fibres cela peut aider à progresser des niveaux de glucose sains. Les fibres et précisément les fibres solubles comme celles de l'enveloppe de psyllium aident à ralentir la digestion.

Il a été remarqué que le psyllium lorsqu'il est pris avec des quantités d'eau suffisante, ce dernier diminue l'appétit chez les personnes atteintes de diabète de type 2 ce qui aident à

prévenir la suralimentation. Les fibres réduisent et ralentissent aussi l'absorption globale des glucides ce qui aide à diminuer la glycémie après les repas (Chris Iliades, 2021).

Lors de la réunion annuelle de l'Endocrine Society en mars 2018 une étude de l'Université de Buffalo a révélé que la consommation de fibres par les patients diabétique de type 2 stimulent la sécrétion d'insuline, et réduit l'inflammation et abaissent la glycémie (Chris Iliades, 2021).

L'administration de l'enveloppe de graine de psyllium a des souris génétiquement diabétiques a une dose de 2.5% de l'alimentation s'est avérée qu'il ya une augmentation de production d'insuline (Devesh et *al.*, 2014).

En outre, l'extrait aqueux de graines de psyllium provoque une diminution de l'hyperglycémie dans le diabète de types 1 et 2 chez les rats (Rehana Khaliq *et al.*, 2015).

Satiété/Faim

Le psyllium aide à stimuler la satiété et diminue l'appétit. L'administration de poudre séchée de graines de psyllium avant les repas a entraîné une augmentation importante de la sensation de satiété et une diminution de la consommation de graisse (Devesh et *al.*, 2014).

Nourriture de volaille

L'œuf de poule, qui joue un rôle important dans l'alimentation de l'être humain, qui est considéré comme un aliment nutritif qui contient des protéines équilibrées. Etant donné que les œufs de poule contiennent une quantité importante de cholestérol dans les œufs, pour cela le psyllium est inclus dans régime alimentaires de la volaille pour pouvoir réduire la teneur en cholestérol dans les œufs (Shanti et *al.*, 2017).

Pouvoir épaississant

En raison de la propriété remarquable du mucilage de l'enveloppe des graines en tant que épaississant, il est utilisé dans l'industrie alimentaire. Il est utilisé comme stabilisateur principale dans la préparation des glaces crèmes. Aussi la production d'une gelée à partir de l'enveloppe de la graine de psyllium qui remplace l'agar-agar. Il a également été utilisé avec succès pour l'acidification des puits de pétrole (Devesh et *al.*, 2014). D'autre part, le psyllium est utilisé dans l'industrie pharmaceutique comme agent épaississant lors de la formation des gélules (Rehana Khaliq et *al.*, 2015).

I.2.2. Production mondiale de psyllium

Dans les pays en développement, le domaine agricole a des effets sur la croissance économique. A cause de leur application médicinale et pharmaceutique, aujourd'hui il a une valeur élevée de la demande du marché. Leur culture a une forte demande d'exportation environ 90% de la production aux Etat Unis et en Europe. L'Inde est le plus grand producteur et le principal fournisseur de graine et d'enveloppes de psyllium sur le marché mondial (Rehana Khaliq et *al*, 2015).

I.2.3. Production commerciale

Les graines de psyllium brutes nécessitent un nettoyage par des procédés mécaniques avec différentes étapes du traitement, des procédés qui n'utilise pas des produits chimique (Rahana *et al.*, 2015). Apres avoir nettoyé les graines dans des chambres de nettoyage et de pré-nettoyage, commence le processus de décorticage. Ce processus consiste à écraser les graines avec des moulins à émeri et à séparer la balle dans un circuit fermé d'un dispositif d'aspiration pneumatique programmé. En utilisant une légère pression mécanique l'enveloppe de psyllium est ensuite séparée de la graine. Les graines sont écrasées entre les rouleaux et les plateaux tournant. L'enveloppe de psyllium est après purification en tamisant le mélange pour pouvoir séparer l'enveloppe de psyllium du reste partie du mélange. Afin d'obtenir une productivité élevé d'enveloppes de graines de psyllium de qualité pure, les graines de psyllium sont broyées entièrement dans un moulin, ce qui provoque la fragmentation de l'enveloppe. L'enveloppe est fissurée suite à une séparation de la partie sans enveloppe de la graine de psyllium. La poudre de psyllium est obtenue par broyage d'enveloppes de psyllium pur (Téguments de psyllium). Les produits sont par la suite conditionnés sous total contrôle hygiénique. L'emballage comprend un tissu tissé en PP équilibré aux UV non enduit et enduit sans doublure, des sacs en papier laminé HDPE avec poly-liner intérieur, des sacs tissées en PP laminé avec poly intérieur, un tambour en papier fibre et un anneau plaqué argent avec intérieur poly-doublure. Les produits achevés peuvent être stérilisés par l'oxyde d'éthylène, le bromure de méthyle et l'irradiation gamma pour la stérilisation selon les exigences du client (Qaiser *et al.*, 2022).

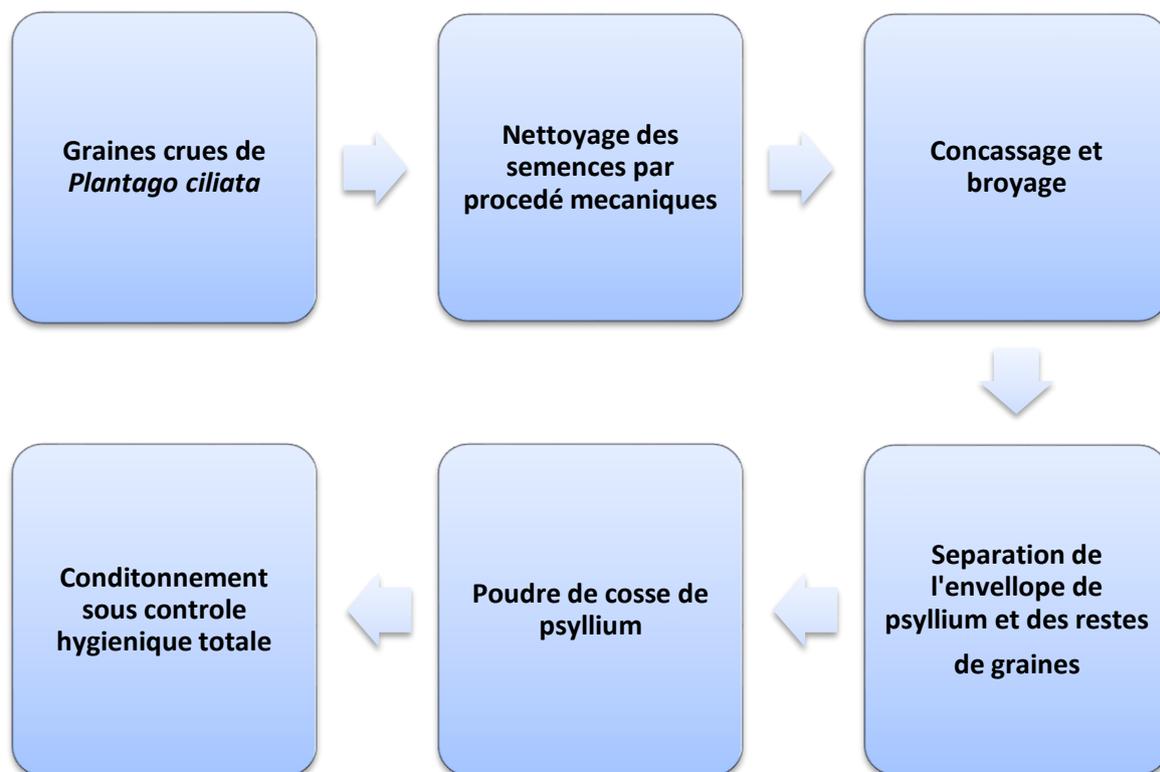


Figure 4-Les étapes de production de la poudre de Psyllium

(Rehana Khaliq et al, 2015)

I.2.5.Composition chimique de Psyllium

L'étude phytochimique des espèces de *Plantago* a révélé leur grande capacité à produire des métabolites bioactifs secondaires, principalement des iridoïdes, des phénols, des polysaccharides, des stérols, des alcaloïdes (Hitanjal *et al.*, 2016). Ces métabolites bioactifs secondaires sont utilisés comme complément alimentaire et autant que médicament pour traiter les maladies humaines (Deveshe *et al.*, 2014).

Les téguments des graines *Plantago* sont une source riche en fibres solubles (Hamaker *et al.*, 2014). La fraction bioactive du psyllium est composée d'une fibre très ramifiée, l'arabinoxylane, une hémicellulose constituée d'un squelette linéaire d'unités de Xylose à liaison B-(1,4), lié à des unités d'arabinose, de rhamnose et d'acide galacturonique (Qaisrani, 2016).

Le psyllium est classé comme une fibre mucilagineuse grâce à sa puissante capacité à former un gel dans l'eau. L'origine de cette capacité vient de son rôle d'endosperme de la graine de *P. ciliata*, qui retient l'eau afin d'empêcher la déshydratation de la graine (Hitanjal *et al.*, 2016).

Les graines de psyllium comprennent plus de 30 % de polysaccharide hydrocolloïde (mucilage) dans le tégument externe, huiles fixes, tanin, glycoside d'aucubine (iridoïde), sucres, stérols et protéines. La nature du mucilage est colloïdale et sa composition change selon les conditions de préparation (Deveshe *et al.*, 2014) , il se compose particulièrement de xylose, d'arabinose et d'acide galacturonique aussi que de rhamnose et de galactose. Deux fractions polysaccharidiques ont été isolées du mucilage. L'un d'eux est soluble dans eau froide et hydrolyse pour donner Dxylose (46%), acide aldobiuronique (40%), Larabinose (7%) et des débris insolubles (2%) ; une autre partie est soluble dans l'eau chaude, formant une solution mucilagineuse Dxylose (80%), Larabinose (14%) et des traces de D-galactose . D'autre part le mucilage des graines contient une huile grasse semi-sèche jaune vif (5%), de petites quantités d'aucubine et de tanins, et un principe actif au même effet qu'acétylcholine(Deveshe *et al.*, 2014). Les acides gras qui forment l'huile sont oleique ; stearique ; lignocérique ; linoléique ; palmitique. Les graines contiennent plusieurs acides aminés qui sont l'alanine, la valine, la glycine, l'acide glutamique, la lysine, la cystine, la tyrosine et la leucine. Les graines des plantes spontanées produisent moins de mucilage par rapport aux espèces cultivées(Hitanjal *et al.*, 2016).

I.2.6. Propriétés physico chimique des fibres

Solubilité

Les propriétés d'hydratation suivent les lois de la thermodynamique et sont caractérisées par la cinétique d'absorption d'eau. Dans le cas des fibres alimentaires de psyllium, la solubilité comprend l'habileté de gonflement, le volume occupé par une unité de masse de fibre lorsqu'elle est hydratée dans des conditions spécifiées, et sa puissance à retenir l'eau. L'eau peut être emprisonnée entre les particules de fibres (eau extra granulaire) ou dans les pores ou les surfaces des particules de fibres. L'augmentation de la solubilité est due à une ramification accrue, la présence des groupes ioniques et la possibilité d'une liaison inter-unités (Capuano, 2017).

La solubilité des fibres alimentaires dépendra du degré de polymérisation et du type de liaisons impliquées dans la formation du polymère, en particulier les liaisons β -(1,4) (55). Ainsi, plus le point de ramification est important, plus la fibre est soluble, contrairement aux fibres qui adoptent une conformation ordonnée et linéaire en solution (Gidenne, 2015 ;Capuano, 2017).

Viscosité

La viscosité d'un fluide peut être définie par sa résistance à l'écoulement (Capuano, 2017). Il y a une relation inverse entre la viscosité et la résistance à l'écoulement. La viscosité de la phase liquide du digesta peut être augmentée par la présence d'une quantité importante de macromolécules dissoutes, comme les fibres alimentaires de psyllium (Lentle, RG et Janssen, PWM., 2008). De manière générale, les fibres qui possèdent une conformation linéaire et une masse moléculaire importante ont une viscosité plus élevée que les fibres de conformation plus compacte et/ou de faible masse moléculaire (Dhingra *et al.*, 2012 ; Capuano, 2017). D'autre part, par unité de volume, plus la concentration de molécules augmente, plus elles se touchent pour former un réseau enchevêtré. À faible concentration, les molécules sont bien séparées et peuvent se déplacer plus facilement, diminuant ainsi la viscosité (Capuano, 2017).

La viscosité des fibres alimentaires est véritablement corrélée à sa solubilité. De plus, les fibres solubles sont répandues pour leur habilité à augmenter la viscosité, inversement aux fibres insolubles (Mudgil et Barak, 2013). La viscosité permet aux fibres solubles de former un gel, facilitant la capture des nutriments et réduisant leur absorption au niveau intestinal (Eswaran *et al.*, 2013; Wong *et al.*, 2006).

Férméntéscibilité

La fermentation est le processus par lequel les micro-organismes intestinaux convertissent la matière organique en d'autres produits. Un beau nombre de micro-organismes, sous le nom commun de microbiote ou flore intestinale, colonisent l'étendue des cellules épithéliales intestinales. Ce microbiote peut dégrader et transformer certains aliments difficiles à digérer par les enzymes digestives, particulièrement les fibres alimentaires de psyllium (Eswaran *et al.*, 2013; Wong *et al.*, 2006). Un manque d'enzymes intestinales qui dégradent les liaisons bêta des fibres alimentaires de psyllium les rend mal digérées dans l'intestin supérieur. De ce

fait, les fibres alimentaires sont dégradées par le micro biote colique, capable de synthétiser des enzymes permettant l'hydrolyse des liaisons bêta (Mohamed, 2018).

I.2.7. Contre indication et interaction médicamenteuse

Contre indication

En raison de l'insuffisance des preuves d'efficacité, il est déconseillé aux enfants de moins de 6 ans souffrant de constipation ou aux enfants de moins de 12 ans pour d'autres indications. Ispaghula ne doit pas être pris directement au coucher. Non recommandé pour les patients présentant un changement soudain des habitudes intestinales pendant plus de 2 semaines. Déconseillé aux patients présentant des contractions anormales du tractus gastro-intestinal, déconseillé aux patients ayant des difficultés à avaler. Chez les patients affaiblis et/ou âgés (Deveshe et *al.*, 2014).

Interaction médicamenteuse

La consommation des téguments des graines de Plantago doit être au moins une demi-heure avant tout autre médicament, parce-que cela pourrait retarder leur absorption. En théorie, l'administration des téguments des graines de Plantago ne doit pas être prise avec la mesalazine (masalamine), ce qui diminue leur effet sur le colon. La biodisponibilité de la carbamazépine et du lithium peut être réduite lorsqu'ils sont administrés avec le psyllium(Edwards et *al.*, 2015)

CHAPITRE II :

MATERIELS ET METHODES

II.1.Présentation de la zone d'étude

La région de Ghardaïa se situe au centre de l'Algérie a une altitude moyenne de 520 m. cette région représente une superficie de 86560 km² (Bekenzou et *al.*, 2007).La région de Ghardaïa se caractérise par un climat saharien aride, qui se caractérise par une forte amplitude thermique entre le jour et la nuit, été et hiver (Sam, 2012). Janvier représente le mois le plus froid avec une température minimale de 6 C°, bien que le plus chaud mois est juillet, avec nue température maximale de 47 C°. Les précipitations sont fortement faible dan la région de Ghardaïa, avec un total annuel de 80 mm par an. Le taux d'humidité dans l'air est aussi très faible, La valeur maximale est de 55.57 %en décembre, et la valeur minimum est de 21.64 pourcent en juillet (Sadine et *al.*, 2016).

II.2.Principe d'étude

Le présent cheminement est une participation à l'évaluation et la valorisation d'une végétation spontanée aux vertus médicinales récoltée dans la région de Ghardaïa. L'objet de l'étude est de caractériser le psyllium issu des téguments des graines de *Plantago ciliata*, à savoir la composition totale en protéines, oses totale, oses neutres, oses acides, lipides, éléments minéraux, teneur en cendre et aussi la caractérisation des résidus glycosidiques (composition en monosaccharide).

II.3.Matériel d'étude

Les matériaux de recherche sont constitués de matériaux non biologiques et biologiques

II.3.1.Matériel biologique

Il est constitué de matériel végétal dont l'espèce *Plantago ciliata* et psyllium du marché

II.3.1.1.Choix de la plante

Le genre *Plantago* faisant partie de la famille de Plantaginaceae englobant environ 265 espèces de plantes de plantes petite et discrètes habituellement appelées plantains. L'utilisation traditionnelle large et les modernes applications médicinales de plusieurs espèces de *Plantago* sont la cause de leur remarquable variété de propriété curative (Salah El Din El Souda et *al.*, 2014).

Pour cette étude le choix de la plante est porté sur la plante spontané a caractère médicinal du Sahara septentrional Est algérien issu de la région de Ghardaïa. Il s'agit de *Plantago ciliata*

II.3.1.2. Description botanique de *Plantago ciliata*

Plantago ciliata ; appartenant a la famille des plantaginacées qui est une herbacé annuelle(Deveshe et *al.*, 2014).C'est une petite plante grisâtre, du sable désertique, peut passer inaperçues.



Figure 5-Photo de *Plantago ciliata* dans leur aire naturelle (Tounsi, 2017)

Ça hauteur peut atteindre jusqu'à 10 ou 15 cm. Leurs feuilles sont lancéolées, velues et nombreuse, qui pousse en rosette à la base de la plante. Les fleurs sont petites et verdâtres, qui porte des épis globuleux ou légèrement cylindriques très laineux portée par des hampes plus courtes que les feuilles (Tounsi, 2017).

Le nom vient du mot latin "planta", qui signifie "plante du pied", une référence aux larges feuilles allongées touchant le sol que l'on trouve dans les rosettes basales de certaines espèces (TUTELet al., 2005).

II.3.1.3. Position systématique

La position systématique de *Plantago ciliata* .Selon QUEZEL et SANTA (1962) et OZENDA (1977), est la suivante:

- **Embranchement** : Spermaphyte
- **Sous embranchement** : Angiosperme
- **Classe** : Dicotylédones
- **Ordre** : Lamiales
- **Famille** : Plantaginaceae
- **Genre** : *Plantago*
- **Espece** : *Plantago ciliata*

Plantago ciliata a des appellations vernaculaires multiples comme *Lelma* et *Cadeau du négre*(Tounsi, 2017).

II.3.1.4. Récolte et Séchage des épis de *Plantago*

La récolte des épis de *Plantago ciliata* a été faite au moment ou leur maturation est complète dans la région d'Oued Nechou, Ghardaïa (Algérie), au mois d'août 2022. Après la récolte, tous les épis ont été séchés à température ambiante dans l'obscurité (Addoun et al., 2019).

II.3.1.5. Germination des graines

A la date du 28 février 2023 dans des conditions photopériodiques (16 h de lumière/8 h d'obscurité). Températures étaient de 25 °C le jour et de 15 °C la nuit, environ 15 graines transférées sur une boîte de Pétri avec du papier humide pour la germination aspergez avec l'eau par pulvérisation chaque deux jour (Mehta et al., 1976).

II.3.1.6. Germination et culture des graines

A la date du 03 Mars 2023 et Selon les conditions climatiques, photopériodique (16 h de lumière/ 8h d'obscurité) et température entre 20°C et 25°C ; les graines de la *P.ciliata* sont semées dans le Tyro (sol de plantation) sur plaque alvéolée rectangulaire contient 72 trous. Les graines ont été semées à faible profondeur (environ 1 cm de profondeur) et suivi d'une irrigation par pulvérisation avec une quantité de 50 mL/48h (Mehta et al., 1976) (Audigie, 1984)

II.4. Analyse de la composition de psyllium

II.4.1. Dosage des oses totaux

La teneur en oses totaux, est définie selon la méthode de DUBOIS *et al.* (1956).

Principe :

La teneur en sucre totaux est déterminé par la méthode de Dubois et al., (1956) ou le principe est basé sur la réaction suivante : l'acide sulfurique concentré stimule, a chaud, le départ de plusieurs molécules d'eau a partir des oses. Cette déshydratation s'accompagne par la production des dérivés du furfural. Une autre réaction de condensation entre les dérivé furfural et phénol pour donner des complexes colorés (jaune-orangé). L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des oses. A l'aide d'un spectrophotomètre la densité optique est mesuré a 490 nm (DUBOIS *et al.*, 1956; GHLISSI *et al.*, 2019).

Mode opératoire

- Dans chaque tube de dosage, introduire 200µl de la solution a dosé, de concentration de 0.01%
- Ensuite 200µl de la solution aqueuse de phénol à 5 % est ajouté.
- Ensuite le mélange est homogénéisé par un agitateur vertex
- 1ml d'acide sulfurique concentré est rapidement introduit avec précaution dans le milieu réactionnelle à l'aide d'une pipette.
- Les tubes portant le mélange sont placés au bain Marie à 90 C° pendant 30 minutes.
- Les tubes sont refroidis dans un bain de glace, ensuite placé à l'obscurité durant 30 minutes.
- La densité optique est mesurée à 490nm par un spectrophotomètre UV-visible (Annexe01) (RUIZ, 2005).

Préparation du phénol (DUBOIS *et al.*, 1956)

Pour la préparation de la solution de phénol à 5 %, 5g de phénol est dissout dans 100ml d'eau distillé.

Préparation de la gamme d'étalonnage du glucose

Tableau 1- Préparation des étalons de glucose (RUIZ, 2005)

	Blanc	T1	T2	T3	T4	T5
H2O (ml)	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
Glc 0.01% (ml)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Concentration (mg/ml)	0	20	40	60	80	100

Matériels et réactifs

phénol(Sigma-Aldrich,PL037). Acidesulfurique95-97%(Honeywell,30743). Solution aqueuse de phénol à 5%(m/v). Glucose (Sigma-Aldrich,G8270). Bain marie (Julabo, TW12). Spectrophotomètre (Shimadzu, UV-Visible-1700-Pharma Spec) (Benaoun, 2017).

II.4.2.Dosage des oses neutres

Le dosage des oses neutres se fait par la méthode colorimétrique mis au point par MONSIGNY *et al.* (1988).

Principe

C'est une méthode simple et pratique qui permet le dosage précis des oses neutre. Dans laquelle les dérivés de furfural engendré par l'hydrolyse des polysaccharides par l'acide sulfurique se condensent avec le résorcinol pour donner un complexe brun-orange dont l'absorbance est mesurée a 480nm (MONSIGNY *et al.*, 1988).

Préparation du Résorcinol

La préparation de la solution du résorcinol se fait par 0.6 g de résorcinol dans 100 ml d'eau distillé et est stockée à 4 °C (CHOUANA, 2017).

Préparation d'une gamme d'étalonnage

Tableau01

Tableau 2.- Préparation des étalons de glucose (RUIZ, 2005)

	Blanc	T1	T2	T3	T4
H ₂ O(ml)	0.4	0.3	0.2	0.1	0
Glc(0.02%)	0	0.1	0.2	0.3	0.4
Concentration	0	25	50	75	100

Mode opératoire

- Dans chaque tube à essai en verres, introduire 200 microlitre de la solution a dosé, puis 200 microlitre de résorcinol de 6mg/ml .
- Ensuite 1 ml de l'acide sulfurique concentré.
- Le mélange est ensuite homogénéisé.
- Les tube sont ensuite placé dans un bain marie a 90 °C pendant 30 min .Puis placés dans un bain de glace et a l'abri de la lumière durant 30 min.
- La densité optique est mesuré par un spectrophotomètre UV-Visible a 480 nm(Annexe02) (MONSIGNY*et al.*,1988).

Matériel et réactifs

résorcinol(Sigma-Aldrich,398047). Acidesulfurique95-97%(Honeywell, 30743. Solution aqueuse de résorcinol à 0,6% (m/v) (conservée à 4°C à l'abri de la lumière. Glucose (Sigma-Aldrich,G8270). Eau ultrapure. Bainmarie (Julabo,TW12).Spectrophotomètre (Shimadzu,UV-Visible-1700-PharmaSpec). (Benaoun, 2017).

II.4.3.Dosage des oses acides

Principe

La détermination de la teneur en acide uronique est effectuée par la méthode de Blumenkrantz et Asboe-Hansen(1973) modifiée par Filisetti-Cozzy*et al.*(1991).

- Cette méthode permet l'identification très sensible qui peut atteindre jusqu'à 1 microgramme de composé.
- Les acides uroniques vont subir une déshydratation qui est suivie d'une cyclisation sous l'action d'acide sulfurique concentré à chaud conduisant à la formation d'un dérivé 5-formylfuroïque.
- En fin la formation d'un composé chromophore de couleur rose par une réaction entre les acides uroniques et Métahydroxydiphényle (m-HDP), l'absorbance se fait à 520nm (DELATTRE, 2005)

Préparation des solutions

➤ Solution A

- Dans une fiole de 100ml faire dissoudre 0.95g de borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dans 20ml de H_2O
- Après on complète à 100ml au trait de jauge avec l'acide sulfurique
- La conservation de la solution se fait à 4°C (BLUMENKRANTZ et ASBOE-HANSEN, 1973).

➤ Solution B

- Introduire 150 mg de m-HDP et 500 mg de NaOH dans une fiole de 100 ml
- Ensuite on complète à 100 ml au trait de jauge avec l'eau distillée (DELATTRE, 2005).

Mode opératoire

La méthode colorimétrique employée est celle de BLUMEN KRANTZ et ASBOE-HANSEN (1973) et BRUDIEUX (2007).

- Dans chaque tube à essai 200 microlitre de l'échantillon à doser sont introduits 1.2 ml d'une solution de tétraborate de sodium à 0.0125 M dans l'acide sulfurique concentré.
- Une agitation manuelle des tubes
- Incubation des tubes au bain marie pendant 5 mn à 100 °C
- Faire refroidir les tubes à essai dans un bain de glace pendant 10 mn
- 20 microlitre de m-HDP est ajouté
- Agitation des tubes

- Apparition d'une coloration rose après 5 min
- La lecture de la densité optique a 520nm.
- La quantité des oses acides peut être déterminée par une courbe d'étalonnage d'acide glucuronique de concentration de 0.001 à 0.01% (Annexe03).

Matériels et réactifs

Acidesulfurique95-97%(Honeywell, 30743). Tétraborate de sodium (Sigma-Aldrich, 221732). *mé*ta-hydroxydiphényl(*m*-HDP)(Sigma-Aldrich,262250). Acide glucuronique (Sigma-Aldrich, 48280). Eau ultrapure. Echantillons à analyser.Bainmarie(Julabo,TW12).Spectrophotomètre (Shimadzu,UV-Visible-1700-PharmaSpec) (Benaoun, 2017).

Préparation d'une gamme d'étalonnage

Tableau02.-Préparation des étalons d'acide glucuronique (DELATTRE, 2005)

	Blanc	T1	T2	T3	T4	T5
Glc A (0.01%)ùl	0	20	40	100	160	200
H2O(ùl)	200	180	160	100	40	0
Borax(ml)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
MHDP(ùl)	20	20	20	20	20	20

II.4.4.Dosage des protéines

La concentration en protéines de l'extrait se détermine selon la méthode de BRADFORD(1976).

Principe

C'est un dosage colorimétrique a pour but de déterminer le taux de protéines dans un échantillon donner (Chouana, 2017).Cette méthode est basée sur la formation d'un complexe entre les résidus basiques et aromatiques des protéines et le bleu de coomassie. La densité optique est mesurée au spectrophotomètre à 595 nm. Les acides aminée arginine, tryptophane, tyrosine, histidine et phénylalanine des protéines sont liée avec le bleu de Coomassie.

Afin de déterminer la teneur en protéine se fait par référence à une courbe d'étalonnage de sérum albumine bovine (BRADFORD, 1976 ; LEBA, 2012).

Préparation de réactif de BRADFORD d'après BRADFORD(1976)

- Faire dissoudre 25 mg de bleu de coomassie dans 12.5 ml d'éthanol (95 %)
- Ensuite l'ajout de 25 ml d'acide phosphorique
- Enfin la solution obtenue est diluée à un volume final de 250 ml

Mode opératoire

- Introduire dans chaque tube essai 200 microlitre de l'échantillon à doser
- Ajouté 2 ml de réactif de coomassie
- Agitation manuelle
- Incubation des tubes à essai durant 30 min à 37 C° au bain marie
- Laisser refroidir à température ambiante pendant 20 min
- L'absorbance est mesurée à 595 nm par un spectrophotomètre
- Une gamme des standards de 0.001 à 0.01% pourcent est préparée par la dilution d'une solution mère de BSA de 0.01% (Annexes 04)(BRADFORD, 1976)

Matériels et réactifs

réactif de Bradford (Sigma-Aldrich, B6916). Sérum d'albumine bovine(BSA) (Sigma-Aldrich, A2153). Eau ultra pure. Echantillons à analyser. Spectrophotomètre (Shimadzu,UV-Visible-1700-Pharma Spec).(Benaoun, 2017).

II.4.5.Dosage des lipides

Principe

La quantité de lipides est obtenue par extraction au Soxhlet, selon la méthode décrite par (AFNOR, 1982).Le principe est fondé sur l'extraction solide liquide de l'échantillon à doser en employant l'éther de pétrole comme phase liquide, à l'aide de l'appareil de Soxhlet (HAMZA *et al.*,2013).

Mode opératoire

- Faire introduire deux grammes des téguments des graines *Plantago ciliata* broyé dans la cartouche du Soxhlet
- le tout est placé a l'intérieur de l'extracteur.
- Par la suite 200ml d'éther du pétrole sont versés dans le ballon.
- Ce dernier est ensuite chauffé pendant 3h jusqu'à épuisement de la matière grasse.
- Dans une étuve à 103 C° le résidu du ballon est séché.
- Après refroidissement totale a l'aide d'un dessiccateur durant 30 min, le ballon contenant les lipides est pesé a 0.001g près jusqu'à obtention d'un poids constant

La teneur en lipides est obtenue par la formule suivante :

$$MG (\%) = [(P2 - P1) / P3] \times 100$$

Ou :

- MG %: matière grasse en pourcentage
- P1 : le poids du creuset vide (g).
- P2 : le poids du creuset avec l'huile extraite (g).
- P3 : le masse de la prise d'essai (g).

(HAMZA *et al.*, 2013 ; TRACHI, 2015).

II.4.6.Détermination de taux de cendres

Principe

La teneur en cendres est déterminée selon la méthode d'AOAC (2000).Le principe est fondé sur la calcination de l'échantillon jusqu'à l'obtention de cendres blanchâtres par l'utilisation d'un four a moufle durant 7 heures. Les creusets seront refroidis après calcination à l'aide d'un dessiccateur et ensuite ils seront pesés avec précision avec leurs résidus(Trachi, 2015).

Mode opératoire

- Dans une capsule en porcelaine deux gramme de l'échantillon broyé introduit,
- cette dernière est mise par la suite dans une étuve durant 24h à 130 C°.
- Mettre les capsules au four a 500°C durant 8 heures jusqu'à obtention d'une couleur grise claires ou blanche

- Par la suite les capsules sont retirées du four, refroidies à l'aide d'un dessiccateur puis pesées (PALAZZOLO *et al.*, 2012).

La teneur en cendres est déterminée par la formule suivante (AUDIGIE, 1983):

$$X = (W_2 - W_0 / W_1) \times 100$$

- W₀ : Poids de creuset vide (g)
- W₁ : Poids de l'échantillon avant incinération (g)
- W₂ : Poids (creuset + cendres) après incinération (g).

II.4.7. Dosage des sels minéraux

Pour doser les éléments minéraux tels que le potassium, sodium, Calcium, magnésium, plomb, et le fer, transférer 1g de poudre de psyllium dans un bécher et ajouter 15ml de HCl 37%, 6ml HNO₃ 65% et 4ml H₂O₂, couvrir d'un verre de montre et laisser agir à 100°C. On répète cette étape jusqu'à l'obtention d'une solution claire.

Après refroidissement, dans une fiole de 50ml et avec un papier filtre, on filtre la solution et on complète le volume avec l'eau ultra pure jusqu'à trait de jauge.

Ces extraits servent au dosage des éléments suivants :

-Potassium, Calcium, magnésium, plomb, et le fer : Spectrophotométrie d'absorption atomique

- Sodium : photométrie à flamme (Bangood, 1984 ; Pere, 1999).

II.4.8. Dosage polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'échantillon. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (Singleton et Ross, 1965).

Mode opératoire

- Dans des tubes à essai en verre introduire 200 µl de l'échantillon à une concentration de 0.01%

- Ajouter 1 ml de réactif Folin-Ciocalteu
- ajouter 800 µl d'une solution de carbonate de sodium à 7,5 % ;
- Les tubes sont agités et conservés pendant 30 min ;
- Lire la densité optique à 765 nm par un spectrophotomètre UV-Visible.

II.5.Caractérisation des résidus glycosidiques

L'identification des monosaccharides constitutifs des polysaccharides nécessite la rupture de toutes les liaisons glycosidiques (RUIZ,2005) et les monosaccharides libérés sont analysés par HPLC.

II.5.1.Hydrolyse acide des liaisons glycosidiques

Principe

Le clivage des liaisons glycosidiques est réalisé à haute température (de 50 à 100 °C) dans des acides forts dilués (hydrolyse ménagée) ou concentrés (2M) tels que l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide sulfurique (H₂SO₄), l'acide trifluoroacétique (TFA), l'acide formique ou encore, l'acide nitrique (DELATTRE, 2005).

En effet, les différents types de liaisons osidiques présentent des taux d'hydrolyse variables en fonction de la stabilité relative des liaisons (1,6' > 1,4' > 1,3' > 1,2'). De même, la nature des liaisons glycosidiques entre deux unités osidiques contiguës présente une différence de stabilité par rapport au cas usuel de deux unités glucosidiques liées en 1,4' (RUIZ, 2005).

Il est à noter que les hydrolyses acides sont difficilement contrôlables car la rupture des liaisons osidiques est aléatoire et mène dans la majorité des cas à la production importante de monosaccharides. De ce fait, les voies de dégradation acide sont largement exploitées en vue de déterminer la structure et la composition des oses constitutifs des polysaccharides après dépolymérisation totale (DELATTRE, 2005).

Mode opératoire

A un échantillon de 20g de poudre de psyllium, 1ml d'acide trifluoroacétique 2 M (Annexe 01) est ajouté. Les tubes sont laissés dans l'étuve à 100 °C pendant 4 h. Ensuite, les tubes sont refroidis au bain de glace et les surnageant sont récupérés sur des verres de montre. Quelques gouttes de méthanol (99,7%) sont ajoutées. Les verres de montre sont déposés dans un

dessiccateur sous hotte pendant 24 h. Après séchage et évaporation totale, 1ml d'eau distillée est additionnée pour solubiliser les oses, puis récupérer dans des eppendorfs de 1,5ml (Annexe05)(NIU *et al.*, 2011).

II.5.2. Analyse par HPLC

Principe

La chromatographie liquide à haute performance (HPLC) repose sur le principe de la séparation des composants d'un mélange en solution, en utilisant une colonne de chromatographie remplie de particules stationnaires hautement poreuses, comme la silice ou l'octadécylsilyl. Les composants se séparent en fonction de leur affinité relative pour la phase mobile et la phase stationnaire, ce qui entraîne des différences de temps de rétention et de distribution des composants dans la colonne (Anderson *et al.*, 2015). Le processus de séparation est réalisé par l'écoulement continu de la phase mobile à travers la colonne, qui entraîne les composants du mélange à travers la phase stationnaire. Les composants se séparent en fonction de leur affinité relative pour la phase mobile et la phase stationnaire, ce qui entraîne des différences de temps de rétention et de distribution des composants dans la colonne. Les composants émergent de la colonne à des instants différents et sont détectés par un détecteur approprié (Meyer, 2010). L'échantillon est dissous dans la phase mobile et injecté dans la colonne de chromatographie. La phase mobile peut être composée d'un solvant simple ou d'un mélange de solvants qui est spécifiquement choisi en fonction de la nature du composé à séparer. Des paramètres tels que le pH, la concentration en sel et la température peuvent également être ajustés pour optimiser la séparation (Meyer, 2010). Le détecteur utilisé pour l'HPLC peut être un détecteur UV, un détecteur à fluorescence ou un détecteur de masse, en fonction de la nature des composés recherchés et de la sensibilité nécessaire pour leur détection (Anderson *et al.*, 2015).

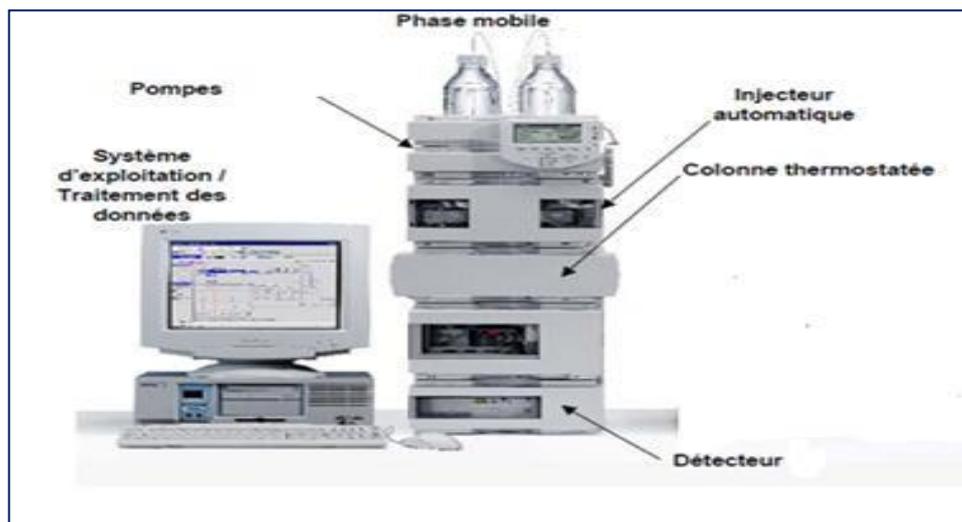


Figure 6-Les organes d'une chaîne HPLC 16 (Dgraeve et Berthou, 1986).

Matériels et réactifs

Eau ultra pure. acide acétique (Sigma-Aldrich). Acétonitrile (Honeywell). L-arabinose (Sigma-Aldrich, 13256). D-galactose (Sigma-Aldrich, G0750). D-glucose (Sigma-Aldrich, G8270). D-mannose (Sigma-Aldrich, M6020). L-rhamnose (Sigma-Aldrich, W373011). D-xylose (Sigma-Aldrich, X1500). L'hydrolysate (Téguments des gaines de *Plantago ciliata*, *Psyllium* du marché).

Mode opératoire

Les deux hydrolysats ont été analysés par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC). Pour cela, une colonne NH_2 (150 mm x 4,6 mm de diamètre interne x 5 μm) a été utilisée et maintenue à une température de 35°C. L'élution a été réalisée à un débit constant de 1 mL/min en utilisant une phase mobile constituée d'un mélange d'eau ultra pure (solvant A) et d'acétonitrile (solvant B) dans un ratio de 80:20 (v/v). La détection des composés a été effectuée à l'aide d'un détecteur réfractométrique.

Des standards des monosaccharides tels que l'arabinose, la galactose, le glucose, la mannose, le rhamnose et le xylose ont été dissous dans de l'eau ultra pure et utilisés pour l'identification des monosaccharides constitutifs présents dans les deux extraits. L'identification des pics dans l'analyse HPLC a été réalisée en comparant les temps de rétention des standards de référence avec ceux des pics observés dans les extraits.

Pour déterminer le pourcentage de chaque monosaccharide présent dans les extraits, la zone de chaque pic des composés de référence a été mesurée. Ensuite, le pourcentage de chaque monosaccharide présent dans les extraits a été calculé en utilisant la zone de chaque pic des composés de référence.

Appareillage

La constitution de l'appareillage d'un réservoir qui contient la phase mobile, un système de pompage, un injecteur, une colonne chromatographique (peut être thermostaté), un détecteur et un système d'acquisition des données (Dgraeve et Berthou, 1986).

Réservoir de phase mobile et le traitement du solvant

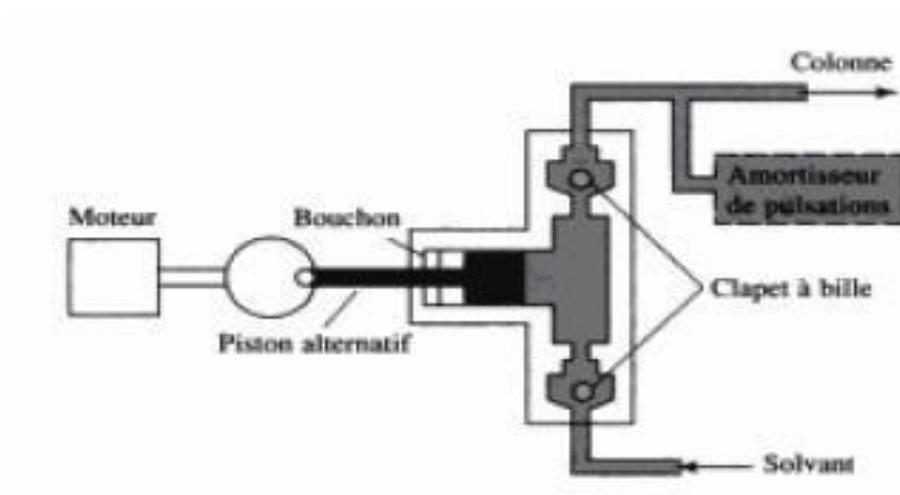
Ils comportent la phase mobile en quantité suffisante. Plusieurs manières d'éluant (solvant de polarité différentes) sont disponibles pour pouvoir réaliser de gradients de dilutions (mélange de plusieurs solvants à des concentrations variables) en se servant de la pompe qui réalise le mélange demandé (Dgraeve et Berthou, 1986).

➤ Les dispositifs de pompage

La partie du chromatographe permettant de prélever l'éluant c'est le système de pompage, et aussi de réguler le débit et de maintenir la pression de l'ensemble. Sur une chaîne HPLC classique, le système de pompage peut refouler jusqu'à atteindre une pression de 400 bars, en exécution, on générale la pression de travail est comprise entre 100 et 250 bars (Nicaise, 2013).

On utilise deux types de pompes mécaniques : une pompe alternative et une seringue commandée.

Figure 7- Préparation des étalons de glucose (RUIZ, 2005)



➤ Les dispositifs d'injection de l'échantillon

L'injection de l'échantillon se fait généralement par une seringue à travers un septum en élastomère ; par ailleurs, cette action n'est pas très rentable et reste limitée aux pressions inférieures à environ 100 bars. En injection à écoulement bloqué, on arrête temporairement le flux de solvant, on ouvre un ajustage au-dessus de la colonne et on y injecte directement l'échantillon à l'aide d'une seringue. Ces dispositifs font communément partie intégrante de l'appareillage de HPLC moderne qui possède des boucles interchangeables permettant de choisir des volumes d'échantillon compris entre 5 et 500 microlitres. (Skoog et al, 2006).

Il existe deux méthodes d'injection d'échantillon :

- ✓ **Manuelle** : L'injecteur dispose d'une vanne multiplex installée dans le chemin de la phase mobile, juste avant la colonne. L'échantillon à analyser est introduit avec une micro-seringue dans un petit volume tubulaire appelé anneau, l'échantillon est ainsi injecté dans le flux de phase mobile.
- ✓ **Automatique** : L'injection se fait automatiquement, à l'aide d'un injecteur avec une vanne de boucle d'injection à volume fixe qui permet l'introduction de l'échantillon sans modifier la pression à l'intérieur de la colonne (Thierry, B. 2001).

➤ Les colonnes

Le principal élément de la chaîne HPLC c'est les colonnes. Pour faire le choix d'une colonne HPLC est lié au paramètre suivant :

- ✓ Type de la phase stationnaire
- ✓ Longueur
- ✓ Débit de la phase mobile
- ✓ Diamètre des particules (dp)(Thierry, 2001).

En HPLC les colonnes sont habituellement en acier inoxydable, mais on peut utiliser parfois des tubes en verre à paroi épaisse dans le domaine des basses pressions. La longueur des colonnes est majoritairement de 10 à 30 cm et un diamètre intérieur de 4 à 10 mm, et il y a des tailles de 50 à 10 micromètre (Skoog et al, 2006).

En chromatographie liquide à haute performance de phase inversée, la phase mobile est légèrement polaire et la phase stationnaire est apolaire, la qualité du gel de silice de la phase stationnaire influence sur l'efficacité de remplissage. Les colonnes de type C18 peuvent être utilisées, qui est généralement utilisée pour les analyses des produits pharmaceutiques par HPLC.

La phase stationnaire apolaire, est constituée d'un gel de silice dans lequel on a greffé des fonctions chimiques le plus souvent de chaînes alkyles à 18 atomes de carbone hydrophobes.

Il existe deux types de phase stationnaire :

1) La phase stationnaire normale

La phase normale est formée de gel de silice. Ce matériau est très polaire. Donc il faut utiliser un éluant apolaire (Coursimault, A. 1998).

2) La phase stationnaire inversée

Généralement la phase inverse est constituée de silice greffée par des chaînes linaires de 8 ou 18 de carbones. Cette phase est apolaire et qui exige un éluant polaire comme l'acétonitrile, le méthanol et l'eau. Dans ce cas, en premier ce sont les constituants polaires qui seront élués. Contrairement à la phase normale, il y a pas d'évolution de la phase stationnaire au fil du temps, et donc la qualité de la séparation est maintenue constante (Coursimault, A. 1998).

➤ Les détecteurs

Le détecteur est attaché à la sortie de la colonne. En sortie de la colonne chromatographique le soluté est en solution très diluée dans une phase éluant dont la

nature et la composition varient selon l'analyse, donc un détecteur est très important parce qu'il permet de suivre la séparation et de mesurer la concentration des solutés. La sélection du détecteur se fait selon la caractéristique physique des composés à séparer et des conditions opératoires.

Il existe plusieurs modèles :

- ✓ Refractomètre
- ✓ Détecteur à barrette de diodes
- ✓ Détecteur UV-visible
- ✓ Détecteur à fluorescence (Jacob, 2010)

Matériels et réactifs

Eau ultra pure. acide acétique (Sigma-Aldrich). Acétonitrile (Honeywell). L-arabinose (Sigma-Aldrich, 13256). D-galactose (Sigma-Aldrich, G0750). D-glucose (Sigma-Aldrich, G8270). D-mannose (Sigma-Aldrich, M6020). L-rhamnose (Sigma-Aldrich, W373011). D-xylose (Sigma-Aldrich, X1500). L'hydrolysat .

Mode opératoire

Les deux hydrolysats des téguments des graines de *P.ciliata* ont été analysés par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC). Pour cela, une colonne NH₂ (150 mm x 4,6 mm de diamètre interne x 5 µm) a été utilisée et maintenue à une température de 35°C. L'élution a été réalisée à un débit constant de 1 mL/min en utilisant une phase mobile constituée d'un mélange d'eau ultra pure (solvant A) et d'acétonitrile (solvant B) dans un ratio de 80:20 (v/v), en mode isocratique. La détection des composés a été effectuée à l'aide d'un détecteur réfractométrique.

Des standards des monosaccharides tels que l'arabinose, la galactose, le glucose, la mannose, le rhamnose et le xylose ont été dissous dans de l'eau ultra pure et utilisés pour l'identification des monosaccharides constitutifs présents dans les deux extraits. L'identification des pics dans l'analyse HPLC a été réalisée en comparant les temps de rétention des standards de référence avec ceux des pics observés dans les extraits.

Pour déterminer le pourcentage de chaque monosaccharide présent dans les extraits, la zone de chaque pic des composés de référence a été mesurée. Ensuite, le pourcentage de chaque

monosaccharide présent dans les extraits a été calculé en utilisant la zone de chaque pic des composés de référence.

II.6. Diffraction des rayons X (DRX)

II.6.1. Principe

La méthode de caractérisation par diffraction X sur poudre permet d'obtenir des informations sur la structure cristalline des matériaux, telles que leur texture et leur degré de cristallinité. Elle repose sur l'interaction entre une onde électromagnétique, telle que les Rayons X, et le réseau périodique de la matière cristallisée. Cette technique est couramment utilisée pour la caractérisation des solides sous forme pulvérulente. En effet, le faisceau X incident est envoyé sur un ensemble de cristallites orientées aléatoirement, suffisamment nombreux pour que toutes les orientations soient représentées. Cette technique est particulièrement utile pour déterminer la structure cristalline de matériaux complexes tels que les polymères, les céramiques et les minéraux (**Sahli, 2015**).

II.6.2. Matériels et réactifs

Echantillons (poudre) à analyser. Instrument diffractomètre (Panalytical, modèle Empyrem).

II.6.3. Mode opératoire

Les mesures de diffraction des rayons X ont été effectuées sur un diffractomètre de type PanalyticalEmpyrem, utilisant une radiation de $\text{CuK}\alpha$ (longueur d'onde $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$) à une tension de 40 kV et un courant de 40 mA. Les échantillons ont été analysés en mode Bragg-Brentano HD avec une plage angulaire de 3° à 70° , avec des pas de $0,1^\circ$ et un temps de mesure de 60 secondes par pas. Les données ont été normalisées et tracées pour générer des diffractogrammes. L'indice de cristallinité (IC) des polysaccharides et de l'échantillon frais a été calculé à l'aide de l'équation 1 de Segal, Creely, **Martin et Conrad (1959)**. Cette méthode permet d'évaluer la quantité de matière cristalline présente dans les échantillons analysés.

Chapitre III :

RESULTATS ETDISCUSSION

Une étude comparative entre deux types de psyllium, de *Plantago ciliata* et ce de marché est entreteu dans ce chapitre.

III.1.-Caractérisation physicochimique et biochimique

Les résultats d'analyses physico-chimiques et biochimiques de psyllium issus de *Plantago ciliata* et ce de marché sont présentés dans le tableau 4.

Les résultats montrent que les téguments des graines de *Plantago ciliata* contient $1.95 \pm 0.16\%$ d'humidité. Cette teneur semble proche à celle du psyllium du marché, soit $1.93 \pm 0.03\%$. Guo et al. (2008) annoncent un taux d'humidité très élevé de $6.83 \pm 0.04\%$ dans le psyllium issus de *Plantago ovata*.

Le taux des cendres représente la quantité totale en sels minéraux présente dans un échantillon. Les teneurs en cendres se situent entre $4 \pm 0.11\%$ et $6.5 \pm 0.22\%$ pour le psyllium du marché et les téguments des graines de *Plantago ciliata*; respectivement. Nous constatons que les téguments des graines de *Plantago ciliata* sont les plus riches en éléments minéraux. Le pourcentage en cendres varie d'un échantillon végétal à un autre. Guo et al. (2008) rapporte 4.07 ± 0.02 de cendres dans les téguments des graines de *Plantago ovata*. Ce résultat est similaire a ce des téguments des gaines de *Plantago ciliata*, soit $4 \pm 0.11\%$. Aussi, le taux de cendres de *Plantago ciliata* est proche à celui signalé par Khan et al. (2021) soit, $3.83 \pm 0.02\%$. L'étude de BOUAL et al. (2015) sur les polysaccharides hydrosolubles des feuilles de *Plantago notatanote* $8.33 \pm 1.05\%$ de cendres. Cette valeur est nettement supérieure à ceux de *Plantago ciliata* et de psyllium du marché ($6.5 \pm 0.22\%$ et $4 \pm 0.11\%$).

Tableau 3Composition chimique et biochimique téguments des graines de *P.ciliata* et des téguments du marché

Matériel végétal étudié		
Composition	<i>Plantago ciliata</i>	Psyllium du marché
Humidités	$1.95 \pm 0.16\%$	$1.93 \pm 0.03\%$
Cendres	$6.5 \pm 0.22\%$	$4 \pm 0.11\%$
Protéines	$0.98 \pm 0.15\%$	$1.13 \pm 0.15\%$
Polyphénols	$2,52 \pm 0,29\%$	
Oses totaux	$88.37 \pm 1.28\%$	$79.17 \pm 1.10\%$
Oses neutres	$82.14 \pm 0.13\%$	$59.10 \pm 0.09\%$

Ose acides	6.12±0.82%	20±1.17%
Lipides	0.37±0.01%	0.24±0.13%
Éléments minéraux (PPM) :		
Ca	3168	1953
Na	1805	1469
K	4379	3572
Mg	477.7	414.4
Fe	0.2731	0.559

Au vu des résultats, il apparaît une différence de concentrations en éléments minéraux selon les espèces végétales. Les teneurs en calcium, sodium, potassium, magnésium des téguments des graines de *Plantago ciliata* sont de 3168PPM, 1805PPM, 4379PPM et 477.7PPM, respectivement. Elles sont supérieures à celle du psyllium du marché soit 1953PPM, 1469PPM, 3572PPM et 414.4PPM. Tandis que la teneur en fer de psyllium de *Plantago ciliata*, soit 0.2731 est inférieure à celle du psyllium du marché, soit 0.559PPM. D'autre part, le taux de calcium, magnésium et sodium trouvé par Guo et al. (2008) dans le psyllium de *Plantago ovata* soit 1500PPM, 150PPM et 640PPM, semble inférieur à celui de *Plantago ciliata* et du psyllium du marché. De même, les teneurs en calcium, magnésium et sodium des téguments des graines de *Plantago ciliata* et du psyllium du marché, sont élevées à celle du psyllium de *Plantago ovata* soit 1500PPM, 150PPM et 640PPM rapportées par Khan et al. (2021). La fluctuation en éléments minéraux entre les différents espèces végétaux, pourraient être probablement dues à la nutrition des plantes, au climat et aux états de sol.

Les oses totaux, composant majeur de psyllium, représentent 88.37±1.28% de téguments des graines de *Plantago ciliata* et 79.17±1.10% de psyllium du marché. Une différence appréciable des taux d'acides uroniques entre les deux types de psyllium. Les téguments des graines de *Plantago ciliata* sont constitués de 6.12±0.82% d'acides uronique tandis que le psyllium du marché est constitué de 20±1.17% d'acides uroniques. Il apparaît que le psyllium du marché contient des traces de pectines.

GUO et al. (2008) signalent 84.98% d'oses totaux dans le psyllium de *Plantago ovata*, supérieur à celle de psyllium du marché et inférieure à celle de *Plantago ciliata*. Boual et al. (2014) a signalé 77.03±3.13% d'oses totaux dans les graines de *Plantago notata*. D'autre part,

Addoun et al. (2019) notent un taux d'oses neutres de $63.3\pm 3.17\%$ dans un extrait des polysaccharides à partir de graines de *Plantago ciliata* Desf. Ces teneurs semblent faibles par rapport à ceux des téguments des graines de *Plantago ciliata* et de psyllium du marché. Dans les graines de *Plantago ovata*, le taux d'oses totaux est de 90.8% , est supérieur à ceux de *Plantago ciliata* et de psyllium du marché (Saghir et al., 2008). La teneur d'oses totaux du psyllium des graines *Plantago ovata*, est de 87.74% . Elle est proche de la teneur d'ose totaux de *Plantago ciliata* (Frahny et al., 2010). En revanche ZHAO et al., (2014) notent la teneur d'oses totaux de PDSP-1, PDSP-2, PDSP-3 et PDSP-4 de $90,7\%$, 89.1% , 93.1% , et 91.9% , respectivement dans un extrait aqueux de quatre fractions polysaccharidique issus des graines de *Plantago depressa*. Ces teneurs sont supérieures à ceux de *Plantago ciliata* et de psyllium du marché.

La teneur en protéines des téguments des graines *Plantago ciliata* est de $0.98\pm 0.15\%$, cette valeur est proche à celle noté par Guo et al. (2008) dans le psyllium de *Plantago ovata* soit $0.94\pm 0.00\%$. En revanche, la teneur en protéines des téguments des graines de *Plantago ciliata* est de $0.98\pm 0.15\%$, inférieure de celle de psyllium de marché soit $1.13\pm 0.15\%$ et de celles signalés par Yin et al. (2012) et Huet et al. (2013) chez *Plantago asiatica* L soit 1.45% et 1.24% , respectivement. Alors que Craeyveld et al. (2009) signalent des teneurs très élevés soit 7.1% de protéines totales dans les graines de *Plantago ovata* ($0.98\pm 0.15\%$). BOUAL et al. (2014) notent un taux de $12.49\pm 1.61\%$ de protéines dans les feuilles de *Plantago notata*. Ces valeurs sont nettement supérieures à ceux de *Plantago ciliata* et de psyllium du marché ($0.98\pm 0.15\%$ et $1.13\pm 0.15\%$). De même Khan et al. (2021) ont rapporté $2.08\pm 0.06\%$ des protéines dans le psyllium des graines de *Plantago ovata*. Ce pourcentage est supérieur à ceux de *Plantago ciliata* et de psyllium du marché.

Les fractions de lipides obtenues à partir des deux types de psyllium sont relativement faible et proches les unes des autres, avec un intervalle étroit. Les téguments des graines *Plantago ciliata* contiennent $0.37\pm 0.01\%$ de lipides, et le psyllium du marché ne renferme que $0.24\pm 0.13\%$. GUO et al. (2008) et Khan et al. (2021) signalent des taux très faibles de l'ordre de traces dans le psyllium de *Plantago ovata*. BOUAL (2014) remarque un taux de $1.80\pm 0.04\%$ de lipides dans les graines de *Plantago notata*.

La teneur en polyphénols totaux $2.52 \pm 0.29\mu\text{g/ml}$ dans les téguments des graines de *P.ciliata*. Addoun (2021) note la présence des traces de polyphénol $<0.5\%$ dans l'extrait brut

de polysaccharide des grains de *P.ciliata*. De même Benoun (2017) signale une faible teneur en polyphénols 0.65% pour l'extrait brut des polysaccharides hydrosoluble de *P.notata*. D'autre part Lukova et al. (2020) signalent des teneurs de 0.34 ± 0.03 % de polyphénols dans les polysaccharides des feuilles de *Plantago major L*. Ces résultats semblent proche de ceux trouvés dans les téguments des graines de *Plantago ciliata*.

III.2. Caractérisation par HPLC des polysaccharides

La détermination de la composition en oses constitutifs des téguments de graines de *P.ciliata* et du psyllium du marché, après hydrolyse acide, est réalisée par HPLC en référence à une courbe d'étalonnage. Le profil HPLC de l'hydrolysate de téguments des graines de *P.ciliata* révèle la présence de deux pics, le premier est noté à $Tr = 6.277$ min et le deuxième à $Tr = 6.778$ min. Le profil HPLC de l'hydrolysate du psyllium du marché montre la présence de deux pics, avec des temps de rétention $Tr = 6.270$ min et $Tr = 6.792$ min. En comparant avec les courbes étalons, les 2 pics notés dans les chromatogrammes de téguments des graines de *P.ciliata* et ce du marché semblent correspondre à l'arabinose et au xylose (**Figure 15, 16 et 17**). Le **Tableau 09** illustre la composition en monosaccharides constitutifs des téguments des graines de *P.ciliata* et du psyllium du marché.

Il est noté dans le tégument des graines de *P.ciliata*, des proportions de 38.697% d'arabinose et 61.303% de xylose, avec un rapport arabinose / xylose de 0.63. Alors que, dans le psyllium du marché est noté 37.641% d'arabinose et 62.359% de xylose, avec un rapport arabinose / xylose de 0.60.

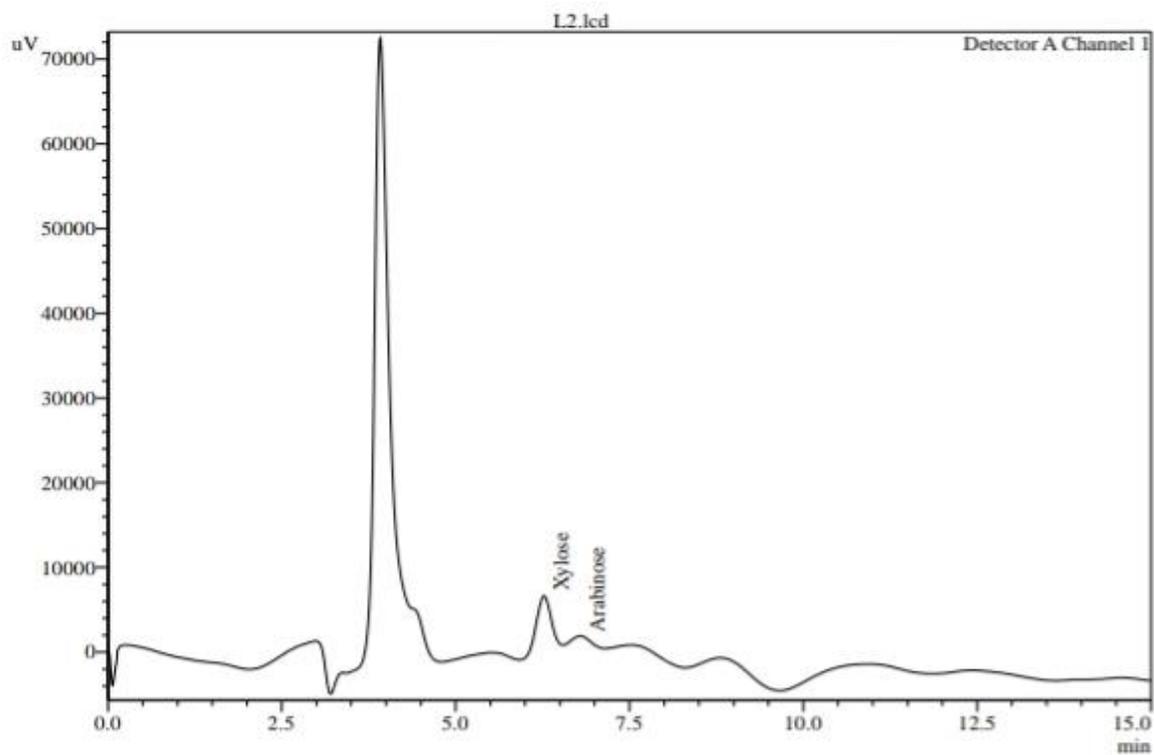
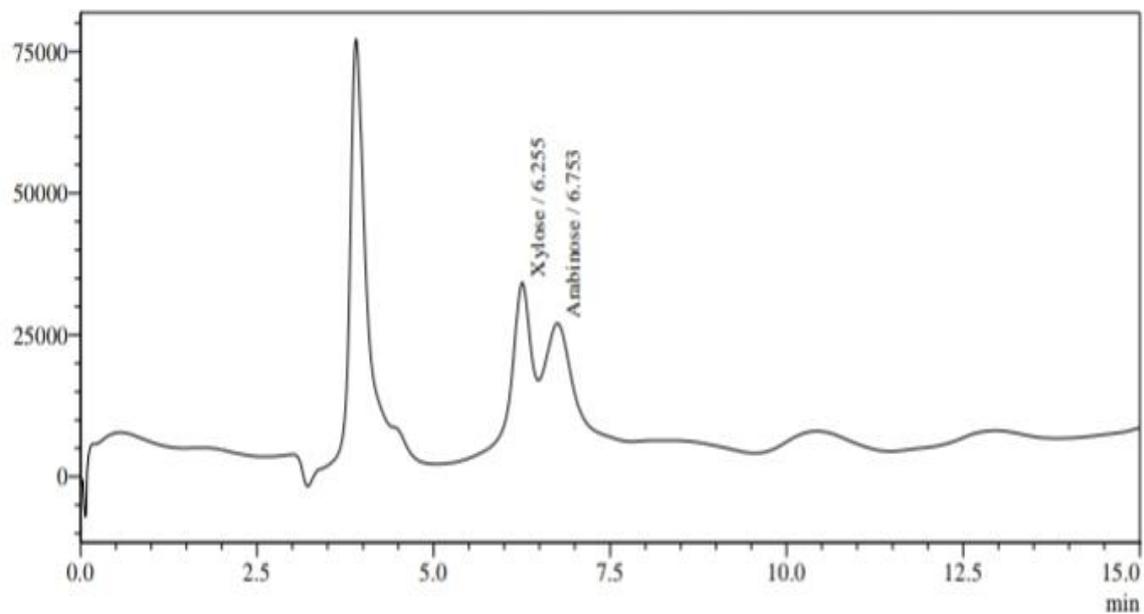


Figure 8 Chromatogramme des standards (Arabinose et Xylose)

Figure 9 -.Chromatogramme des téguments des graines de *P.ciliata*

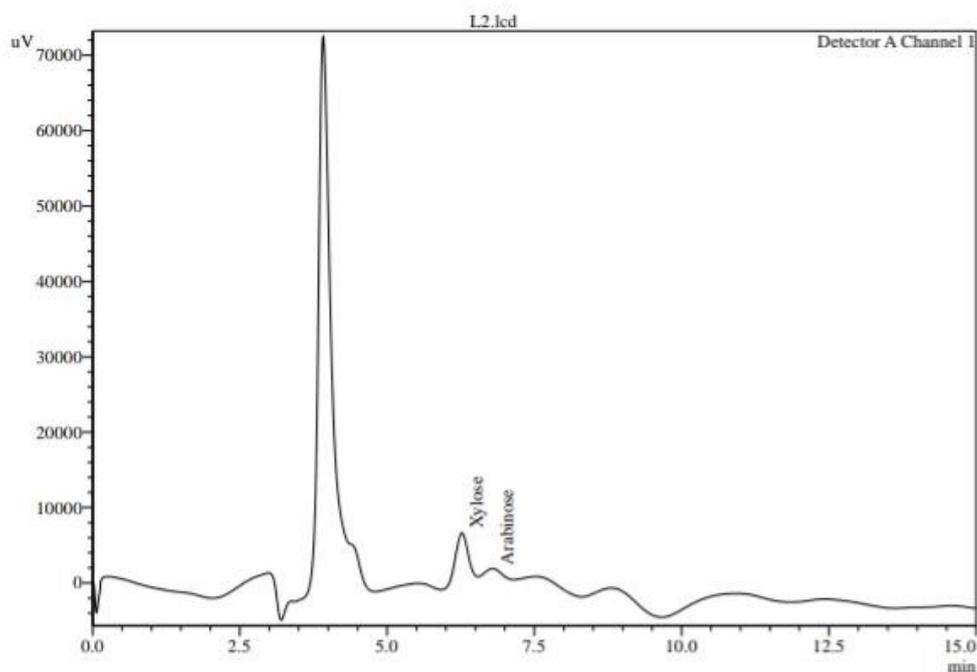


Figure 10 -.chromatogramme de psyllium du marché

Tableau 4Composition en monosaccharides constitutifs des téguments

	Xylose	Arabinose	Rapport (A/X)
Téguments des graines de <i>P.ciliata</i>	61.303%	38.697%	0.63
Psyllium du marché	62.359%	37.641%	0.60

Boual (2014) signale que les polysaccharides hydrosolubles issus des graines de *Plantago notata* est composé de L-arabinose, D-galactopyranose, D-glucopyranose, A. D-galacturonique, A.D-glucoronque, L-rhamnopyranose, D-xylofuranose. Le rapport arabinose/xylose est de 0.26, ce rapport est faible par rapport à ce de téguments des graines de *P. ciliata* et du psyllium du marché, soit de 0.62 et 0.60, respectivement. De même l'analyse de la composition des polysaccharides des graines de *P. asiatica* par CPG, a montré que le rapport Arabinose/Xylose est de 0.39%, ce rapport faible à ce des téguments des

graines de *P.ciliata* et du psyllium du marché (HU *et al.*, 2013c).Guo *et al.* (2008) ont montré un rapport Ara/Xyl plus faible, de 0.38.

Donc, il est remarqué que le rapport Ara/Xyl dans les téguments des graines de *P. ciliata* est spécifique et jamais noté dans les autres types de psyllium.

III.6.Diffraction des rayons X

L'analyse par DRX permet de détecter les éléments métalliques traces que contiennent les matrices alimentaires. Dans cette étude nous avons effectué des analyses par méthode DRX, sur les téguments des graines de *P.ciliata* et sur le psyllium du marché.

Les **Figures 18** et **19** représentent les résultats de l'analyse DRX

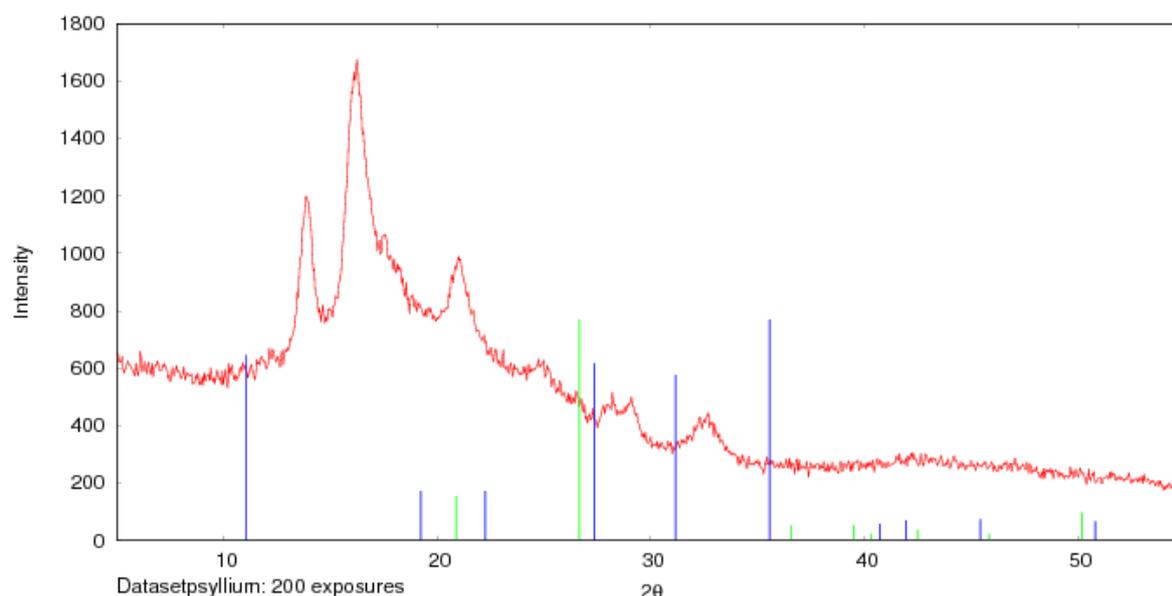


Figure 11 -Diffractogramme DRX téguments des graines de *P.ciliata*

Figure 12 Diffractogramme DRX du psyllium du marché

L'identification des pics, qui semble être les plus intéressants, ces pics sont amorphe qui on permet la détermination de la présence des hydrates du carbone dans les deux échantillons (téguments des graines de *p.ciliata*, Psyllium du marché)

Conclusion

A l'issue de ces investigations, cette étude comparative entre les téguments des graines *Plantago ciliata* et le psyllium du marché a montré une nouvelle source de Psyllium, isolé des graines de *Plantago ciliata* Desf. (Plantaginaceae), plante spontanée a caractère médicinale, récolté dans la région de Ghardaïa, Sahara septentrional Est Algérien. L'étude de la composition à montré des taux d'humidités, de cendres, des éléments minéraux, des oses totaux, des protéines, des lipides, des polyphénols, très comparable à celles de psyllium du marché.

La caractérisation des oses constitutifs des téguments par HPLC a permis d'identifier la présence d'Arabinose et de Xylose, avec un rapport arabinose/xylose de 0.63% et pour ce du marché 0.60%.

Finalement, ces travaux ont donc conduit à déterminer la composition physicochimique d'un nouveau psyllium issu des graines de *Plantago ciliata*. Une grande similitude est remarquée avec le psyllium du marché.

Perspective

A fin de déterminer la composition en oses constitutif et la caractérisation structurelle des téguments, il faut utiliser des méthodes avancées tel que la chromatographie en phase gazeuse (CPG), couplée à la spectrométrie de masse (SM) et la résonance magnétique nucléaire (RMN).

1. Addoun N,(2021) Caractérisation, comportement rhéologique et activités biologiques de polysaccharide hydrosoluble issu des graines de *Plantago ciliata* Desf. récoltées dans la région de Ghardaïa (Sahara Septentrional Est Algérien), Thèse de doctorat, Biochimie, Université Kasdi Merbah-Ouargla p :2-118
2. Addoun, N., Boual, Z., Delattre, C., Ursu, A., Desbières, J., Le Cerf, D., Gardarin, C ., Hentati, F., Ould El-Hadj, M., Michaud, P., Pierre, G. (2019). Caracteristeques structurales et comportement rheologique d'un polysaccharide soluble dans l'eau extrait des graines de *Plantago ciliata* Desf. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.11.106
3. Addoun,N.,Boual,Z.,Delattre,C.,Ursu,AV,Desbrières,J.,LeCerf,D.,...Pierre,G.(2019). Caractéristiques structurales et comportement rhéologique d'un polysaccharide soluble dans l'eau extrait des graines de *Plantago ciliata* Desf. Journal international de biologie Macromolécules. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.11.106
4. AFNOR.(1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits.Ed. AFNOR.
5. Anderson, T.A., Malaviya, P. & Osma, E. (2015). Using Conventional HPLC to Study the Interaction of Pharmaceuticals and Personal Care Products (Ppcps) with Plants. *Pharm Anal Acta*, 6: 414. doi:10.4172/21532435.1000414
6. AOAC.(2000). Official Methods of Analysis International. 17ème Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
7. Audigie C., FIGARELLA J. et ZONZAIN F., 1984.- Manipulations d'analyse biochimique. Ed. doin, Paris: 3-4.
8. AUDIGIE,C.,DUPONT,G.,ZONZAIN,F., (1983). Principes des méthodes d'analyse biochimique, 2ème Edition. Doin éditeurs, Paris.33p
9. Baljit S ., 2007- Le psyllium en tant qu'agent thérapeutique et d'administration de médicaments
10. BANGOOD, S.(1984). Chemical composition of major date cultivars grown in the United Arab Emirates, *Date palm journal*, vol. 3: 381-394
11. Benaoun, F. (2017) Caractérisation Structurale et Potentiel Biologique des Polysaccharides issus de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae) et *Urginea nociflora* Batt. et Trab. (Liliaceae). These de doctorat, Université Kasdi merbah d'Ouargla

12. Benaoun, F. (2017). Caractérisation Structurale et Potentiel Biologique des Polysaccharides issus de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae) et *Urginea noctiflora* Batt. et Trab. (Liliaceae). Thèse de doctorat, Nutrition et Sciences des Aliments, Université Kasdi Merbah-Ouargla, Université Clermont Auvergne, 26-158P.
13. Benbrahim, F., Kemassi, A., Sadine, SE. (2019). Importance de la jachere sur la réhabilitation des parcours en zones aride du Centre Algerie.
14. Benbrahim, F., Kemassi, A., Sadine, SE. (2019). Importance de la jachere sur la réhabilitation des parcours en zones aride du Centre Algerie.
15. Benbrahim, F., Kemassi, A., Sadine, SE. (2019). Importance de la jachere sur la réhabilitation des parcours en zones aride du Centre Algerie.
16. Benkenzou, D., Chegma, S., Merachi, F., Zidane, B. (2007). Monographie de la wilaya de Ghardaïa, Direction de l'Aménagement et Aménagement du Territoire (DPAT)
17. Benkenzou, D., Chegma, S., Merachi, F., Zidane, B. (2007). Monographie de la wilaya de Ghardaïa, Direction de l'Aménagement et Aménagement du Territoire (DPAT).
18. BLUMENKRANTZ, N., ASBOE-HANSEN, G. (1973). New Method for Quantitative Determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*, Vol. 54: 484-489
19. BOUAL Z., 2014.- Caractérisation physico-chimique des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal récoltées dans la région de Ghardaïa (Sahara Septentrional Est algérien): *Activité biologique*. Thèse de Doctorat De l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, Algérie
20. Boual, Z. (2014). Caractérisation physico-chimique des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal récoltées dans la région de Ghardaïa (Sahara Septentrional Est algérien): *Activité biologique*. Thèse de doctorat, Biochimie, Université Kasdi-Merbah de Ouargla, Algérie, 159P
21. Boual, Z. (2014). Caractérisation physico-chimique des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal récoltées dans la région de Ghardaïa (Sahara Septentrional Est algérien): *Activité biologique*. Thèse de doctorat, Biochimie, Université Kasdi-Merbah de Ouargla, Algérie, 159P

22. Boual, Z., Chouana, T., Kemassi, A., Papa Bhoun, M. (2015). Etude physicochimique et biologique des polysaccharides hydrosolubles de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae)
23. Bradford, MM. (1976). Une méthode rapide et sensible pour la quantification du microgramme et quantités de protéines utilisant le principe de la liaison protéine-colorant. *Biochimie analytique*, 72(1-2), 248–254. doi:10.1016/0003-2697(76)90527-3
24. BRUDIEUX, V. (2007). Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique de nouvelles structures peptiques. Application de la relation structure/activité à la dermatocosmétique. Thèse de Doctorat de l'Université de Limoges, France: 193p
25. Capuano, E. (2017). The behavior of dietary fiber in the the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 57(16):3543-64.
26. Chiang, LC., Chiang, W., Chang, MY., Lin, CC. (2003). In Vitro Cytotoxic, Antiviral and Effets immunomodulateurs de *Plantago major* et *Plantago asiatica* 31225-234. <https://doi.org/10.1142/S0192415X03000874>
27. Chouana, T. (2017). Caractérisation structurale et activité biologique des polysaccharides d'*Astragalus gombo bunge*. Thèse de doctorat, Université Kasdi merbah d'Ouargla
28. Chris Iliades. (2021). Eveloppe de psyllium pour diabte : qui en a besoin
29. Coursimault, A. (1998). *Stp pharma pharma pratique*, 2^{eme} édition, P478-488.
30. CRAEYVELDVV., DELCOURJA., CHRISTOPHEM.C., 2009.-Extractability and chemical and enzymic degradation of psyllium (*Plantago ovate* Forsk) seed husk arabinoxylans. *Food Chemistry*, vol. 112: 812-819.
31. DELATTRE, C. (2005). Stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par dégradation enzymatique de glucuronanes. Thèse doctorat de l'université de Picardie Jules Verne, Amiens: 52-83p.
32. Devesh, T., Yogesh Chandara, T., Nishat, A. (2014). PHYTOCHIMIE ET PHARMACOLOGIE DE *PLANTAGO OVATA* : UNE SOURCE NATURELE DE MEDECINE LAXATIVE
33. Devesh, T., Yogesh Chandara, T., Nishat, A. (2014). PHYTOCHIMIE ET PHARMACOLOGIE DE *PLANTAGO OVATA* : UNE SOURCE NATURELE DE MEDECINE LAXATIVE

34. Devesh, T., Yogesh Chandara, T., Nishat, A. (2014). PHYTOCHIMIE ET PHARMACOLOGIE DE PLANTAGO OVATA : UNE SOURCE NATURELE DE MEDECINE LAXATIVE.
35. Dgraeve, J., Berthou, F. (1986). Methodes chromatographique, deuxième édition, p392
36. Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT. (2012). Dietary fibre in foods: a review. J Food SciTechnol.49(3):255-66
37. Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., Patil, RT. (2012). Dietary fibre in foods: a review. J Food SciTechnol. 49(3):255-66
38. Djeridane, A. (2008).Evaluation du pouvoir antioxydant et de l'inhibition d'enzymes (la Carboxylestérase et l'Acylase) par des extraits phénoliques de dix-neuf plantes médicinales locales.Thèse de Doctorat, Ecole Normale Supérieure De Kouba-Alger, Kouba-Alger, Algeria.
39. DJERIDANE, A.(2008). Evaluation du pouvoir antioxydant et de l'inhibition d'enzymes (la Carboxylestérase et l'Acylase) par des extraits phénoliques de dix-neuf plantes Algérie:19-92p.médicinales locales. Thèse de Doctorat de L'Ecole Normale Supérieure De Kouba-Alger.
40. Dr Thierry, Briere. (2001). Professeur agrégé - Département de chimie, Université de La Réunion, p46
41. Dubois. M., Gilles K. K., Hamilton J. K., Pebers P. A., et Smith. F., 1956. Clorimetric methode for determination of sugar and relayed substances. Analytical Chemistry.
42. Edwards, Sarah E., Costa Rocha, Ines da., Williamson, Elizabeth., Heinrich, Michael. (2015). Souvenez-vous du psyllium. Phytopharmacie: un guide factuel des medecaments a base de plantes, Première édition
43. Eswaran S, Muir J, Chey WD. Fiber and Functional Gastrointestinal Disorders. The American Journal of Gastroenterology. mai 2013;108(5):718-27
44. Eswaran, S., Muir, J., Chey, WD. (2013). Fiber and Functional Gastrointestinal Disorders. The American Journal of Gastroenterology : 108(5):718-27.
45. FARAHNAKYA., ASKARIH., MAJZOOBIM., MESBAHIG., 2010. -The impact of concentration, temperature and pH on dynamic rheology of psyllium gels. Journal of Food Engineering, vol.100: 294–301

46. Filisetti-Cozzi, T.M.C.C., Carpita, N.C. (1991). Measurement of uronic acids without interference from neutral sugars. *Analytical Biochemistry*, 197, 157-162
47. Fujita, T., Sezik, E., Tabata, M., Yesilada, E., Honda, G., Takeda, Y., Tanaka, T. Takaishi, Y. (1995).
La médecine traditionnelle en Turquie VII. Médecine populaire dans les régions du centre et de l'ouest de la mer Noire, *Écon. Bot.* 49:406-422. <https://doi.org/10.1007/bf02863092>
48. Gazer, M.H., Shalabi, L.F. (2016). Le rôle de la morphologie du pollen dans l'identification et classification de *Plantago* (Plantaginaceae). *La Société égyptienne d'expérimentation Biologie*, 10(2), 125-132, 10.5455/egyebb.20160628055424
49. Gazer, M.H., Shalabi, L.F. (2016). Le rôle de la morphologie du pollen dans l'identification et classification de *Plantago* (Plantaginaceae). *La Société égyptienne d'expérimentation Biologie*, 10(2), 125-132, 10.5455/egyebb.20160628055424
50. Gazer, M.H., Shalabi, L.F. (2016). Le rôle de la morphologie du pollen dans l'identification et classification de *Plantago* (Plantaginaceae). *La Société égyptienne d'expérimentation Biologie*, 10(2), 125-132, 10.5455/egyebb.20160628055424
51. Ghilissi, Z., Kallel, R., Krichen, F., Hakim, A., Zeghal, K., Boudawara, T., ... Sahnoun, Z. (2019). Polysaccharide de graines de *Pimpinella anisum*: Caractérisation structurale, anticicatrisation des plaies inflammatoires et des brûlures au laser chez la souris. *Journal international de biologie Macromolécules*. doi:10.1016/j.ijbiomac.
52. Gidenne, T. (2015). Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*
53. Gilani, A.H., Rahman, A. (2005). Tendances en ethnopharmacologie. *J Ethnopharmacol.* ;100:43-49
54. Gitanjali, D., Sanjay, K., Pratiksha, D., Harshada, K. (2016). Aventure pharmaceutiques de *Plantago ovata* (graine d'Isabgol): un examen
55. Gonçalves, S., Romano, A. (2016). Le potentiel médicinal des plantes du genre *Plantago* (Plantaginacées), dans culture. P213-226.
56. GUO Q., STEVE W. C., WANG Q., CHRISTOPHER Y. J. (2008). Fractionation and physicochemical characterization of psyllium gum. *Carbohydrate Polymers*, vol. 73: 35-43

57. Hamaker, BR., Tuncil, YE. (2014). A perspective on the Complexity of Dietary Fiber Structures and Their Potential Effect on the Gut Microbiota. *Journal of Molecular Biology*: 426(23):3838-50.
58. Hamaker, BR., Tuncil, YE. (2014). A perspective on the Complexity of Dietary Fiber Structures and Their Potential Effect on the Gut Microbiota. *Journal of Molecular Biology*.426(23):3838-50
59. HAMZA,A.,ZOUARI,N., ZOUARI,S., JDIR, H., ZAIDI,S., GTARI,M.,NEFFATI, M. (2013).Nutraceutical potential, antioxidant and antibacterial activities of *Terfeziaboudieri* Chatin, a wild edible desert truffle from Tunisia arid zone. *Arabian Journal of Chemistry*, vol.1878-5352.
60. Holetz, FB.,Pessini, GP.,Sanches, NR.,GarciaCortez, DA.,Nakamura,CV., DiasFilho,BP. (2002). Dépistage de certaines plantes utilisées dans la médecine populaire brésilienne pour le traitement de infectieux maladies, mém.Inst.Oswaldo.Croix.971027-1031 <https://doi.org/10.1590/s0074-02762002000700017>
61. Houari, E.K.D., Chehma, A., & Labadi, S. (2013). Stratégies d'adaptation anatomique de quelques *Amarantaceae* vivaces spontanées du Sud-Est Algérien. *Bioressources*,3(1),15-21.
62. Houari, E.K.D., Chehma, A., & Labadi, S. (2013). Stratégies d'adaptation anatomique de quelques *Amarantaceae* vivaces spontanées du Sud-Est Algérien. *Bioressources*,3(1),15-21.
63. HU J. L., Nie SH. P., Min F. F., et Xie M. Y. (2013c). Artificial simulated saliva, gastric and intestinal digestion of polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. *Carbohydrate Polymers*.
64. Hu,J.-L.,Nie,S.-P.,Li,C.,&Xie,M.-Y.(2013a).Fermentation in vitro de polysaccharide à partir des graines de *Plantago asiatica* L. par le microbiote fécal humain. *Hydrocolloïdes alimentaires*,33(2), 384–392. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.04.006
65. Hussan, F.,Mansor, AS.,Hassan, SN.,NTTengkuNorEffendyKamaruddin, Tg.,Budim, S.B.Othman,F. (2015). La propriété anti-inflammatoire de l'extrait de feuille de *Plantago* major réduit la réaction inflammatoire dans les lésions hépatiques expérimentales induites par l'acétaminophène, basée sur Evid.1–7. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/347861>.

66. Jacob, (2010). Avantages de la chromatographie liquide a haute performance ainsi que des composée de masses molaires élevées, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou
67. Lebas, G. (2012). Etude du relevé carboné et azoté de *Miscanthus giganteus*. Ces de doctorat, Université de Picardie Jules Verne, 218p
68. Lentle, RG., Janssen, PWM. (2008). Physical characteristics of digesta and their influence on flow and mixing in the mammalian intestine: a review. *J Comp Physiol B*. 178(6):673-90.
69. Lewalle, J. (1978). Les plantains du sous-genre *Psyllium subgeneris*. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 2, 69-74
70. Lewalle, J. (1978). Les plantains du sous-genre *Psyllium subgeneris*. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 2, 69-74
71. Malik Hassan, M., Nauman, A., Anwar-al Hassan, G. (2010). Base pharmacologique de l'usage médical de l'enveloppe de psyllium (*Ispaghula*) dans Constipation et diarrhée . DOI: DOI:10.1007/s1062001014660·Source:PubMed
72. Mehta N, Madaan RL and Thakur DP (1985) Record of Isabgol wilt from Haryana. *Haryana Agricultural University Journal of Research* 15: 473–474
73. Meyer, V. R. (2010). *Practical High-Performance Liquid Chromatography*. 1st German edition . DOI:10.1002/9780470688427
74. Milani, JM, Emam-Djomeh, Z., Rezaee, K., Safari, M., Gunbarzadeh, B., & Gunasekaran, S. (2007). Extraction et propriétés physico-chimiques de la gomme Barijeh (*Ferula galbaniflua*) . *Journal international d'agriculture et de biologie*, 9(1), 80-83
75. Monsigny, M., Petit, C., Roche, A. (1988). Détermination colorimétrique d'une neutre sucrée par un microméthode de résorcinol-acide sulfurique. *Biochimie analytique*, 175(2), 525–530. doi:10.1016/0003-2697(88)90578-7
76. Motamedi, H., Darabpour, E., Gholipour, M., Seyyed Nejad, SM. (2010). Effet antibactérien de extraits éthanoliques et méthanoliques de *Plantago ovata* et *Olivaria decumbens* endémiques en Iran contre certaines bactéries pathogènes, *Int J. Pharmacol.* 61:117-122
<http://doi.org/10.3923/ijp.2010.117.122>
77. Mudgil, D., Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible

- carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*
78. Najafian, Y., Hamed, S.H., Farshchi, M.K., Feyzabadi, Z. (2018).
Médecine persane et phytothérapie moderne: une revue narrative, *Electron. Médecine*.
6390–6399. <http://doi.org/10.19082/6390>.
79. Nicaise F, B. (2013). Stratégie analytique des tradimédicaments : établissement de profil chromatographiques des métabolites photochimiques apolaire, 175p
80. NIU Y et al., 2011.- Structural analysis and bioactivity of a polysaccharide from the roots of *Astragalus membranaceus* (Fisch) Bge. var. *mongolicus* (Bge.) Hsiao. *Food Chemistry*, vol. 128:620-626.
81. NIU, Y., WANG, H., XIE, Z., WENT, M., GAO, X., ZHANG, X., ZOU, S., YAO, W., YU, L. (2011). Structural analysis and bioactivity of a polysaccharide from the roots of *Astragalus membranaceus* (Fisch) Bge. Var. *mongolicus* (Bge.) Hsiao. *Food Chemistry*, vol. 128:620–626.
82. Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 409 p.
83. Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, 15, quai Anatole-France, Paris:360-361
84. Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 409 p.
85. Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, 15, quai Anatole-France, Paris:360-361
86. PALAZZOLO, E., GARGANO, M. L., VENTURELLA, G., (2012). The nutritional composition of selected wild edible mushrooms from Sicily (southern Italy). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 63: 79–83
87. Par Sarah Lewis, RD. (2020). revu médicalement par Tinsley, Ph.D., CSCS,*D, CISSN, Nutrition .
88. Patel, M.K., Tanna, B., Mishra, A., & Jha, B. (2018). Caractérisation physico-chimique, activités antioxydantes et anti-prolifératives d'un polysaccharide extrait du psyllium (*P. ovata*) feuilles. *Journal international des macromolécules biologiques*, 118, 976–987. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.06.139

89. PERE J, P. (1999). Techniques spectroscopiques en biochimie analytique. Centre Régionale de Documentation Pédagogique d'Aquitaine, 46p
90. Professeur Jean-Luis, Cup. (2001). Cours chromatographie liquide, Université Montpellier, p4.
91. Qaiser, Zeeshan., Fu, Jane., Pet. (2022). Le psyllium . sponsorisé par Parina Pharma Pvt. Ltd . doi : 10.13140/RG.2.2.24795.85256.
92. Qaisrani, T., Mansoor, M., Mahmood Qaisrani, T., Rehmani, MIA. (2016). Arabinoxylans from psyllium husk: A review. Journal of Environmental and Agricultural Sciences 2313-8629.
93. Quézel, P. (1983). Flore et végétation actuelles de l'Afrique du nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'involution et des migrations des flores et structures de végétation passées. *Bothalia*, 14, 3&4, 411-416.
94. Quézel, P. (1983). Flore et végétation actuelles de l'Afrique du nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'involution et des migrations des flores et structures de végétation passées. *Bothalia*, 14, 3&4, 411-416.
95. Quézel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, 1170p
96. Quézel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, 1170p
97. QUEZEL, P., et SANTA, S., 1962-1963- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS Paris. Vol. 1 et 2, 864 p
98. Rehana, K., Tita, O., Maria-Mihaela, A., Camélia, D. (2015). APPLICATION INDUSTRIELLE DE PSYLLIUM : UN APERÇU. doi: 10.1515/aucts-2015-002
99. Rehana, K., Tita, O., Maria-Mihaela, A., Camélia, D. (2015). APPLICATION INDUSTRIELLE DE PSYLLIUM : UN APERÇU. doi: 10.1515/aucts-2015-002
100. Rønsted, N., Chase, MW., Albach, DC., Bello, MA. (2002). Relations phylogénétiques au sein de *Plantago* (Plantaginaceae): preuve de l'ITS ribosomique nucléaire et de la séquence de l'ADN chloroplastique. *Bot. J. Linn. Soc.* 153: 323-338. <https://doi.org/10.1046/j.1095.2002.00070.x>
101. Ruiz, G. (2005). Extraction, détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algues rouges. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 256p

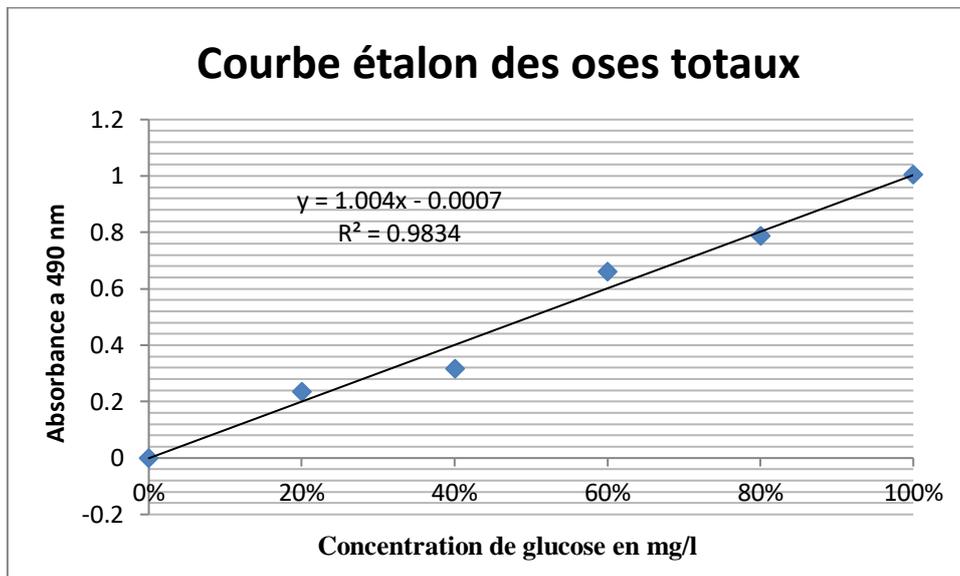
102. Sadine, SE., Bissat, i S., et Lourenço, WR. (2016). Le première véritable espèce désertique de *Buthus* Leach, 1815 d'Algérie (Scorpions, Buthidae); écologie et biogéographie, 339(1): 44-49. biogeographic considerations. *Comptes Rendus Biologies*, 339(1): 44-49.
103. Sadine, SE., Bissat, i S., et Lourenço, WR. (2016). Le première véritable espèce désertique de *Buthus* Leach, 1815 d'Algérie (Scorpions, Buthidae); écologie et biogéographie considerations. *Comptes Rendus Biologies*, 339(1): 44-49.
104. SAGHIRS., IQBALMS., HUSSAINMA., KOSCHELLAA., HEINZET. (2008). Structure characterization and carboxymethylation of farabinoxylan isolated from *Plantago ovata* seed husk. *Carbohydrate Polymers*, vol. 74: 309-31
105. Salah El Din El Souda, Sahar., Sayad Mohamed, Reda., Mohamed Marzouk, Mona., Aly Fahmy, Maha., Mohamed Hassan, Zeineb., Ali Farghaly, Aymen (2014). Antimutagenicity and phytoconstituants of *Plantago albican* égyptien L.
106. Sam F. 2012. Réhabilitation thermique d'un local dans une zone aride: cas de Ghardaïa. Mouloud Mammeri Université, Joie. 111p
107. Samuelsen, AB. (2000) Les utilisations traditionnelles, les constituants chimiques et les activités biologiques des *Plantago* major L. Une revue, *J. Ethnopharmacol.* 711-21. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00212-9](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00212-9)
108. Sezik, E., Yeşilada, E., Honda, G., Takaishi, Y., Takeda, Y., Tanaka, T. (2001). Médecine traditionnelle en Turquie X. Médecine populaire en Anatolie centrale, *J. Ethnopharmacol.* 75: 95-115 [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00399-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00399-8)
109. Shanti, D., Muhammad, S., Mohamed, A., Akhtar, H. (2017). *Psyllium Husk* (*Plantago ovata*) en tant qu'hypocholestérolémiant puissant Agent en Animal, Humain et volaille. doi: 10.3923/ijp.2017.690.697
110. Singleton, J.R. Rossi. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotungstic acid, *Am. J. Enol. Vitic*, Vol. (16), page : 144
111. Skoong, A., West, F., Holler, J. (2006). chimie analytique 7^{ème} ED de Boeck Paris, France, 870p.
112. Sung, B., Prasad, S., Gupta, S.C., Patchva, S., Aggarwal, B.B. (2012). Régulation des

- maladies chroniques médiées par l'inflammation par les plantes. *Adv Bot. Rés* 62, 58–94.
113. Tabata, M., Sezik, E., Honda, G., Yeşilada, E., Fukui, H., Goto, K., Ikeshiro, Y. (1994). Traditionnel Médecine en Turquie III. Médecine populaire en Anatolie orientale, provinces de Van et Bitlis, *Int. J. Pharmacol.* 323-12. <https://doi.org/10.3109/13880209409082966>
114. Tounsi, A. (2017) Evaluation de l'activité antioxydante et de l'effet anticorrosif des extraits phénoliques de plantes locales (*Plantago ciliata* et *Thymelia microphylla*). *these doctorat*, UNIVERSITE KASDIMERBAH-OUARGLA
115. TRACHI, M. (2015). Caractérisation physicochimique des amandes amères (*Prunus amygdalus*). Possibilité de valorisation. Thèse en vue d'obtention de grade Doctorat, université de Boumerdes, Algérie: 30,41, 43p.
116. Trivedi, P.C. (2009). *Medicinal plants. Utilisation and Conservation*
117. Trivedi, P.C. (2009). *Medicinal plants. Utilisation and Conservation*
118. Tutel, B., Kandemir, I., Kuf, S., & Kence, A. (2005). Classification du plantago turc L. Espèce utilisant la taxonomie numérique. *TÜBITAK*, 29, 51-61
119. Wolff, K., & Schaal, B. (1992). Chloroplast DNA variation within and among five *Plantago* species. *Evolutionary Biology*, 5, 325-344
120. Wolff, K., & Schaal, B. (1992). Chloroplast DNA variation within and among five *Plantago* species. *Evolutionary Biology*, 5, 325-344
121. Wong, J.M.W., de Souza, R., Kendall, C.W.C., Emam, A., Jenkins, D.J.A. Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *J Clin Gastroenterol.* mars 2006; 40(3):235-43
122. Wong, J.M.W., de Souza, R., Kendall, C.W.C., Emam, A., Jenkins, D.J.A. (2006). Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *J Clin Gastroenterol* : 40(3):235-43.
123. Yin, J., Lin, H., Li, J., Wang, Y., Cui, S.W., Nie, S., Xie, M. (2012) .Caractérisation d'un polysaccharide hautement ramifié issu des graines de *Plantago asiatica* L. *Polymères glucidiques*, 87(4), 2416–2424. doi:10.1016/j.carbpol.2011.11.009
124. Yin, J.Y., Nie, S.P., Zhou, C., Wan, Y., Xie, M.Y. (2010). Caractéristiques chimiques et antioxydant activités du polysaccharide purifié à partir des graines de *Plantago asiatica* L. *J. Sci. Nourriture. Agr.* 90210-217. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3793>

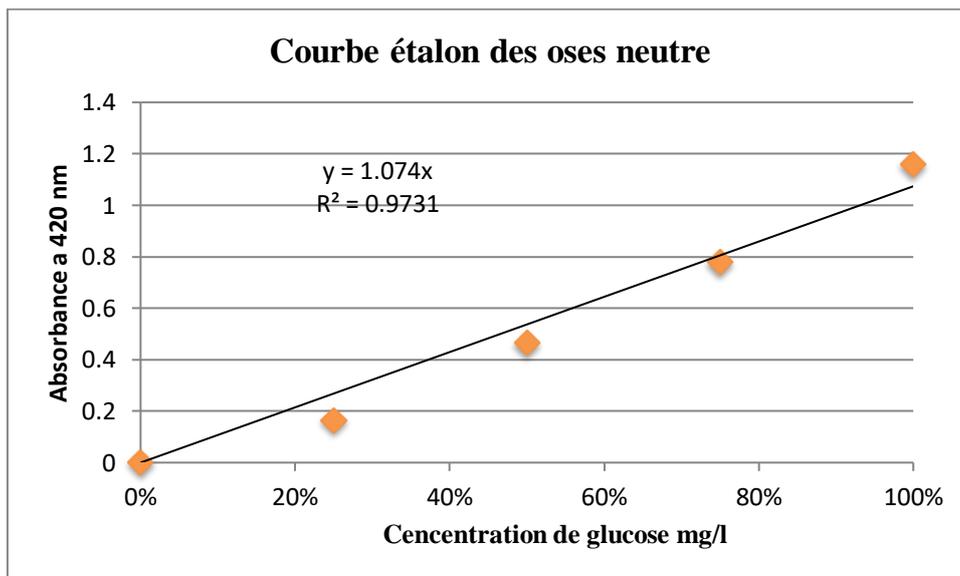
125. Zhao, H., Wang, Q., Sun, Y., Yang, B., Wang, Z., Chai, G., ... Kuang, H. (2014). Purification, caractérisation et effets immunomodulateurs de *Plantago depressa* polysaccharides. *Polymères glucidiques*, 112, 63–72. doi:10.1016/j.carbpol.2014.05.069

Annexes

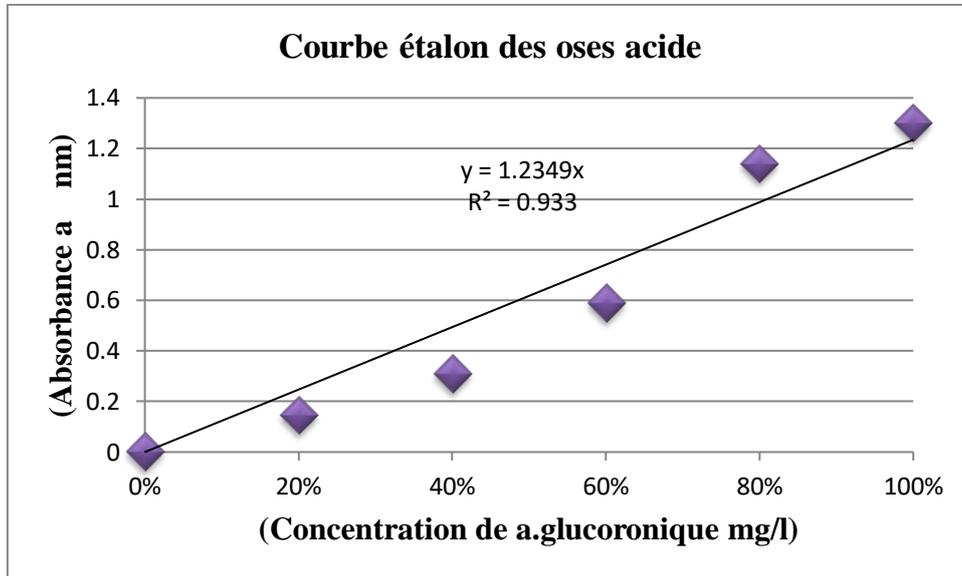
Annexes 1 Courbe étalon des oses totaux



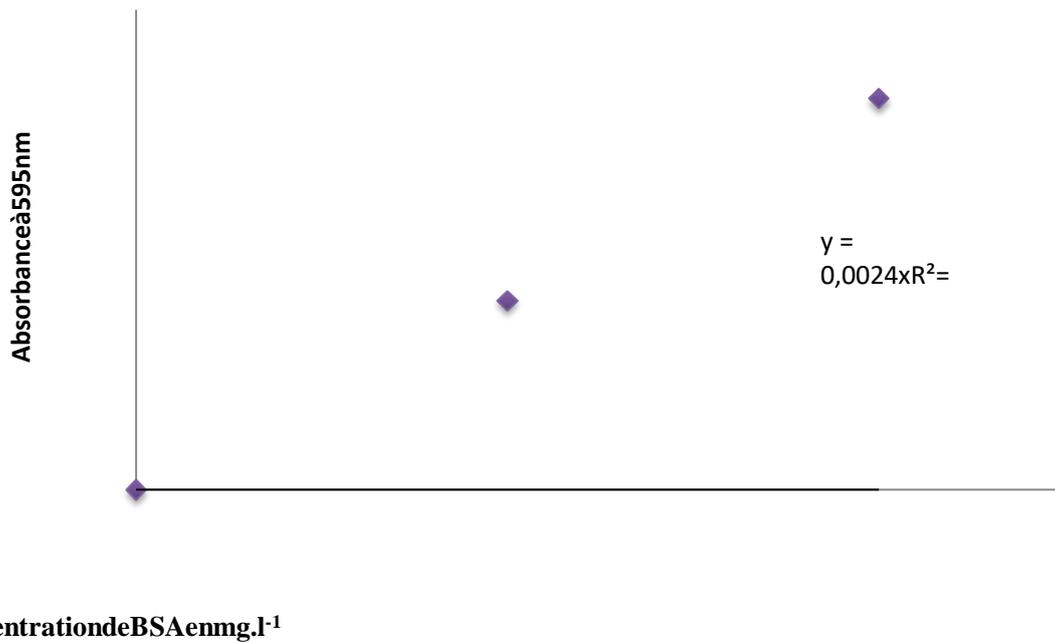
Annexes 2 Courbe étalon des oses neutre



Annexes 3 Courbe étalon des oses acide



Annexes 4 Courbe étalon des protéines selon la méthode de BRADFORD



Annexes 5 Préparation de solution de TFA utilisée au cours de l'expérimentation

Solution	Preparation
<p>Préparation de solution d'acide trifluoroacétique TFA à 2 M</p>	<p>$C = P \times D \times 10 / MM$</p> <p>MM : Masse molaire de TFA = 114,02 g.mol⁻¹ P: Pureté = 99%</p> <p>D: Densité = 1,5351 g/cm³</p> <p>C: Concentration</p> <p>$C_1 = P \times D \times 10 / M = (99) \times (1,5351) \times (10) / 114,02 = 13,32 \text{ M}$</p> <p>La préparation de 50ml de solution TFA 2M est se faite selon la loi:</p> <p>$C_1 V_1 = C_2 V_2 \longrightarrow V_1 = C_2 V_2 / C_1$</p> <p>$V_1 = (50 \text{ ml}) \times (2 \text{ M}) / 13,32 \text{ M} = 7,51 \text{ ml de TFA}$</p>

Résumé

Caractérisation physico-chimique et biochimique de Psyllium issus de *Plantago ciliata* Desf. récolté dans la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est Algérien)

Résumé

Le présent travail a pour objectif de faire une étude comparative entre les téguments des graines de *Plantago ciliata* Desf. et de psyllium du marché, en vue de découvrir une nouvelle source de psyllium. *P. ciliata* est une plante spontanée à caractère médicinale, récolté dans la région de Ghardaïa, Sahara septentrional Est Algérien. Les téguments des graines de *P. ciliata* renferment $1.95 \pm 0.16\%$ d'humidités, $6.5 \pm 0.22\%$ de cendres, $88.37 \pm 1.28\%$ d'oses totaux, parmi eux $82.14 \pm 13\%$ oses neutres, $6.12 \pm 0.82\%$ oses acides, $0.98 \pm 0.15\%$ de protéines, $0.37 \pm 0.01\%$ de lipides, et $2,52 \pm 0,29 \mu\text{g/ml}$ de polyphénols. L'analyse des éléments minéraux indique 1805ppm de Sodium, 4379ppm de Potassium, 3168ppm de calcium, 477.7ppm de magnésium, 0.2731ppm de fer. L'analyse de la composition en monosaccharides par HPLC après hydrolyse par TFA à 2 M durant 1 heure et 30 min à 120°C montre la présence d'un arabinoxylane, avec un rapport Ara/Xyl de 0.63. Les résultats de ce travail confirment l'immense ressemblance entre les téguments des graines de *P. ciliata* récolté dans la région de Ghardaïa et ce de psyllium importé de l'Inde. Cela donne une opportunité de faire la production de Psyllium bio 100% Algérien.

Mots clés: *P. ciliata*, téguments de graines, Psyllium, plante spontanée, Ghardaïa.

Physicochemical and biochemical characterization of Psyllium from *Plantago ciliata* Desf. harvested in the region of Ghardaïa (northern eastern Algerian Sahara)

Abstract

The present work aims to make a comparative study between the seed coats of *Plantago ciliata* Desf. and psyllium from the market, in view of discovering a new source of psyllium. *P. ciliata* is a spontaneous plant with a medicinal character, harvested in the region of Ghardaïa, northern eastern Algerian Sahara. The seed coats of *P. ciliata* contain $1.95 \pm 0.16\%$ humidity, $6.5 \pm 0.22\%$ ash, $88.37 \pm 1.28\%$ total oses, among them $82.14 \pm 13\%$ neutral oses,

6.12 ± 0.82% acid oses, 0.98 ± 0.15% protein, 0.37±0.01% lipids, and % polyphenols. The analysis of mineral elements indicates 1805ppm of Sodium, 4379ppm of Potassium, 3168ppm of calcium, 477.7ppm of magnesium, 0.2731ppm of iron. Analysis of the monosaccharide composition by HPLC after hydrolysis by TFA at 2 M for 1 hour and 30 min at 120°C shows the presence of an arabinoxylan, with an Ara/Xyl ratio of 0.63. The results of this work confirm the immense resemblance between the seed coats of *P. ciliata* harvested in the Ghardaïa region and that of psyllium imported from India. This gives an opportunity to produce 100% Algerian organic Psyllium.

Key words: *P. ciliata*, seed coat, Psyllium, spontaneous plant, Ghardaïa.

دراسة التركيب البيوكيميائي والفيزيوكيميائي للبسيليوم
المستخلص من نبات اللمة (*Plantago ciliata* Desf.) الذي تم حصاده في
منطقة غرداية (شمال شرق الصحراء الجزائرية).
ملخص

يهدف العمل الحالي إلى إجراء دراسة مقارنة بين معاطف بذور *Plantago ciliata* Desf. والبسيليوم من السوق، بهدف اكتشاف مصدر جديد للبسيليوم.

P. ciliate هونبتة عفوية ذات طبيعة طبيعية، يتم حصادها في منطقة غرداية، شمال شرق الصحراء الجزائرية. تحتوي طبقات بذور *P. ciliata* على 1.95 ± 0.16% رطوبة، 6.5 ± 0.22% رماد، 88.37 ± 1.28% أوزان إجمالية، من بينها 82.14 ± 13% جرعات متعادلة، 6.12 ± 0.82% جرعات حمضية، 0.98 ± 0.15% بروتين، 0.37 ± 0.01% دهون و% بوليغينول. يشير تحليل العناصر المعدنية إلى 1805 جزء في المليون من الصوديوم، 4379 جزء في المليون من البوتاسيوم، 3168 جزء في المليون من الكالسيوم، 477.7 جزء في المليون من المغنيسيوم، 0.2731 جزء في المليون من الحديد. يُظهر تحليل تركيبية السكريد الأحادي بواسطة HPLC بعد التحلل المائي بواسطة TFA عند 2 مل مدة ساعة و 30 دقيقة عند 120 درجة مئوية وجود أرابينوكسيلان، بنسبة Ara / Xyl تبلغ 0.63. تؤكد نتائج هذا العمل التشابه الهائل بين طبقات بذور *P. ciliata* و بسيليوم السوق. وهذا يعطي فرصة لإنتاج بسيليوم عضوي جزائري 100%.

الكلمات المفتاحية: *P. ciliata*، بذرة، بسيلليوم، نبتة عفوية، غرداية.