

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 Sciences Biologiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité:

Qualité des produits et Sécurité alimentaire

Présenté par :

M^{elle} ADJAINÉ Yamina

M^{elle} BECHATA Wahiba

Caractérisation et effet hypoglycémiant de l'extrait des
polysaccharides hydrosolubles issus des feuilles de *Plantago*
albicans L. récoltée dans la région du Sahara Septentrional
Est Algérien

Soutenu publiquement

Le : 24 /06/2018

Devant le jury :

Président	HENNI Abdellah	MCA	Univ. Ouargla
Examineur	MOSBAH Said	MAA	Univ. Ouargla
Encadreur	BOUAL Zakaria	MCA	Univ. Ouargla
Co-Encadreur	ADDOUN Noura	Doctorante	Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH tout Puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience afin de réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons notre plus vive reconnaissance à Mr BOUAL Zakaria Maître de conférences au Département des Sciences Biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, de bien vouloir accepter de diriger ce travail. Nous vous remercions aussi pour votre présence et vos conseils précieux.

Nous présentons nos remerciements les plus sincères à Melle ADDOUN Noura assistante, au Département des Sciences Biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla pour son aide son ouverture d'esprit, ses conseils précieux et sa vision de la recherche scientifique. Nous vous remercions vivement pour vos efforts, votre guide, votre disponibilité au cours de ce travail et pour votre esprit critique en matière de rédaction de ce travail.

Nous exprimons nos profondes reconnaissances à Mr HENNI Abdellah Maître de conférences au Département des Sciences Biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, vous qui nous faites l'honneur de présider ce jury.

Nos remerciements s'adressent encore Mr MOSBAH Said Maître assistant au Département des Sciences Biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous sommes particulièrement honoré de vous avoir vu assurer d'examiner notre mémoire.

Nous remercions le Laboratoire d'analyse médical «IBN ROCHD» à Ghardaïa en particulier son Directeur Dr. AMMI SAÏD Mustapha de nous avoir accueillie au sein du laboratoire. Nos remerciements vont également aux tous les techniciens des laboratoires pédagogiques de l'université Kasdi Merbah-Ouargla.

Nous ne pourrions pas conclure sans remercier vivement toutes personnes qui nous soutenues de près ou de loin au cours de la réalisation de ce modeste travail, nos familles et nos amis (es), et à tous ce qui a contribué à l'évolution de cette étude.



Dédicace

*A ma chère **mère** qui m'a élevé, éduqué et m'a constitué les actes les plus nobles de la vie. Elle m'a grandi dans un environnement sain, avec toutes les qualités humaines. Ma force, ma persévérance c'est à toi maman que je le dois et ma réussite aussi. Tu as su inculquer à tes enfants l'esprit de partage, l'honnêteté et le travail. Ce travail est le fruit de tes efforts et de tes sacrifices. Merci pour tout et que Dieu t'accorde longue vie pour qu'à mon tour je puisse te témoigner ma gratitude. Amin*

*A mon cher **père** qui m'encourageait toujours et me soutenait sa présence au prés de moi ne me laisse manqué de rien, que Dieu me garde mon père et ma mère, je leurs souhaite longue vie et de bonne santé. Leurs satisfaction me conduit à ma réussite dans ma vie estudiantine.*

*A ma deuxième maman **Fatma**, Aucun mot ne saurait exprimer mon respect, ma considération et l'amour que je te porte.*

*A mon cher oncle **Miloud**, qui était avec son soutien moral et matériel.*

*Ainsi que mes soeurs : **Maroi et Safia***

*A mes frères : **Ahmed, Hamza et Youcef***

A mon grand père et ma grande mère.

A tous mes oncles et mes cousins.

*A tous les membres de la famille **ADJAINÉ***

*À mon binôme et amie de travail **BECHATA Wahiba***

*Toutes mes collègues les étudiantes de la promotion : 2ème année Master
Qualité des produits et Sécurité alimentaire 2018.*

*À tous ceux qui utilisent la science pour le bonheur et la prospérité de
L'humanité.*

Je dédie cet humble travail

Yamina



Dédicace

*A ma chère **mère** qui m'a élevé, éduqué et m'a constitué les actes les plus nobles de la vie. Elle m'a Grandi dans un environnement sain, avec toutes les qualités humaines. Ma force, ma persévérance c'est à toi maman que je le dois et ma réussite aussi. Tu as su inculquer à tes enfants l'esprit de partage, l'honnêteté et le travail. Ce travail est le fruit de tes efforts et de tes sacrifices. Merci pour tout et que Dieu t'accorde longue vie pour qu'à mon tour je puisse te témoigner ma gratitude. Amin*

*A mon cher **père** qui m'encourageait toujours et me soutenait sa présence au prés de moi ne me laisse manqué de rien, que Dieu me garde mon père et ma mère, je leurs souhaite longue vie et de bonne santé.
Leurs satisfaction me conduit à ma réussite dans ma vie estudiantine.*

*Ainsi que mes sœurs : **Nabila, Houda et Sara***

*A mon frère : **Aziz***

*A tous les membres de la famille **BECHATA***

*À mon binôme et amie de travail **ADJAINÉ Yamina***

*Toutes mes collègues les étudiantes de la promotion : 2ème année Master
Qualité des produits et Sécurité alimentaire 2018*

*A mes chères amies : **Besma, Djihane, Hadjer , Khaoula et Meriem***

*À tous ceux qui utilisent la science pour le bonheur et la prospérité de
L'humanité.*

Je dédie cet humble travail

Wahiba

Liste des abréviations

°C	Degré Celsius
AGL	Acide Gras Libre
Arb	L-arabinose
ATP	Adénosine Tri-Phosphate
CCM	Chromatographie sur Couche Mince
CPG	Chromatographie sur Phase Gaseuse
DNID	Diabète Non-Insulino-Dépendant
DPP-4	DiPeptidyl Peptidase-4
DT2	Diabète de Type 2
FID	Fédération International du Diabète
g	Gramme
g/l	Gramme/ litre
Gal	D-galactose
Gal.A	Acide D-galacturonique
GIP	Peptide Insulinotrope dépendant du Glucose
Glc	D-glucose
Glc A	Acide D-glucuronique
GLP-1	Glucagon-Like Peptide-1
HCl	Acide Chlorhydrique
HPAEC- PAD	Chromatographie Echangeuse d'Anions, de Haute Performance à DéTECTEUR Ampérométrique Pulsé
IR	Insuffisance Rénale
M	Molaire
Man	D-mannose
mg	Milligramme
m-HDP	méta-HydroxyDiPhenyl
ml	Millilitre
mM	MilliMolaire
nm	Nanomètre
OMS	Organisation Mondiale de la Santé

pH	Potentiel d'Hydrogène
PLPSF	Polysaccharides de Feuilles de <i>Plantago albicans</i>
p-NP	<i>p</i> -NitroPhénol
p-NPG	<i>p</i> - NitroPhényl- α -D-Glucopyranoside
PPAR γ	Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- γ
R	Rendement
Rf	Rapport Frontal
Rham	L-rhamnose
Rib	L-ribose
RMN	Résonance Magnétique Nucléaire
Rpm	Rotation par minute
RXR	Retinoid X Receptor
SH	Sulfamide Hypoglycémiant
SM	Spectrométrie de masse
SNC	Système Nerveux Centrale
SUR	Sulfonylurea Receptor
TFA	Acide trifluoroacétique
TG	Tri-Glycéride
TNF-α	Facteur de Nécrose Tumorale
TZDs	ThiaZoliDineliones
UV	Ultra-Violet
V/V	Volume/Volume
P/V	Poids/Volume
Xyl	D-xylose
Λ	Longueur d'onde
μL	Microlitre

Liste de tableaux

N°	Titre	Page
I	Caractéristiques des antidiabétiques oraux	16
II	Importance de l'utilisation de la médecine traditionnelle et complémentaire dans le monde	17
III	Caractéristiques physicochimiques et origine des produits chimiques utilisés au cours de l'expérimentation	23
IV	Origine et type des appareils utilisés au cours de l'expérimentation	24
V	Test de l'activité antidiabétique	38
VI	Rapports frontaux (Rf) des oses étalons dans les deux systèmes de CCM	46
VII	Méthodes des préparations des différentes solutions utilisées	
VIII	Méthodes des préparations des différentes solutions mères	
IX	Gamme étalon du glucose 0,001% à 0,01%	
X	Gamme étalon d'acide glucuronique 0,001% à 0,01%	
XI	Gamme étalon d'acide gallique 0,005% à 0,035%	

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Mécanismes conduisant au développement du diabète type 2(VAXILLAIRE et FROGUEL, 2003)	6
02	Mécanisme d'action de l'enzyme α -glucosidase (SARKAR et NOUT, 2015)	9
03	Mécanisme d'action de l'acarbose (ROSAK et MERTES, 2012).	10
04	Effet de l'acarbose sur l'absorption intestinale de sucres (HANEFELD et SCHAPER, 2007)	10
05	Mécanisme d'action des thiazolidinediones (KRENTZ et BAILEY, 2005)	12
06	Mécanisme d'action des sulfamides hypoglycémiants (FAURE, 2011)	13
07	Mécanisme d'action du GLP-1 (SCHEEN, 2011)	15
08	Différentes étapes expérimentales	22
09	Différentes étapes de l'extraction des polysaccharides hydrosolubles	28
10	Rendement d'extraction des polysaccharides de <i>Plantago albicans</i>	41
11	Caractérisation physicochimique de l'extrait polysaccharidique de <i>Plantago albicans</i>	42
12	Composition biochimique de l'extrait polysaccharidique de <i>Plantago albicans</i>	43
13	Chromatogrammes de l'extrait polysaccharidique de <i>Plantago albicans</i> dans les deux systèmes par CCM	47
14	Pourcentages d'inhibition (%) de l' α -D-glucosidase en présence de l'acarbose ou de l'extrait polysaccharidique	48

Liste des photos

N°	Titre	Page
01	Plante <i>plantago albicans</i> (Plantaginaceae)	25
02	Feuille de la plante <i>plantago albicans</i>	26

Liste des annexes

N°	Titre
01	Méthodes des préparations des différentes solutions utilisées
02	Méthodes des préparations des différentes solutions mères et les différentes gammes étalons
03	courbes d'étalonnage des compositions biochimiques

Table de matières

Remerciement	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des annexes	
Introduction	01
Chapitre I.- Synthèse Bibliographique	
I.1.-Epidémiologie du diabète	05
I.2.- Diabète type 2	05
I.2.1.- Physiopathologie du diabète type 2	05
I.3.- Traitement médical du diabète type 2	07
I.3.1.- Inhibiteurs de l'enzyme α-glucosidases	08
I.3.2.- Inhibiteur de l'enzyme α-amylase	10
I.3.3.- Biguanides et Glitazones	11
I.3.4.- Sulfamides hypoglycémiants et Glinides	13
I.3.5.- Analogues du GLP1 et inhibiteurs de la DPP₄	14
I.4.- Place de la phytothérapie dans le traitement du diabète de type 2	17
I.4.1.- Utilisation de la médecine traditionnelle et alternative en thérapie du diabète	17
I.4.2.- Utilisation des plantes médicinales en médecine traditionnelle pour le traitement du diabète en Algérie	18
I.4.3.- Modes d'action des plantes médicinales	19
I.4.4.- Polysaccharides hypoglycémiants des plantes médicinales	19
Chapitre II.- Matériels et Méthodes	
II.1.- Principe l'étude	22
II.2.- Matériel d'étude	23
II.2.1.- Matériel non biologique	23
II.2.1.1.- Solvants et réactifs	23
II.2.1.2.- Appareils et instruments	24
II.2.2.- Matériel biologique	25
II.2.2.1.- Choix de la plante	25
II.2.2.1.1.- Description botanique de <i>Plantago albicans</i>	25

II.2.2.1.2.- Répartition géographique.....	26
II.2.2.1.3.- Position systématique	26
II.2.2.1.4.- Utilisation dans la médecine traditionnelle	27
II.3.- Etude des polysaccharides	27
II.3.1.- Extraction des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de <i>Plantago albicans</i> (protocole modifié).....	27
II.3.2.- Calcul du rendement	29
II.3.3.- Composition de l'extrait polysaccharidique.....	29
II.3.3.1.- Analyses physico-chimiques	29
II.3.3.1.1.- Teneur en eau	29
II.3.3.1.2.- Dosage des cendres	30
II.3.3.2.- Analyses biochimiques.....	30
II.3.3.2.1.- Dosage des oses totaux.....	30
II.3.3.2.2.- Dosage des oses neutres.....	31
II.3.3.2.3.- Dosage des oses acides.....	31
II.3.3.2.4.- Dosage des oses réducteurs.....	32
II.3.3.2.5.- Dosage des polyphénols	33
II.3.4.- Caractérisation des résidus glycosidiques.....	34
II.3.4.1.- Hydrolyse des liaisons glycosidiques dans des conditions acides.....	34
II.3.4.2.- Chromatographie sur couche mince.....	34
II.3.5.- Activité antidiabétique	37

Chapitre III.- Résultats et discussions

III.1.- Rendement de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles.....	41
III.2.- Composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles.....	42
III.3.- Caractérisation par chromatographie sur couche mince des polysaccharides.....	44
III.4.- Activité antidiabétique de l'extrait brut polysaccharidique.....	48
Conclusion et perspectives.....	50
Références bibliographiques.....	53

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

Le diabète sucré est un trouble métabolique caractérisé par un déficit de production d'insuline par des cellules β pancréatiques ou par une résistance cellulaire à l'insuline ou les deux (BELMOUHOU *et al.*, 2017). Cette maladie pose un problème de santé publique dans de nombreux pays (MANGAMBU *et al.*, 2013). Le nombre des personnes affectés par le diabète dans le monde est estimé de 366 million, avec prévalence d'atteinte à 552 million au 2030 (DRAGAN *et al.*, 2014). De 80 à 85% des gens diabétiques souffrent de diabète type 2 (ALLALI *et al.*, 2008). Le traitement actuel du diabète est porté sur le traitement par l'insuline, l'utilisation d'hypoglycémisants oraux, l'alimentation et l'activité physique (ARCELINA *et al.*, 2016).

Depuis l'antiquité, les ressources naturelles constituent la source principale de remèdes (KEMASSI *et al.*, 2014). Selon le rapport de l'OMS, 80 % de la population mondiale utilise les plantes médicinales pour se traiter de diverses maladies (YAYA et KENGNE, 2014 ; SCHLIENGER, 2014 ; PICKING, 2017). Ceci s'explique par les faibles coûts de production, la disponibilité, l'accessibilité et la faible toxicité des végétaux (YEHYA *et al.*, 2016 ; EDDOUKS *et al.*, 2017).

Ces plantes constituent une grande source de principes actifs qui peuvent être utilisés pour traiter de nombreuses maladies, dont le diabète (HOLALY *et al.*, 2014; MARISA *et al.*, 2015). Parmi ces potentiels actifs: les polysaccharides, qui sont capables d'assurer différentes fonctions et activités biologiques, telles l'activité anti-tumorale, immuno-modulatrice, anti-inflammatoire, antioxydante, anticoagulante, antidiabétique et hépatoprotectrice (WIJESKARA *et al.*, 2011; THAKUR *et al.*, 2012 ; ZHANG *et al.*, 2014).

Plusieurs études sur l'effet antidiabétiques des espèces de genre *Plantago* ont été effectuées. RAQUEL *et al.* (2015) trouvent que la plante *Plantago ovata* peut réduire le taux du glucose et augmente la sécrétion d'insuline chez les patients atteints de diabète de type 2. De même, EMAM *et al.* (2016) montrent le même effet chez les rats diabétiques pour l'extrait aqueux de *Plantago ovata*. NOOR *et al.* (2000) montrent l'effet hypoglycémique de *Plantago major* démontré sur le niveau de glucose sanguin chez les rats diabétiques.

Toutefois, aucune étude concerne les polysaccharides et leurs effets antidiabétiques, sur la plante *Plantago albicans*, utilisées par les populations autochtones de la région de Ghardaïa, située au Sahara septentrional Est algérien.

Face à ce constat, le présent travail s'oriente sur l'étude des polysaccharides issus de la *Plantago albicans* (Plantagenaceae), plante spontanée à caractère médicinal récoltée dans la région de Ghardaïa. L'étude porte sur la caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles et leur effet antidiabétique.

Ce travail est structuré en trois parties : Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique; décrit le diabète de type 2, son épidémiologie, sa physiopathologie, le traitement médicale de cette maladie, et un aperçu sur la place de la phytothérapie dans le traitement du diabète de type 2. Le deuxième chapitre décrit les principales techniques d'extraction des polysaccharides hydrosolubles issus de la plante *Plantago albicans*; en déterminant leur composition globale, en caractérisant les résidus glycosidiques par chromatographie sur couche mince, et en achevant par l'étude l'activité antidiabétique de l'extrait polysaccharidique. Le troisième chapitre présente les principaux résultats obtenus, suivis d'une discussion. Une conclusion générale et des perspectives qui sont un ensemble de réflexions achèvent ce travail.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I.1.- Epidémiologie du diabète

Aujourd'hui, il est bien clair que le nombre de personnes affectées par le diabète sucré est en croissance rapide dans le monde entier (DANAIEI *et al.*, 2011). La prévalence du diabète pour tous les groupes d'âge dans le monde a été estimée à 2,8% en 2000 et 4,4% en 2030. Le nombre total de personnes atteintes de diabète devrait passer de 171 millions en 2000 à 366 millions en 2030 (WILD *et al.*, 2004).

Environ 1,8 million de personnes sont atteintes de diabète en Algérie, avec une prévalence nationale du diabète établie à 6,9%, selon les données du nouveau rapport 2017 de la Fédération Internationale du Diabète (FID), « l'Atlas du diabète ». Dans le détail, la marge d'incertitude statistique pour les personnes atteintes du diabète en Algérie s'établit entre 1,25 et 2,45 millions, correspondant à un taux de prévalence nationale compris entre 4,9 et 9,5% (BABOUCHE, 2017).

À l'échelle mondiale, près d'un demi-milliard de personnes souffrent actuellement de diabète. 327 millions de diabétiques ont entre 20 et 64 ans, tandis que 123 millions ont plus de 65 ans. Chez les pays voisins, environ 1,65 million de personnes sont atteintes de diabète au Maroc, tandis que 762,000 personnes sont diabétiques en Tunisie (BABOUCHE, 2017).

Le terme de diabète englobe en fait deux maladies différents : le diabète insulino-dépendant (type 1) qui survient le plus souvent avant l'âge de 20 ans et le diabète non insulino-dépendant (type 2), qui seul nous intéresse ici.

I.2.- Diabète type 2

Le diabète de type 2 (anciennement appelé diabète non insulino-dépendant (DNID)) représente environ 90 % de tous les cas de diabète dans le monde (OMS, 2011). Ce type de diabète pose un problème de santé publique. Il correspond à un état d'hyperglycémie chronique qui associe un déficit de l'insulinosécrétion ou insulino-pénie avec une diminution de la sensibilité à l'insuline pour les tissus cibles (insulino-résistance). Principalement, les muscles, le foie et les tissus adipeux (SANOGO, 2008 ; MUNTZ, 2015).

I.2.1.- Physiopathologie du diabète type 2

Le diabète de type 2 (DT2) ne survient pas chez n'importe qui, n'importe quand et n'importe comment, et souligne l'importance de l'hérédité, de l'obésité, de l'âge, ainsi que

l'évolutivité de la maladie (RIGALLEAU *et al.*, 2007). Il est maintenant accepté que le DT2 est une maladie multifactorielle complexe, causée à la fois par un défaut de l'insulinosécrétion et par une diminution de la sensibilité tissulaire aux effets de l'insuline (insulinorésistance). Notamment, dans les muscles squelettiques, les tissus adipeux blancs et le foie. Si, une susceptibilité génétique apparaît nécessaire, elle est généralement insuffisante pour conduire à l'apparition de la maladie. L'environnement est primordial dans le développement de la plupart des formes du DT2 (Voir la figure 01) (VAXILLAIRE et FROGUEL, 2003).

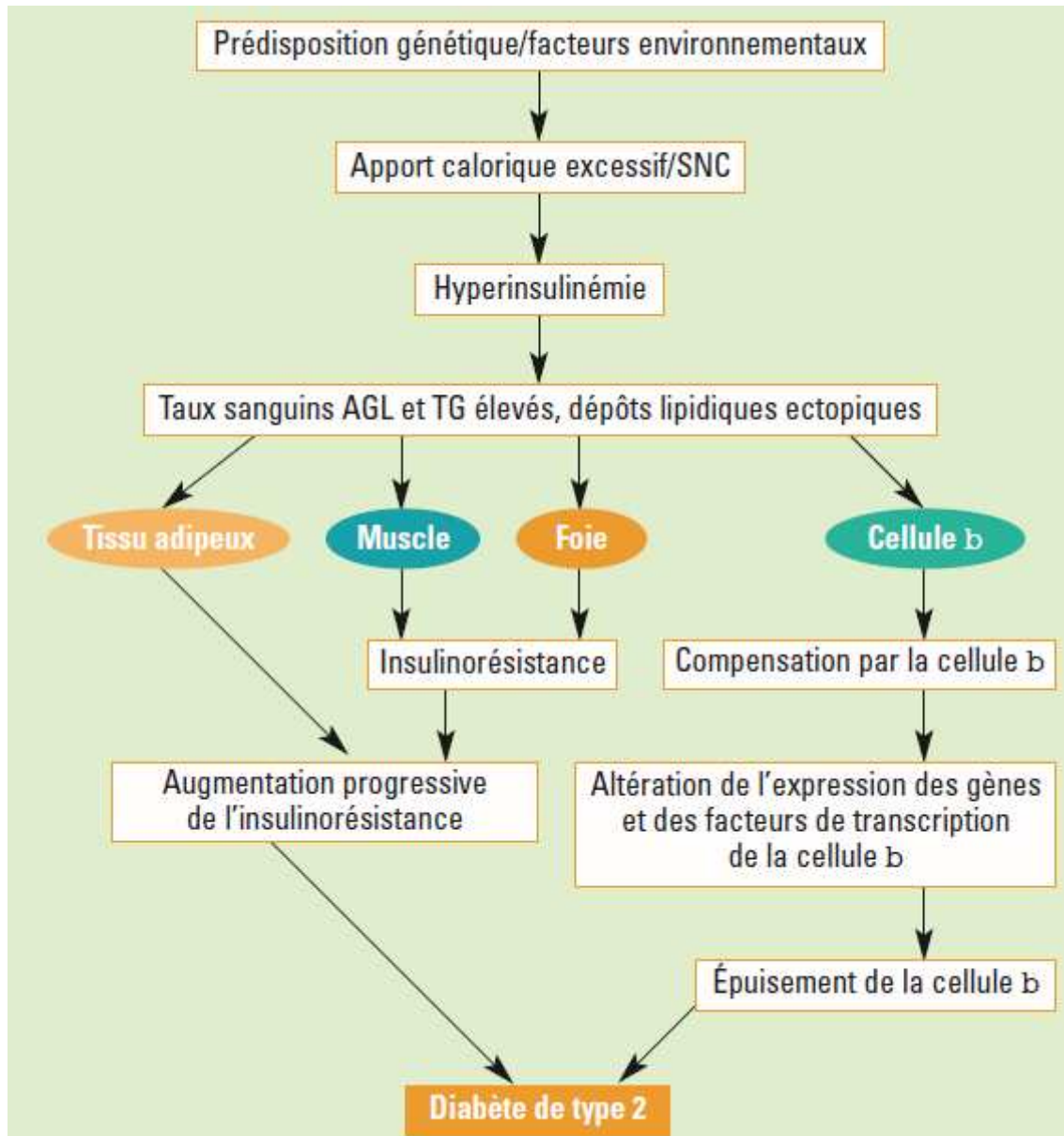


Figure 01.- Mécanismes conduisant au développement du diabète de type 2 (VAXILLAIRE et FROGUEL, 2003)

La contribution génétique à l'étiologie du DT2 est très importante comme en témoigne le taux élevé (60-90%) de concordance chez les jumeaux homozygotes et l'agrégation familiale de cette maladie. On estime que le risque de développer un diabète est d'environ 30 % si l'on a un parent diabétique et approche les 70 % si les 2 parents sont diabétiques. Une histoire familiale de diabète constitue donc un facteur de risque majeur de développer la maladie (FERY et PAQUOT, 2005).

Le DT2 associé à l'obésité est caractérisé par l'augmentation de la concentration de glucose dans le sang, suite à une dysfonction des cellules β pancréatiques, une élévation de la production de glucose par le foie (gluconéogenèse et glycogénolyse) et une diminution de la capture de glucose par les tissus périphériques (WELLEN et HOTAMISLIGIL, 2005).

L'insulinorésistance se définit comme un état de diminution de la réponse cellulaire et tissulaire à l'hormone en présence de la glycémie normale au prix d'insulinémie élevée. En effet, tant que la sécrétion β pancréatique est suffisante pour contrôler la résistance à l'insuline, la glycémie reste normale ou modérément altérée. Ainsi, le syndrome métabolique se traduit biologiquement soit par une hyperinsulinémie et une altération de la tolérance au glucose, soit une évolution vers un DT2 lorsque les capacités sécrétoires du pancréas sont dépassées (BASTARD *et al.*, 2001).

Il existe aussi, une corrélation étroite entre la production hépatique du glucose et la glycémie à jeun, ce qui indique un rôle primordial du foie dans l'élévation glycémique du réveil. L'augmentation de la production hépatique du glucose correspond principalement à une accélération de la néoglucogenèse (BECHIRI, 2016).

L'âge s'accompagne physiologiquement d'une réduction progressive de la sécrétion d'insuline et de la masse maigre utilisatrice du glucose (RIGALLEAU *et al.*, 2003) et peut être, d'une diminution de sa sensibilité à l'insuline qui favorisent l'expression de la maladie (RIGALLEAU *et al.*, 2007).

I.3.- Traitement médical du diabète type 2

Le traitement du diabète a pour objectif d'éviter ou de retarder les complications liées à l'évolution de la maladie en contrôlant la glycémie et en évitant l'hyperinsulinisme. Le traitement médical à lui seul n'est pas suffisant, une hygiène de vie est également nécessaire, notamment une activité physique régulière et une alimentation équilibrée (HAMZA, 2011).

Lorsque les règles hygiéno-diététiques ne sont pas suivies ou insuffisantes, un traitement médicamenteux peut devenir nécessaire. Ces médicaments agissent par différents mécanismes d'actions: augmentation de la sensibilité périphérique à l'insuline, diminution de l'absorption de glucose ou augmentation de la sécrétion de l'insuline (HAMZA, 2011).

Différentes familles et classes des antidiabétiques oraux existent dans le marché (ALLICE *et al.*, 2005):

- Inhibiteurs de l'enzyme α -glucosidase.
- Biguanides.
- Secrétaires d'insuline.
- Sensibilisants à l'insuline.
- Inhibiteur de la lipase intestinale.

I.3.1.- Inhibiteurs de l'enzyme α -glucosidase

L'enzyme alpha-glucosidase (EC 3.2.1.20), présent dans la muqueuse épithéliale de l'intestin grêle, principalement dans la moitié supérieure (NATASHA *et al.*, 2012). L' α -glucosidase hydrolyse la liaison α (1-4) glycosidique terminal des polysaccharides et des oligosaccharides, le produit de cette hydrolyse est un monosaccharide tel que le glucose, qui est absorbée dans la paroi intestinal (WATCHARACHAISOPONSIRI *et al.*, 2016 ; CIHAN *et al.*, 2010), le mécanisme d'action de l'enzyme alpha-glucosidase est illustré dans la figure 02.

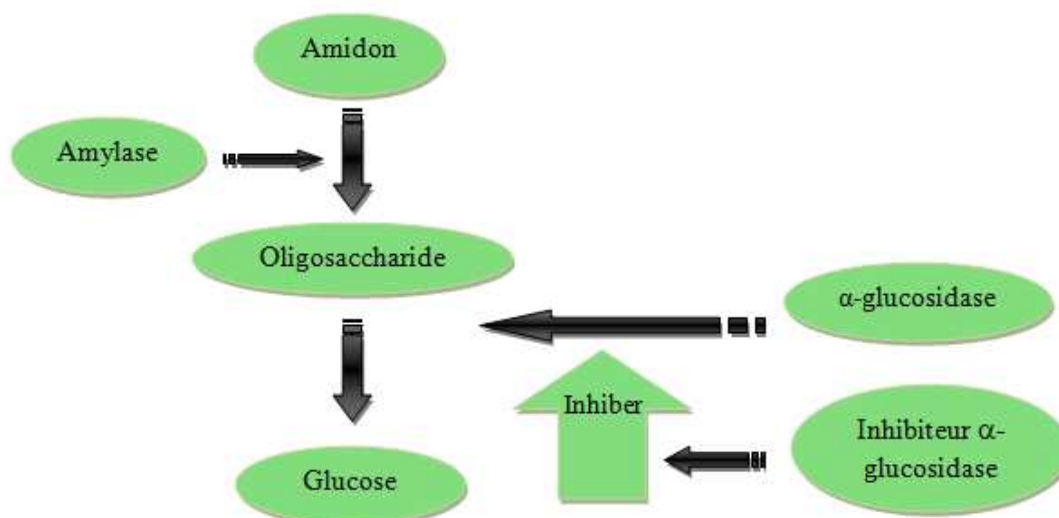


Figure 02.- Mécanisme d'action de l'enzyme α -glucosidase (SARKAR et NOUT, 2015)

Les inhibiteurs de l' α -glucosidase sont des pseudo-tétrasaccharides d'origine bactérienne. Ces analogues structuraux des oligosaccharides alimentaires inhibent de façon compétitive et réversible les α -glucosidases de la bordure en brosse de l'intestin grêle (glucoamylase, maltase, isomaltase et sucrase) (DERFOUFI *et al.*, 2010).

Les inhibiteurs des α -glucosidases intestinales jouant le rôle de faux substrat retardent l'hydrolyse enzymatique des glucides complexes en mono et disaccharides qui sont alors absorbés dans l'iléon. L'absorption du glucose après un repas est ainsi retardée dans le temps.

Les inhibiteurs des α -glucosidases sont essentiellement actifs sur l'hyperglycémie postprandiale (DERFOUFI *et al.*, 2010). Les inhibiteurs des α -glucosidases utilisées en pratique clinique sont l'acarbose, le voglibose et miglitol (YUSUKE *et al.*, 2009 ; DINICOLANTONIO *et al.*, 2015).

L'acarbose, un pseudo-tétrasaccharide, possède de l'azote entre la première et la seconde molécule de glucose. Cette modification confère à ce médicament une forte affinité pour les enzymes α -glucosidases. La capacité d'affinité et d'inhibition de l'acarbose, pour diverses glucosidases, dans l'ordre suivant: la glucoamylase, suivie de la sucrase, de la maltase et de la dextranase. Mais, il n'inhibe pas la β -glucosidase, telle que la lactase (MOHAN et RANJIT, 2014 ; DINICOLANTONIO *et al.*, 2015), (Figure 03 et 04).

Le voglibose est un dérivé de valioline (MANAS *et al.*, 2014), il inhibe le clivage des complexes glucidiques en sucres simples et inhibe leur absorption à partir de l'intestin grêle (JINDAL *et al.*, 2014). Il est lentement et mal absorbé et rapidement excrété dans les selles (DEROSA et MAFFIOLI, 2012). Un avantage du voglibose est qu'il diminue le glucose postprandial sans induire une hypersécrétion d'insuline (MANAS *et al.*, 2014),

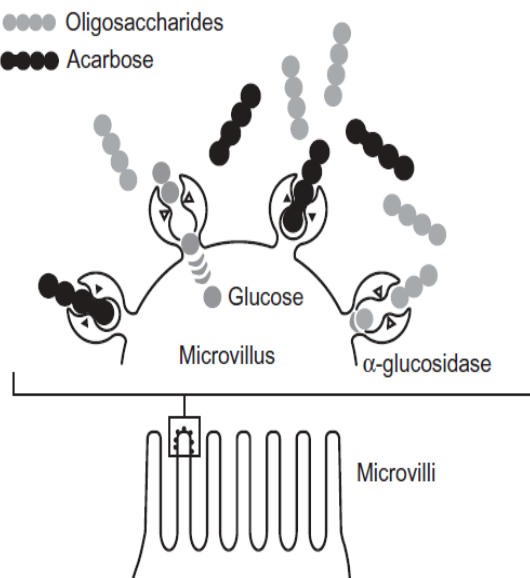


Figure 03.- Mécanisme d'action de l'acarbose (ROSAK et MERTES, 2012)

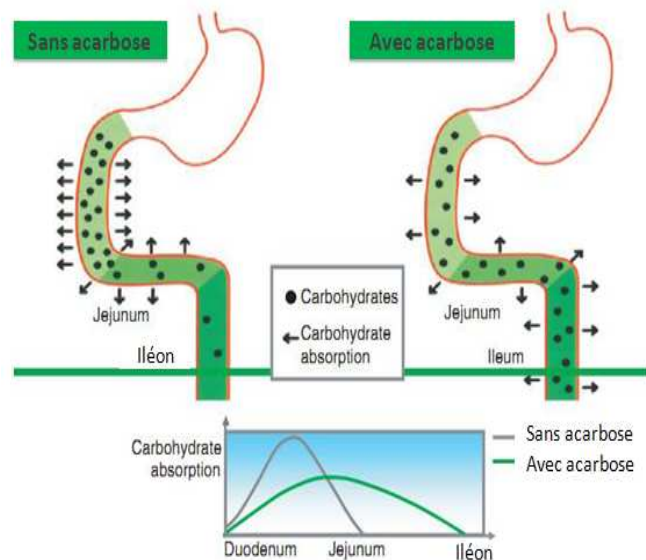


Figure 04.- Effet de l'Acarbose sur l'absorption intestinale de sucres (HANEFELD et SCHAPER, 2007)

Le miglitol est un médicament antidiabétique oral, un inhibiteur de l' α -glucosidase intestinale. Il bloque la décomposition de l'amidon et les disaccharides en monosaccharides absorbables dans la bordure de la brosse intestinale, qui entraîne une diminution de l'absorption intestinale de l'amidon, des disaccharides et de dextrine, entraînant une mal absorption des hydrates de carbone et un ralentissement de l'augmentation postprandiale de la glycémie (BALAKUMARAN *et al.*, 2016).

I.3.2.- Inhibiteurs de l'enzyme α -amylase

Chez l'être humain, ya beaucoup d'enzymes digestives, parmi les plus importants on trouve les alpha-amylases. Ces derniers, sont des métalloenzymes calciques qui ne peuvent pas fonctionner en l'absence de calcium (AGARWAL et GUPTA, 2016).

Les amylases (EC 3.2.1.1), sont des groupes d'enzymes qui catalysent l'hydrolyse des liaisons glycosidiques de type α (1,4) dans l'amidon et divers autres oligosaccharides (KATHIRVEL *et al.*, 2012).

Les grandes molécules comme l'amidon ne peuvent pas traverser la barrière hémato-encéphalique que le glucose doit atteindre le cerveau ainsi; pour surmonter ce problème, l'alpha-amylase décompose les grandes molécules d'amidon en petits fragments de sucres afin de traverser la barrière hémato-encéphalique. S'il y aura une conversion excédentaire de l'amidon en sucres, il augmentera le niveau de sucre dans le sang (AGARWAL et GUPTA, 2016).

Les inhibiteurs de l'enzyme alpha-amylase peuvent ralentir l'absorption des glucides, prolonger le temps d'absorption et réduire la glycémie postprandiale. Les inhibiteurs des α -amylases utilisées en pratique clinique sont l'acarbose et miglitol (NOREEN *et al.*, 2017).

I.3.3.- Biguanides et Glitazones

Sont des antidiabétiques oraux classiques qui augmentent la sensibilité des tissus périphériques à l'insuline appelés « insulinosensibilisateurs » (DERFOUFI *et al.*, 2010). Les biguanides (metformine) et les glitazones n'ont pas d'effet sur la sécrétion d'insuline (VISCHER, 2001).

Les biguanides diminuent la concentration du glucose dans le sang par plusieurs actions différentes. Ils diminuent la gluconéogenèse hépatique, améliorent la sensibilité tissulaire à l'insuline, augmentent l'absorption et l'utilisation du glucose périphérique et diminuer l'absorption intestinale du glucose. Les biguanides ne provoquent pas d'hypoglycémie. En outre, les patients ne prennent pas de poids, contrairement aux patients prenant sulfonyles. L'action de biguanide ne dépend pas le fonctionnement des cellules β pancréatiques, et ils sont souvent utilisés en combinaison avec sulfonyles et d'autres agents hypoglycémiques tels que thiazolidinones (TZDs) (JOHN *et al.*, 2011). Ces derniers, sont des agonistes synthétiques du PPAR γ (PeroxisomeProliferator-ActivatedReceptor- γ) qui est un récepteur nucléaire exprimé fortement dans le tissu adipeux. Troglitazone, le premier médicament de cette classe, a été retiré du marché en 2000 suite à l'apparition de plusieurs cas d'hépatotoxicité fatale contrairementaux deux autres TZDs, rosiglitazone et pioglitazone, qui n'ont pas montré cet effet (KRENTZ *et al.*, 2000).

Cependant, la rosiglitazone a été retirée du marché européen en 2010 suite à l'augmentation du taux de mortalité et d'infarctus du myocarde chez les patients recevant ce médicament (NISSEN et WOLSKI, 2007).

Les TZDs améliorent la sensibilité à l'insuline par plusieurs mécanismes. Le plus important semble être la stimulation du PPAR γ . Une fois activé, le PPAR γ s'associe à un autre récepteur (Retinoid X receptor : RXR) pour former un hétérodimère qui va moduler la transcription de plusieurs gènes impliqués dans le métabolisme des hydrates de carbone et des lipides (ROSEN et SPIEGELMAN, 2001). La stimulation du PPAR γ par les TZDs favorise la différenciation des pré-adipocytes en adipocytes accompagnées de lipogenèse, stockage des graisses et diminution du taux d'acides gras libres. Ceci améliore l'effet et la sensibilité à l'insuline. En plus, les TZDs inhibent la sécrétion des cytokines pro-inflammatoires comme le TNF- α et augmentent le taux d'adiponectine (YKI-JARVINEN, 2004). Les TZDs augmentent aussi le transport de glucose dans les muscles (KRENTZ et BAILEY, 2005), comme elle est illustrée dans la figure 05.

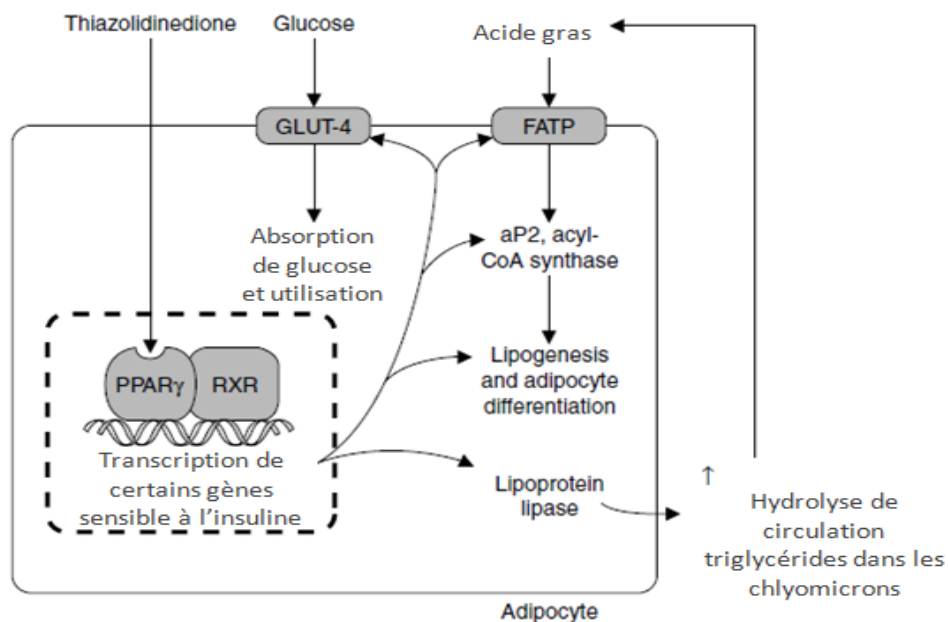


Figure 05.- Mécanisme d'action des thiazolidineliones (KRENTZ et BAILEY, 2005)

I.3.4.- Sulfamides hypoglycémiants et Glinides

I.3.4.1.- Sulfamides hypoglycémiants

Les sulfamides hypoglycémiants, ou sulfonylurées, stimulent la sécrétion d'insuline par les cellules β du pancréas en les sensibilisant à l'action du glucose (figure 06). Ils se lient à un récepteur situé sur la membrane plasmique, SUR (Sulfonyleurea Receptor), et inhibent le flux de potassium de la cellule β par fermeture des canaux potassiques ATP dépendants (FAURE, 2011).

L'élévation de la concentration de potassium intracellulaire qui en résulte crée une dépolarisation cellulaire suffisante pour déclencher l'ouverture des canaux calciques voltage-dépendants. L'influx du calcium provoqué par cette ouverture conduit à l'exocytose de vésicules d'insuline vers la membrane plasmique. L'augmentation de la sécrétion d'insuline est sensiblement identique quel que soit le niveau glycémique. En effet, il s'agit d'une libération d'insuline présynthétisée et non d'une augmentation de synthèse de l'hormone. (FAURE, 2011), voir la figure 06.

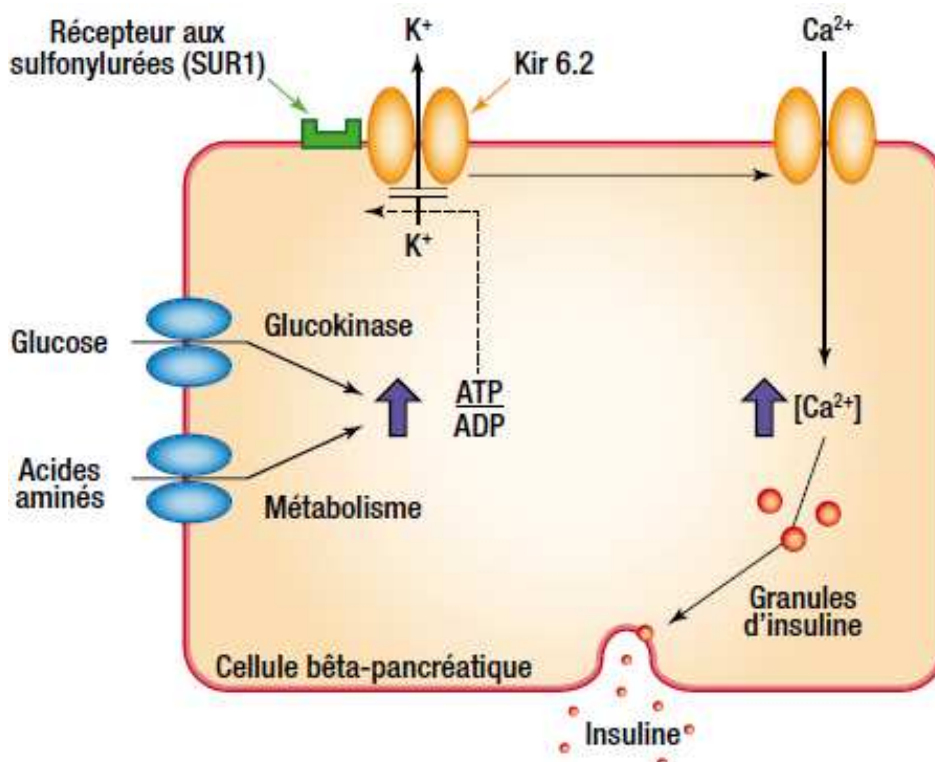


Figure 06.- Mécanisme d'action des sulfamides hypoglycémiants (FAURE, 2011)

I.3.4.2.- Glinides

Bien que les glinides soient plus récents, leur action est très proche de celle des sulfamides hypoglycémiantes. Leur effet insulinosécréteur est basé sur le même principe d'action que celui des sulfamides hypoglycémiantes, mais le site de liaison de ces deux familles sur la cellule β -pancréatique diffère (ANDREELLI *et al.*, 2011).

Les glinides donc agissent plus rapidement et plus brièvement sur la sécrétion d'insuline et ciblent plus spécifiquement la phase d'hyperglycémie postprandiale (HALIMI *et al.*, 2008). Ils sont efficaces et entraînent moins d'hypoglycémies que les sulfamides (EMILE, 2008). Contrairement aux SH, les glinides préservent entre autre la biosynthèse d'insuline par les cellules pancréatiques (MIRANDA *et al.*, 2008).

I.3.5.- Analogues du GLP1 et inhibiteurs de la DPP₄

I.3.5.1.- Analogues du GLP1 (Incrétines)

Les incrétines sont des hormones digestives naturelles produites lors de l'ingestion de nutriments et qui potentialisent la réponse insulinosécrétoire de manière glucose-dépendante (Figure 07). Parmi celles ci, la plus intéressante est le glucagon-like peptide-1 (GLP-1) sécrété par les cellules L de l'intestin grêle.

Cette hormone exerce plusieurs effets métaboliques intéressants pour la prise en charge du patient diabétique de type 2 :

- 1) Stimulation de l'insulinosécrétion proportionnellement à la glycémie ambiante, avec absence de stimulation en cas d'hypoglycémie;
- 2) Ralentissement de la vidange gastrique;
- 3) Diminution de l'appétit par une action hypothalamique;
- 4) Réduction de la sécrétion et des concentrations circulantes de glucagon;
- 5) Effet trophique sur les cellules β , en potentialisant leur prolifération et en diminuant leur apoptose (ce dernier effet a été observé chez l'animal, mais son existence et son importance restent à démontrer chez l'homme) (SCHEEN, 2011).



Figure 07.- Mécanisme d'action du GLP-1 (SCHEEN, 2011)

I.3.5.2.- Inhibiteurs de la DPP-4

Les inhibiteurs de la dipeptidyl peptidase-4 (DPP-4) peuvent améliorer l'action du GLP-1 et du GIP actifs endogènes en bloquant sa dégradation par l'enzyme DPP-4. Ils sont efficaces dans la protection des cellules β pancréatiques et dans le promouvoir de la sécrétion normale de glucagon, inhibant ainsi la progression du DT2. Les inhibiteurs de la DPP-4 sont bien tolérés car ils jouent un rôle central dans la protection cardiovasculaire et l'action anti-artérioscléreuse, avec peu d'effets secondaires gastro-intestinaux et une neutralité pondérale (YANLING *et al.*, 2014).

Le tableau I résume les caractéristiques des médicaments antidiabétiques oraux.

Tableau I.- Caractéristiques des antidiabétiques oraux (GUILLEVIN, 2007)

Classe pharmacologique	Exemple de molécules	Avantages	Inconvénients
Biguanides	Metformine	Bonne tolérance à long terme Pas de prise de poids Faible risque d'hypoglycémie Faible coût	Diarrhées +++ Possible lien avec la survenue d'une acidose lactique À éviter en cas d'insuffisance rénale sévère (clairance de la créatinine < 30 mL/min)
Sulfamides Hypoglycémiant	Gliclazide, glipizide, glimépiride, glibenclamide	Bonne tolérance Faible coût	Hypoglycémie Augmentation du poids Nécessité de surveiller les glycémies Initiation du traitement de manière prudente (nécessité d'une titration)
Glinides	Répaglinide	Action hypoglycémiante rapide	Action hypoglycémiante rapide
Glitazones	Pioglitazone Rosiglitazone	Utilisables en cas IR Pas d'hypoglycémie	Effets à très longue terme inconnus
Analogues du GLP-1	Exénatide, Liraglutide	Pas de prise de poids Faible risque d'hypoglycémie	Pancréatite Lien avec un cancer médullaire de la thyroïde à confirmer À éviter en cas d'insuffisance rénale
Inhibiteurs de la DPP-4	Sitagliptine, vildagliptine, saxagliptine	Faible risque d'hypoglycémie	Pancréatite

I.4.- Place de la phytothérapie dans le traitement du diabète de type 2

I.4.1.- Utilisation de la médecine traditionnelle et alternative en thérapie du diabète

Selon les estimations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), plus de 80 % de la population mondiale, surtout dans les pays sous-développés, ont recours aux traitements traditionnels (tableau II) pour satisfaire leurs besoins en matière de santé et de soins primaires (EDDOUKS *et al.*, 2007).

Tableau II.- Importance de l'utilisation de la médecine traditionnelle et complémentaire dans le monde (EDDOUKS *et al.*, 2007)

Pays ou région	Importance de l'utilisation de la médecine traditionnelle
Afrique	Utilisée par 80 % de la population locale pour les soins primaires.
Australie	Utilisée par 49 % d'adultes.
Chine	Intervient pour 30 à 50 % dans les systèmes de santé. Complètement intégrée dans les systèmes de santé. 95 % des hôpitaux ont des unités de médecine traditionnelle.
Inde	Largement utilisée. 2 860 hôpitaux ont des unités de médecine traditionnelle.
Indonésie	Utilisée par 40 % de la population totale et 70 % de la population rurale.
Japon	72 % des médecins pratiquent la médecine traditionnelle.
Thaïlande	Intégrée dans 1 120 centres hospitaliers.
Vietnam	Complètement intégrée dans les systèmes de santé. 30 % de la population se soignent par la médecine traditionnelle.
Pays occidentaux	La médecine traditionnelle ou complémentaire n'est pas intégrée dans les systèmes de soin moderne. * France : 75 % de la population a recours à la médecine traditionnelle au moins une fois. * Allemagne : 77 % des cliniques pratiquent l'acupuncture. * Etats-Unis : de 29 à 42 % de la population utilisent la médecine complémentaire.

L'OMS, a encouragé des études ethnobotaniques et des recherches pharmaceutiques pour améliorer des médicaments à base des plantes médicinales afin de promouvoir leurs utilisations optimales dans les systèmes de prestation des soins de santé (ORCH *et al.*, 2014).

Les plantes ont été toujours une source exemplaire de médicaments et beaucoup de médicaments actuellement disponibles ont été dérivés directement ou indirectement d'eux (KASHIKAR et KOTKAR, 2011).

La phytothérapie est la principale alternative thérapeutique surtout dans les pays en voie de développement. L'approche éthno-pharmacologique est d'une grande importance. Elle permet de recenser les remèdes antidiabétiques et de constituer une base de données des plantes médicinales afin de conserver un savoir ancestral qui s'appuie essentiellement sur une tradition orale (AIT OUKROUCH et EL ANSARI, 2015). Plus de 1 200 espèces de plantes utilisées dans le monde entier dans le traitement du diabète sucré et nombre important de plantes a montré (KARUPPASAMY *et al.*, 2014).

I.4.2.- Utilisation des plantes médicinales en médecine traditionnelle pour le traitement du diabète en Algérie

L'Algérie, de part sa situation géographique, bénéficie d'un climat très diversifié, les plantes poussent en abondance dans les régions côtières, montagneuses et également sahariennes. Ces plantes constituent des remèdes naturels potentiels qui peuvent être utilisés en traitement curatif et préventif (MAHMOUDI, 1987 ; BELOUAD, 1998).

Les plantes médicinales trouvent encore leurs indications thérapeutiques dans le traitement de plusieurs maladies en Algérie, y compris le diabète (ALLALI *et al.*, 2008).

Des enquêtes ethnobotaniques récentes sont effectuées dans le but de répertorier les plantes médicinales antidiabétiques en Algérie. BOUZABATA (2013), a identifié 28 espèces de plantes traditionnellement utilisées pour traiter le diabète dans le nord-est de l'Algérie. AZZI *et al.* (2012), ont identifié 60 espèces dans le sud-ouest. Alors que, ALLALI *et al.* (2008), ont identifié 58 espèces dans la région nord-ouest. Ces résultats soulignent l'importance qu'occupe ce patrimoine végétal dans la pharmacopée traditionnelle et surtout dans le traitement du diabète.

L'effet antidiabétique de certaines plantes utilisées en Algérie est prouvé par de nombreuses études. Parmi ces plantes : *Anabasis articulata* (KAMBOUCHE *et al.*, 2009),

Artemisia herba-alba Asso, *Centaurium erythraea* Rafn (HAMZA *et al.*, 2010) et *Marrubium vulgare* L (BOUDJELAL *et al.*, 2012).

I.4.3.- Modes d'action des plantes médicinales

Parmi les mécanismes d'action possibles des plantes médicinales en cas de diabète (GOVERNA *et al.* (2018); JOUZIER et BERKE (2012); ZHIJUN *et al.* (2013); KOOTI *et al.* (2016)).

- Réduction de l'absorption des glucides par l'inhibition de l'enzyme α -glucosidase et l'enzyme α -amylase.
- Inhibition des transporteurs du glucose au niveau de la barrière intestinale.
- Amélioration de sécrétion d'insuline.
- Prolifération des cellules β pancréatiques.
- Inhibition de l'activité de la protéine tyrosine phosphatase.
- Action sur la résorption (importante ou totale) des sucres au niveau de lamuqueuse intestinale, sur les adipocytes, les myocytes et les hépatocytes.
- Amélioration de la sensibilité à l'insuline.
- Réduction de l'utilisation périphérique du glucose.
- Réduction l'apoptose des cellules β .
- Potentialisation des incrétines endogènes et diminuent la sécrétion du glucagon.
- Augmentation de la glycogénèse ou inhiber la glycogénolyse hépatique, augmentation de l'absorption de glucose par les tissus musculaires et adipeux.

I.4.4.- Polysaccharides hypoglycémiantes des plantes médicinales

De nombreux composés phytochimiques ont un effet antidiabétique, ont été isolées des plantes, comme les alcaloïdes, les glucosides, les flavonoïdes, les saponines, les fibres alimentaires, les polysaccharides, les glycolipides, les peptidoglycane et les acides aminés, ces constituants phytochimiques ont été signalés comme des puissants agents hypoglycémiantes (SWITI *et al.*, 2014).

Les polysaccharides végétaux constituent la majeure partie de la matière organique dans la biosphère (GORSHKOVA *et al.*, 2013). Plusieurs plantes médicinales contiennent des polysaccharides ont un effet hypoglycémiant tels que : *Aloevera* (SWITI *et al.*, 2014),

Ephedra distachya (JOUZIER et BERKE, 2012), *Ocimum sanctum*, *Alpinia galanga* (QUANHONG *et al.*, 2005).

Les polysaccharides agissent par divers mécanisme en augmentant les niveaux d'insuline sérique, réduit les niveaux du glucose dans le sang et améliore la tolérance au glucose (SWITI *et al.*, 2014).

Chapitre II
Matériel et Méthodes

II.1.- Principe d'étude

Les plantes médicinales ont été utilisées depuis l'antiquité comme des agents thérapeutiques pour la gestion de la santé et le traitement des maladies (HONGXIA et ZHENG, 2018). Les polysaccharides végétaux ont des activités thérapeutiques prouvées tels que leurs pouvoir anti-tumorale, anti-ulcéreuse, anti-inflammatoire, cicatrisant, immunomodulatrice et anti-athérosclérotique (KATARZYNA *et al.*, 2018). Ainsi que leurs potentiel antiviral, antioxydant et anticoagulant (CHENZHIPENG *et al.*, 2017). L'activité antidiabétique a été aussi prouvée par plusieurs études (XIAODAN *et al.*, 2012 ; YUN *et al.*, 2016 et YUXIANG *et al.*, 2017).

L'étude porte sur l'extraction des polysaccharides hydrosolubles issues de feuilles de *Plantago albicans*, une plante médicinale spontanée de la région de Ghardaïa. Des analyses physicochimiques sont effectuées afin de déterminer l'humidité et la teneur des cendres. Une série de dosages colorimétriques sur l'extrait polysaccharidiques est aussi effectuée pour déterminer la concentration en oses totaux, neutres, acides, oses réducteurs et en polyphénols. De même des analyses qualitatives des hydrolysats des résidus glycosidiques ont réalisé par chromatographie sur couche mince (CCM) pour la caractérisation des oses constitutifs. L'activité antidiabétique est testée *in vitro* (test d'inhibition de l'enzyme α -glucosidase).

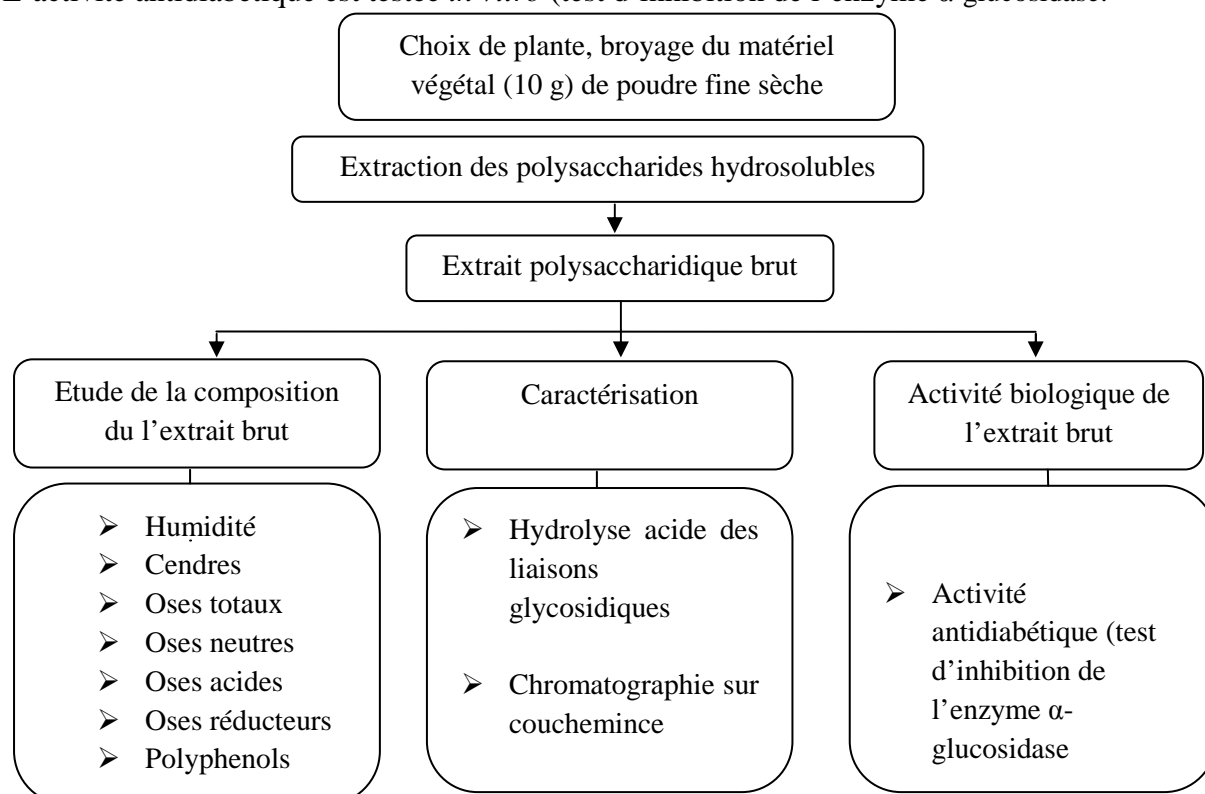


Figure 08.-Différentes étapes expérimentales

II.2.- Matériel d'étude

Le matériel d'étude est constitué de matériels biologiques, de produits chimiques et d'appareillages utilisés au cours de l'expérimentation.

II.2.1.-Matériel non biologique

II.2.1.1.- Solvants et réactifs

Tableau III.- Caractéristiques physicochimiques et origine des produits chimiques utilisés au cours de l'expérimentation

Produit	Fournisseur	Forme	Formule chimique	Masse molaire g/mol	Densité g/cm ³	Pureté %
Acétate d'éthyle	BIOCHEM	Liquide	C ₄ H ₈ O ₂	88,11	/	/
Acétone	GPR RECTAPUR	Liquide	C ₃ H ₆ O	58,08	0,792	100
Acétonitrile	SCHARLAU	Liquide	C ₂ H ₃ N	41,05	99,9	99
Acide acétique	EDEN-LABO	Liquide	CH ₃ COOH	60,05	1,048- 1,051	99,5
Acide ortho-phosphorique	SIGMA- ALDRICH	Liquide	H ₃ PO ₄	98	1,69	85-88
Acide trifluoroacétique	SIGMA- ALDRICH	Liquide	CF ₃ COOH	114,02	1,49	99,8
Acidesulfurique	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Liquide	H ₂ SO ₄	98,07	/	98
Aniline	RECTAPUR	Liquide	C ₆ H ₅ NH ₂	93,13	1,02- 1,03	98,5
Bleue de Coomassie	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Poudre	C ₄₅ H ₄₄ N ₃ Na O ₇ S ₂	/	/	/
Butanol	SIGMA ALDRICH	Liquide	C ₄ H ₉ OH	74,12	81	99,9
Bicarbonate de sodium	BIOCHEM	Poudre	Na ₂ CHO ₃	84,01	/	99,5
Carbonate de sodium anhydre	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Solide	Na ₂ CO ₃	105,99	/	9,99
Chloroforme	SCHARLAU	Liquide	CHCl ₃	119,38	1,47	99-99,6
Diphynaline	RIEDL-DE HEAN AG	Solide	C ₁₂ H ₁₁ N	169,23	52,5- 54,5	98
Ethanol	SIGMA- ALDRICH	Liquide	C ₂ H ₆ O	46,07	0,803- 0,805	99,5

Hydroxyde de sodium	EDEN LABO	Poudre	NaOH	39.997	2.13	99
Isopropanol	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Liquide	C ₄ H ₈ O	60,10	0,803 - 0,805	99,5
Méthanol	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Liquide	CH ₄ O	32.04	/	99
Phénol	FLUKA CHEMIK	Poudre	C ₆ H ₆ O	94,11	/	90,0
Pyridine	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Liquide	C ₅ H ₅ N	79.10	/	99.5
Résorcinol	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Poudre	C ₆ H ₆ O ₂	110,11	/	99,5
Tétraborate de sodium	BIOCHEM CHEMOPHARM A	Poudre	Na ₂ B ₄ O ₇ . 10H ₂ O	381.37	/	/

II.2.1.2.- Appareils et instruments

L'origine et type des appareils et des instruments utilisées au cours de l'expérimentation sont illustrés dans le tableau IV.

Tableau IV.- Origine et type des appareils utilisées au cours de l'expérimentation

Appareil	Fournisseur	Type	Lieu de fabrication
Bain marie	MEMMERT	MEMMERTGMBH. WB 7. NENNTEMP ; 100 0C	GERMANY
Balance	OHAUS	DISCOVERY DV 215CD OHAUS	USA
Centrifugeuse	SIGMA	SIGMA. 15PK, 14000 RPM.	GERMANY
Distillateur	LABORTECHNIC	D30-BURGWEDL, 2108	GERMANY
Etuve	MELAG	MELAG815.220V,50HZ, 12.3A,2700w	GERMANY
Hotte	TEL STAR	TELSTAR AV-100. MODELE50/60 HZ,0.6KW.	SPAIN
Lyophilisateur	CHRIST	CHRIST.ALPHA 1-2LD. 101021.230V,50HZ, 0.7. KW	GERMANY
Micropipette	SOCOREX	ACURA 821. 200-1000ML	SWIS
Spectrophotomètre	SHIMADZU	UV-MINI-1240.UV-VIS SPECTROPHOTOMETRE	CHINA

II.2.2.- Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par la plante *Plantago albicans*.

II.2.2.1.- Choix de la plante

Le genre *Plantago* L est le plus grand genre de la famille Plantaginaceae avec environ 265 espèces (EL SOUDA *et al.*, 2014). (Photo 01). La plupart des espèces du genre cosmopolite *Plantago* sont largement utilisées en médecine traditionnelle.

Des études phytochimiques sur les différents organes des plantains (feuilles, tiges) révèlent leur fort potentiel à produire un large spectre de molécules biologiquement actives (GAZER et SHALABI., 2016).

Plusieurs activités biologiques de l'espèce *Plantago albicans* ont été prouvées, à l'exemple de l'activité hépatoprotectrice, anti-inflammatoire, antiviral, immunomodulatrice, antidiabétique, anti-cancéreuse et antioxydante (ELSOUDA *et al.*, 2014).

AL SOUDA *et al.* (2014), ont montré que l'extrait d'éthanol d'Egyptienne *Plantago albicans* a une activité anti-mutagénique.

Cependant, aucune étude sur les polysaccharides et leurs effets biologiques issus de *Plantago albicans* n'a été signalée.



Photo 01 : Plante *plantago albicans* (Plantaginaceae)

II.2.2.1.1.- Description botanique de l'espèce *Plantago albicans*

Plantes à feuilles lancéolées, naissent du collet, elles sont dressées, obliques, linéaires, très pointues, souvent ondulées sur les bords, sont couvertes de poils blancs, soyeux. Elles sont toutes à la base de la hampe florale qui n'est pas striée. Les épis portent des fleurs d'abord

serrées les unes contre les autres, puis qui s'écartent de façon importante après la floraison (QUEZEL et SANTA, 1963). (Photo 02).



Photo 02 : Feuille de la plante *plantago albicans*

II.2.2.1.2.- Répartition géographique

Plantago albicans L (Plantaginaceae) est une plante herbacée vivace largement répandue dans la région méditerranéenne au sud-ouest de l'Asie à l'Iran (VEIGA-BARBOSA et PEREZ-GARCIA, 2014) et au Sahara-Sindian (MOHSENZADEH *et al.*, 2008).

II.2.2.1.3.- Position systématique

Embranchement : Spermaphyte

S/embranchement : Angiosperme

Classe : Dicotylédones

Ordre : Lamiales

Famille : Plantaginaceae

Genre : *Plantago*

Espèce : *Plantago albicans* (OZANDA, 1977).

II.2.2.1.4.- Utilisation dans la médecine traditionnelle

Dans la médecine traditionnelle, la plante *Plantago albicans* (Plante entière) utilisée comme cicatrisante (CHERMAT et GHARZOULI, 2015), et aussi comme Apaisant, adoucissant, astringent, diurétique et laxative, aussi dans le soin des plaies et contre la diarrhée (SAIDI *et al.*, 2015).

II.3.- Etude des polysaccharides

II.3.1.- Extraction des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de *Plantago albicans* (protocole modifié)

Une quantité de 10 grammes de broyât (XU *et al.*, 2016 ;GHAZALA *et al.*, 2015) est prétraitée par 100 ml d'éthanol à 96% (BOUAL *et al.*, 2013a) à 60°C pendant deux heures (KANG *et al.*, 2017), afin d'éliminer les composés solubles dans l'éthanol, tels que les polyphénols, les oligosaccharides, les oses simples et les acides aminés (BOUAL *et al.*, 2011), les pigments ainsi les composés de faible poids moléculaire (BOUAL *et al.*, 2012 ;YE *et al.*, 2017) .Après filtration, 200 ml d'éthanol est ainsi ajouté au ce résidus et laisser pendant 24 heures. Le broyât est ainsi séchée et macérer dans 200 ml d'eau distillée (CHIDOUH *et al.*, 2014) , puis une centrifugation à 4000rpm/15mn (SONG *et al.*, 2018) est effectuée, Le culot est macéré une deuxième fois par 100 ml d'eau distillée dans les mêmes conditions. Puis les deux surnageants sont réunis.

Les polysaccharides de l'extrait concentré, sont précipités à l'aide de 3 volumes d'isopropanol (95%) (IBANEZ et FERRERO, 2003; BOUAL *et al.*, 2015 ; ZHANG *et al.*,2015), pendant 24h et à une température de 4°C (MEI *et al.*, 2015 ; ZHAUYNBAEVA *et al.*, 2010 ;LIU *et al.*, 2014 ; CHANGJIAN *et al.*,2014), Après une centrifugation à 4000rpm pendant 15mn (YAN *et al.*, 2008) ,le culot est lavé avec l'acétone (ZHANG *et al.*, 2013) à plusieurs reprise (cinq fois) (YANG *et al.*, 2008) , Après l'évaporation de l'acétone, les culots sont lyophilisés à l'aide d'un lyophilisateur de type ALPH1-2 LD, CHRIST (VALEPYN *et al.*, 2014). Le lyophilisat obtenus représente l'extraits brut de polysaccharides hydrosolubles (HE *et al.*, 2014).

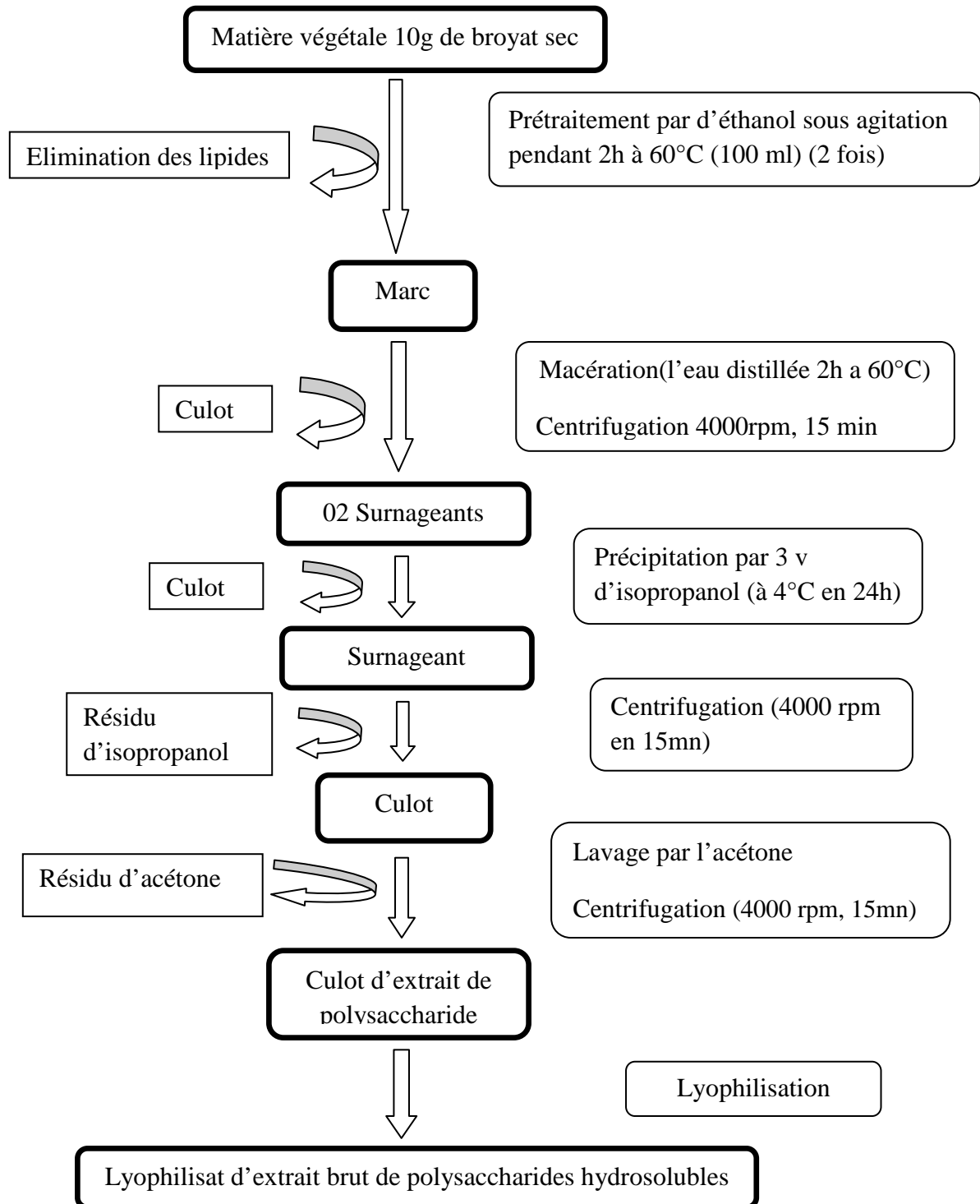


Figure 09.- Différentes étapes de l'extraction des polysaccharides hydrosolubles (XU *et al.*, 2016; GHAZALA *et al.*, 2015;BOUAL *et al.*, 2013a ; KANG *et al.*, 2017 ; HE *et al.*, 2014; BOUAL *et al.*, 2011 ; BOUAL *et al.*, 2012; YE *et al.*,2017; CHIDOUH *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2013; IBANEZ et FERRERO, 2003; BOUAL *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*,2015; MEI *et al.*, 2015; ZHAUYNBAEVA *et al.*, 2010; LIU *et al.*, 2014; CHANGJIAN *et al.*,2014; YANG *et al.*, 2008; VALEPYN *et al.*, 2014; SONG *et al.*, 2018; YAN *et al.*, 2008)

II.3.2.- Calcul du rendement

Le rendement de l'extraction des polysaccharides bruts est calculé selon ROMDHANE *et al.* (2017), par la formule suivante:

$$R (\%) = \frac{\text{Poids de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles}}{\text{Poids de la matière végétal sec}} \times 100$$

II.3.3.- Composition de l'extrait polysaccharidique

Les principaux constituants chimiques de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de feuilles de *Plantago albicans* sont caractérisés par des réactions colorées. Une solution polysaccharidique de 0,1% est préparée à partir de l'extrait brut. Pour le dosage, une dilution de 1/10 est effectuée (0,01%).

II.3.3.1.- Analyses physico-chimiques

Les analyses portent sur la détermination de la teneur de l'humidité et de cendres selon les méthodes d'AUDIGIE *et al.* (1984).

II.3.3.1.1.- Teneur en eau

L'humidité est déterminée par une dessiccation du lyophilisat à la température de 103±2 °C pendant 2 heures, dans une étuve à la pression atmosphérique, jusqu'à masse constante (AUDIGIE *et al.*, 1984). La teneur en eau est exprimée en pourcentage massique de l'extrait brut selon la formule :

$$\rho = \frac{m_3 - m_2}{m_1 - m_2} \times 100 \text{ (en g /100 g de l'extrait brut)}$$

ρ : Teneur en eau ;

m_1 : Poids du creuset sec en g ;

m_2 : Poids du creuset avec la prise d'essai avant séchage en g ;

m_3 : Poids du creuset avec la prise d'essai après séchage en g.

II.3.3.1.2.- Dosage des cendres

Les cendres totales sont déterminées selon AUDIGIE *et al.* (1984), par incinération des extraits bruts des polysaccharides hydrosolubles dans un four à moufle électrique à 550°C pendant 5 h. La teneur en cendres totales est calculée selon la formule:

$$X = \frac{G - G_1}{g} \times 100 \%$$

X: Cendres totales ;

G : Poids du creuset avec la cendre en g ;

G1: Poids du creuset à sec en g ;

g : Poids de la prise d'essai en g.

II.3.3.2.- Analyses biochimiques

L'étude de la composition biochimique de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles consiste à déterminer les teneurs en oses totaux, en oses constitutifs neutres, acides et réducteurs, et la teneur en polyphénols, par des dosages colorimétriques. Les analyses sont répétées trois fois.

II.3.3.2.1.- Dosage des oses totaux

La teneur en oses totaux dans l'extrait brut polysaccharidique des feuilles de *Plantago albicans* est déterminée par la méthode phénol- acide sulfurique décrite selon DUBOIS *et al.* (1956).

II.3.3.2.1.1.- Principe

En présence de l'acide sulfurique concentré à chaud, les liaisons glycosidiques sont hydrolysées. Une tétradéshydratation suivie d'une cyclisation des monosaccharides libérés donne des dérivés furfuraliques et des dérivés d'acide 5-formylfuroïque. Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangé (BRUDIEUX, 2007; BOUAL *et al.*, 2013b; BRIAN-JAISSON, 2014). Ces complexes permettent de suivre la concentration en oses totaux de l'échantillon en lisant l'absorbance à 490 nm (PIERRE, 2010).

II.3.3.1.1.2.- Mode opératoire

Dans des tubes en verres placer un mélange de 200µl d'échantillon et 200µl de phénol 5%. Après homogénéisation, 1ml d'acide sulfurique H₂SO₄ (95%), est rapidement introduit dans le milieu réactionnel. Les tubes sont ensuite incubés à 100°C pendant 5 mn. Les tubes sont refroidis dans un bain de glace, puis placés à l'obscurité pendant 30 min. L'absorbance est par la suite mesurée à 490 nm par un spectrophotomètre UV-visible (BRUDIEUX, 2007; RUIZ, 2005; GENESTIE, 2006).

II.3.3.2.2.- Dosage des oses neutres

Les oses neutres sont dosés par la méthode de MONSIGNY *et al.* (1988).

II.3.3.2.2.1.- Principe

Le dosage des oses neutres se repose sur la réaction des dérivés furfuriques obtenus par action à chaud d'un acide concentré comme l'acide sulfurique (DUBOIS *et al.*, 1956). En présence d'un composé aromatique tel que le résorcinol (1,3-dihydroxybenzène), ces dérivés furfuriques se condensent et donnent des composés de couleur orangée (MONSIGNY *et al.*, 1988).

II.3.3.2.2.2.- Mode opératoire

Dans un tube à essai en verre, 200 µl de résorcinol à 0,6% et 1 ml d'acide sulfurique concentré (95%), sont ajoutés à 200 µl de l'échantillon ou d'étalon. Les tubes sont agités et mis pour chauffer à 90°C dans un bain Marie pendant 30 mn et ensuite placés dans un bain d'eau froide pendant 30 mn à l'obscurité. L'absorbance de la solution est déterminée à 480 nm. La concentration en oses neutres est obtenue par référence à une gamme étalon du glucose (MONSIGNY *et al.*, 1988) de 0.001 à 0.01%.

II.3.3.2.3.- Dosage des oses acides

Le dosage des oses acides est réalisé selon la méthode décrite par BLUMENKRANTZ et ASBOEHANSEN (1973).

II.3.3.2.3.1.- Principe

La méthode de BLUMENKRANTZ et ASBOE-HANSEN (1973) permet la détection d'acides uroniques avec une faible interférence des hexoses. Il s'agit de tests très sensibles dans la mesure où ils permettent de détecter jusqu'à 1 µg de composé. C'est en présence d'acide sulfurique concentré et à chaud, les liaisons glycosidiques des poly- et oligosaccharides subissent une hydrolyse quantitative. La déshydratation des unités osidiques libérées conduit à la formation de dérivés furfuriques. En se complexant avec le méta-hydroxydiphényl (m-HDP), ils forment des composés de couleur rose rouge absorbant à 520 nm (DELATTRE, 2005). Le m-hydroxydiphényle en présence de tétraborate de sodium sert de chromophore sélectif lors du dosage des acides uroniques (RUIZ, 2005).

II.3.3.2.3.2.- Mode opératoire

Dans des tubes à essais en verre, 200 µl de solution à analyser est mélangés avec 1,2 ml de solution de tétraborate de sodium à 0.0125 M dans l'acide sulfurique concentré. Après agitation, les tubes sont placés pendant 5 mn dans un bain de glace avant d'être placés dans un bain Marie à 100°C pendant 5min. Après refroidissement environ 10mn dans un bain de glace, 20 µl de solution de méta-hydroxydiphényl (m-HDP) est ajouté. Après agitation, une coloration rose se développe et l'absorbance est mesurée à 520 nm. Les concentrations en oses acides en peuvent être établies en comparaison avec une gamme d'étalonnage d'acide glucuronique (BRIAN-JAISSON, 2014) de concentration de 0.001 à 0.01%.

II.3.3.2.4.- Dosage des oses réducteurs

La concentration en sucres réducteurs a été déterminée par la méthode de WAFFENSCHMIDT et JAENICKE (1987).

II.3.3.2.4.1.- Principe

Ce test colorimétrique est basé sur la réduction du cuivre. Le couple L-sérine/Cu²⁺ en présence d'une extrémité réductrice est réduit en L-sérine/Cu⁺. La détection des ions Cu⁺ est réalisée à l'aide de l'acide bicinchoninique (4,4'-dicarboxy-2,2'-biquinoline) qui forme un complexe coloré avec le couple L-sérine/Cu⁺. L'apparition de ces complexes est suivie en mesurant l'absorbance à 540nm (NADOUR, 2015).

II.3.3.2.4.2.- Mode opératoire

Dans des tubes à essai en verre, introduire 200 µL de l'échantillon à analyser avec 800 µL d'eau ultrapure et 1 mL de la solution mélange A+B (1 : 1 v/v). Incuber les tubes durant 15 min à 100°C dans un bain marie puis laisser les tubes pour refroidir pendant 20-25 min à température ambiante. Mesurer l'absorbance à $\lambda=540$ nm. La concentration en sucres réducteurs est obtenue par référence à une gamme étalon de galactose réalisée entre 10 et 100 mg/l.

II.3.3.2.5.- Dosage des polyphenols

La teneur en phénols totaux de l'extrait est déterminée au moyen du réactif de Folin-Ciocalteu selon la méthode adoptée de SINGLETON et ROSS (1965).

II.3.3.2.5.1.- Principe

En milieu basique, le réactif de Folin-Ciocalteu qui est formé d'acide phosphotungstique $H_3PW_{12}O_{40}$ et d'acide phosphomolybdique $H_3PMo_{12}O_{40}$, s'oxyde les groupements oxydables des composés polyphénoliques présents dans l'échantillon. Les produits de réduction de couleur bleue représentent un maximum d'absorption dont l'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux des composés phénoliques oxydés. La mesure de l'absorbance est effectuée à 765nm par un spectrophotomètre et une courbe d'étalonnage est effectuée en prenant l'acide gallique comme référence (BOIZOT et CHARPENTIER, 2006). Les résultats obtenus, sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (MUANDA, 2010).

II.3.3.2.5. 2.- Mode opératoire

100µl de l'échantion est introduit dans un tube à essai en verre, suivis de l'addition de 500µl du réactif de Folin-Ciocalteu qui est dilué dix fois. Après incubation pendant 2min, 2ml de carbonates de sodium à 20% sont ajoutées. Après avoir mélangé, ces tubes sont maintenus à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante. L'absorbance est mesurée à 760 nm par un spectrophotomètre. Une gamme des standards de 0,005 à 0,035% est préparée en diluant une solution mère de l'acide gallique de 0,1%.

II.3.4.- Caractérisation des résidus glycosidiques

L'identification des monosaccharides constitutifs des polysaccharides nécessite la rupture de toutes les liaisons glycosidiques (RUIZ, 2005). Elle est réalisée par une hydrolyse acide suivie d'une chromatographie sur couche mince (DELATTRE, 2005).

II.3.4.1.- Hydrolyse des liaisons glycosidiques dans des conditions acides

II.3.4.1.1.- 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 (2 M) tels que l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide sulfurique (H₂SO₄), l'acide trifluoroacétique (TFA), l'acide formique ou encore, l'acide nitrique (DELATTRE, 2005). L'acide trifluoroacétique est préféré à l'acide sulfurique car il présente de plus l'avantage d'être éliminé par une simple co-évaporation avec du méthanol (RUIZ, 2005).

II.3.3.1.2.- Mode opératoire

A un échantillon de 25 mg de lyophilisat de polysaccharides, 1 ml d'acide trifluoroacétique (TFA) de 2M est ajouté. Le tube est laissé dans l'étuve à 100°C pendant 4 h. Ensuite, le tube est refroidi au bain de glace et le surnageant est récupéré sur un verre de montre après une centrifugation à 4000 rpm pendant 15min. Après l'ajout de quelques gouttes de méthanol (99,7%), le verre de montre est déposé dans un dessiccateur sous hotte pendant 24h. Après séchage, 1ml de l'eau distillée est additionnée pour solubiliser les oses, puis récupérer dans un tube eppendorf de 1,5 ml (NIU *et al.*, 2011; AI *et al.*, 2012; YAN *et al.*, 2015; XU *et al.*, 2016; YU *et al.*, 2017).

II.3.4.2.- Chromatographie sur couche mince

II.3.4.2.1.- Principe

C'est une méthode d'analyse couramment utilisée pour l'identification de composés organiques, repose principalement sur des phénomènes d'adsorption: la phase mobile est un solvant ou un mélange de solvants, qui progresse au long d'une phase stationnaire (gel de silice, polyamide, cellulose...) (DELATTRE, 2005), fixée sur une plaque de verre ou sur feuille semi-rigide de matière plastique ou d'aluminium. Chacun des solutés est soumis à une force de rétention par adsorption et une force d'entraînement par la phase mobile (HAINQUE *et al.*, 2008).

Les substances migrent à une vitesse qui dépend de leur nature et de celle du solvant. Si un constituant est plus entraîné par l'éluant, il est moins adsorbé sur la phase stationnaire (DELATTRE, 2005). Après migration, les spots sont révélés par une réaction colorée le Nigrum, basée sur les réactions furfuraliques des sucres. Après chauffage à l'étuve à 105°C

pendant 10 à 15mn les aldohexoses donnent une coloration bleuâtre, les aldopentoses donnent une coloration verdâtre, les cétooses donnent une coloration rougeâtre (PAULSEN *et al.*, 2002).

L'identification est rendue possible grâce à des témoins, solutions de sucres connus déposés dans les mêmes conditions que le mélange à analyser. Chaque sucre est caractérisé par son R_f, rapport de la distance de migration du spot à la distance de migration du front du solvant (AUDIGIE *et al.*, 1980).

II.3.4.2.2.- Mode opératoire

Deux systèmes sont utilisés pour des plaques en gel de silice (HOTON-DORGE, 1976 ; CHENG *et al.*, 2010). Le choix du système est en fonction de la nature des oses à séparer et les rapports frontaux obtenus. Le Nigrum est utilisé comme révélateur pour les systèmes en gel de silice (GHEBREGZABEIER *et al.*, 1975).

✓ Phases mobiles

- Système 1: la phase mobile est constituée d'acétate d'éthyle, pyridine, eau, n-butanol, acide acétique dans les proportions 5-4-4-10-2 (HOTON-DORGE, 1976).
- Système 2: la phase mobile est constituée de : Acétonitrile, acétate d'éthyle, propanol, eau avec les proportions suivantes : 8,5-2-2-1,5 (HAN et ROBYT, 1998).

✓ Préparation des plaques chromatographiques

Pour les deux systèmes, les phases stationnaires sont des plaques en gel de silice prêtes à l'emploi de type Silica gel 60 F 254 de 0,25 mm d'épaisseur, étalée sur une feuille d'aluminium. Les plaques sont entièrement utilisées. Une ligne de dépôt est tracée à 1,5 cm du bord inférieur de la plaque, puis activée dans l'étuve. Une fois activée, la plaque est prête pour le dépôt des échantillons (BOUAL *et al.*, 2013a).

✓ Phase stationnaire

Des plaques en gel de silice prêtes à l'emploi, sont utilisées comme phase stationnaire, sont de type Silica gel 60 F 254 de 0,25 mm d'épaisseur, sur feuille d'aluminium (WANG et FANG, 2004).

✓ **Préparation des plaques chromatographiques**

Les plaques sont entièrement utilisées. Une ligne de dépôt est tracée à 1,5 cm du bord inférieur de la plaque, puis activée dans l'étuve. Une fois activée, la plaque est prête pour le dépôt des échantillons (BOUAL *et al.*, 2011).

✓ **Préparation des cuves chromatographiques**

La préparation des cuves est réalisée selon la méthode d'AUDIGIE *et al.* (1995), modifiée. La phase mobile est versée dans la cuve à une hauteur de 0,5 cm d'environ. La cuve est laissée fermée hermétiquement pendant 24h pour assurer une saturation maximale en vapeur de la phase mobile.

✓ **Dépôt des hydrolysats et des étalons**

A chaque 25 mg d'ose étalon (acide D-galacturonique, L-arabinose, D-galactose, D-glucose, D-mannose, L-rhamnose, ribose et D-xylose) est ajouté 2,5 ml d'eau distillée (BOUAL *et al.*, 2013b). Une ligne de dépôt est tracée à 1,5 cm du bord inférieur des plaques, puis les solutions sont déposées à l'aide d'un applicateur, en utilisant une micropipette de 10 μ l (AUDIGIE *et al.*, 1995; BOUAL *et al.*, 2011).

✓ **Développement des plaques**

Les plaques sont placées dans les cuves de sorte que la ligne de dépôt soit au-dessus de la phase mobile (DELATTRE, 2005). Chaque plaque est déposée en position verticale ou légèrement inclinée dans la cuve préalablement saturée par les vapeurs du système solvant approprié, l'échantillon à étudier sera plus ou moins entraîné par la progression par capillarité de la phase mobile vers le haut de la plaque (SINE, 2003). La cuve est ensuite fermée pour laisser les plaques se développer avec le temps, en évitant tout déplacement ou vibration des cuves pendant l'élution. Quand le solvant arrivera à 1cm du bord supérieur, les plaques sont retirées doucement et le front du solvant est marqué avec un crayon (DELATTRE, 2005).

Les plaques sont ensuite séchées à l'air libre et révélées par le NIGRUM à l'aide d'un pulvérisateur. Les plaques sont incubées à l'étuve à 105°C jusqu'à l'apparition des spots colorés (ou taches) environ 15mn (BOUAL *et al.*, 2011).

✓ **Calcul des facteurs de rétention**

Le facteur de rétention (Rf) est calculé pour chaque spot obtenu. Ceci permet la détermination de la composition des extraits en monosaccharides (DAVID et HAZEL, 1998).

$$\mathbf{Rf} = \frac{\text{Distance parcourue par la substance}}{\text{Distance parcourue par le solvant}} \times 100$$

II.3.5.- Activité antidiabétique

L'étude de l'activité antidiabétique des polysaccharides porte sur la détermination de leur pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase.

II.3.5.1.- Principe

La détermination d'inhibition de l'activité de l' α -glucosidase (EC 3.2.1.20) est effectuée en utilisant le *p*-nitrophényl- α -D-glucopyranoside (*p*-NPG) comme substrat, dont l'enzyme α -glucosidase catalyse sa dégradation en α -D-glucopyranoside et *p*-Nitrophénol (*p*-NP). Le test est basé sur la mesure de la libération de *p*-Nitrophénol (*p*-NP) de couleur jaune par spectrophotométrie à 405nm, qui permet d'évaluer l'activité enzymatique de l' α -D-glucosidase (BEN HENDA, 2014; KIM *et al.*, 2014; CUI *et al.*, 2015 et HA *et al.*, 2016).

En présence d'inhibiteur, l'activité enzymatique de l' α -D-glucosidase diminue ou est inhibée. Cela est exprimé par diminution de la dégradation de substrat *p*-NPGP (MOSIHUZZMAN *et al.*, 2013). Dans ce test, l'acarbose est utilisé comme control positif. Le contrôle négatif représente le milieu réactionnel de l'enzyme α -D-glucosidase sans aucun aditif.

L'activité inhibitrice de l'enzyme α -D-glucosidase est calculée d'après la formule suivante (CUI *et al.*, 2015; ZHANG et LI, 2015; LI *et al.*, 2017):

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = \frac{\Delta A \text{ contrôle (-)} - \Delta A \text{ échantillon}}{\Delta A \text{ contrôle (-)}} \times 100$$

Où:

- ΔA contrôle (-) : A1 contrôle (-) – A0 contrôle (-)

- ΔA échantillon : A1 échantillon – A0 échantillon

Tableau V.- Test de l'activité antidiabétique

Test		Volumes (μ l)
Contrôle positif	<i>p</i> -NPG	150
	α -D-glucoside	500
	Acarbose	10
Échantillon (Extrait des polysaccharides de <i>Plantago albicans</i>)	<i>p</i> -NPG	150
	α -D-glucoside	500
	polysaccharides	10
Contrôle négatif	<i>p</i> -NPG	150
	α -D-glucoside	500
	Eau distillée	10

II.3.5.2.- Mode opératoire

L'activité antidiabétique des polysaccharides de *Plantago albicans* L, est déterminée en utilisant une méthode de l'inhibition de l'enzyme α -D-glucosidase tel qu'est décrit par OKI *et al.* (1999), BISHT *et al.* (2013) et QIAN *et al.* (2015) avec une légère modification.

Dans un tube sec, un volume de 500 μ l de solution de α -D-glucosidase (0,2U/ml) est ajouté à 10 μ l de différentes concentrations de polysaccharides (2,5mg/ml à 100mg/ml) ou d'acarbose (0,001M à 0,1M) (Tableau V). Le mélange résultant est incubé à 37°C pendant

15min sous agitation, puis un volume de 125 μ l de *p*- nitrophényl- α -D-glucopyranoside (*p*-NPG) est additionné. Après 2min d'incubation, La lecture des densités optiques est effectuée chaque 12 sec pendant 3min à 405nm par un spectrophotomètre UV-visible (ZHANG et LI, 2015; CUI *et al.*, 2015; LI *et al.*,2017).

Chapitre III
Résultats et Discussions

Après l'extraction hydrosoluble des polysaccharides de feuilles de *Plantago albicans*, une seule fraction polysaccharidique a été isolée «PLPSF». Les analyses physico-chimiques de la fraction retenue sont réalisées par un dosage de l'humidité et de cendres, ainsi qu'un ensemble des dosages colorimétriques. Une analyse qualitative des oses constitutifs de cette fraction est effectuée par chromatographie sur couche mince, en outre d'une évaluation de leur pouvoir inhibiteur sur l'enzyme α -D-glucosidase.

III.1.- Rendement d'extraction des polysaccharides

Le rendement relatif est calculé par rapport au poids de matière sèche ayant servi à l'extraction (MOURADI *et al.*, 2006). Il apparaît que le rendement massique de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles de feuilles de *Plantago albicans* par rapport à la matière sèche est de 9% (figure 10). Ce rendement est proche de celui de *Plantago notata* signalé par BOUAL (2014) soit 8,27%, et supérieur à celui de feuilles de *Plantago notata* Lagasca, soit 2% (BOUAL *et al.*, 2015).

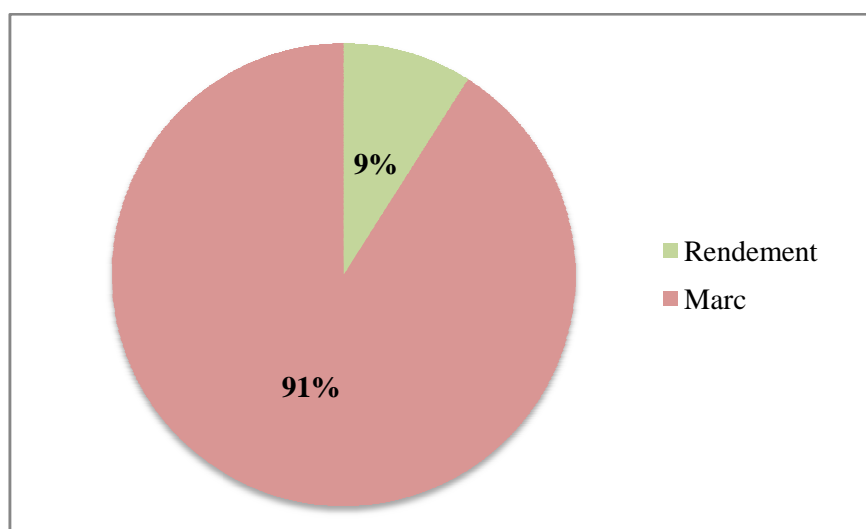


Figure 10.- Rendement d'extraction des polysaccharides de *Plantago albicans*

LUKOVA *et al.* (2017) rapportent des rendements inférieurs de polysaccharides hydrosolubles extraits à partir des matières fraîches lyophilisées de *Plantago major*, *Plantago media* et *Plantago lanceolata* soient 1,48, 2,79 et 0,64, respectivement.

On note toutefois que BENAOUAN (2017) a décrit des rendements massiques des extraits polysaccharidiques hydrosolubles de *Plantago notata* L, de l'ordre de 4,66 % pour les graines, 3,4 % pour les feuilles et 2,5% pour les épis.

L'hétérogénéité des rendements d'extraction est à la fois due aux plantes concernées et aux parties analysées (BENAOUN, 2017). Selon KAUSHIK *et al.* (2017), la température d'extraction a un effet significatif sur le rendement polysaccharidique. Ainsi que, le pH et le temps sont indiqués parmi les facteurs affectant le rendement massique de l'extraction (MIAO *et al.*, 2011).

Les différences de rendements peuvent être aussi expliquées par l'état physiologique des plantes sachant que les polysaccharides sont des métabolites primaires donc ils sont utilisés comme des précurseurs d'autres métabolites secondaires, comme source d'énergie, la saison et la période de la récolte, ou par les différences des conditions expérimentales au laboratoire, type d'extraction (décoction, infusion ou par macération,...), et le degré de pureté d'alcool utilisé dans la précipitation et le volume utilisé (EBRINGEROVA *et al.*, 2003).

III.2.- Composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles

Les résultats des analyses physico-chimiques et biochimiques de l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles de feuilles de la plante échantillonnée sont représentés dans les figures ci-dessous.

Les analyses physico-chimiques de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles de *Plantago albicans* donnent un taux de $37,23 \pm 2,34\%$ pour l'humidité et $27,57 \pm 1,09\%$ pour les cendres (figure 11).

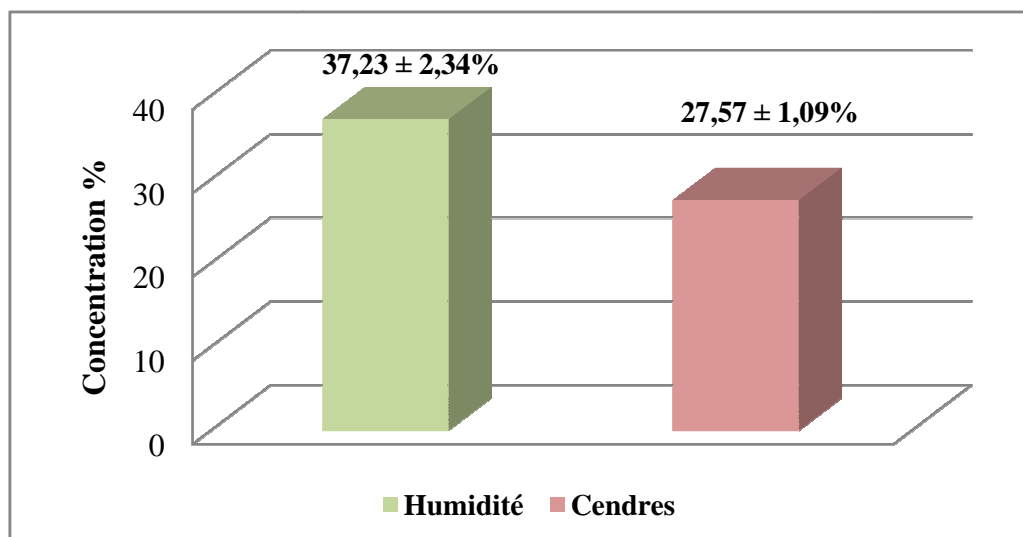


Figure 11.- Caractérisation physicochimique de l'extrait polysaccharidique de *Plantago albicans*

GUO *et al.* (2007) trouvent des valeurs inférieures à celles de *Plantago albicans* soient $6,83 \pm 0,04\%$ de l'humidité et $4,07 \pm 0,02\%$ des cendres dans l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de *Plantago psyllium* (Plantaginaceae). BOUAL (2014) signale un taux de $6,23 \pm 0,07\%$ d'humidité et $4,17 \pm 0,22\%$ de cendres dans l'extrait des polysaccharides hydrosolubles des graines de *Plantago notata*. Ces valeurs sont aussi inférieures à celles de l'extrait brut des polysaccharides de *Plantago albicans*.

Les cendres dans l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de *Plantago albicans* ($27,57 \pm 1,09\%$) sont plus supérieures à celles trouvées dans l'extrait brut des polysaccharides des graines de *plantago asiatica* L soient $3,01 \pm 0,11\%$ (YIN *et al.*, 2012). Les techniques de purification au cours de l'extraction ont une action sur la teneur en cendres, notamment la dialyse pendant 48 heures de l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles de feuilles de *Plantago ovata* (Plantaginaceae) effectuée par GUO *et al.* (2007).

Concernant les résultats des analyses biochimiques (voir la figure 12). La teneur en oses totaux représente la somme des oses neutres et des acides uroniques (WU *et al.*, 2007). Les oses totaux, sont les composants majeurs de l'extrait brut polysaccharidique hydrosoluble de feuilles de *Plantago albicans*. Elles représentent $21,4 \pm 0,04\%$ de cet extrait. En effet, l'extrait comporte une faible teneur en acides uroniques, soit $2,71 \pm 0,02\%$ par rapport à sa teneur en oses neutres, soit $18,69 \pm 0,11\%$. En outre, la teneur en oses réducteurs est de $6,14 \pm 0,03\%$. Cependant, notre extrait est dépourvu de polyphénols (0%).

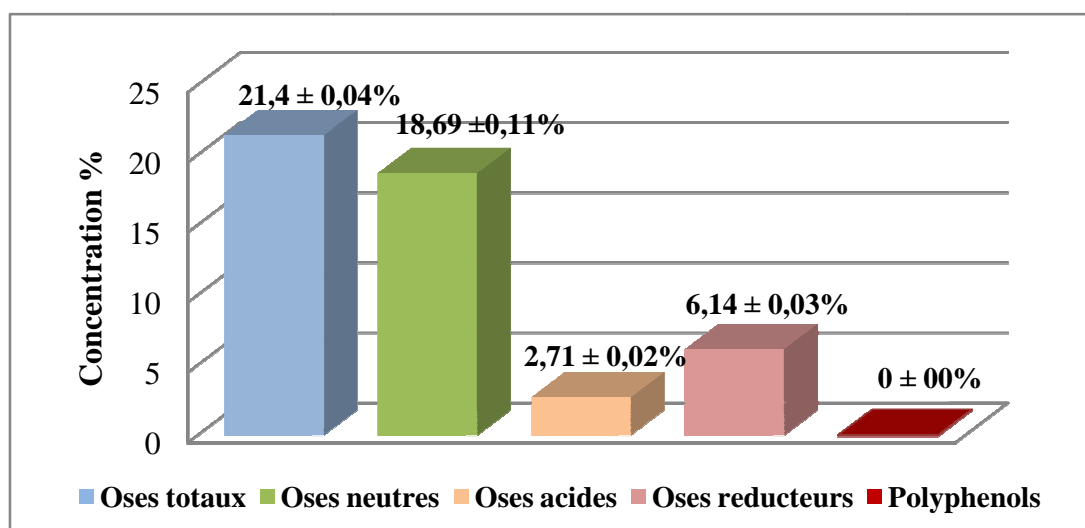


Figure 12.- Composition biochimique de l'extrait polysaccharidique de *Plantago albicans*

YIN *et al.* (2016), signalent une teneur en oses totaux de *Plantago asiatica* L de l'ordre de 82,84% avec 20,50% sont des acides uroniques. Ces teneurs semblent supérieures à celle obtenue par *Plantago albicans* (21,4% et 2,71%, pour les oses totaux et acides, respectivement). De même, BOUAL *et al.* (2012) rapportent une teneur en oses totaux égale à 85,03%, 79,65% en oses neutres et 20,34% en oses acides, pour l'extrait de *Plantago notata* Lagasca. BENAOUN *et al.* (2017) signalent un faible pourcentage en polyphénols soit 0,65% pour l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de *Plantago notata*, soit proche à celle de l'extrait de *Plantago albicans* (0%).

Le rapport de pourcentage [oses acides]/[oses neutres] dans l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles de la plante échantillonné est 0,14, donc il est inférieure à celle de *Plantago psyllium* (Plantaginaceae) soit 0,23 (GUO *et al.*, 2007).

On peut interpréter la concentration des oses réducteurs trouvée ($6,14 \pm 0,03\%$) dans l'extrait polysaccharidique, par la précipitation des oses simples avec les polysaccharides.

III.3.- Caractérisation par chromatographie sur couche mince des polysaccharides

Un seul type de traitement acide a été appliqué pour l'hydrolyse acide de l'extrait polysaccharidique est effectué par l'acide trifluoacétique (TFA) avant l'analyse par chromatographie sur couche mince. Pour l'identification des oses constitutifs de l'extrait PLPSF, deux systèmes différents sont utilisés. Ce type d'hydrolyse permet d'observer des taches ayant des différentes *R_f*.

La détermination des *R_f* (tableau VI) d'oses étalons permet d'identifier partiellement les principaux oses constitutifs de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles de feuilles de *P.albicans*. Ceci par comparaison des rapports frontaux des tâches apparues avec ceux des étalons (Figure 13).

La lecture de chromatogramme de système I, révèle la présence de trois spots d'oses de *R_f* : 0,26, 0,44 et 0,55 qui correspond au galactose, arabinose et xylose.

Le système II donne aussi trois spots d'oses de *R_f*: 0,31, 0,37 et 0,49, qui correspond au galactose, glucose, arabinose.

Par comparaison des rapports frontaux des tâches apparues dans l'extrait polysaccharidique avec ceux des étalons, il est appa  t que les polysaccharides de feuilles de *Plantago albicans* constituent principalement d'arabinose, galactose, glucose et xylose.

D'après les résultats obtenus on a remarqué que le système II (où la phase mobile est composée d'Acétonitrile, acétate d'éthyle, propanol, eau) présente une bonne migration des étalons et de l'échantillon par rapport au premier système (où la phase mobile est composée d'acétate d'éthyle, pyridine, eau, n-butanol, acide acétique). Ceci peut s'interpréter par la différence de polarité des différents éluants et l'affinité de chaque échantillon aux solvants (AUDIGIE *et al.*, 1980).

La présence d'arabinose, galactose, glucose et xylose, laisse supposer l'existence de xylogalactane et d'arabinogalactane, et ce résultat peut confirmer l'interprétation de la teneur en oses réducteurs qui retient à la précipitation des oses simples avec les polysaccharides, et laisse suggère que ces oses simples constituent du glucose.

On peut conclure que, l'extrait brut des polysaccharides de feuilles de *Plantago albicans* est un hétéro-polysaccharides; un mélange des oses pentoses (arabinose et xylose) et hexoses (galactose et glucose). Ces résultats semblent proches à ceux de BOUAL *et al.* (2012) qui ont signalé que *Plantago notata* L est constituée de galactose, mannose, arabinose, glucose et aussi d'acide galacturonique. BIRINGANINE *et al.* (2012), trouvent que les polysaccharides de *Plantago palmata* constituent majoritairement de mannose, arabinose, glucose, galactose, rhamnose et acide galacturonique. BENAOUN *et al.* (2017) signalent que les polysaccharides hydrosolubles de *Plantago notata* L constituent de xylose, rhamnose, arabinose, galactose, glucose et d'acide glucuronique.

FISCHER *et al.* (2004) montrent que les polysaccharides de *Plantago ovata* Forsk constituent principalement d'arabinose, galactose, glucose, xylose et de rhamnose. Cette composition est semblent proche à celle de *Plantago albicans* (arabinose, galactose, glucose et xylose).

L'étude de LUKOVA *et al.* (2017) sur les polysaccharides de trois espèces du genre plantago (*Plantago major*, *Plantago media*, *Plantago lanceolata*) montre que les polysaccharides hydrosolubles de *Plantago major* et de *Plantago lanceolata* constituent d'arabinose, rhamnose et d'acide galacturonique. Alors que, ceux de *Plantago media* sont constituent de rhamnose et d'acide galacturonique.

WU *et al.* (2013) ont indiqué que les différences marquées en composition de sucre peuvent être liées aux différentes méthodes d'analyses et des échantillonnages. Aussi, les constituants des polysaccharides sont facilement oxydés par des procédés chimiques. Autrement dit que le temps et l'humidité peuvent affectés les résultats de caractérisation.

Tableau VI.- Rapports frontaux (Rf) des oses étalons et de PLPSF pour deux systèmes de chromatographie sur couche mince (CCM)

Type d'ose	Système I	Système II
Acide D-galacturonique	0,11	0,033
Arabinose	0,43	0,50
Galactose	0,26	0,32
Glucose	0,33	0,38
Mannose	0,41	0,41
Rhamnose	0,66	0,68
Xylose	0,54	0,57
Ribose	0,51	0,55
PLPSF	0,26	0,31
	0,44	0,37
	0,55	0,49

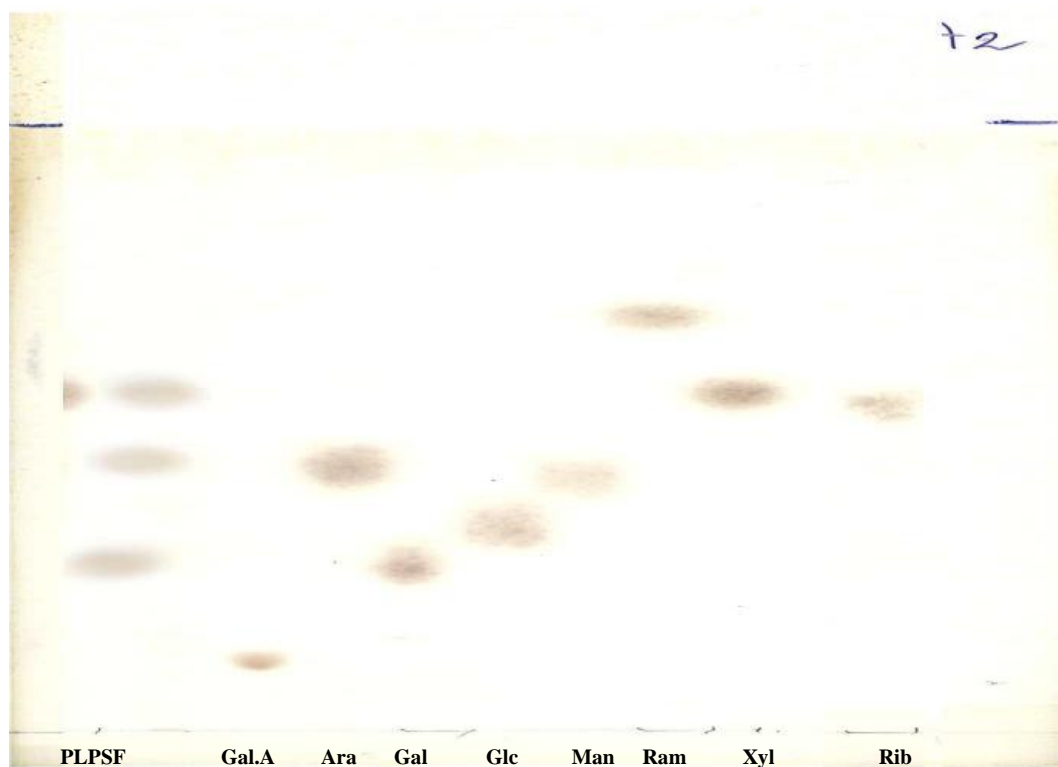


Figure 13a.- Chromatogramme du système I

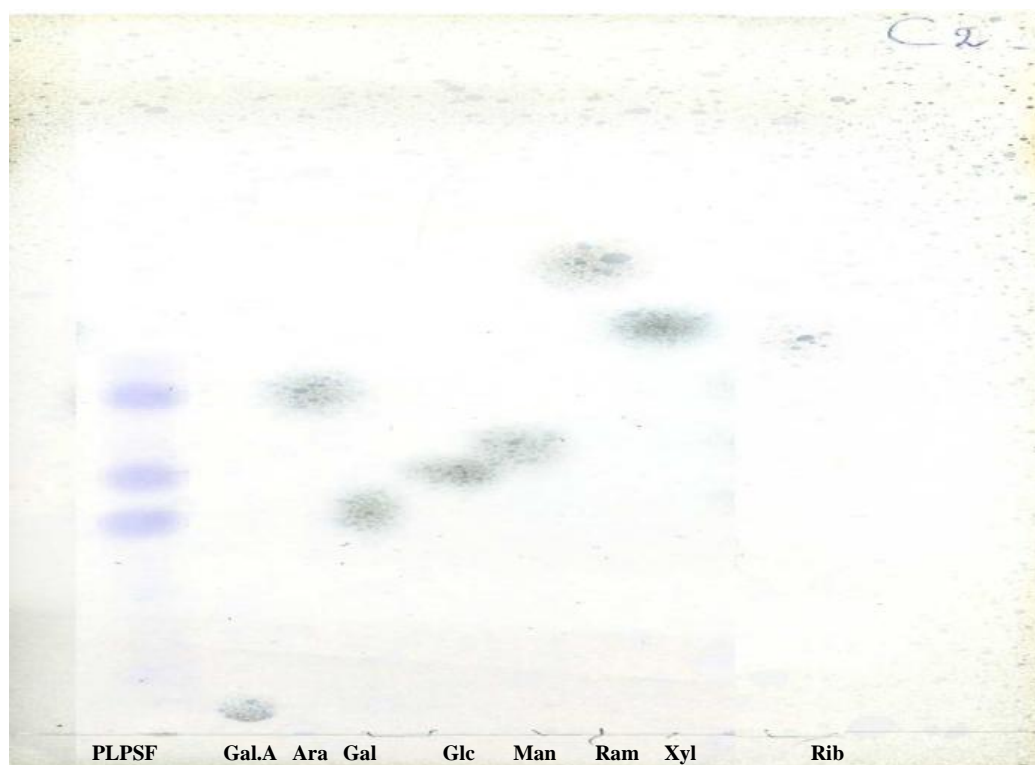


Figure 13b.- Chromatogramme du système II

Figure 13.- Chromatogrammes de l'extrait polysaccharidique de *Plantago albicans* dans les deux systèmes par CCM

II.4.- Activité antidiabétique de l'extrait brut polysaccharidique

Dans ce travail, nous avons étudié l'activité inhibitrice de l'enzyme α -glucosidase par les polysaccharides de feuilles de *Plantago albicans*, en considérant l'acarbose comme un contrôle positif.

Les résultats obtenus sont exprimées en pourcentages de l'inhibition de α -glucosidase. Différentes concentrations d'acarbose et de l'extrait polysaccharidique de *Plantago albicans* ont été testées. Les résultats sont consignés dans la figure 14.

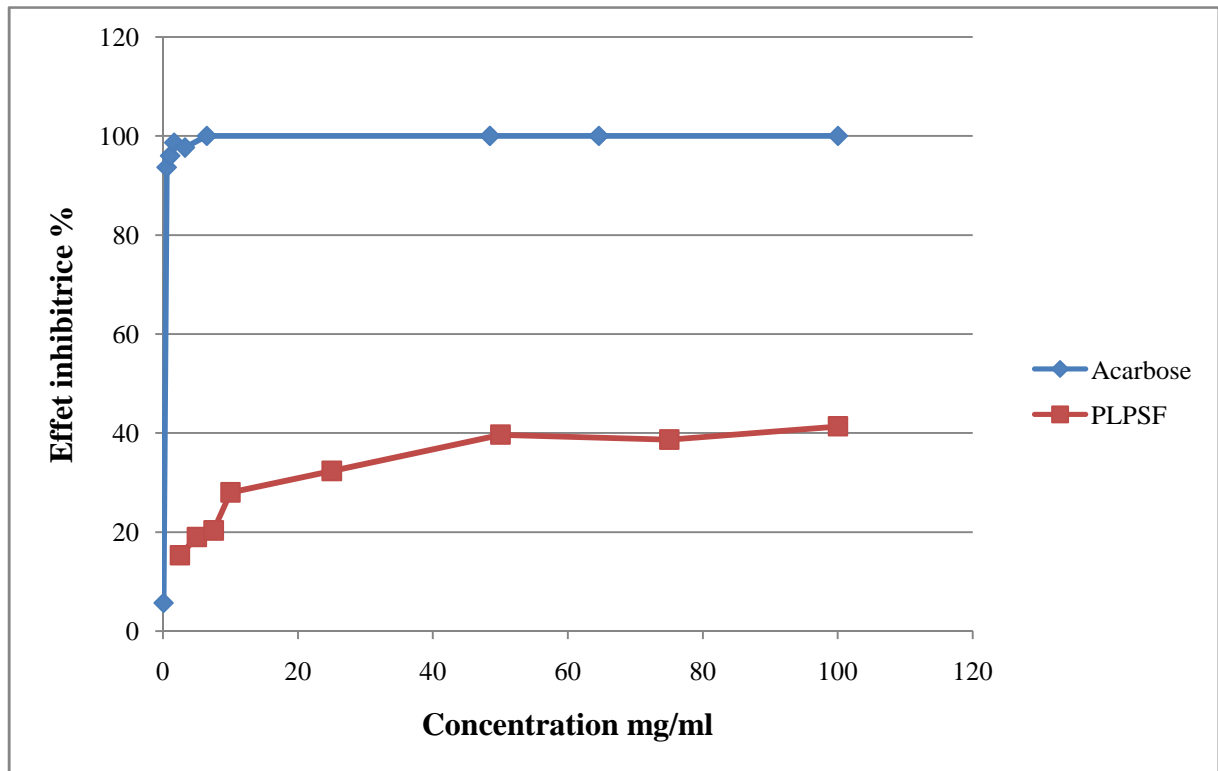


Figure 14.- Pourcentages d'inhibition (%) de l' α -D-glucosidase en présence de l'acarbose ou de l'extrait polysaccharidique

Il apparaît que l'extrait polysaccharidiques PLPSF a un pouvoir inhibiteur modéré de l' α -D-glucosidase. Le pourcentage d'inhibition des polysaccharides est de 39,66% pour une concentration maximale de 50 mg/ml et de 15,33% pour une concentration minimale de 2,5 mg/ml. Tandis que, l'acarbose a un fort pouvoir inhibiteur. Cette inhibition est de 100% à partir de la concentration 6,456mg/ml, alors qu'il semble que cette inhibition est négligeable à la concentration de 0,064 mg/ml. BISHT *et al.* (2013) annoncent un pourcentage d'inhibition maximal inférieur, soit 74,88% à 5,16mg, par rapport à cette étude. Cependant, WANG *et al.* (2010) rapportent une activité maximale (100%) à une concentration de 5mg/ml.

Il est remarqué que pour l'acarbose et l'extrait des polysaccharides, les pourcentages d'inhibitions augmentent proportionnellement avec l'augmentation des concentrations jusqu'à la saturation de l'enzyme.

PALANUVEJ *et al.* (2009) ont signalé que les polysaccharides issus de *Plantago ovata* a de pourcentage d'inhibition de l'enzyme α -D-glucosidase de 27% pour une concentration 0,5% (P/V) du mucilage. Cependant BENAOUN (2017) trouve que l'extrait polysaccharidique de *Plantago notata* Lagasca a un fort pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase, qui a montré une inhibition de l' α -D-glucosidase de 90% à une concentration de 50 μ g/ml et une inhibition de 100% pour une concentration maximale de 100 μ g/ml. Cette inhibition est plus supérieure à celle des polysaccharides de *Plantago albicans* (41,33% pour la concentration maximale de 100 mg/ml et 39,66% pour la concentration 50 mg/ml).

HSU *et al.* (2013), ont montré qu'il n'y a aucune relation entre les composants chimiques des polysaccharides et l'activité inhibitrice de α -glucosidase. Cette observation a conduit que l'effet inhibiteur de l'enzyme peut être dépend à la structure du polysaccharide.

Selon les résultats obtenus, il est constaté que la plante *Plantago albicans* a un effet modéré sur l'inhibition de l'activité enzymatique de l'enzyme α -D-glucosidase. L'étude de l'activité enzymatique est finement influencée par les conditions et les paramètres expérimentaux tels que la durée d'incubation, la température, le pH ...etc. De même le type de polysaccharides à étudier et leur pureté.

L'étude d'effet des polysaccharides sur l'activité enzymatique de l' α -D-glucosidase est l'une des méthodes et paramètres pour élucider et identifier l'activité antidiabétique. Il est souhaitable donc de continuer les études sur l'activité antidiabétique mais avec les autres voies métaboliques et hormonales pour confirmer ou infirmer l'activité antidiabétique de la plante *Plantago albicans*.

Conclusion

Conclusion

L'étude des polysaccharides hydrosolubles de *Plantago albicans* de la famille des Plantagenaceae, récoltée dans la région de Ghardaïa-Algérie (Sahara Septentrional Est Algérien). Les feuilles de cette plante sont prétraitées par l'éthanol, puis macéré dans l'eau distillée à 60°C pendant 2h. La précipitation des polysaccharides hydrosolubles se fait par l'isopropanol, un lavage par l'acétone est suivi par lyophilisation afin d'obtenir un extrait brut PLPFS. Le rendement massique de cet extrait est 9%.

L'étude de la composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles, donne un taux de 37,23±2,34% de l'humidité, 27,57±1,09% de cendres, 21,4±0,04% d'oses totaux. Ce dernier est composé de 18,69±0,11% des oses neutres et 2,71±0,02% des oses acides. Alors que, la teneur en oses réducteurs est de 6,14±0,03%. L'extrait polysaccharidique est dépourvu des polyphénols.

L'analyse qualitative de l'extrait polysaccharidique en oses constitutifs se fait par chromatographie sur couche mince (CCM), en utilisant deux systèmes après hydrolyse acide des liaisons glycosidiques. Il est montré que l'extrait polysaccharidique PLPSF présente une hétérogénéité et une diversité en oses constitutifs (pentoses et hexoses). Il est constitué majoritairement d'arabinose, du galactose, du glucose et de xylose.

Le test de l'activité antidiabétique révélé par la mesure du pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase, montre que l'extrait polysaccharidique PLPSF présent un pouvoir inhibiteur modéré pour cet enzyme par rapport à l'acarbose considéré comme contrôle positif. Il est de 39,66% pour une concentration maximale de 50 mg/ml d'extrait polysaccharidiques. Il est remarqué que pour cet extrait polysaccharidique, les pourcentages d'inhibitions augmentent proportionnellement avec l'augmentation des concentrations, donc à dose dépendante.

Perspectives

Il est souhaitable, pour augmenter le rendement d'extraction des polysaccharides pour cette plante, d'agir au cours de la macération sur la température, le temps d'extraction, le type et le pourcentage d'alcool-eau ajouté au cours de la précipitation des polysaccharides.

Afin de confirmer les résultats obtenus par CCM, on suggère de faire appel à des techniques plus avancées comme CPG/SM et la HPAEC-PAD pour caractériser précisément

les résidus glycosidiques constituant les polysaccharides de la plante *Plantago albicans*. En plus une analyse structurale par spectrométrie de masse SM et par la résonance magnétique RMN est recommandée pour établir la relation structure fonction entre l'extrait et les activités signalées.

Pour une meilleure évaluation des activités biologiques: antidiabétique, on propose de purifier l'extrait polysaccharidique, afin de préciser les parties responsables des effets remarquables.

Références bibliographiques

1. AGARWAL P., GUPTA R., 2016.- Alpha-amylase inhibition can treat diabetes mellitus. *Journal of Medical and Health Sciences*, vol.5:1-8.
2. AI L., WUA J., CHEC N., WUA Y et CUIS.W., 2012.- Extraction, partial characterization and bioactivity of polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds. *International journal of biological macromolecules*, vol.51:815– 818.
3. AIT OUKROUCH I.N et EL ANSARI., 2015.- Enquête ethnobotanique à propos des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète de type 2 à Marrakech, Faculté de Médecine et de Pharmacie. *Phytothérapie*, vol.13 :23-31.
4. ALLALI H., BENMEHDI H., DIB M.A., TABTI B., GHALEM S et BENABADJI N.,2008.- Phytothérapie of diabetes in west Algeria. *Asian journal of chemistry*, vol. 20(4): 2701-2710.
5. ALLICE Y.Y., CHENG I et GEORGE F., 2005.- Oral antihyperglycemic therapy for type 2 diabetes mellitus. *CMAJ*, vol. 172(2): 213–226.
6. ANDREELLI F., JACQUIER D., DIERICK-GALLET A et AMOUYAL C., 2011.- Pharmacogénétique des antidiabétiques. *Médecine des maladies Métaboliques*, vol. 5 : 512-519.
7. ARCELINA C., ANA R., NADJA R., ARICLÉCIO C.O., LIOHANNA DAVILA., JOSE C., DELANE R., HENRIETTE A., LORENA S., EDY B., JOSUE M.F., TALITA R., LUZIA L et NAGILA R.,2016.- Polysaccharides from *Caesalpinia ferreaseeds* – Chemical characterization and antidiabetic effects in Wistar rats. *Food Hydrocolloids*, vol.16 : 241-271.
8. AUDIGIE C., DUPONT G et ZONZAIN F., 1995.- Principe des méthodes d'analyse biochimique, 2ème Edition. Ed. Biosciences et Technique, Paris. 44-56p.
9. AUDIGIE C., FIGARELLA J et ZONZAIN F., 1980.- *Nanutilus: Exemples: Biochimie structurale*. Ed. doin, Paris. 232p
10. AUDIGIE C., FIGARELLA J et ZONZAIN F., 1984.- *Manipulations d'analyse biochimiques*. Ed. doin, Paris 3-4.
11. AZZI R., RABAH D., FARID L., FATIMA ZOHRA S., HOUCINE B et NACÉRA B., 2012.- Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria. *Journal Med Plants Res*, vol. 6(10): 2041-2050.

12. BABOUCHE Y., 2017.- Santé : 1,8 million de personnes atteintes de diabète en Algérie, TSA, vol. 2 :13-14.
13. BALAKUMARAN K., JANAGILI M., RAJANA N., PAPUREDDY S et ANIREDDY J., 2016.- Development and validation of Miglitol and its Impurities by RP-HPLC and Characterization Using Mass Spectrometry Techniques. Scientia pharmaceutica, vol. 84:654–670.
14. BASTARD J.P., VIGOUROUX C et CAPEAU J., 2001.- Syndrome métabolique ou syndrome d'insulinorésistance. Encyclopédie Médico-Chirurgicale: Endocrinologie-Nutrition, vol.10 : 354-363.
15. BECHIRI A., 2016.- Contribution à l'étude de l'effet de plantes médicinales sur l'hyperglycémie postprandiale chez le rat Wistar. Thèse de Doctorat de l'Université Aboubekr Belkaïd –Tlemcen, Algérie : 7p.
16. BELMOUHOU M., CHEBOUT et IGUER-OUADA M., 2017.- Effet antidiabétique et antihypercholestérolémiant des fractions riches en flavonoïdes de *Rosmarinus officinalis* chez des souris rendues diabétiques par la streptozotocine. Phytothérapie, vol. 10 :1-6.
17. BELOUAD A., 1998.- Plantes médicinales en Algérie. Office des publications universitaires. Algérie, 273p.
18. BEN HENDA Y., 2014.- Bioactivités de cryptides marins : Quels potentiels pour la santé humaine .Thème doctorat. Université de la Rochelle. France, 186p.
19. 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 de l'Université Clermont-Auvergne, France et de l'Université Kasdi-merbah, Ouargla, Algérie : 121-123-151p.
20. BENAOUN F., DELATTRE C., BOUAL Z., URSU A.V., VIAL C., GARDARIN C., WADOUACHI A., LE CERF D.,VARACAVOUDIN T., OULD EL-HADJ M.D., MICHAUD P et PIERRE G., 2017.- Structural characterization and rheological behavior of a heteroxylan extracted from *Plantago notate* Lagasca (*Plantaginaceae*) seeds. Carbohydrate Polymers, vol.17:1-45.

21. BIRINGANINE G., VRAY B., VERCRUYSSSE V., VANHAELEN-FASTRE R., VANHAELEN M et DUEZ P., 2004.- Polysaccharides extracted from the leaves of *Plantago palmate* Hook induce nitric oxide and tumor necrosis factor- α production by interferon- γ -activated macrophages. Nitric oxide, vol. 12: 1-8.
22. BISHT S., KANT R et KUMAR S., 2013.- α -D-Glucosidase inhibitory activity of polysaccharide isolated from *Acacia tortilis* gum exudates. Internat J Biol Macromol, vol. 59: 214–220.
23. BLUMENKRANTZ N et ASBOE-HANSEN G., 1973.- New method for quantitative determination of uronic acids. Analytical biochemistry, vol. 54: 484 - 489.
24. BOIZOT N et CHARPENTIER J.P., 2006.-Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Le cahier des techniques de l'Inra : 79-82 p.
25. 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 en vue d'obtention de grade Doctorat, Université d'Ouargla, Algérie : 72-95p.
26. BOUAL Z., CHOUANA T., KEMASSI A., HAMID OUDJANA A., DADDI BOUHOUN M., MICHAUD P et OULD EL HADJ M.D., 2015.- Étude physicochimique et biologique des polysaccharides hydrosolubles de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae). Phytothérapie, vol. 13: 396-402.
27. BOUAL Z., KEMASSI A., MICHAUD P et OULD EL HADJ M.D., 2011.- Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Asphodelus tenuifolius* Cavan (Liliaceae): effet prébiotique des oligosaccharides issus de l'hydrolyse des polysaccharides. Algerian journal of arid environment, vol. 1: 52-60.
28. BOUAL Z., KEMASSI A., HAMID OUDJANA A., MICHAUD P et OULD EL HADJ M. D., 2013b.- Caractérisation physico-chimique et biochimique des bulbes d'*Urginea noctiflora* (Liliaceae) récoltée dans la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est Algérie): Activités antioxydantes et antimicrobiennes. Phyto Chem and Bio Sub Journal, vol. 7 (2): 2170-1768.
29. BOUAL Z., KEMASSI A., HAMID OUDJANA A., MICHAUD P. et OULD EL HADJ M. D., 2013a.- Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des

- feuilles de *Malvaparviflora* L. (malvaceae): activité prébiotique. *Lebanese Science Journal*, vol.14: 2.
30. BOUAL Z., KEMASSI A., MICHAUD P et OULD EL HADJ M. D., 2011.- Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Asphodelus tenuifolius* Cavan (liliaceae): effet prébiotique des oligosaccharides issus de l'hydrolyse des polysaccharides. *Algerien journal of arid environment*, vol. 1: 52-60.
31. BOUAL Z., PIERRE G., DELATTRE C., BENAOUN F., PETIT E., GARDARIN C., MICHAUD P., OULD ELHADJ M. D., 2015.- Mediterranean semi-arid plant *Astragalus armatus* a source of bioactive galactomannan. *Bioactive Carbohydrate and Dietary Fibre*, vol.5:10-18.
32. BOUAL Z., KEMASSI A., DADDI BOUHOUN M., MICHAUD P et OULD EL HADJ M.D.,2012.- Isolation and Partial Characterization of Water Soluble Polysaccharides from One Saharian Medicinal Plant: *Plantago notata* Lagasca. *International Conference on Environment, Chemistry and Biology*, vol.49:61-65.
33. BOUDJELAL A., HENCHIRI C., SIRACUSA L., SARI M et RUBERTO G., 2012.- Compositional analysis and in vivo anti-diabetic activity of wild Algerian *Marrubium vulgare* L. *Fitoterapia*, vol.83 :286–292.
34. BOUZABATA., 2013.- Traditional treatment of high blood pressure and diabetes in Souk Ahras District. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, vol. 5(1):12-20.
35. BRIAN-JAISSON F., 2014.- Identification et caractérisation des exo-polymères de biofilms de bactéries marines. Thèse doctorat de l'Université de Toulon. 257p.
36. BRUDIEUX V., 2007.- Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique de nouvelles structures pectiques. Application de la relation structure/activité à la dermocosmétique. Thèse doctorat de l'Université de Limoges. 220p.
37. CHANGJIAN L., QIU L., JUNDE S., BO J et JIANFANG YAN., 2014.- Extraction of water-soluble polysaccharide and the antioxidant activity from Semen cassia. *Journal of food and drug analysis*, vol.22:492-499.
38. CHENG Y., JIA G., JIANG-SHENG Z., et SHAO-PING L., 2010.- Use of HPTLC to differentiate Among the Crude Polysaccharides in Six Traditional Chinese Medicines. *Journal of Planar Chromatography*, vol. 23: 46-49.

39. CHENZHIPENG N., PEILEI Z.,MINGCHUN W.,SHUPING M et ZIHAO W.,2017.- Optimization of water-soluble polysaccharides from stem lettuce by response surface methodology and study on its characterization and bioactivities. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 23:1-12.
40. CHERMAT S et GHARZOULI R, 2015.- Ethnobotanical Study of Medicinal Flora in the North East of Algeria - An Empirical Knowledge in Djebel Zdimm (Setif). Journal of Materials Science and Engineering, vol. 5: 50-59.
41. CHIDOUH A., AOUADI S et HEYRAUD A., 2014.- Extraction, fractionation and characterization of water-soluble polysaccharide fractions from myrtle (*Myrtus communis* L) fruit. Food Hydrocolloids, vol.35: 733-739.
42. CIHAN A.C., OZCAN B., TEKIN N et COKMUS C.,2010.- Characterization of a thermostable α -glucosidase from *Geobacillus hermodenitrificans* F84a. Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial technology, vol.2:945-955.
43. CUI J., GU X., WANG F., OUYANG J et WANG J., 2015.- Purification and structural characterization of an α -glucosidase inhibitory polysaccharide from apricot (*Armenia casibirica* L. Lam.) pulp. Carbohydrate Polymers, vol. 121:309–314.
44. DANAEI G., FINUCANE M.M., LU Y., SINGH G.M., COWAN M.J., PACIOREK C.J et STEVENS G.A., 2011.- National, regional, and global trends in fasting plasma glucose and diabetes prevalence since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 370 country-years and 2.7 million participants. The Lancet, vol.378: 31-40.
45. DAVID J.H et HAZEL P., 1998.- Analytical biochemistry, 3ème Edition. Ed. Prentice Hall, Angleterre: 336p.
46. 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.
47. DERFOUFI S., MEDDAH B., RAMLI Y et CHERRAH Y., 2010.- Actualités dans le traitement médicamenteux du diabète de type 2. Formation continue, vol.81 :18-26.
48. DEROSA G et MAFFIOLI P., 2012.- α -Glucosidase inhibitors and their use in clinical practice. Management of diabetic patients with hypoglycemic agents. Arch Med Sci, vol. 8 (5): 899-906.

49. DINICOLANTONIO J.J., BHUTANI J et O'KEEFE J.H., 2015.- Acarbose: safe and effective for lowering postprandial hyperglycaemia and improving cardiovascular outcomes. *Open Heart*, vol. 2:321-327.
50. DRAGAN S., ANDRICA F., SERBAN M.C et TIMAR R., 2014.- Polyphenols-rich natural products for treatment of diabetes. *Current Medicinal Chemistry*, vol. 21:1-9.
51. DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., PEBERS P.A et SMITH F., 1956.- Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry*, vol. 28: 350-356.
52. EBRINGEROVA A., KARDOSOVA A., HROMADKOVA Z et HRIBALOVA V., 2003.- Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, vol. 74: 52- 61.
53. EDDOUKS M., AJEBLI M et HEBI M., 2017.- Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in Daraa-Tafilalet region (Province of Errachidia), Morocco. *Journal of Ethnopharmacology*, vol.198, 516-530.
54. EDDOUKS M., OUAHIDI M.L., FARID O., MOUFID A., KHALIDI A et LEMHADRI A., 2007.- L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc. *Phytothérapie*, vol. 5: 194–203.
55. EL SOUDA S., REDA M., MONA M., MAHA F., ZEINAB H et AYMAN F., 2014.- Antimutagenicity and phytoconstituents of Egyptian *Plantago albicans* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, vol. 4: 946-951.
56. EMAM A.A., RASHED M.,EL-HAWARY Z., ABDELKADER M., KASSEM S et MOHAMED R.,2016.- Anti-diabetic Effect of *Cichorium intybus* Leaves and *Plantago ovate* Seeds in High Fat Diet-streptozotocin Induced Diabetic Rats. *Journal of Food and Nutrition Research*, vol.4: 276-281.
57. EMILE C., 2008.- Traitement médicamenteux du diabète de type 2, actualités et nouveautés. *Actualités pharmaceutiques*, vol.3 :31-33.
58. FAURE S., 2011.- Sulfamides hypoglycémiantes. *Actualités pharmaceutiques*, vol.508 : 53-57.
59. FERY F et PAQUOT N., 2005.- Etiopathogénie et physiopathologie du diabète de type 2, vol.60: 361-368.

60. FISCHER M.H., YU N., GRAY G.R., RALPH J., ANDERSON L et MARLETT H.A., 2004.- The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (*Plantago ovate* Forsk). Carbohydrate research, vol. 339:2009–2017.
61. GAZER M et SHALABI L., 2016.- The role of pollen morphology in the identification and classification of *plantago* (plantaginaceae). The Egyptian Society of Experimental Biology, vol. 10(2):125-132.
62. GENESTIE B., 2006.- Optimisation de la production d'arabinoxyloligosaccharides d'intérêt biologique à partir de sons de céréales: roches méthodologiques. Thèse de doctorat de l'Université de Limoges: 30-50p.
63. GHAZALA I., SILA A., FRIKHA F., DRISS D., ELLOUZ-CHAABOUNI S et HADDAR A., 2015.- Antioxidant and antimicrobial properties of water soluble polysaccharide extracted from carrot peels by-products. Food Scientists and Technologists, vol. 2:1-13.
64. GHEBREGZABEIER M., RUFINI S., MONALDI B et LATO M., 1975.- Thin-layer chromatography of carbohydrates. Chromatography, vol. 127: 133-162.
65. GORSHKOVA T. A., KOZLOVA L.V et MIKSHINA P.V., 2013.- Spatial Structure of Plant Cell Wall Polysaccharides and Its Functional Significance. Biochemistry, vol. 78: 836-853.
66. GOVERNA P., BAINI G., BORGONETTI V., CETTOLIN G., GIACHETTI D, MAGNANO A.R., MIRALDI E et BIAGI M., 2018.- Phytotherapy in the Management of Diabetes. Molecules, vol.105:23-28.
67. GUILLEVIN. L, 2007.- Livre de l'interne: Médecine interne. Paris. Flammarion Médecine –Sciences : 132p.
68. GUO Q., CUI S.W., WANG Q et YOUNG J.C., 2007.- Fractionation and Physicochemical Characterization of Psyllium Gum. Carbohydrate Polymers, vol. 3614:11-37.
69. HA K.S., JO S.H., MANNAM V., KWON Y.I et APOSTOLIDIS E., 2016.- Stimulation of Phenolics, Antioxidant and α -Glucosidase Inhibitory Activities During Barle (*Hordeum vulgare* L.) Seed Germination. Plant Foods for Human Nutrition, vol. 71: 211-217.

70. HAINQUE B., BAUDIN B et LEFEBVRE P., 2008.- Appareils et méthodes en biochimie et biologie moléculaire. Médecine-Science Flammarion, Paris: 122-221p.
71. HALIMI D., DEBATY I., VILLARET L et MULLER M., 2008.- Les nouveaux traitements du diabète de type 2 : quelle place pour les incrétines et le rimonabant par rapport aux précédents. La Revue de médecine interne, vol. 29 : 881–890.
72. HAMZA N., 2011.- Effets préventif et curatif de trois plantes médicinales utilisées dans la Wilaya de Constantine pour le traitement du diabète de type 2 expérimental induit par le régime « *high fat* » chez la souris C57BL/6J. Thèse de Doctorat de l'Université Mentouri de Constantine, Algérie: 10-12p.
73. HAMZA N., BERKE B., CHEZE C., AGLI A., ROBINSON P., GINCH et MOORE N.,2010.- Prevention of type 2 diabetes induced by high fat diet in the C57BL/6J mouse by two medicinal plants used in traditional treatment of diabetes in the east of Algeria. Journal of Ethnopharmacology, vol.128: 513–518.
74. HAN N.S et ROBYT J.F., 1998.- Separation and detection of sugars and alditols on thin layer chromatograms. Carbohydrate Research, vol.313: 135-137.
75. HANEFELD M et SCHAPER F., 2007.- The role of alpha-glucosidase inhibitors (acarbose). In Pharmacotherapy of Diabetes. New Developments, vol.3:143-152.
76. HE Z., LIANG F., ZHANG Y et PAN Y., 2014.- Water-soluble polysaccharides from finger citron fruits (*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis*). Carbohydrate Research, vol. 388: 100-104.
77. HOLALY G.E., SIMPLICE K.D., CHARLEMAGNE G., KODJOVI A., KOKOU A., TCHADJOBO T., AMEGNONA A., KOMLAN B et JACQUES S., 2017.- Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région Maritime du Togo. Pan African Medical Journal, vol.12 :1-16.
78. HONGXIA Z et ZHENG F.M., 2018.- Phytochemical and Pharmacological Properties of Capparis spinosa as a Medicinal Plant Nutrients, vol. 116:01-14.
79. HOTON-DORGE M., 1976.- Séparation des aldoses et des polysaccharides par chromatographie sur couche mince de cellulose et nouveau réactif de pulvérisation permettant leur révélation sensible. Chromatography, vol. 116: 417-423.

80. HSU W.K., HSU T.H., LIN F.Y., CHENG Y.K et YANG J.P., 2013.- Separation, purification, and α -glucosidase inhibition of polysaccharides from *Coriolus versicolor* LH1 mycelia, Carbohydrate Polymers, vol. 92: 297–306.
81. IBANEZ M.C et FERRERO C., 2003.- Extraction and characterization of the hydrocolloid from *Prosopis flexuosa* DC seeds. Food Research International, vol. 36: 455–460.
82. JINDAL A., JINDAL M., KAUR M., KUMAR R et BRAR R.S., 2014.- Efficacy and safety of voglibose as an add-on triple drug in patients of type two diabetes mellitus uncontrolled with glimepiride and metformin in Punjabi population. Indian Journal of Basic and Applied Medical Research, vol. 3:111-116.
83. JOHN A., YAGIELA F.J., DOWD B.J., ANGELO M et ENID A., 2011.- Pharmacology and Therapeutics for Dentistry, 6eme Edition. Ed. Chief, New Delhi, 563p.
84. JOUZIER E ET BERKE B., 2012.- Diabète et philatélie, II– Plantes hypoglycémiantes, Bull Soc Pharm Bordeaux, vol.151: 141-170.
85. KAMBOUCHE N., MERAH B., DERDOUR A., BELLAHOUEL S., BENZIANE M.M., YOUNOS C., FIRKIOUI M., BEDOUHENE S et SOULIMANI R., 2009.- Etude de l'effet antidiabétique des saponines extraites d'*Anabasis articulata* (Forssk) Moq, plante utilisée traditionnellement en Algérie. Pharmacognosie, vol. 7: 197–201.
86. KANG C., HAO L., ZHANG L., ZHENG Z et YANG Y., 2017.- Isolation, purification and antioxidant activity of polysaccharides from the leaves of maca (*Lepidium meyenii*). International Journal of Biological Macromolecules, vol. 10:1-9.
87. KARUPPASAMY B., ANTONY N et VEERABAHU R.M., 2014.- Antidiabetic and antihyperlipidaemic activity of ethanol extract of *Melastoma malabathricum* Linn. Leaf in alloxan induced diabetic rats. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, vol. 4: 442-448.
88. KASHIKAR V.S et KOTKAR T., 2011.- Indigenous remedies for diabetes mellitus: International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, vol.3:75-91.
89. KATARZYNA S., ESTHER M.H et JAKUB P.P., 2018.- Preliminary Characterization and Bioactivities of Some Impatiens L. Water-Soluble Polysaccharides. Molecules, vol. 631:1-13.

90. KATHIRVEL A, PREM K.R et SADASIVAM S., 2012.- Amylase inhibitors: Potential source of anti-diabetic drug discovery from medicinal plants, *International journal of Pharmacy and Life Sciences*, vol. 3: 1407-1412.
91. KAUSHIK P., DOWLING K., ADHIKARI R., BARROW C.J et ADHIKARI B., 2017.- Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. *Food Chemistry*, vol. 215: 333–340.
92. KEMASSI A., DAREM S., CHERIF R., BOUAL Z., SADINE S.E., AGGOUNE M.S., OULD EL HADJ-KHELIL A et OULD ELHADJ M.D., 2014.- Recherche et identification de quelques plantes médicinales à caractère hypoglycémiant de la pharmacopée traditionnelle des communautés de la vallée du M'Zab (Sahara septentrional Est Algérien). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, vol.1(1) :1-5.
93. KIM K.T., RIOUX L.E and TURGEON S.L., 2014.- Alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibition is differentially modulated by fucoidan obtained from *Fucusvesiculosus* and *Ascophyllum nodosum*. *Phytochemistry*, vol. 98: 27-33.
94. KOOTI W., FAROKHIPOUR M., ASADZADEH Z., DAMOON A et ASADI-SAMANI M., 2016.- The role of medicinal plants in the treatment of diabetes. A systematic review, vol.8:1832-1842.
95. KRENTZ A.J. et BAILEY C.J., 2000.- Thiazolidinediones for type 2 diabetes. New agents reduce insulin resistance but need long term clinical trials, vol. 321: 252-253.
96. KRENTZ A.J et BAILEY C.J., 2005.- Oral antidiabetic agents: current role in type 2 diabetes mellitus. *Drugs*, vol. 65(3): 385-411.
97. LI C., LI X., YIU L., FU X et LIU R.H., 2017.- Fractionation, preliminary structural characterization and bioactivities of polysaccharides from *Sargassum pallidum*. *Carbohydrate Polymers*, vol. 155:261–270.
98. LIU C., LIU Q., SUN J., JIANG B. et YAN J., 2014.- Extraction of water-soluble polysaccharide and the antioxidant activity from *Semen cassia*. *Journal of food and drug analysis*. Article in press, vol. 13:1-8.
99. LUKOVA P.K., KARCHEVA-BAHCHEVANSKAD P., NIKOLOVA M.M., ILIEV I.N et MLADENOV R.D., 2017.- Comparison of structure and antioxidant activity of

- polysaccharides extracted from the leaves of *Plantago major* L., *P. media* L. and *P. lanceolata* L. Bulgarian Chemical Communications, vol. 49:282– 288.
100. MAHMOUDI Y., 1987.- La thérapeutique par les plantes communes en Algérie. Edition ANES Palais du livre. Algérie, 105p.
101. MANAS R.N., DIVYA A., SANJAY K et SUDHANSHU S., 2014.- Alfa Glucosidase Inhibitor: Voglibose Can Prevent Progression Of Impaired Glucose Tolerance Stage To Type II Diabetes Mellitus. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, vol. 5(6):652-657.
102. MANGAMBU M.J., MUSHAGALUSA K.F et KADIMA N.J., 2013.- Contribution à l'étude phytochimique de quelques plantes médicinales antidiabétiques de la ville de Bukavu et ses environs (Sud-Kivu, R.D.Congo). Journal of Applied Biosciences, vol. 75:6211– 6220.
103. MARISA F.M et DAVID L.B., 2015.- Evaluation of the Effects and Mechanisms of Bioactive Components Present in Hypoglycemic Plants. International Journal of Chemical and Biomolecular Science, vol.1: 167-178.
104. MEI Y., ZHU H., HU Q., LIU Y., ZHAO S., PENG N et LIANG Y., 2015.- A novel polysaccharide from mycelia of cultured *Phellinus linteus* displays antitumor activity through apoptosis. Carbohydrate Polymers, vol.124:90-97.
105. MIAO Y.Z., LIN Q., CAO Y., HE G.H., QIAO D.R et CAO Y., 2011.- Extraction of water-soluble polysaccharides (WSPS) from Chinese truffle and its application in frozen yogurt. Carbohydrate Polymers, vol. 86: 566-573.
106. MIRANDA V.S., CHOPINEAU J., SOMDA F et TAUVERON I., 2008.- Traitement du diabète sucré. Pharmacie clinique et thérapeutique, vol.3: 417-442.
107. MOHAN .V et RANJIT U., 2014.- World clinics, Diabetology. Type 2 diabetes mellitus. Ed. Chief, London: 563 p
108. MOHSENZADEH S., NAZERI S et MIRTADZADINI S.M., 2008.- Chromosome numbers of fifteen species of plantago l. (plantaginaceae) from iran. IRAN JOURN BOT, vol.14 (1):47-53.

109. MONSIGNY M., CLAIRE P. ROCHE A., 1988.- Calorimetric Determination of Neutral Sugars by a Resorcinol Sulfuric Acid Micro method. *Analytical Biochemistry*, vol. 175: 525-530.
110. MOSIHUZZMAN M., NAHEED S., HAREEM S., TALIB S., SHAMSUN G. A., KHAN N., CHOUDHARY M. I., SENER B., TAREEN R. B., ISRAR M., 2013.- Studies on α -glucosidase inhibition and anti-glycation potential of *Iris loczyi* and *Iris unguicularis*. *Life Sciences*, vol. 92:187-192.
111. MOURADI A., CHIKHAOUI-KHAY M., AITAKKI S., AKALLAL R., HRRIMLE I., GIVERNAUD T., 2006.- Analyse structurale des fractions polysaccharidiques extraites de la paroi cellulaire d'*Hypneamus ciformis* (Rhodophyceae, Gigartinales). *Afrique SCIENCE*, vol. 2 (2): 226-244.
112. MUANDA F.N., DICKO A., et SOULIMANI R., 2010.- Assessment of polyphenolic compounds, in vitro antioxidant and anti-inflammation properties of *Securidaca longepedunculata* root barks. *Comptes Rendus Biologies*, vol. 333: 663–669.
113. MUNTZ C., 2015.- Diabète de type 2 et médicaments à effet « incrétine » : évaluation des connaissances de ces nouveaux antidiabétiques au sein de l'équipe officinale. Thèse de Doctorat de l'Université de Lorraine, France: 13p.
114. NADOUR M., 2015.- Extraction, caractérisation des polysaccharides et des polyphénols issus des sous-produits oléicoles. Valorisation des polysaccharides à visée alimentaire. Thèse en vue d'obtention de grade Doctorat, université de Tizi- Ouzou, Algérie : 76-77p.
115. NATASHA J., SWAYAM P.S., VIKRAM B., AKANSHA M., AMIT K.S., TADIGOPPULA N., ARVIND K.S et AKHILESH K.T., 2012.- Inhibition of Alpha-Glucosidase by *Acacia nilotica* Prevents Hyperglycemia along with Improvement of Diabetic Complications via Aldose Reductase Inhibition. *Diabetes and Metabolism*, vol.10:1-6.
116. NISSEN S.E et WOLSKI K., 2007.- Effect of rosiglitazone on the risk of myocardial infarction and death from cardiovascular causes. *The new england journal of medicine*, vol. 356(24): 2457-2471.
117. NIU Y., WANG H., XIE Z., WHENT M., GAO X., ZHANG X., ZOU S., YAO W et YU L., 2011.- Structural analysis and bioactivity of a polysaccharide from the roots of

- Astragalusmem branaceus*(Fisch) Bge. var. *mongolicus*(Bge) Hsiao. Food Chemistry, vol. 128: 620-626.
118. NOOR H., JUING M., CHEE B.J.,KUEH B.L et ZOLKEPLI O., 2000.- Medicinal Properties of *Plantago major* :Hypoglycaemic and Male Fertility Studies. Pertanika J. Trop. Agric. Sci, vol.23 (1): 29 – 35.
119. NOREEN T.,MUHAMMAD T.,SYAHRUL I.,SRIDEVI C., FAZAL R., MANIKANDAN S., NOR HADIANI I.,JAHIDUL I.M.,HAYAT U., MUHAMMAD T.J., FAISAL N., MARYAM I et MUHAMMAD A., 2017.- Synthesis of alpha amylase inhibitors based on privileged indole scaffold. Bioorganic Chemistry, vol. 72 :248–255.
120. OKI T., MATSUI T et OSAJIMA Y., 1999.- Inhibitory Effect of α -Glucosidase Inhibitors Varies According to Its Origin. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 47:550-553.
121. OMS., 2011.- Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé. Le diabète: le revers de l'évolution technologique, vol.89:90-91.
122. ORCH H., ALLAL D et LAHCEN Z., 2014.- Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète, et des maladies cardiaques dans la région d'Izarène (Nord du Maroc). Journal of Applied Biosciences, vol. 86:7940-7956.
123. OZENDA P., 1977.- Fleur du sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris: 412p.
124. PALANUVEJ C., HOKPUTSA S., TUNSARINGKARN T et RUANGRUNGSI N., 2009.- In Vitro Glucose Entrapment and Alpha- Glucosidase Inhibition of Mucilaginous Substances from Selected Thai Medicinal Plants. Scientia Pharmaceutica, vol.77:837–849.
125. PAULSEN B.S., OLAFSDOTTIR E.S. et INGOLFSDDOTTIR K., 2002.- Chromatography and electrophoresis in separation and characterization of polysaccharides from lichens. Journal of chromatography, vol. 967: 163-171.
126. PICKING D., 2017.- The Global Regulatory Framework for Medicinal Plants. Current Trends in Pharmacognosy Research, vol.35:663-675.

127. PIERRE G., 2010.- Caractérisation biochimique d'exopolymères d'origine algale du bassin de Marennes-Oléron et étude des propriétés physico-chimiques de surface de micro-organismes impliquées dans leur adhésion. Thèse de Doctorat de l'Université de Rochelle, France. 119-120 p.
128. QIAN J.Y., BAI Y.Y., TANG J et CHEN W., 2015.- Antioxidation and α -glucosidase inhibitory activities of barley polysaccharides modified with sulfation. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 64: 104-111.
129. QUANHONG L., CAILI F., YUKUI R., GUANGHUI H et TONGYI C., 2005.- Effects of protein-bound polysaccharide isolated from pumpkin on insulin in diabetic rats. *Plant Foods Hum Nutr*, vol. 60(1):13-6.
130. QUEZEL P et SANTA S., 1962.- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 864p.
131. RAQUEL D, JUAN J.G., JOSE D, MATILDE S, ANA M.S., ÁNGELA P.C et NELIDA F., 2015.- Evaluation of the Association Metformin: *Plantago ovate* Husk in Diabetic Rabbits. *Journal of Diabetes Research*, vol. 2015: 1-6.
132. RIGALLEAU V., BEYLOT M., NORMAND S., PACHIAUDI C., LAVILLE M et PETITBOIS C., 2003.- Mechanism of increased plasma glucose levels after oral glucose ingestion in normal-weight middle-aged subjects. *Ann Nutr Metab* 2003, vol.47:186-193.
133. RIGALLEAU V., LANG J et GIN H., 2007.- Étiologie et physiopathologie du diabète de type 2. *Endocrinologie-Nutrition*, vol.10:1-12.
134. ROMDHANE M., HADDAR A., GHAZALA I., BEN JEDDOU K., HELBERT C.B et ELLOUZ-CHAABOUNI S., 2017.- Optimization of polysaccharides extraction from watermelon rinds: Structure, functional and biological activities. *Food Chemistry*, vol. 216: 355–364.
135. ROSAK C et MERTES G., 2012.- Critical evaluation of the role of acarbose in the treatment of diabetes: patient considerations. *Targets and Therapy*, vol. 5:357–367.
136. ROSEN E.D et SPIEGELMAN B.M., 2001.- PPAR gamma: a nuclear regulator of metabolism, differentiation, and cell growth. *Journal Biol Chem*, vol. 276(41): 37731-37734.

137. RUIZ G., 2005.- Extraction, Détermination Structurale et Valorisation Chimique de Phycocolloïdes d'Algues Rouges. Thème Doctorat. Université de Limoges : 38-189p.
138. SAIDI B.,LATRECH A., MEHDADI Z., HAKEMI Z., DADACHE M et AMMAR B.,2015.- Floristic, Ethnobotanical and Phytotherapy Studies of Medicinal Plants Spontaneous in the Area of Mountains Tessala, Western Algeria. *Global Journal of Medicinal Plant Research*, vol. 3(5):1-16.
139. SANOGO S., 2008.- Etude de la phytochimie et de l'effet hypoglycemiant de trois (3) plantes utilisées dans la pharmacopée traditionnelle au Mali. Thèse de doctorat de l'Université de Bamako, MALI : 12p.
140. SARKAR P. R et NOUT M.J., 2015.- Handbook of indigenous foods involving alkaline fermentation. Ed. CRC Press, New York, 361p.
141. SCHEEN J.A., 2011.- Le glucagon-like peptide-1 (glp-1), nouvelle cible dans le traitement du diabète de type. *Molécules*, vol.2 :216-219.
142. SCHLIENGER J.L., 2014.- Diabète et phytothérapie: les faits. *Médecine des Maladies Métaboliques*, vol.8(1) :101-106.
143. SINE J.P., 2003.- Séparation et analyse des biomolécules : Cours et exercices. Ed. Ellipses éditions marketing A S : 99-101.
144. SINGLETON V.L et ROSS J.A., 1965.- Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagent, *Am. J. Enol. Vitic*, vol. 16:144- 158.
145. SONG S., MEILIN H., CHUANKUN G., DONG W., YUQI L., JUNMEI Y et CHANGHAI W., 2018.- Extraction Optimization, Purification, Antioxidant Activity, and Preliminary Structural Characterization of Crude Polysaccharide from an Arctic *Chlorella* sp. *Polymers*, vol. 292:2-18.
146. SWITI B., GAIKWAD G., KRISHNA M et SANDHYAM.R., 2014.- Phytochemicals for Diabetes Management. *Pharmaceutical Crops*, vol.5 : 11-28.
147. THAKUR M., WENG A., FUCH H., SHARMA V., BHARGAVA C.S., CHAUHAN N. S., DIXIT V. K et BHARGAVA S., 2012.- Rasayana properties of Ayurvedic herbs: Are polysaccharides a major contributor. *Carbohydrate Polymers*, vol. 87:13–15.

148. VALEPIN E., CABRERA J. C., RICHEL A. et PAQUOT M., 2014.- Water soluble exo-polysaccharide from *Syncephalastrum racemosum*, a strong inducer of plant defence reactions. *Carbohydrate Polymers*, vol. 101: 941-946.
149. VAXILLAIRE M et FROGUEL P., 2003.- Facteurs génétiques et gènes candidats dans la physiopathologie du diabète de type 2. *Métabolismes Hormones Diabètes et Nutrition*, vol.6 :1-13.
150. VEIGA-BARBOSA L et PEREZ-GARCIAB F., 2014.- Germination of mucilaginous seeds of *Plantago albicans* (Plantaginaceae): effects of temperature, light, pre-sowing treatments, osmotic stress and salinity. *Australian Journal of Botany*, vol. 62:141–149.
151. VISCHER U., 2001.- Les glitazones : un traitement du diabète de type 2 ciblé sur la résistance à l'insuline. *Rev Med Suisse*, vol. 3 : 44-49.
152. WAFFENSCHMIDT S et JAENICKE L., 1987.- Assay of reducing sugars in the nanomole range with 2, 2'-bicinechinate. *Anal Biochem*, Vol. 165: 337–340.
153. WANG Q et FANG Y., 2004.- Analysis of sugars in traditional Chinese drugs. *Journal of Chromatography b*, vol. 812: 309–324.
154. WANG Y., YANG Z et WEI X., 2010.- Sugar compositions, α -glucosidase inhibitory and amylase inhibitory activities of polysaccharides from leaves and flowers of *Camellia sinensis* obtained by different extraction methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 47: 534–539.
155. WARRAND J., 2004.- Etude structurale et propriétés en solution des polysaccharides constitutifs de mucilage de lin (*Linum usitatissimum*). Thèse de doctorat de l'Université de Picardie jules verne, 238 p.
156. WATCHARACHAISOPONSIRI T., SORNCHAN P., CHAROENKIATKUL S et SUTTISANSANEE U., 2016.- The α -glucosidase and α -amylase inhibitory activity from different chili pepper extracts: *International Food Research Journal*, vol. 23(4): 1439-1445.
157. WELLEN K.E et HOTAMISLIGIL G.S., 2005.- Inflammation, stress, and diabetes. *The Journal of clinical investigation*, vol. 115(5):1111-1119.

158. WIJESEKARA I., PANGESTUTI R et KIM S-K., 2011.- Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydrate Polymers*, vol.84: 14-21.
159. WILD S., ROGLIC G et GREEN A., 2004.- Global prevalence of diabetes : estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, vol. 27: 1047-1053.
160. WU G.H., HU T., HUANG Z.L., JIANG J.G., 2013.- Characterization of water and alkali-soluble polysaccharides from *Pleurotus tuber-regium*sclerotia. *Carbohydrate Polymers*, vol. 96: 284–290.
161. WU Y., CUI S. W., TANG J., Wang Q et GU X., 2007- Preparation, partial characterization and bioactivity of water-soluble polysaccharides from boat fruited sterculia seeds. *Carbohydrate polymers*, vol. 70: 437–443.
162. XIAODAN L., ZHUQIN Y.,SHAOHUA L.,YUNLIANG G et DELIN D., 2012.- Hypoglycemic Effect of Laminaria japonica Polysaccharide in a Type 2 Diabetes Mellitus Mouse Model. *International Scholarly Research Network ISRN Endocrinology*, vol. 2012:01-04.
163. XU Y., CAI F., YU Z., ZHANG L., LI X., YANG Y et LIU G., 2016.- Optimisation of pressurised water extraction of polysaccharides from blackcurrant and its antioxidant activity. *Food Chemistry*, vol. 194: 650–658.
164. XU Y., CAI F., YU Z., ZHANG L., LI X., YANG Y. et LIU G., 2016.- Optimisation of pressurised water extraction of polysaccharides from blackcurrant and its antioxidant activity. *Food Chemistry*, vol. 194: 650–658.
165. YAN H., ZHU D., XU D., WU J., BIAN X., 2008.- A study on Cordycepsmilitaris polysaccharide purification, composition and activity analysis. *African Journal of Biotechnology*, vol. 7: 4004-4009.
166. YAN X., YE R et CHEN Y., 2015- Blasting extrusion processing: The increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble-fiber polysaccharides from wheat bran. *Food Chemistry*, vol. 180: 106–115.

167. YANG X., ZHAO Y., et LV Y., 2008.- In vivo macrophage activation and physicochemical property of the different polysaccharide fractions purified from *Angelica sinensis*. Carbohydrate Polymers, vol. 71: 372-379.
168. YANLING W., YANPING D, YOSHIMASA T et WEN Z., 2014.- Risk Factors Contributing to Type 2 Diabetes and Recent Advances in the Treatment and Prevention. International Journal of Medical Sciences, vol. 11(11): 1185-1200.
169. YAYA H.S et KENGNE A.P., 2014.- Le défi de la prévention des maladies cardiovasculaires et ses perspectives en Afrique. Presses de l'Université Laval, vol.13 :23-31.
170. YE Y., YANG L., MENGDI L., QIAN C., YUANYUAN J., YAN L et ZHAOLI M., 2017.- Optimization extraction and bioactivities of polysaccharide from wild *Russula griseocarnosa*. Saudi Pharmaceutical Journal, vol. 25:523–530.
171. YEHYA A.H., ASIF M., TAN Y.J., SASIDHARANA S., ABDUL MAJID A.M.S et EINOON C., 2016.- Broad spectrum targeting of tumor vasculature by medicinal plants: An updated review. Journal of Herbal Medicine, vol.3:27-34.
172. YIN J., CHEN H., LIN H., XIE M et NIE S., 2016.- Structural Features of Alkaline Extracted Polysaccharide from the Seeds of *Plantago asiatica* L.and Its Rheological Properties. Molecules, vol.21:1-11.
173. YIN J., LIN H., LI J., WANG Y., CUI S. W., NIE S., et XIE M., 2012.- Structural characterization of a highly branched polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. Carbohydrate Polymers, vol. 87: 2416– 2424.
174. YKI-JARVINEN H., 2004.- Thiazolidinediones. N Engl J Med vol. 351(11): 1106-1118.
175. YU X.H ., LIU Y., WU X.L., LIU L.Z., FU W et SONG D.D., 2017- Isolation, purification, characterization and immunostimulatory activity of polysaccharides derived from American ginseng. Carbohydrate Polymers, vol. 156: 9–18.
176. YUN C., FANGKE Y., KE M., DEYUN W., YUANLIANG H et JIAGUO L., 2016.- Polysaccharides from Traditional Chinese Medicines: Extraction, Purification, Modification, and Biological Activity. Molecules, vol. 21:01-23.

177. YUSUKE M., KOJI T, MASATOSHI H., 2009.- Voglibose, an Alpha-glucosidase Inhibitor, to Increase Active Glucagon-like Peptide-1 Levels. *Molecular and Cellular Pharmacology*, vol. 4:188-192.
178. YUXIANG P., CONG W., ZHONGQIN C., WEIWEI L., GUOQI Y et HAIXIA C., 2017.- Physicochemical properties and antidiabetic effects of a polysaccharide from corn silk in high-fat diet and streptozotocin-induced diabetic mice. *Carbohydrate Polymers*, vol. 164: 370–378.
179. ZHANG A.Q., ZHANG Y., YANG J., JIANG J., HUANG F. F et SUN P.L., 2013- Structural elucidation of a novel water-soluble fructan isolated from *Wedelia prostrate*. *Carbohydrate Research*, vol. 376: 24-28.
180. ZHANG L., REDDY N et KOYYALAMUDI S.R., 2014.- Chapter 5: Isolation, Characterization, and Biological Activities of Polysaccharides from Medicinal Plants and Mushrooms. *Studies in Natural Products Chemistry*, vol.42: 117-151.
181. ZHANG S et LI X.Z., 2015.-Inhibition of α -D-glucosidase by polysaccharides from the fruit hull of *Camellia oleifera Abel*, *Carbohydrate Polymers*, vol. 115: 38-43.
182. ZHANG W., XU P et ZHANG H., 2015- Pectin in cancer therapy: A review. *Trends in Food Science & Technology*. Article in press, vol. 5:1-14.
183. ZHAUYNBAEVA K.S., RAKHIMOV D.A et NIGMATULLAEV A.A., 2010.- Polysaccharides from seeds of higher plants. Water soluble polysaccharides from plant seeds of family Apiaceae. *Chemistry of Natural Compounds*, vol. 46(5): 783-784.
184. ZHIJUN W., JEFFREY W et PATRICK C., 2013.- Treating Type 2 Diabetes Mellitus with Traditional Chinese and Indian Medicinal Herbs. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 13:1-17.

Annexes

Annexe 1 : Méthodes des préparations des différentes solutions utilisées

Les différentes solutions utilisées, les concentrations, la nature, le rôle et la méthode de préparation de chacune, sont illustrés dans le tableau VII.

Tableau VII. – Méthodes des préparations des différentes solutions utilisées

Manipulation	Solution	Concentration	Nature	Rôles	Méthode de préparation
Dosages des oses	Résorcinol	0.6%	/	Réactif de dosage	Dissoudre 0.3g de résorcinol dans 50 ml d'eau distillée
	Phénol	5%	Acide	Réactif de dosage	Dissoudre 1 g de phénol dans 20 ml d'eau distillée
	Borax	0.0125M	Acide	Réactif de dosage	Dissoudre 0,095 g de tétraborate de sodium dans 20 ml d'H ₂ SO ₄ 96%.
	NaOH	0,5%	Base	Réactif de dosage	Dissoudre 40 mg de NaOH dans 8 ml d'eau distillée
	Méthahydroxydiphényl (m-HDP)	0,15%	Base	Réactif de dosage	Dissoudre 12 mg de m-HDP dans 8 ml de NaOH 0,5%
Réactif de dosage des oses réducteurs	/	/	Réactif de dosage	Dissoudre 0,484g de Na ₂ CO ₃ , 1,27g de NaHCO ₃ et 38,84mg de 4,4'-dicarboxy-2,2' biquinoline dans 20ml d'eau distillée Dissoudre 25,24mg de L-sérine et 24,96mg de CuSO ₄ , 5H ₂ O dans 20ml d'eau distillée	
	- Réactif A				
	- Réactif B				

Dosage des polyphenols	Solution carbonate de sodium	20%	Base	Réactif de dosage	Dissoudre 12g de carbonate de sodium dans 60 ml d'eau distillée
Hydrolyse	TFA	2M	Acide	Réactif d'hydrolyse	Compléter 7.51 ml de TFA 99% aux 50 ml avec l'eau distillée
CCM	Système I (HOTON-DORGE, 1976)	/	/	Phase mobile pour le CCM	Mélanger l'acétate d'éthyle, le pyridine, l'eau, le n-butanol et l'acide acétique dans les proportions 5-4-4-10-2 (v/v) respectivement, jusqu'à l'homogénéisation complète
	Système II (HAN et ROBYT, 1998).	/	/	Phase mobile pour le CCM	Mélanger l'acétonitrile, l'acétate d'éthyle, le propanol et l'eau avec les proportions 8,5-2-2-1,5(v/v) respectivement, jusqu'à l'homogénéisation complète
	NIGRUM (GHEBREGZABEIE R <i>et al.</i> , 1975)	/	/	Révélation des spots	Pour la solution A, dissoudre 2 g de diphénylamine dans 50 ml d'acétone. Pour la solution B, 48 ml d'acétone sont complétés jusqu'à 50 ml par l'aniline. Mélanger les deux solutions A et B, et ajouter 10 ml d'acide orthophosphorique à 85%

Annexe 2 : Méthodes des préparations des différentes solutions mères et les différentes gammes étalons

Le tableau VIII présente les différentes solutions mères des dosages colorimétriques, les concentrations et la méthode de préparation de chacune. Tandis que les différentes gammes étalons sont illustrées dans les tableaux IX, X et XI.

Tableau VIII. – Méthodes des préparations des différentes solutions mères

Manipulation	Solution mère	Concentration%	Méthode de préparation
	Extrait polysaccharidique (PLPSF)	0.01	Dissoudre 10 mg de l'extrait polysaccharidique lyophilisé dans 100 ml d'eau distillée
Dosage des oses totaux (DEBOIS <i>et al.</i> , 1956), neutres(MONSIGNY <i>et al.</i> , 1988) et oses réducteurs WAFFENSCHMIDT et JAENICKE (1987)	Glucose	0.01	Dissoudre 10 mg du glucose dans 100 ml d'eau distillée
Dosage des oses acides (BLUMENKRANTZ et ASBOEHANSEN., 1973)	Acide glucuronique	0.01	Dissoudre 10 mg du glucose dans 100 ml d'eau distillée
Dosage des polyphénols	Acide gallique	0,05	Dissoudre 50 mg d'acide gallique dans 100 ml d'eau distillée

Tableau IX.- Gamme étalon du glucose 0.001% à 0.01%.

	Blan	0,001%	0,002%	0,005%	0,008%	0,01%
Eau distillée	1	0,9	0,8	0,5	0,2	0
Glc 0,01%(ml)	0	0,1	0,2	0,5	0,8	1
Concentration (mg/l)	0	10	20	50	80	100

Tableau X.- Gamme étalon d'acide glucuronique 0.001% à 0.01%

	Blanc	0,001%	0,002%	0,005%	0,008%	0,01%
Eau distillée	1	0,9	0,8	0,5	0,2	0
Glc A. 0,01%(ml)	0	0,1	0,2	0,5	0,8	1
Concentration (mg/l)	0	10	20	50	80	100

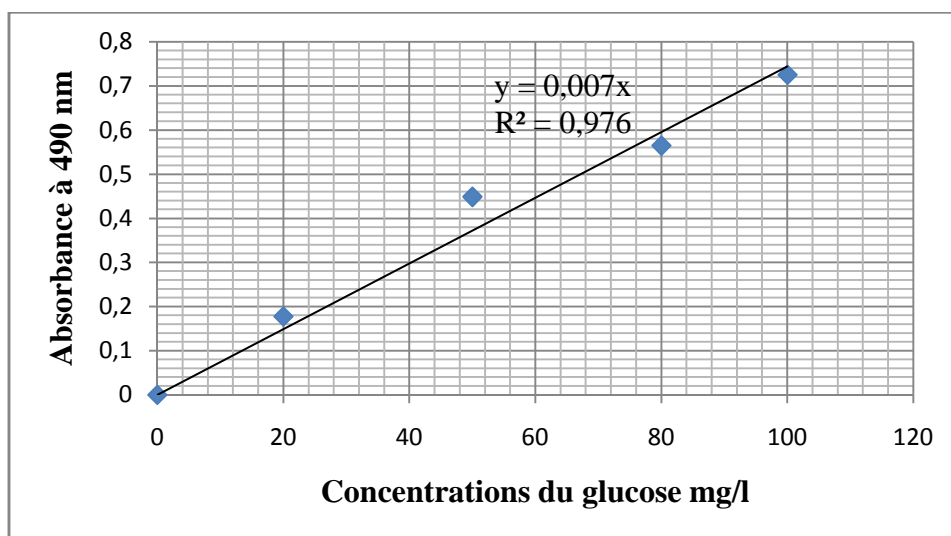
Tableau XI.- Gamme étalon d'acide gallique 0,005% à 0,035%

	Blanc	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035
A.gallique	0	10	20	30	40	50	60	70
Eau distillée	200	190	180	170	160	150	140	130
Concentration (mg/ml)	0	5	10	15	20	25	30	35

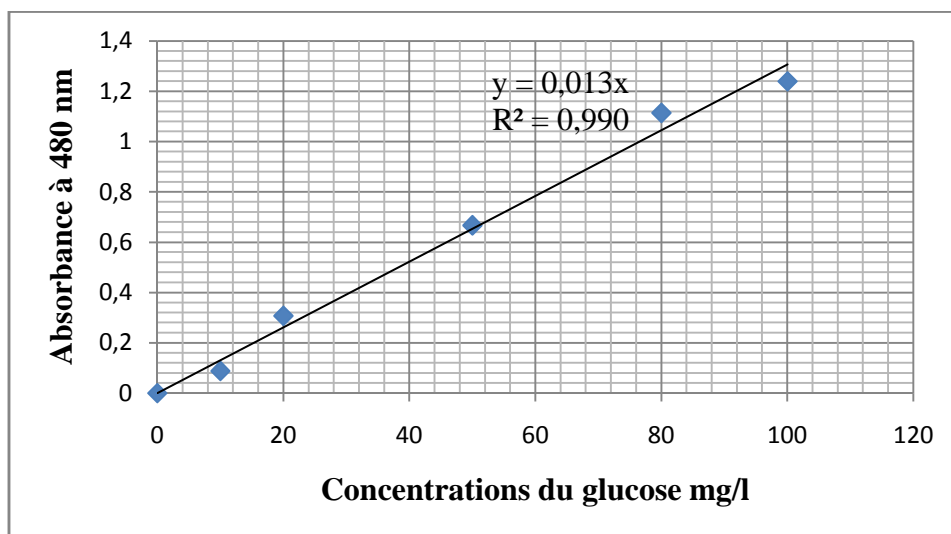
Annexe 3 : courbe d'étalonnage des compositions biochimiques

L'étude de la composition de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles est réalisée par des dosages colorimétriques. La teneur en oses totaux est déterminée par la méthode de DUBOIS *et al.* (1956). Tandis que les oses constitutifs neutres et acides sont dosés selon la méthode de MONSIGNY *et al.* (1988) et de BLUMENKRANTZ et ASBOEHANSEN (1973) respectivement, la teneur en oses réducteurs est déterminée par ma méthode de WAFFENSCHMIDT et JAENICKE (1987). Alors que la concentration des polyphenols est déterminée selon la méthode de SINGLETON et ROSS (1965).

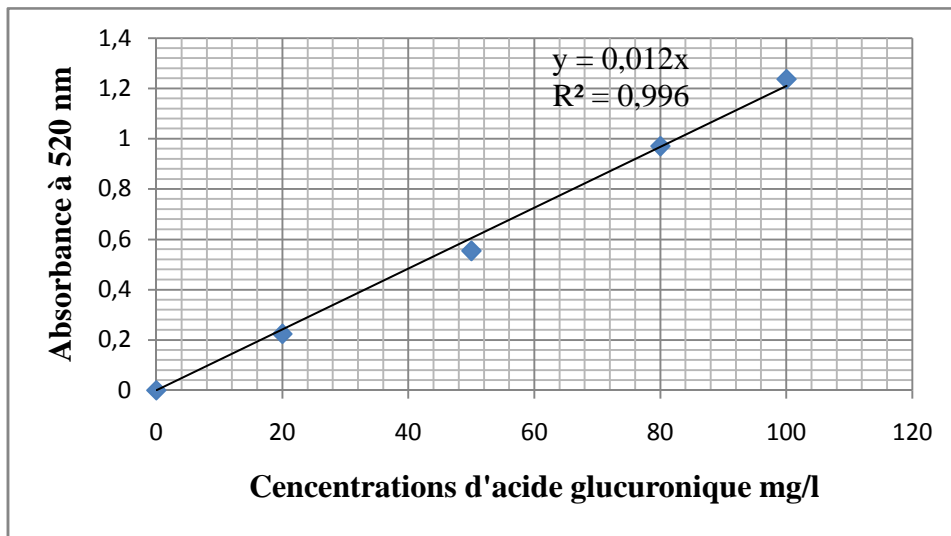
Courbe d'étalonnage des oses totaux



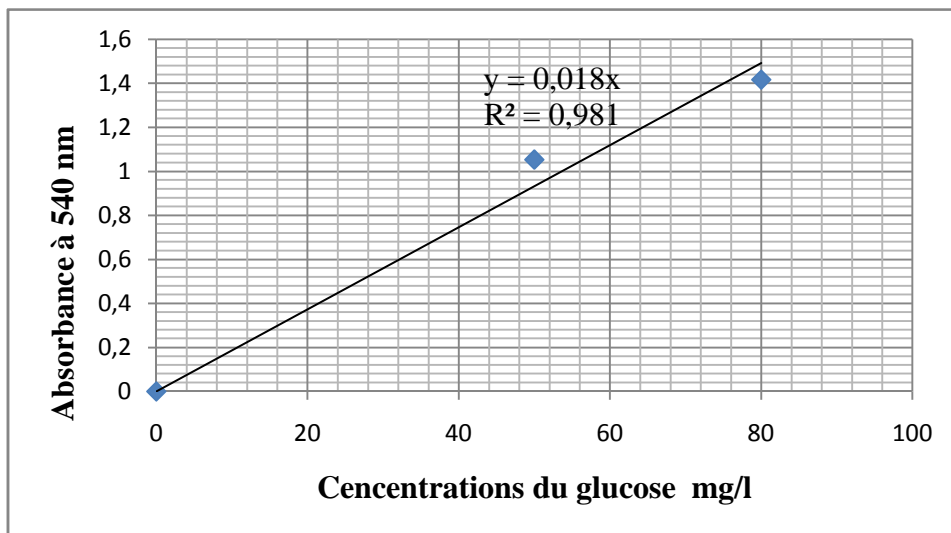
Courbe d'étalonnage des oses neutres



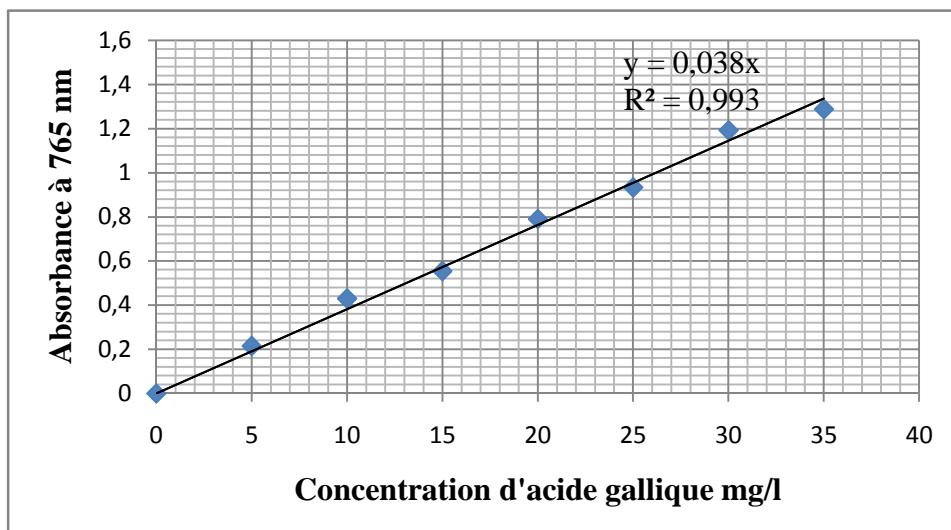
Courbe d'étalonnage des oses acides



Courbe d'étalonnage des oses réducteurs



Courbe d'étalonnage des polyphénols



Effet hypoglycémiant de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles issus des feuilles de *Plantago albicans* L. récoltée dans la région du Sahara Septentrional Est algérien

Résumé Ce travail est conçu à l'étude des polysaccharides hydrosolubles issus de la plante *Plantago albicans*. C'est une plante spontanée de la famille des Plantagenaceae à caractère médicinal récoltée dans la région de Ghardaïa, située au Sahara septentrional Est algérien. Les polysaccharides sont précipités par l'isopropanol, puis lyophilisés. Le rendement massique de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de la plante est de 9%. L'analyse physicochimique donne des valeurs de $37,23 \pm 2,34\%$ d'humidité et $27,57 \pm 1,09\%$ de cendres. L'étude de la composition chimique de l'extrait polysaccharidiques hydrosolubles, laisse apparaître des taux $21,4 \pm 0,04\%$ en oses totaux, $18,69 \pm 0,11\%$ en oses neutres, $2,71 \pm 0,02\%$ en oses acides, $6,14 \pm 0,03\%$ en oses reducteurs et l'extrait est dépourvu de polyphénols (0%). Il apparaît que l'extrait polysaccharidique de *Plantago albicans* est constitué des hétéro-polysaccharides. Les analyses chromatographiques en utilisant deux systèmes de CCM après hydrolyse par TFA à 2 M durant 4 heures à 100°C révèlent que les polysaccharides de *Plantago albicans* sont constitués principalement d'arabinose, galactose, glucose et xylose. La diversité structurale remarquable des polysaccharides, permet d'espérer un large spectre de propriétés biologiques. L'étude de l'activité antidiabétique des polysaccharides hydrosolubles, porte sur la détermination de leur pouvoir inhibitrice de l'enzyme α -D-glucosidase. L'étude a montré que l'extrait des polysaccharides a un pouvoir inhibiteur modéré de l' α -D-glucosidase qui est de 39,66% pour une concentration maximale de 50 mg/ml, en comparaison à l'acarbose comme contrôle positif qui a un fort pouvoir inhibiteur de 100% à partir de la concentration 100 mg/ml.

Mots clés: Diabète, polysaccharides, *Plantago albicans*, caractérisation, antidiabétique.

Hypoglycaemic effect of the extract of water-soluble polysaccharides from leaves of *Plantago albicans* L. harvested in the region of Northern Algerian Sahara

Abstract This work devoted to study of the water-soluble polysaccharides that were extracted from the plant of *Plantago albicans*. It is a spontaneous plant of the family Plantagenaceae used in folk medicine harvested in the region of Ghardaïa, located in the northern Algerian Sahara. The polysaccharides are precipitated by isopropanol and then lyophilized. The mass yield of the crude extract of the water-soluble polysaccharides of the plant is 9%. The physico-chemical analysis gives values of $37.23 \pm 2.34\%$ of moisture and $27.57 \pm 1.09\%$ of ash. The study of the composition of the water-soluble polysaccharide extract showed $2.04 \pm 0.04\%$ total oses, $18.69 \pm 0.11\%$ neutral oses, $2.71 \pm 0.02\%$ acidic, $6.14 \pm 0.03\%$ reductive oses and the extract is without polyphenols (0%). It appears that the polysaccharide extract of the *Plantago albicans* consists of the heteropolysaccharides. Chromatographic analyzes using two systems after hydrolysis with 2 M TFA for 4 hours at 100°C . Reveal that the *Plantago albicans* polysaccharides consist mainly of arabinose, galactose, glucose and xylose. The remarkable structural diversity of the polysaccharides makes it possible to hope for a broad spectrum of biological properties. The study of the anti-diabetic activity of water-soluble polysaccharides relates to the determination of their inhibitory potency of the enzyme α -D-glucosidase. The study showed that the extract of the polysaccharides has a modest α -D-glucosidase inhibitory which is 39,66% for a maximum concentration of 50 mg /ml, compared to acarbose as a positive control which has a strong inhibitory power of 100% from the concentration 100 mg /ml.

Keywords: Diabetes, polysaccharides, *Plantago albicans*, characterization, antidiabetic.

تأثير نقص سكر الدم لمستخلص لمتعدد السكريات القابل للذوبان في الماء من أوراق نبتة *Plantago albicans*، المحصودة في منطقة الجنوب الشرقي لصحراء الجزائر

المخلص تم تصميم هذا العمل لدراسة السكريات المتعددة القابلة للذوبان في الماء المستخلصة من نبتة *Plantago albicans* وهي نبتة صحراوية ذات طابع طبي من عائلة Plantagenaceae تم حصادها في منطقة غرداية (الواقعة بالجنوب الشرقي الجزائري)، بحيث تم ترسيب السكريات بواسطة الايزوبروبانول و بعد ذلك أجريت عملية تحويله إلى مادة خام مجففة.

المردود الكلي لمتعدد السكريات قابل للذوبان المستخلص من نبتة *Plantago albicans* هو 9%، أظهرت نتائج التحليل الفيزيوكيميائي قيم $37.23 \pm 2.34\%$ من الرطوبة و $27.57 \pm 1.09\%$ من الرماد. بينت دراسة التركيب الكيميائي لمستخلص متعدد السكريات القابلة للذوبان في الماء معدل $21.4 \pm 0.04\%$ من السكريات الكلية، $18.69 \pm 0.11\%$ من السكريات المحايدة، $2.71 \pm 0.02\%$ من السكريات الحمضية، $6.14 \pm 0.03\%$ من السكريات المرجعة و أن متعدد السكريات خال من الفينول المتعدد. تظهر النتائج أن متعدد السكريات المستخلصة من نبتة *Plantago albicans* يتكون من سكريات مختلفة، كما أظهرت التحليلات بالكروماتوغرافيا باستخدام نظامي CCM بعد تحلل السكريات بواسطة ال TFA ب 2مول لمدة 4 ساعات في درجة حرارة 100°C ، أن متعدد السكريات لنبتة *Plantago albicans* يتكون أساسا من أرابينوز، غلاكتوز، غلوكوز و كزيلوز. تنوع التركيبية الكيميائية للسكريات يسمح لنا بتوقع مجموعة واسعة من الخصائص البيولوجية. دراسة النشاط المضاد للسكري يتمثل في تحديد الخاصية المثبطة لإنزيم ألفا غليكوزيداز و أظهرت الدراسة أن مستخلص متعدد السكريات لديه قدرة متوسطة مثبطة للإنزيم و هي 39,66% كحد أقصى لتراكيز 50 ملغ / مل، مقارنة مع الأكاربوس كعنصر تحكم ايجابي لديه قدرة مثبطة 100% لتراكيز 100 ملغ / مل.

الكلمات المفتاحية: داء السكري، السكريات المتعددة، *Plantago albicans*، توصيف، مضاد النشاط السكري.