



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



Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Agronomie

Mémoire

Présenté par

MEILOUD Mohamed Herma

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Sciences Alimentaires

Spécialité : Nutrition et Pathologie

Thème :

**Evaluation de l'effet antidiabétique de quelques
extraits de *Salicornia europaea* L. Etude *in vitro***

Soutenu le 30/06/2025, devant le jury composé de :

Président	Mr. AZZI Rachid	Professeur	Université de Tlemcen
Encadrante	Mme. MEDJDOUB Houria	MCA	Université de Tlemcen
Examinatrice	Mme. ALIOUI Nadia	MAA	Université de Tlemcen

Année universitaire 2025/2026

المخلص

داء السكري هو اضطراب استقلابي يتميز بفرط سكر الدم المزمن. تصنفه منظمة الصحة العالمية كأحد الأمراض غير المعدية الرئيسية الأربعة. وتتمثل إحدى طرق السيطرة على فرط سكر الدم بعد الأكل في تأخير امتصاص الجلوكوز عن طريق تثبيط عمل الإنزيمات الهاضمة مثل ألفا-أميلاز وألف جلوكوزيداز، المسؤولة عن التحلل المائي للسكريات المتعددة إلى سكريات أحادية.

تندرج هذه الدراسة في إطار الجهود المبذولة لتقييم الخصائص المضادة لمرض السكري لبعض المستخلصات النباتية الطبية المتوطنة في الجزائر، مع التركيز بشكل خاص على نبات الساليكورنيا الأوروبية ل. وهو نبات غير معروف وقليل الاستكشاف في مجال مكافحة مرض السكري. ركزت دراستنا على تقييم النشاط المضاد لمرض السكري لهذا النوع، لا سيما من خلال تثبيط إنزيم ألفا أميليز بواسطة مستخلصات مختلفة: مرقق ومحلول ومنقوع، تم تحضيرها عن طريق الاستخلاص.

كشفت النتائج التي تم الحصول عليها عن قدرة جميع المستخلصات التي تم اختبارها على تثبيط إنزيم ألفا أميليز بقيم IC_{50} متفاوتة. وأثبت الجزء العضوي للمستخلص المغلي أنه الأكثر نشاطاً ($IC_{50} = 0.3$ ملجم/مل)، كما أظهر مستخلص الجزء المائي للمستخلص المغلي نشاطاً مثيراً للاهتمام ($IC_{50} = 1.6$ ملجم/مل).

في الختام، تُظهر مستخلصات الساليكورنيا الأوروبية تأثيراً مثبطاً كبيراً لإنزيم ألفا-أميلاز، مما يؤكد قدرة هذا النبات على مكافحة مرض السكري.

الكلمات المفتاحية: الساليكورنيا الأوروبية، ألفا-أميلاز، داء السكري، المستخلص.

Résumé

Le diabète sucré est un trouble métabolique caractérisé par une hyperglycémie chronique. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) le classe parmi les quatre principales maladies non transmissibles. L'un des moyens de contrôler l'hyperglycémie postprandiale consiste à retarder l'absorption du glucose, en inhibant l'action des enzymes digestives telles que l' α -amylase et l' α -glucosidase, responsables de l'hydrolyse des polysaccharides en monosaccharides

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation des propriétés antidiabétiques de certains extraits de plantes médicinales endémiques d'Algérie, en s'intéressant particulièrement à *Salicornia europae* L. Il s'agit d'une plante antidiabétique encore peu connue et peu explorées. Ainsi, notre étude s'est focalisée sur l'évaluation de l'activité antidiabétique de cette espèce, notamment à travers l'inhibition de l' α -amylase porcine par différents extraits : macéré, décocté et infusé, préparés par extraction.

Les résultats obtenus révèlent une capacité inhibitrice de l' α -amylase par l'ensemble des extraits testés, avec des valeurs d' IC_{50} variables. La fraction organique du décocté queux s'est montré la plus active ($IC_{50} = 0,3$ mg/ml) ; la fraction aqueuse présente également une activité intéressante ($IC_{50} = 1,6$ mg/ml).

En conclusion, les extraits de *salicornia europae* présentent un effet inhibiteur significatif de l' α -amylase, ce qui confirme le potentiel antidiabétique de cette plante

Mots clés : *Salicornia europae*, α -amylase, diabète sucré, extraits

Abstract

Diabetes mellitus is a metabolic disorder characterized by chronic hyperglycemia. The World Health Organization (WHO) classifies it as one of the four major non-communicable diseases. One way of controlling postprandial hyperglycemia is to delay glucose absorption, by inhibiting the action of digestive enzymes such as α -amylase and α -glucosidase, responsible for the hydrolysis of polysaccharides into monosaccharides.

This study is part of an effort to evaluate the anti-diabetic properties of certain medicinal plant extracts endemic to Algeria, with particular emphasis on *Salicornia europaeae* L. This is a little-known and little-explored anti-diabetic plant. Our study focused on assessing the anti-diabetic activity of this species, notably through inhibition of porcine α -amylase by various extracts: macerated, decocted and infused, prepared by extraction.

The results obtained reveal an α -amylase inhibitory capacity by all the extracts tested, with variable IC_{50} values. The organic fraction of decoctate aqueous extract proved the most active ($IC_{50} = 0.3$ mg/ml); the aqueous fraction also showed interesting activity ($IC_{50} = 1.6$ mg/ml).

In conclusion, *Salicornia europaeae* extracts show a significant α -amylase inhibitory effect, confirming the anti-diabetic potential of this plant.

Key words: *Salicornia europaeae*, α -amylase, diabetes mellitus, extract.

Remerciements

Tout d'abord je rends grâce, à Dieu Tout Puissant pour ses bienfaits dans ma vie, la protection et le souffle de vie renouvelé tous les jours ;

Je souhaite remercier chaleureusement et très sincèrement, même si les mots sont insignifiants, Mme Medjdoub H, maître de conférences A au département de Biologie, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université AbouBekr Belkaid Tlemcen pour avoir accepté de m'encadrer, pour son soutien inestimable, son expertise précieuse, sa patience et sa bonté, tout au long de ce projet. Votre mentorat attentif a été une source d'inspiration et d'encouragement, et j'apprécie énormément les efforts que vous avez déployés madame pour m'aider à atteindre mes objectifs académiques déjà en tant que professeur en M1 puis en tant qu'encadrante, merci beaucoup du fond du cœur !

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers Mr AZZI Rachid, Professeur au département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université AbouBekr Belkaid Tlemcen d'avoir accepté de présider le jury de ma soutenance.

Mes remerciements vont aussi à Mme ALIOUI Nadia, Maitre assistante au département d'Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université AbouBekr Belkaid Tlemcen pour sa précieuse contribution à l'évaluation de ce mémoire.

Gratitude exprimée envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à enrichir mes connaissances et à façonner ma compréhension du sujet de ce mémoire ;

Votre soutien et vos encouragements ont été essentiels à la réussite de ce travail, et je vous en suis profondément reconnaissante

Dédicaces

À mes parents **MOHAMED LEMINE** et **VATIMETOU** pour leur soutien moral et financier,

pour leur conseil, encouragement ;

A mes deux frères et sœurs et tous les membres de ma famille ;

À mes amis, pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur présence constante dans

les bons moments comme dans les moments difficiles ;

Je vous aime !

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

DG : diabète gestationnel

DFG : Débit de filtration glomérulaire

DPP4 : Dipeptidyl peptidase-4

HbA1c: Hémoglobine glyquée

GLP-1: Glucagon-like peptide-1

GLP1-RA: Glucagon-like peptide-1 receptors agonists

HGPO : Test d'hyperglycémie provoquée par voie orale

IADPSG: International Association of Diabetes Pregnancy Study Group

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50%

LDL : Low Density Lipoprotein (lipoprotéine de basse densité)

MODY: Maturity Onset Diabetes of the Young

NaOH : Hydroxyde de sodium

ROS : Reactive oxygen species (espèces réactives de l'oxygène)

SA : semaine d'aménorrhée.

SGLT2 : Co-transporteur sodium-glucose de type 2

SmF : Fermentation submergée (Submerged fermentation)

SSF : Fermentation en milieu solide (Solid State fermentation)

WHO : World Health Organization ou OMS ; Organisation mondiale de la santé

Liste de figures

Figure 1. Distribution du diabète dans le monde (International Diabète Fédération, 2024)	4
Figure 2 : Illustration des sites et des mécanismes d'action principaux des différentes classes d'antidiabétiques oraux	11
Figure 3 : Structure cristalline de l' α -amylase	14
Figure 4: Représentation schématique des modes d'action de l'amylase sur l'amylose et les fragments d'amylose	15
Figure 5 : Inhibition de l' α -amylase	17
Figure 6 : effets biologique de <i>salicornia europaea</i> sur la santé	21
Figure 7 : <i>Salicornia europaea L.amaranthaceae (Salicorne)</i>	24
Figure 8 : Coloration des réactions enzymatiques après l'ajout du DNSA (photos prises au labo)	26
Figure 09 : Comparaison des extraits de salicorne selon leur inhibition de alpha amylase	31
Figure 10 : Pourcentage inhibition en fonction de concentration de acarbose	32
Figure 11 : l'effet inhibiteur d'extrait macéré sur l'alpha amylase	32
Figure 12 : l'effet inhibiteur d'extrait décocté sur l'alpha amylase	33
Figure 13 : l'effet inhibiteur d'extrait décocté (phase aqueuse) sur l'alpha amylase	34
Figure 14 : l'effet inhibiteur d'extrait décocté (phase organique) sur l'alpha amylase	35
Figure 15 : l'effet inhibiteur d'extrait infusé sur l'alpha amylase	36

Liste de tableaux

Tableau 1 : Critères diagnostiques des différents états de tolérance glucidique	4
Tableau 2 : Les enzymes amylolytiques	13
Tableau 3: Caractérisation nutritionnelle et chimique de <i>Salicornia europaea</i> L.amaranthaceae : partie comestible par 100g	19
Tableau 4 : Evaluation des valeurs des IC50 de différents extraits.....	36

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 :

Diabète, α -amylase

1.	Physiopathologie du diabète sucré	3
1.1.	Définition et généralités	3
1.2.	Données épidémiologiques	3
1.3.	Symptômes.....	4
1.4.	Critères de diagnostic du diabète sucré.....	4
1.5.	Classification des diabètes sucrés	5
1.5.1.	Diabète de type 1 (DT1)	5
1.5.1.1.	Physiopathologie	5
1.5.2.	Diabète de type 2 (DT2)	6
1.5.2.1.	Physiopathologie	6
1.5.3.	Diabète gestationnel	7
1.5.4.	Autres formes de diabète (le diabète MODY).....	7
1.6.	Complications du diabète sucré	7
1.6.1.	Complications aiguës du diabète	7
1.6.2.	Complications chroniques du diabète.....	8
1.6.2.1.	Complications microangiopathiques du diabète.....	8
1.7.	Traitement	8
1.7.1.	Traitement du DT1	8
1.7.2.	Traitement du DT2	9

1.7.2.1.	Inhibiteurs de l' α -glycosidase	9
1.7.2.2,	Biguanides.....	9
1.7.2.3.	Sulfonylurées	9
1.7.2.4.	Méglitinides	10
1.7.2.5.	Thiazolidinediones	10
2.	L' α -amylase	11
2.1.	Définition et généralité	11
2.2.	Digestion des sucres.....	112
2.3.	Différents types d'amylases	122
2.3.1.	α -amylase (α -1,4-glucan-4- glucanohydrolases; E.C.3.2.1.1).....	122
2.3.2.	β -amylase (E.C.3.2.1.2).....	122
2.3.3.	γ -amylase ou (E.C.3.2.1.3)	132
2.3.4.	L'iso amylase (E.C. 3.2.1.68) et la pullulanase (E.C. 3.2.1.41).....	133
2.4.	Structure de l' α -amylase	133
2.5.	Mode d'action de l' α -amylase	144
2.5.1.	Mode d'attaque unique ou attaque multitâche.....	144
2.5.2.	Mode d'action à attaque multiple	144
2.6.	Sources de l' α -amylase	155
2.7.	Utilisations	155
2.8.	Inhibiteurs de l' α -amylase	166

Chapitre 2 :

Salicornia europaea L.amaranthaceae

1.	Phytothérapie et diabète sucré	188
1.1.	Plantes médicinales	188
1.1.1.	Définition.....	188
1.1.2.	Méthodes d'extraction	188
1.1.2.1.	Macération	188
1.1.2.2.	Décoction	188

1.1.2.3. Infusion	188
1.1.2.4. Autres	199
1.2. Plantes antidiabétiques	199
1.3. Métabolites de la plante	20
2. <i>Salicornia europaea</i> L.amaranthaceae	20
2.1. Description de la plante	20
2.2. Botanique de la plante.....	20
2.3. Composition de <i>Salicornia europaea</i> L.amaranthaceae	21
2.4. Propriétés médicinales	222
2.5. Usage traditionnel	233
2.6. Toxicité	233

Deuxième partie : Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Objectif	244
2. Matériel végétal	244
3. Extraction.....	255
3.1. Extraction par macération	255
3.3. Extraction par décoction	Erreur ! Signet non défini.5
3.4. Extraction par infusion.....	Erreur ! Signet non défini.5
4. Effet inhibiteur de <i>Salicornia europaea</i> L.amaranthaceae sur l'α-amylase	26
4.1. Préparations des réactifs selon la méthode de Lindsay (1973)	266
4.1.1. Réactif de DNSA (acide 3,5-dinitrosalicylique)	266
4.1.2. Solution d'α-amylase	26
4.1.3. Solution tampon phosphate (0,02M ; pH=6,9).....	26
4.1.4. Solution de substrat (amidon)	27
4.1.5. Solution d'extrait.....	277
4.1.6.Solution d'acarbose.....	27
4.2. Effet des extraits sur l'activité de l'α-amylase <i>in vitro</i> : Mode opératoire	278

Résultats et discussion

1.	Expression des résultats d’Inhibition de l’ α -amylase.....	30
1.1.	comparaison des extraits.....	30
1.2	inhibition par lacarbose.....	30
1.3.	Inhibition par l’extrait macéré Erreur ! Signet non défini.	1
1.4.	Inhibition par l’extrait décocté.....	30
1.5.	Inhibition par l’extrait infuse.....	33
	Conclusion générale	36
	Bibliographie.....	38

Introduction générale

Le diabète est un trouble métabolique caractérisé par la présence d'une hyperglycémie attribuable à une réduction de la sécrétion d'insuline ou de l'action de l'insuline ou les deux à la fois par rapport aux besoins de l'organisme. Classé parmi les quatre pathologies majeures non transmissibles, le diabète sucré représente un problème important de santé publique **(Mohiuddin et al., 2016)**.

Depuis des milliers d'années, les plantes sont utilisées de façon empirique pour soulager la douleur, soigner diverses affections, prévenir certaines maladies, traiter les blessures et contribuer au maintien de la santé humaine. De nos jours, environ 80 % de la population vivant dans les pays en développement continue de recourir aux plantes médicinales locales comme principale ressource thérapeutique. Cette accessibilité leur permet de préparer des remèdes tout au long de l'année **(Vandi et al., 2016)**.

Aujourd'hui, dans le domaine thérapeutique, le patient diabétique a recours à l'usage des plantes médicinales hypoglycémiantes comme traitement complémentaire. La phytothérapie constitue donc une alternative importante pour prévenir les complications du diabète **(Ben Mechri et al., 2021)**. Les métabolites secondaires par leurs effets anti-hyperglycémiantes, anti-cancéreux, anti-inflammatoires... sont des agents potentiels et particulièrement prometteuses dans la prévention et l'atténuation de diverses maladies. Ils sont divisés en trois grands groupes : les polyphénols, les alcaloïdes et les terpénoïdes **(Crozier et al., 2008)**.

Aussi, plusieurs plantes ont été découvertes avoir un effet inhibiteur de l' α -amylase. Inhiber cet enzyme qui digère les sucres (favorisant l'absorption du glucose) est une solution intéressante dans la prise en charge du diabète. C'est dans cet ordre d'idée que nous étudierons l'effet inhibiteur de *Salicornia europaea* L. de la famille des Amaranthaceae sur l' α -amylase.

Salicornia europaea L., également connue sous le nom de *Salicornia herbacea* L., est une halophyte appartenant à la sous-famille des Chenopodiaceae et portant de nombreux noms communs tels que salicorne, haricot de mer, asperge de mer **(Singh et al., 2014)**.

Salicornia europaea L., est d'origine Méditerranéenne et dont la répartition géographique couvre quatre continents : Afrique, Amérique, Asie et Europe. Cette espèce se caractérise par des tiges charnues, multi-branchées, pouvant atteindre 45 cm de hauteur, et de minuscules fleurs hermaphrodites, de couleur blanc cassée à jaune **(Khalilzadeh et al., 2020)**.

S. europaea est connue pour sa richesse en minéraux (Na ; K ;Ca ;Mg ;Fe ;Zn ;Cu ;Mn ;P ;I), en fibres alimentaires et en plusieurs substances bioactives (phytostérols, composés phénoliques). Elle est utilisée comme aliment par les populations côtières et dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses maladies, telles que le diabète, l'asthme, l'hépatite et le cancer (Essaidi et al., 2013; Wang et al., 2021) et des études ont montré ses activités antioxydantes, antidiabétiques et bien plus. Nous en parlerons davantage dans la suite des pages. L'objectif de cette étude est vérifier l'effet inhibiteur de cette plante sur l'alpha amylase comme effet antidiabétique.

Notre travail est composé de deux parties ; une partie bibliographique et une partie expérimentale le tout structuré comme suit :

- Généralité sur le diabète et l' α -amylase
- *Salicornia europaea* L.,
- Matériel et méthode où nous réaliserons des extraits (Infusion, Macération, Décoction) de la salicorne pour étudier leur activité inhibitrice de l' α -amylase.

L'expérimentation est réalisée au niveau du laboratoire de recherche antibiotiques, antifongiques, physico-chimie de la faculté des Sciences de la nature et de vie de l'université d'Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.

Première partie :
Synthèse bibliographique

Chapitre 1 :

Diabète, α -amylase

1. Physiopathologie du diabète sucré

1.1. Définition et généralités

Le diabète sucré est un trouble métabolique chronique caractérisé par une augmentation anormale du taux de glucose dans le sang, résultant à un défaut en insuline et/ou à une résistance à l'insuline (Yau et al., 2021).

L'HbA1c est considérée comme un test de référence pour le diagnostic et le suivi du diabète, en raison de sa capacité à refléter l'exposition moyenne au glucose sur une période de trois mois. Son principal avantage réside dans le fait qu'elle ne dépend pas de l'heure du prélèvement, ce qui permet une évaluation stable et fiable du contrôle glycémique (Colette et Monnier, 2017). L'hémoglobine glyquée (HbA1c) résulte d'un processus de glycation non enzymatique, au cours duquel le glucose se fixe de manière irréversible à l'extrémité N-terminale de la chaîne β de l'hémoglobine. Il est nécessaire de noter que cette réaction est irréversible. Le taux de l'HbA1c est lié à celui de la glycémie. En cas où la glycémie moyenne augmente de 0,29g/l, celui de l'HbA1c augmente de 1% (Camara, 2014).

1.2. Données épidémiologiques

Le diabète touchait dans le monde 450 millions de personnes de 30 à 99 ans en 2022, 59% des cas ne seront pas traités. L'étude révèle également d'importantes disparités dans les taux de diabète à l'échelle mondiale, avec une prévalence chez les adultes de 18 ans et plus atteignant environ 20 % dans les Régions OMS de l'Asie du Sud-Est et de la Méditerranée orientale. Ces deux régions, ainsi que la Région africaine, présentent les plus faibles taux de couverture thérapeutique, avec moins de 40 % des adultes diabétiques recevant un traitement médicamenteux hypoglycémiant. Les projections anticipent une augmentation de 50% entre 2015 et 2040, de 140% en Afrique (WHO, 2024). L'OMS prévoit qu'en 2030, le diabète sera la 7^{ème} cause de décès dans le monde (David et Boinet, 2017). Entre 2000 et 2019, le taux de mortalité due au diabète standardisé selon l'âge a augmenté de 3 %. Dans les pays à revenu intermédiaire, il a augmenté de 13 % (WHO, 2023).

La prévalence du diabète continue d'augmenter en Algérie pour atteindre 17,5% de la population entre 20 et 79 ans, soit environ 4,8 millions de personnes atteintes de diabète en Algérie en 2024 (IDF, 2024).

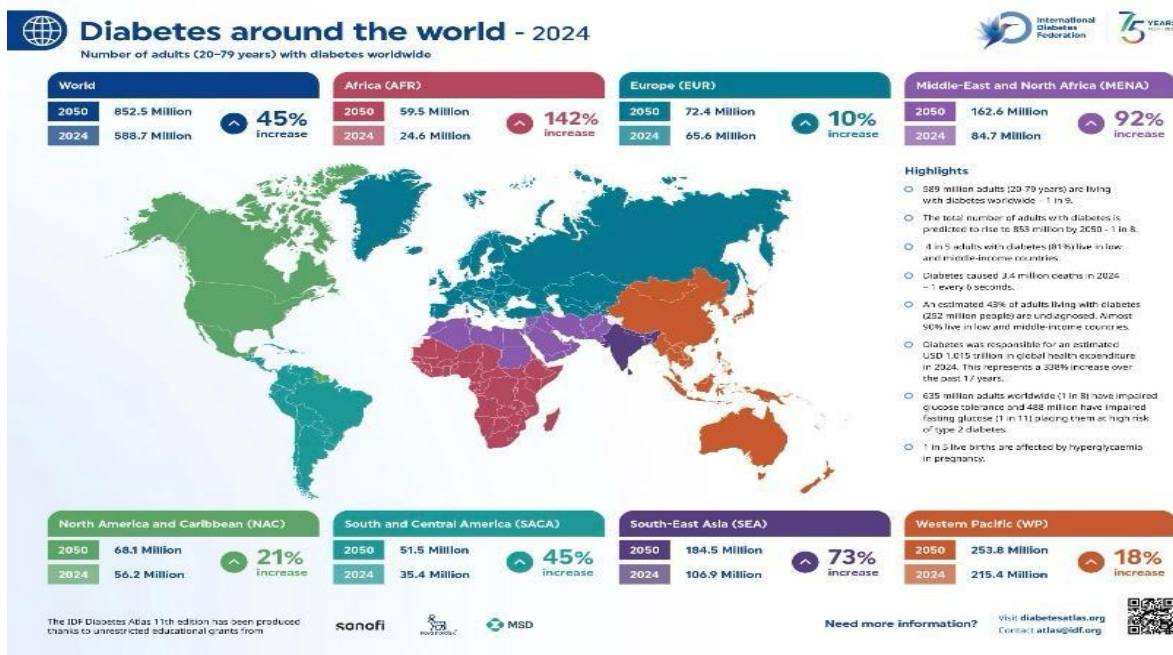


Figure 1 : Distribution du diabète dans le monde (International Diabètes Fédération, 2024)

1.3. Symptômes

Maladie hétérogène évolutive et hétérogène, ses symptômes peuvent apparaître brusquement. Dans le DT2, les symptômes peuvent être légers et n’être remarqués qu’au bout de plusieurs années. Ils comprennent une polyurie, vision floue, polydipsie, polyphagie sensation de fatigue et une perte de poids involontaire (WHO, 2024).

1.4. Critères de diagnostic du diabète sucré

Le terme « prédiabète » désigne une situation où la glycémie à jeun est altérée et/ou une intolérance au glucose est présente. Les individus concernés présentent un risque élevé de développer un diabète de type 2. Le prédiabète constitue également un facteur de risque important de maladies cardiovasculaires (Collège des Enseignants de Nutrition, 2019).

Tableau 1 : Critères diagnostiques des différents états de tolérance glucidique (CEN, 2019; Monnier et Schlienger, 2018; Antony et Clotilde, 2014)

Tolérance glucidique normale
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Glycémie à jeun à 1,10 g/l (6,1mmol/l) ➤ Glycémie < 1,40 g/l (7,8 mmol/l) 2 heures après HGPO
Anomalie de la glycémie à jeun et Intolérance au glucose
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Anomalie de la glycémie à jeun : glycémie à jeun \geq 1,10 g/l (6,1 mmol/l) et < 1,26 g/l (6,9 mmol/l)

- Intolérance au glucose : glycémie 2 heures après HGPO comprise entre 1,40 g/l (7,8 mmol/l) et 1,99 g/l (11 mmol/l)

Diabète sucré si patient dans l'une des situations suivantes :

- Glycémie à jeun $\geq 1,26$ g/l (7mmol/l)
- Glycémie $\geq 2,00$ g/l (11,1mmol/l)
- Glycémie 2h après HGPO supérieure à 2,00g/l (11,1mmol/l)
- HbA1c $\geq 6,5\%$

Dans le tableau ci-dessus, le jeûne correspond à une absence d'apport calorique d'au moins 8 heures. L'hyperglycémie provoquée par voie orale (HGPO) consiste à administrer 75 g de glucose au patient. Cette méthode présente des indications limitées en raison de sa faible reproductibilité et ne s'avère pas utile en cas de diabète avéré. Elle est principalement utilisée dans deux contextes : le diagnostic du diabète gestationnel et les études épidémiologiques (CEN, 2019).

1.5. Classification des diabètes sucrés

1.5.1. Diabète de type 1 (DT1)

Le diabète de type 1 est une maladie auto-immune chronique marquée par la destruction des cellules β productrices d'insuline, survenant dans un contexte de prédisposition génétique (Rewers et Ludvigsson, 2016; Marchand et Thivolet, 2016).

Moins fréquent que le diabète de type 2, le diabète de type 1 représente moins de 10 % des cas et survient, dans 50 % des situations, avant l'âge de 20 ans. L'origine de cette maladie complexe résulte de l'interaction entre différents types de cellules hétérogènes au sein de l'environnement pancréatique. Le patient est dans ce cas mince et s'amaigrit encore. Aussi, des études ont détecté des corps cétoniques (glycosurie, cétonurie) associés au glucose dans les urines (Fasolino et al, 2022). Asymptomatique et peu altérante sur la qualité de vie, cette pathologie entraîne toutefois une diminution de l'espérance de vie. L'hyperglycémie évolue lentement, exposant le patient à un risque accru de complications (Foussier et Zergane, 2021).

1.5.1.1. Physiopathologie

L'hyperglycémie s'explique par une insulino-pénie absolue, consécutive à la destruction auto-immune de plus de 80 % des cellules β pancréatiques responsables de la sécrétion d'insuline (Tenenbaum et al., 2018).

En l'absence quasi totale de cellules β , la synthèse d'insuline est abolie. Le patient présente alors une hyperglycémie plasmatique importante, mais son organisme est incapable d'utiliser ce glucose comme source d'énergie. Il se retrouve dans un état de grande fatigue et de faiblesse. En réponse, le métabolisme bascule vers des voies cataboliques, activant simultanément la lipolyse, la glycogénolyse et la néoglucogenèse. Il s'agit d'une véritable situation d'insulino-dépression. Le sujet est donc hyperglycémique et insulino-dépendant, exposé à des risques et complications qui seront développés ultérieurement (**Monnier et Schlienger, 2018**). Au cours de la progression de la maladie, la réponse auto-immune se manifeste initialement par la production d'auto-anticorps ciblant des antigènes des cellules β pancréatiques (GAD65, insuline, IA2), précédant ainsi leur destruction et l'apparition des signes cliniques (**Tenenbaum et al., 2018**).

1.5.2. Diabète de type 2 (DT2)

Le diabète de type 2, également appelé diabète non insulino-dépendant (DNID), est une maladie multifactorielle complexe. Il résulte d'une utilisation inefficace de l'insuline par l'organisme, caractérisée par une insulino-résistance, c'est-à-dire une diminution de la sensibilité des tissus à l'action de l'insuline. Cette situation entraîne une réduction de l'utilisation du glucose par les cellules, en particulier au niveau des muscles squelettiques, du tissu adipeux blanc et du foie (**Antony et Clotilde, 2014**).

Principalement observé chez les sujets âgés, le diabète de type 2 présente une symptomatologie souvent atténuée par rapport au diabète de type 1, ce qui peut en retarder le diagnostic. Il est étroitement lié à l'excès pondéral et à l'obésité (**Monnier et Schlienger, 2018**). Plus de 95 % des personnes diabétiques ont un diabète de type 2 (**Boitard, 2020**).

Les facteurs qui contribuent à l'apparition du diabète de type 2 comprennent le surpoids, le sédentarité, le stress et une prédisposition génétique (**WHO, 2024**). La présence d'une susceptibilité génétique, couplée à des facteurs environnementaux favorisant l'expression de gènes diabétogènes, conduit à l'émergence d'une insulino-résistance, laquelle évolue progressivement, sur une période de 10 à 20 ans, vers une insulino-déficience (**Antony et Clotilde, 2014**).

1.5.2.1. Physiopathologie

Le développement de l'insulino-résistance est étroitement lié à une répartition androïde des graisses. Dans ce contexte, l'utilisation du glucose par les muscles diminue au profit des acides gras. Le glucose n'est pas stocké sous forme de glycogène, les réserves étant déjà

suffisantes, et l'activité de la glycogène synthase, enzyme clé de la glycogénogenèse, est inhibée. Parallèlement, le foie continue de produire du glucose via la néoglucogenèse, aggravant l'hyperglycémie, tandis que les muscles restent peu perméables au glucose. Pour compenser, la sécrétion d'insuline augmente afin de stimuler l'utilisation du glucose, mais cette action est inefficace : les tissus musculaires et adipeux y sont résistants, leur métabolisme étant orienté en faveur de l'oxydation des acides gras (**Monnier et Schlienger, 2018**).

1.5.3. Diabète gestationnel

Le diabète gestationnel (DG) est défini par l'Organisation mondiale de la santé comme un trouble de la tolérance au glucose entraînant une hyperglycémie de sévérité variable, apparaissant ou étant diagnostiqué pour la première fois au cours de la grossesse, indépendamment du traitement requis et de l'évolution après l'accouchement. Les principaux facteurs de risque incluent le surpoids, l'âge maternel avancé, l'origine ethnique, ainsi que des antécédents familiaux de diabète de type 2 au premier degré, entre autres (**Tenenbaum et al., 2018; Senat et Deruelle, 2016**). Le diabète gestationnel est associé à un risque accru de prééclampsie, de macrosomie fœtale et de césarienne (**Meykiechel et al., 2023**).

1.5.4. Autres formes de diabète (le diabète MODY)

Le diabète MODY (Maturity Onset Diabètes of the Young) se manifeste par une hyperglycémie modérée chez les sujets jeunes (souvent avant 25 ans), en lien avec des anomalies génétiques des cellules β , sans obésité ni atteinte auto-immune (**Tenenbaum et al., 2018**). Transmis selon un mode autosomique dominant, le MODY se caractérise par l'absence d'auto-anticorps pancréatiques. La prise en charge thérapeutique varie selon le sous-type, allant des antidiabétiques oraux à l'insulinothérapie (**CEN, 2019**).

1.6. Complications du diabète sucré

Les complications liées au diabète se divisent en atteintes microvasculaires (rétinopathie, néphropathie, neuropathie périphérique) et macrovasculaires (AVC, infarctus du myocarde, artériopathie oblitérante des membres inférieurs avec risque d'amputation). Des formes sévères peuvent exceptionnellement conduire à un coma diabétique (**Ohkuma et al., 2019**).

1.6.1. Complications aiguës du diabète

Ces complications regroupent notamment l'hypoglycémie (glycémie $\leq 0,70$ g/L), souvent liée à une prise inadaptée de médicaments antidiabétiques, à un surdosage en insuline ou à l'utilisation d'agents stimulant excessivement la sécrétion d'insuline. On y inclut également

l'acidocétose, observée quasi exclusivement chez les patients atteints de diabète de type 1, ainsi que le coma hyperosmolaire et l'acidose lactique, qui constituent d'autres formes sévères de décompensation métabolique (**Monnier et Schlienger, 2018**).

1.6.2. Complications chroniques du diabète

On observe une association de plusieurs mécanismes pathologiques : hyperglycémie, inflammation chronique de bas grade, insulino-résistance et athérosclérose (**Mota et al., 2020**).

1.6.2.1. Complications microangiopathiques du diabète

Ce sont les complications néphrospastiques, oculaires et neuropathiques (**papachristoforou et al., 2020**).

1.6.2.2. Complications macroangiopathiques du diabète

Il s'agit de cardiopathie ischémique (Le pronostic est plus sévère et la mortalité, plus élevée), Insuffisance cardiaque (Elle est deux fois plus fréquente chez les hommes et cinq fois chez les femmes diabétiques), Atteinte cérébrovasculaire (**Schalkwijk et al., 2023**).

1.7. Traitement

Le traitement du diabète, aujourd'hui, ne se limite plus à faire baisser la glycémie. Il est adapté à chaque patient, mais repose toujours en premier lieu sur une bonne hygiène de vie et la metformine (**Vatier et Bourcigaux, 2023; Fougere et Archambeaud, 2017**). De nombreuses recherches sont également menées dans le domaine de la phytothérapie, dans le but d'identifier des alternatives ou compléments thérapeutiques d'origine végétale (**Eddouks et al., 2007**). Un consensus international souligne la nécessité d'une autosurveillance glycémique pluriquotidienne. En complément, les recommandations insistent sur la réduction de la sédentarité et l'adoption d'un régime alimentaire équilibré, pauvre en graisses saturées, sucres simples et alcool, mais riche en fruits, légumes, féculents complets et poissons (**Piquet, 2023; Berdi et al., 2020**).

1.7.1. Traitement du DT1

Il y a 100 ans, l'insuline faisait son entrée en clinique, saluée comme une avancée majeure dans le traitement du diabète sucré (**Mathieu et al., 2021**). L'insulinothérapie est le seul traitement pour le DT1 soit par la voie basale ou prandiale ou une perfusion sous-cutanée

continue d'insuline. Il existe une grande variété d'insulines (basale et prandiale) et de modes d'administration (seringue, stylo, stylo pré-rempli et pompe) (Janež et al., 2020).

1.7.2. Traitement du DT2

De nombreux antidiabétiques ont déjà été mis au point, et des recherches intensives sont actuellement en cours afin de découvrir de nouvelles molécules plus efficaces (Dowarah et Singh, 2020).

1.7.2.1. Inhibiteurs de l' α -glycosidase

Les enzymes β -galactosidases, α -amylases et α -glucosidases catalysent la dégradation des polysaccharides alimentaires en monosaccharides (glucose, fructose, etc.), lesquels sont absorbés principalement dans le jéjunum et l'iléon (Maurya et al., 2020 ; Tan et al., 2018).

Les inhibiteurs de l' α -glycosidase favorisent la digestion et l'absorption incomplète ou réduite des monosaccharides intestinaux (Serra et al., 2017). Jusqu'à présent, de plus en plus d'inhibiteurs de l' α -glucosidase ont été développés, mais seuls quelques inhibiteurs sont utilisés cliniquement pour le traitement du diabète de type 2, tels que l'acarbose, le voglibose et le miglitol (Acar cevik et al., 2023 ; Moghadam et al., 2023). Ils doivent être pris au début du repas. Des flatulences, la diarrhée et l'inconfort intestinal peuvent être notifiés suite à la prise de ces médicaments, ceci est dus au métabolisme de la microflore intestinale et à l'indigestion et/ou digestion réduite des polysaccharides (Pogaku et al., 2019).

1.7.2.2. Biguanides

Parmi les biguanides, on retrouve la phénformine, la buformine et surtout la metformine, qui est la plus utilisée. Celle-ci agit en inhibant la néoglucogénèse hépatique, tout en augmentant l'absorption du glucose par le muscle squelettique et en réduisant son absorption au niveau de la muqueuse intestinale. Néanmoins, des effets indésirables gastro-intestinaux peuvent survenir lors de sa prise (Yendapally et al., 2020 ; Meneses et al., 2015). En 2020, la metformine demeure le traitement pharmacologique de première ligne (Buyschaert, 2020).

1.7.2.3. Sulfonylurées

Les premières sulfonylurées mises au point comprenaient le chlorpropamide, l'acétohexamide, le tolbutamide et le tolazamide. Ces molécules de première génération ont été en grande partie remplacées par des composés de deuxième génération, tels que le gliclazide, le glipizide et le glibenclamide (glyburide). Le glimépiride, sulfonylurée la plus récente, est parfois classé comme agent de troisième génération, bien que certains auteurs le considèrent encore comme appartenant à la deuxième génération. Ces médicaments agissent

en stimulant la sécrétion d'insuline. Toutefois, leur utilisation peut entraîner des effets indésirables tels que l'hypoglycémie, une prise de poids et une hyperinsulinémie (Tomlinson et al., 2022 ; Meneses et al., 2015).

1.7.2.4. Méglitinides

Les méglitinides sont des agents sécrétagogues de l'insuline, dont le mode d'action, similaire à celui des sulfonylurées, repose sur l'inhibition des canaux potassiques ATP-dépendants. Cette classe comprend notamment le natéglinide, le repagline et le mitiglinide. Le natéglinide, tout comme le répaglinide, s'avère efficace en association avec la metformine ou les thiazolidinediones. Il doit être administré avant chaque repas, quel que soit son contenu (Meneses et al., 2015).

1.7.2.5. Thiazolidinediones

Ces molécules, telles que la pioglitazone et la rosiglitazone, permettent une réduction prolongée du taux d'HbA1c tout en présentant un faible risque d'hypoglycémie. Toutefois, leur utilisation peut être associée à des effets indésirables, notamment une prise de poids, une insuffisance cardiaque ou encore des œdèmes maculaires (Swanson et al., 2019).



Figure 2. Illustration des sites et des mécanismes d'action principaux des différentes classes d'antidiabétiques oraux (Scheen, 2015)

Dans la figure 1, α : cellules α pancréatiques; β : cellules β pancréatiques; DPP-4 : dipeptidylpeptidase IV; SGLT2 : Co-transporteur sodium-glucose de type 2.

2. L' α -amylase

2.1. Définition et généralité

L' α -amylase est l'enzyme amylolytique la plus connue et la plus intensément étudiée. Les enzymes amylolytiques sont des enzymes dégradant l'amidon et les substrats amyliques et sont largement utilisées dans diverses branches des industries alimentaire, pharmaceutique elle est produite par les glandes salivaires et le pancréas chez l'Homme, Cette enzyme hydrolyse la liaison α -(1,4)-D-glucosidique de l'amidon et d'autres polysaccharides, les transformant en glucides plus simples comme le glucose, le maltose et les dextrines (Paul et al., 2021).

2.2. Digestion des sucres

En 1831, Erhard Leuchs a rapporté que l'amidon se décomposait au contact de la salive humaine, et il a nommé 'ptyaline' l'agent salivaire responsable de cette réaction chimique (Butterworth et al., 2011). L'amidon est largement plus présent dans l'alimentation des pays en développement que dans celle des pays développés (Southgate, 1995).

Chez l'Homme, avant d'être absorbé sous forme de glucose dans l'intestin grêle, l'amidon subit une hydrolyse successive par l' α -amylase salivaire, puis par l' α -amylase pancréatique. Dans la cavité buccale, la ptyaline — enzyme présente dans les sécrétions salivaires — initie la digestion de l'amidon, assurant jusqu'à 70 % de sa dégradation initiale. Son action cesse toutefois lorsque l'aliment est transformé en bol alimentaire dans l'estomac, en raison de l'acidité gastrique. Par la suite, dans la lumière de l'intestin grêle, l' α -amylase pancréatique, plus puissante que son homologue salivaire, poursuit l'hydrolyse et convertit l'amidon en oligomères de glucose en 15 à 30 minutes, en ciblant spécifiquement les liaisons α (1 \rightarrow 4). Enfin, au niveau de la bordure en brosse des entérocytes, diverses enzymes spécifiques poursuivent la dégradation des sucres pour permettre leur absorption finale sous forme de monosaccharides. On cite :

- Sucrase-isomaltase qui convertit le saccharose en glucose et en fructose
- Glucoamylase qui décompose les oligomères de glucose (maltotriose et dextrines) en glucose
- Lactase qui transforme le lactose en glucose et en galactose

- Maltase qui scinde le maltose en 2 glucoses (**El Haddaoui, 2023; Southgate, 1995**).

2.3. Différents types d'amylases

Il existe plusieurs types d'amylases — α , β et γ (également appelée amyloglucosidase) — qui jouent un rôle essentiel dans le métabolisme des glucides. Ces enzymes sont respectivement codées par les numéros EC 3.2.1.1, EC 3.2.1.2 et EC 3.2.1.3. L' α -amylase, en raison de son activité catabolique, peut contribuer à l'hyperglycémie et au développement du diabète de type 2 (**Kaur et al., 2021**).

2.3.1. α -amylase (α -1,4-glucan-4- glucanohydrolases; E.C.3.2.1.1)

L' α -amylase est une métalloenzyme endogène nécessitant des ions calcium (Ca^{2+}) pour assurer son activité, sa stabilité et l'intégrité de sa structure. Elle appartient à la famille GH-13 des glycoside-hydrolases. En fonction des produits finaux formés, les α -amylases sont classées en deux catégories : les amylases saccharifiantes et les amylases liquéfiantes. Parmi toutes les amylases connues, les α -amylases sont les plus largement utilisées. Elles font partie de la plus vaste famille d'enzymes impliquées dans l'hydrolyse, le transfert et l'isomérisation des glycosides, avec environ 30 spécificités enzymatiques différentes (**Paul et al., 2021; Sindhu et al., 2017**). Ces enzymes sont classées en quatre groupes : les exoamylases, les endoamylases, les enzymes de débranchement et les transférases :

- Les endoamylases coupent les liaisons α (1-4) internes, ce qui donne des produits α -anomères.
- Les exoamylases clivent les liaisons α (1-4) ou α (1-6) des résidus de glucose externes, ce qui donne des produits α - ou β -anomères.
- Les enzymes de débranchement hydrolysent les liaisons α (1-6) en laissant des polysaccharides linéaires.
- Les transférases, pour leur part, clivent les liaisons glycosidiques α (1→4) de la molécule donneuse, puis transfèrent un fragment de cette dernière à une molécule accepteuse, formant ainsi une nouvelle liaison glycosidique.

2.3.2. β -amylase (E.C.3.2.1.2)

La β -amylase est une enzyme exo-hydrolase appartenant à la famille GH14. Elle hydrolyse les liaisons α -1,4-glucosidiques à partir de l'extrémité non réductrice des polysaccharides, libérant des unités de maltose selon un mécanisme d'inversion de configuration. En plus de ses sources microbiennes, telles que *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Streptomyces*, la β -amylase (BAM) est également présente dans les graines de plantes supérieures comme l'orge

(*Hordeum vulgare*), le soja (*Glycine max*) et la patate douce (*Ipomoea batatas*) (Paul et al., 2021).

2.3.3. γ -amylase ou (E.C.3.2.1.3)

La γ -amylase est une glucoamylase exo-active appartenant à la famille GH15. Elle catalyse l'hydrolyse des liaisons glycosidiques terminales $\alpha(1\rightarrow4)$ et $\alpha(1\rightarrow6)$ des polysaccharides à partir de l'extrémité non réductrice, libérant ainsi du glucose. Cette enzyme se distingue par sa stabilité à des pH acides, jusqu'à 3,0. Elle est principalement produite par des champignons filamenteux tels que *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus delemar*, *Rhizopus oryzae* et *Rhizopus niveus* (Paul et al., 2021)

2.3.4. L'iso amylase (E.C. 3.2.1.68) et la pullulanase (E.C. 3.2.1.41)

Ces deux enzymes hydrolysent les liaisons glycosidiques $\alpha(1\rightarrow6)$ présentes dans l'amylopectine et le pullulane, respectivement. La pullulanase a également la capacité d'hydrolyser complètement l'amylopectine, dont la structure est plus ramifiée que celle du glycogène (Bijttebier et al., 2008)

Tableau 2 : Les enzymes amylolytiques (Paul et al., 2021; Tiwari SP et al., 2015; Bijttebier et al., 2008)

Nom	Type	Liaison hydrolysée	Produits	Origine
α -amylase	Endoamylase	$\alpha(1-4)$	Dextrine Maltose maltodextrine	Animale (salive et pancréas) Végétal Microbienne
β -amylase	Exoamylase	$\alpha(1-4)$ par les extrémités non réductrices	Maltose β dextrine	Microbienne Végétal
γ -amylase	Exoamylase	$\alpha(1-4)$ par les extrémités non réductrices	Maltose	Végétal Microbienne

2.4. Structure de l' α -amylase

"La structure d'une enzyme est étroitement liée à sa fonction. De manière générale, la structure typique en deux dimensions des α -amylases et de leurs homologues putatifs se compose de trois domaines principaux, désignés A, B et C. Le domaine A présente un motif $(\beta/\alpha)_8$ renfermant les résidus catalytiques. Le domaine B correspond à une longue boucle s'étendant entre le brin β_3 et l'hélice α_3 . Quant au domaine C, il adopte une structure en sandwich β antiparallèle composée de huit brins (Ederson, 2020).

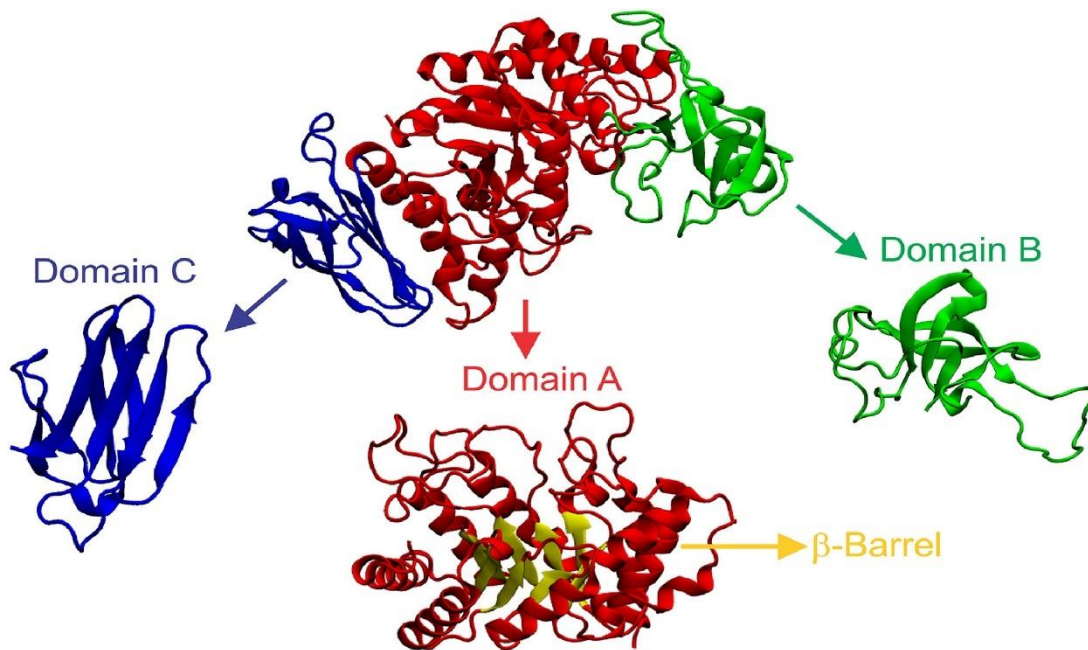


Figure 3 : Structure cristalline de l' α -amylase (Ederson, 2017)

Sur la figure 2, **Domain A** (en rouge) C'est souvent le domaine catalytique principal, où se situe le site actif de l'enzyme, Il contient des **hélices α** et des **feuilletés β** , La flèche jaune indique un **β -barrel** (baril de feuilletés β), une structure souvent impliquée dans la stabilité ou le repliement de la protéine. **Domain B** (en vert), Ce domaine peut servir de support structurel ou aider à la reconnaissance du substrat, Il est constitué de **feuilletés β** et **hélices α** plus compacts, Il peut participer à l'interaction avec d'autres protéines ou substrats, **Domain C** (en bleu) Ce domaine est typiquement impliqué dans la liaison avec d'autres molécules (comme des glucides, des lipides ou d'autres protéines), Sa structure montre surtout des **feuilletés β** , organisés en plis de type sandwich.

2.5. Mode d'action de l' α -amylase

En général, on pense que les α -amylases dégradent les polymères d'amidon de manière aléatoire ; on distingue deux modes d'action :

2.5.1. Mode d'attaque unique ou attaque multitâche

Toutes les liaisons peuvent être hydrolysées, ce qui entraîne une diminution rapide de la masse molaire du polymère d'amidon (George, 2020).

2.5.2. Mode d'action à attaque multiple

Les amylases à attaques multiples hydrolysent successivement plusieurs liaisons glycosidiques après une première coupure aléatoire, avant de se détacher du substrat (George, 2020).

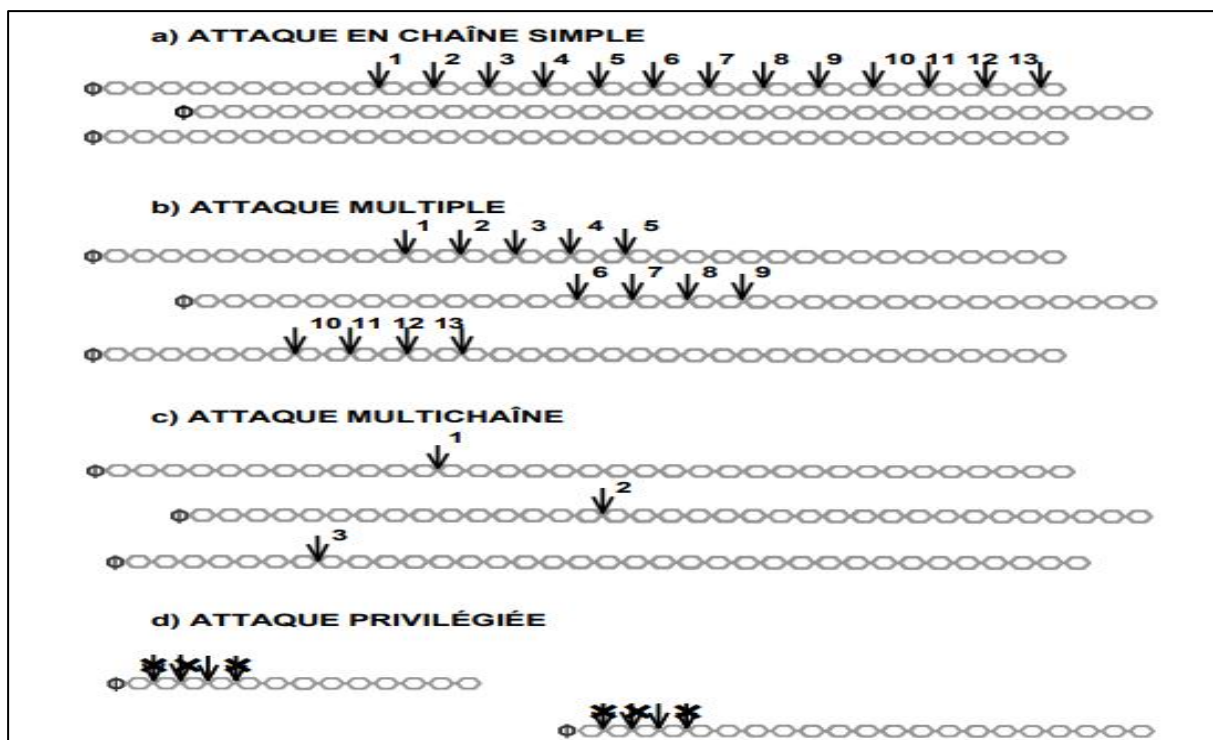


Figure 4 : Représentation schématique des modes d'action de l'α-amylase sur l'amylose et les fragments d'amylose (George, 2020)

2.6. Sources de l'α-amylase

Bien que les α-amylases soient présentes chez les animaux, les plantes et les micro-organismes, ce sont celles d'origine microbienne qui sont les plus utilisées. Les bactéries et les champignons sécrètent l'α-amylase à l'extérieur de leurs cellules afin de réaliser une digestion extracellulaire. La majorité des études sur la production d'α-amylase par les champignons concernent principalement quelques espèces mésophiles, bien que les espèces thermophiles soient également d'excellents producteurs (Dipak, 2016). *Aspergillus* et *Bacillus* sont des sources fongiques d'α-amylase (Saranraj et Stella, 2013).

2.7. Utilisations

L'α-amylase est largement utilisée dans divers secteurs industriels, notamment dans la production d'éthanol et d'alcool, l'agroalimentaire, le textile, l'industrie papetière ainsi que dans les détergents pour la lessive et la vaisselle. En effet, 90 % des détergents liquides en contiennent, afin de dégrader les résidus d'aliments riches en amidon. Grâce à son fort pouvoir sucrant, elle est également employée en grande quantité comme édulcorant dans les boissons non alcoolisées. Dans l'industrie agroalimentaire, l'α-amylase intervient en boulangerie, dans la clarification de la bière et des jus de fruits, ainsi que dans le prétraitement

des aliments pour animaux, dans le but d'améliorer la digestibilité des fibres (Elyasi Far et al., 2020).

2.8. Inhibiteurs de l' α -amylase

Les inhibiteurs des enzymes hydrolysant les glucides, telles que l' α -amylase, jouent un rôle clé dans la gestion du diabète sucré, notamment chez les patients atteints de diabète de type 2, d'obésité, ou souffrant de caries dentaires (Toumi et al., 2022; Sales et al., 2012).

Les médicaments inhibant les enzymes responsables de l'hydrolyse des glucides ont démontré leur efficacité à réduire la glycémie postprandiale et à améliorer le métabolisme du glucose, sans induire d'hyperglycémie. Ils sont particulièrement utiles chez les patients récemment diagnostiqués avec un diabète de type 2, ainsi que chez ceux déjà sous traitement par antidiabétiques oraux nécessitant un traitement complémentaire pour maintenir une glycémie stable (Nickavar et Yousefian, 2009).

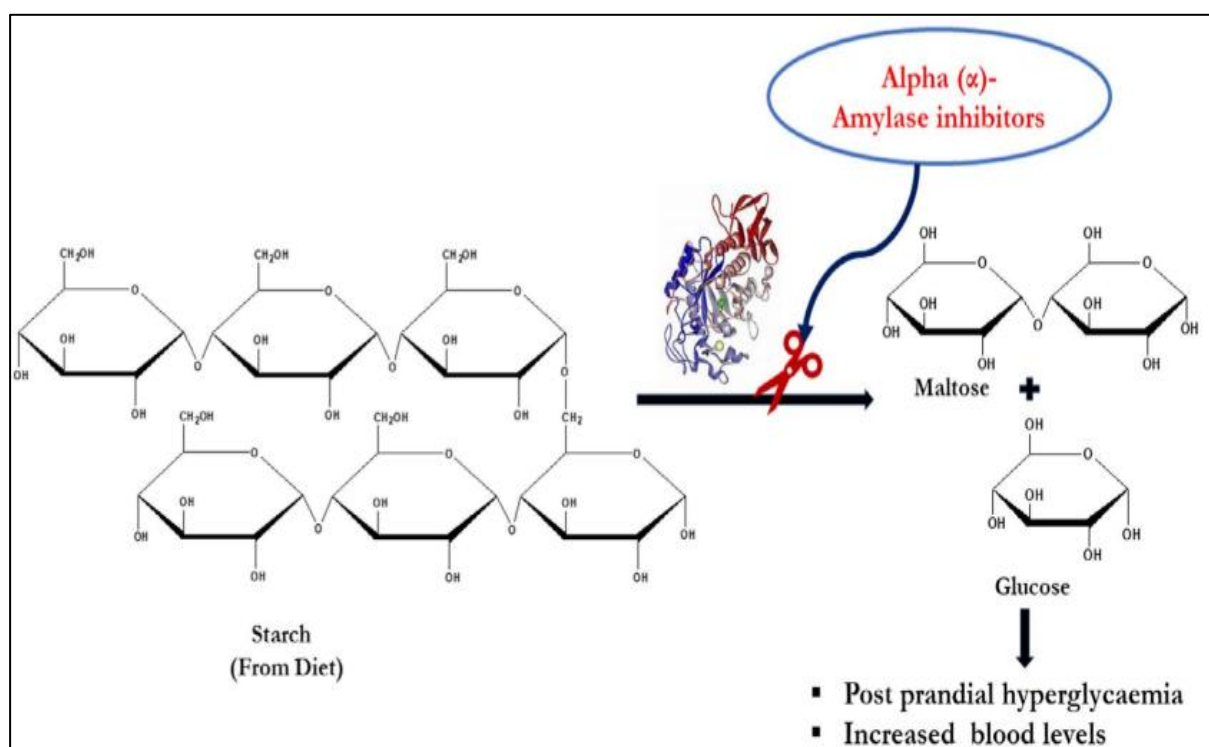


Figure 5 : Inhibition de l' α -amylase (Kaur et al., 2021)

Agarwal et Gupta, (2016) ont cité trois inhibiteurs de l' α -amylase les plus communs :

- Acarbose Issu de sources microbiennes, il a été le premier inhibiteur de l' α -glucosidase commercialisé pour le traitement du diabète. Il agit en inhibant les activités de l' α -amylase, de la sucrase et de la maltase.
- Miglitol : Dérivé de la 1-désoxynojirimycine, il exerce une forte inhibition sur les activités de la saccharase, de la glucoamylase et de l'isomaltase.
- Voglibose : Issu de bactéries, il inhibe les activités de l' α -glucosidase, de la saccharase, de l'isomaltase et de la maltase.

Environ 800 espèces végétales sont reconnues pour leurs propriétés antidiabétiques, suscitant un vif intérêt chez les chercheurs, notamment en ce qui concerne les métabolites secondaires qu'elles produisent (**Sales et al., 2012**). divers composés tels que les alcaloïdes, glycosides, polysaccharides, peptidoglycanes, stéroïdes, glycopeptides, terpénoïdes, flavonoïdes, acarviostatines et arylamines ont montré une activité biologique significative contre l'hyperglycémie, ainsi qu'un effet inhibiteur sur l' α -amylase (**Kaur et al., 2021; Sales et al., 2012**). les inhibiteurs de l'amylase sont classés en trois grandes catégories sur la base de leur structure chimique : les aminosucres, les oligostatines et les inhibiteurs protéiques (**Jayaraj et al., 2013**)

Chapitre 2 :

***Salicornia europaea* L.**

1. Phytothérapie et diabète sucré

La phytothérapie est une pratique médicale ancestrale reposant sur l'utilisation d'extraits de plantes et de composés actifs d'origine naturelle Transmise oralement de génération en génération, au sein des familles, la phytothérapie reste aujourd'hui largement utilisée dans le domaine thérapeutique. De nombreux patients diabétiques ont recours aux plantes médicinales à effet hypoglycémiant en tant que traitement complémentaire. Ainsi, la phytothérapie représente une alternative précieuse pour prévenir les complications liées au diabète (**Ben Mechri et al., 2021**).

1.1. Plantes médicinales

1.1.1. Définition

Les plantes médicinales constituent une ressource précieuse et abondante pour le développement de médicaments à base de plantes ainsi que de nouveaux traitements pharmaceutiques (**Li et al., 2023**). Elles jouent un rôle crucial dans les systèmes de santé de nombreuses régions du monde, près de 80 % de la population mondiale dépendant exclusivement des remèdes traditionnels pour se soigner (**Asigbaase et al., 2023**).

1.1.2. Méthodes d'extraction

Diverses méthodes sont employées pour extraire les principes actifs des plantes médicinales, parmi lesquelles figurent la décoction, l'infusion, la macération, la digestion et la lixiviation (**El Mtiai, 2023**).

1.1.2.1. Macération

La macération consiste à laisser la matière première en contact prolongé avec un solvant (tel que l'eau, l'alcool ou l'huile), à température ambiante ou à froid, afin d'en extraire les composés solubles (**El Mtiai, 2023; Faye et al., 2022**).

1.1.2.2. Décoction

La décoction est une méthode d'extraction qui consiste à faire bouillir le matériel végétal dans de l'eau afin d'en extraire les composés solubles (**Faye et al., 2022; Bat, 2016**).

1.1.2.3. Infusion

Elle permet d'extraire les substances actives en mettant en contact des plantes sèches ou fraîches, préalablement fragmentées, avec de l'eau bouillante, puis en les laissant infuser pendant environ quinze minutes (**El Mtiai, 2023**).

1.1.2.4. Autres

La digestion consiste à maintenir la plante (ou drogue) en contact avec de l'eau à une température supérieure à celle ambiante, mais inférieure à celle de l'ébullition, pendant une durée variant de 1 à 15 heures (par exemple à 60 °C). Il s'agit d'une forme de macération dite 'macération à chaud.

La lixiviation, ou percolation, est quant à elle un procédé de dissolution et d'extraction partielle, principalement utilisé pour les substances coûteuses et les composés actifs thermolabiles. Cette méthode repose sur un flux continu de solvant traversant un lit fixe de matière végétale brute, de haut en bas, permettant ainsi l'extraction progressive des principes actifs solubles (El Mtiai, 2023).

1.2. Plantes antidiabétiques

Une plante est qualifiée d'antidiabétique lorsqu'elle exerce une action hypoglycémiant aussi bien chez les sujets sains que diabétiques. Cette action peut se manifester par une réduction de l'hyperglycémie dans des modèles expérimentaux ou animaux, une amélioration de la sensibilité au glucose, une inhibition partielle ou totale de l'absorption des sucres au niveau de la muqueuse intestinale, ainsi qu'une influence sur l'insulinémie, la sécrétion d'insuline, et le métabolisme du glucose au niveau des adipocytes, des myocytes, des hépatocytes, ou encore sur la néoglucogénèse (Jouzier et Berké, 2015).

Benkhiguel et al., (2014) ont permis d'identifier 150 plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète, réparties en 121 genres et 54 familles botaniques, dans la région d'Al Haouz-Rhamna, au centre du Maroc. Au Ad rar (Mauritanie), pour le traitement du diabète les plantes médicinales antidiabétiques sont largement utilisées parmi lesquels on peut citer : *Momordica balsamina* « aurwir », *Ziziphus lotus* « Isder », *Boscia senegalensis* « eizen », *Maerua crassifolia* « atil », *Tamarindus indica* « aganat ». Les parties de plantes les plus utilisées sont la tige feuillée, la tige, la plante entière, l'écorce et la racine et les recettes sont préparées essentiellement par décoction et administrées exclusivement par voie orale (Yebouk et al., 2023). Les recherches se multiplient et plusieurs chercheurs/études (Rawnak et Manar, 2023; Assila et al., 2022; Assaly, 2020; Koné, 2018; Mangambu et al., 2014) se sont penchés sur ce sujet, les plantes antidiabétiques.

1.3. Métabolites de la plante

Le métabolisme primaire regroupe l'ensemble des voies de synthèse responsables des fonctions physiologiques fondamentales, communes à la majorité des plantes supérieures

(Calatayud et al., 2013). Il s'agit des protéines, les glucides y compris le mucilage et les lipides (Krief, 2003).

Les métabolites secondaires, bien qu'indirectement essentiels à la survie de la plante, jouent un rôle majeur dans ses mécanismes de défense contre les agressions extérieures. Parmi les plus connus figurent les polyphénols, les alcaloïdes et les terpénoïdes (Koné, 2018; Bibet et al., 2008).

2. *Salicornia europaea* L.

2.1. Description de la plante

Salicornia europaea L., communément appelé "asperge de mer", est un légume comestible halophyte herbacée, verte ou rougeâtre à racine grêle (Singh et al., 2014). Cette plante tolère une salinité allant jusqu'à 3% et pousse dans les marais salants et d'origine Méditerranéen dont la répartition géographique couvre quatre continents : Afrique, Amérique, Asie et Europe. Cette espèce se caractérise par des tiges charnues, multi-branchées, mesurant jusqu'à 45 cm de haut, et de minuscules fleurs hermaphrodites, allant du blanc cassé au jaune (Khalilzadeh et al., 2020). *S. europaea* est connue pour sa richesse en minéraux, en fibres alimentaires et en plusieurs substances bioactives (phytostérols, composés phénoliques) (Essaïdi et al., 2013; Wang et al., 2021).

La floraison a lieu d'août à septembre ou octobre de petites fleurs apparaissent de part et d'autre des tiges et la salicorne prend des allures de bruyère. Puis, les graines se forment, la plante se dessèche. Après germination, les premières plantules apparaîtront durant l'hiver et végèteront jusqu'au réchauffement du printemps (Merchaoui et al., 2022).

2.2. Botanique de la plante

L'asperge de mer (*Salicornia europaea* L. amaranthaceae) appartient au genre *Salicorne* (Merchaoui et al., 2022). C'est une plante à fleurs monocotylédones (Angiospermes).

Règne : Plantes

Sous-règne : Tracheobionta

Classe : Equisetopsida

Sous-classe : Magnoliidae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Amaranthaceae (Chénopodiacées)

Sous-famille : Salicornioideae

Genre : *Salicornia*

Espèce : *Salicornia europaea* L. (Lopez et al., 2021).

2.3. Composition de *Salicornia europaea* L.

La salicorne se distingue par sa forte teneur en composants bioactifs. Ses propriétés médicinales sont principalement dues à la présence de nombreux constituants bioactifs notamment : Chlorogenic acid, Caffeoyl-5- dihydrocaffeoylquinic acid, 3-caffeoyl-5- dihydrocaffeoylquinic acid methyl ester 3-caffeoyl-4- dihydrocaffeoylquinic acid methyl ester, 3,5- dihydrocaffeoylquinic acid methyl ester, 3-caffeoylquinic acid, 3-caffeoylquinic acid ,methyl ester 3-caffeoyl-4- dicaffeoylquinic acid, (tungtungmadic acid) 3,5- dicaffeoylquinic acid, 4,5-dicaffeoylquinic acid, trans-Ferulic acid, p-Coumaric acid, Pentadecylferulate, Caffeic acid, Gallic acid, Protocatechuic acid, Rutin hydrate, Catechin hydrate, Isoquercitrin 6''-O-methyloxalate, Isorhamnetin 3-O-β-D- glucopyranoside, Quercetin 3-O-β-D- glucopyranoside, Kaempferol, Quercetin, Isorhamnetin, Acanthoside B (Limongelli et al., 2022).

Il a été constaté la présence de vitamines, d'acides aminés, de minéraux, de stérols, d'acides gras, de saponines, d'oxalates, d'acides phénoliques, de flavonoïdes et de lignanes (Rahmani et al., 2022). Des teneurs significatives en acides aminés importants, tels que l'acide aspartique (140,1 et 165,5 mg/100 g p.c.), l'acide glutamique (160,5 et 182,3 mg/100 g p.c.), et l'isoleucine (107,5 et 94,7 mg/100 g p.c.) ont été quantifiées dans les tiges et les racines de *S. europaea* (Antonella et al., 2021).

Tableau 3: Caractérisation nutritionnelle et chimique de *Salicornia europaea* L. : partie comestible par 100g (Antonella et al., 2022 ; Ventura et Sagi, 2013)

Composition	Unité	Tige
Eau	G	80-90
Energie	Kcal	25-35
Protéine	g	1,5-2,5
Lipides totaux	G	0,2-0,5
Sucres totaux	G	2-4
Fibres alimentaires	G	1,5-3
Matière sèche	G	7-12
Sodium	Mg	1200-2000

Potassium	Mg	300-600
Polyphénols totaux	Mg GAE*	20-80
Vitamine A (bêta-carotène)	µg	150-500
Vitamine C	Mg	20-60
Polysaccharides solubles	g	1-2
Polysaccharides Totaux	G	4-6

Le Salicorne contient aussi des minéraux (macro et micronutriments) tels que le sodium, le potassium, manganèse, calcium... **(Dey et Khaled, 2015)**. Les poireaux sont riches en fructooligosaccharides et autres α -galactooligosaccharides, à savoir le raffinose et le stachyose **(Shelke et al., 2020)**.

2.4. Propriétés médicinales

Il est connu pour son efficacité dans la thérapie des maladies infectieuses. Les tiges de Salicorne sont utilisées dans les industries pharmaceutiques et nutraceutiques en tant qu'agents aromatiques et peuvent réduire la pression artérielle et prévenir le cancer et les maladies cardiovasculaires en réduisant le cholestérol LDL et les triglycérides sériques **(Limongelli et al., 2022)**. Il présente des propriétés antibactériennes, antifongiques, antioxydantes, antihypertensives et diurétiques **(Rahmani et al., 2021)**. Le salicorne peut réduire le risque de maladies gastro-intestinales et protéger la peau contre les dommages **(Antonella et al., 2022)**. Encore, il joue un rôle non négligeable dans le traitement des problèmes digestifs, dans la réduction du taux de glucose, de triglycéride et de cholestérol dans les modèles expérimentaux, il neutralise les toxines et peut être un antiagrégant ; c'est une herbe magique **(Souid et al., 2024)**.

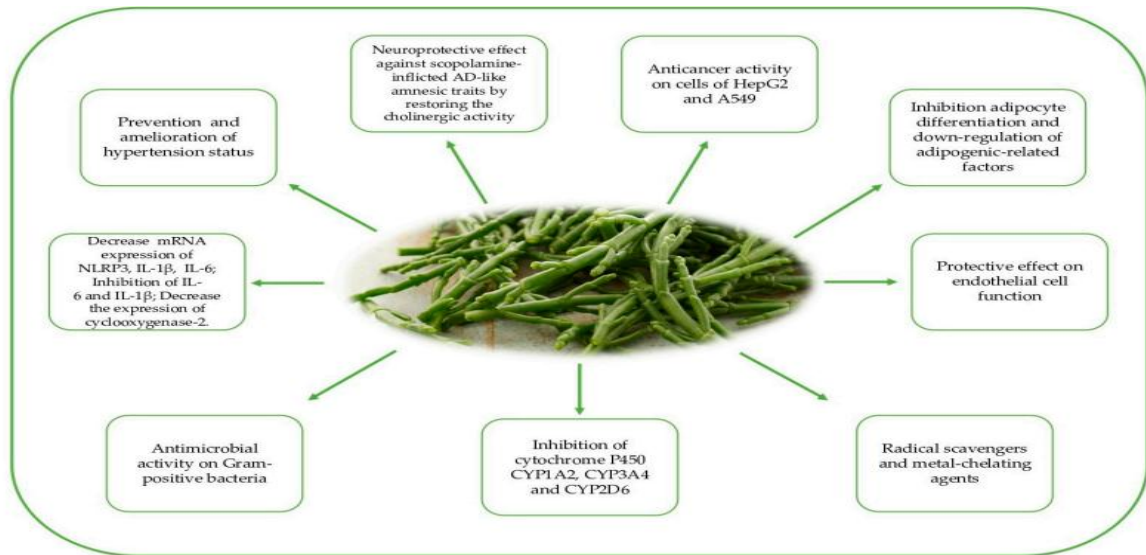


Figure 6 : effets biologique de *salicornia europaea* sur la santé (**Limongelli et al., 2022**)

2.5. Usage traditionnel

C'est une plante consommée comme légume, condiment, herbes médicinales ou assaisonnements alimentaires dans de nombreux pays méditerranéens (**Khalilzadeh et al., 2020**). Les tiges ont été comme médecine traditionnelle pour traiter les symptômes inflammatoires. Les tiges fraîches sont utilisées pour traiter les stades initiaux de la toux, des sécrétions muqueuses et des maux de gorge sériques.

2.6. Toxicité

Le salicorne n'est pas toxique pour les humains et les animaux , Mais les risques apparaissent selon l'endroit où elle pousse car le salicorne accumule cd, Pb, Hg, Cu si cultivée dans des zones polluées (**Souid et al., 2024**)

Deuxième partie :
Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Objectif

L'expérimentation que nous avons réalisée a été effectuée au sein du laboratoire de recherche antibiotiques, antifongiques, physico-chimie de la faculté des Sciences de la nature et de vie de l'université d'Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.

L'objectif de cette étude est de tester *in vitro* l'effet inhibiteur des extraits de *Salicornia europaea* L. amaranthaceae sur l'activité de l' α -amylase.

Pour cela, les étapes suivantes ont été réalisées :

- Préparation des extraits du Salicorne par : Infusion, Macération et Décoction.
- Activité biologique : l'inhibition de l' α -amylase porcine.

2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la Salicorne, *Salicornia europaea* L. de la famille des Amaranthaceae, collectées à partir des touffes naturelles dans la région d'El-Magtaa, Wilaya d'Oran, Algérie.



Figure 7 : *Salicornia europaea* L. (Salicorne)

3. Extraction

Pour évaluer le rendement optimal en polyphénols présents dans l'extrait sec de la plante *Salicornia europaea* L., trois paramètres ont été pris en compte : la méthode d'extraction (macération, décoction ou infusion), la température d'extraction et la durée de l'extraction.

3.1. Extraction par macération

La préparation des extraits par macération a été réalisée selon le protocole décrit par **Romani et al. (2006)**. Pour cela, 20 mg de poudre de *Salicornia europaea* ont été macérés dans 100 ml d'eau distillée à température ambiante pendant 2 h 30 min sous agitation magnétique. La macération a ensuite été poursuivie pendant 24 h et 48 h, à l'abri de la lumière.

Le mélange obtenu (macéra) a été filtré, puis le filtrat a été séché dans une étuve à 45 °C pendant 24 heures afin d'éliminer l'eau résiduelle. L'extrait est considéré comme totalement sec lorsque sa masse reste constante.

3.1. Extraction par décoction

La préparation des extraits par décoction a été réalisée selon le protocole décrit par **Chavane et al. (2001)**. Pour cela, 20 mg de poudre de *Salicornia europaea* L. ont été mélangés à 100 ml d'eau distillée. Le mélange a été soumis à une décoction sous reflux à 100 °C pendant 10 minutes et 30 minutes, en deux répétitions. Les extraits obtenus ont été filtrés à l'aide d'un papier filtre.

Les résidus des filtrats ont ensuite été séchés dans une étuve à 45 °C pendant 24 heures afin d'obtenir des extraits secs

3.1. Extraction par infusion

La préparation des extraits par infusion a été réalisée selon la méthode décrite par **Tiwari et al. (2011)**, avec quelques modifications. Pour cela, 20 mg de poudre de *Salicornia europaea* L. ont été ajoutés à 100 ml d'eau distillée préalablement portée à ébullition. Le mélange a été immédiatement couvert, puis laissé en infusion hors du feu pendant 10 minutes et 20 minutes.

L'extrait obtenu a ensuite été filtré à l'aide d'un papier filtre. Les résidus du filtrat ont été séchés dans une étuve à 45 °C pendant 24 heures afin d'obtenir des extraits secs

3. Effet inhibiteur de *Salicornia europaea* L. sur L' α -amylase

Cette méthode vise à évaluer l'effet inhibiteur des Extraits infusé, macéré et decocté issus de *Salicornia europaea* L. sur l'activité de l' α -amylase pancréatique d'origine porcine. Cette enzyme est structurellement et cinétiquement proche de l' α -amylase humaine, ce qui en fait un modèle pertinent pour l'étude.

Le substrat utilisé est l'amidon et Les produits de cette réaction sont : des oligosaccharides, dextrans, maltose et glucose.

La quantité de produits formés est déterminée par la méthode de **Medjdoub et al. (2025)**. Cette dernière est basée sur le caractère réducteur des groupements aldéhydes et cétones libres des sucres. En milieu alcalin et à chaud, l'oxydation de ces fonctions provoque simultanément la réduction de l'acide 2,3-dinitrosalicylique (DNSA) de couleur jaune orange en acide 3-amino-5-nitrosalicylique de couleur rouge orange qui absorbe à 540nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de sucres réducteurs présents dans le milieu réactionnel.

4.1. Préparations des réactifs selon la méthode de Medjdoub et al. (2025)

4.1.1. Réactif de DNSA (acide 3,5-dinitrosalicylique)

1 g de DNSA est dispersé dans 40ml d'eau distillée. Ensuite 30 g de tartrate double de sodium et de potassium sont ajoutés sous agitation. La solution obtenue est de couleur jaune opaque. L'addition de 20ml d'une solution de NaOH rend le réactif limpide avec une couleur orange. Le volume obtenu est ajusté à 100ml avec l'eau distillée. Le réactif obtenu est conservé à l'abri de la lumière et à 4°C.

4.1.2. Solution d' α -amylase

L'enzyme utilisée est l' α -amylase (E.C.3.2.1.1) du pancréas porcine (PPA) sous forme lyophilisée, son poids moléculaire est de 54 Da avec une activité spécifique de 13 UI/mg, conservée à 4°C. 6 mg de PPA sont solubilisés dans 20 ml de solution tampon phosphate (pH=6,9 ; 0,02M). La solution obtenue contient une activité enzymatique de 3,9 UI/ml. L'optimum de l'activité de l' α -amylase d'origine porcine est à pH=6,9 pour une température de 37°C.

4.1.3. Solution tampon phosphate (pH=6,9 ; 0,02M)

On prépare la solution tampon de deux solutions, A et B. La solution A est monobasique NaH_2PO_4 et B dibasique Na_2HPO_4 à 0,02M et un pH final de 6,9.

Ensuite, on mélange les deux solutions A et B pour avoir une concentration de 0,02 M et un pH=6,9.

4.1.4. Solution de substrat (amidon)

Le substrat de cette catalyse est l'amidon soluble. Il est préparé dans la solution tampon phosphate (pH 6,9 ; 0,02 M) à une concentration de 1%. Pour avoir une bonne activité enzymatique, préalablement bouillir et refroidir afin de réaliser les tests sur l' α -amylase. On ajoute le NaCl à 6 mM.

4.1.5. Solution d'extrait

Différentes concentrations des extraits obtenus par Infusion, Macération et décoction sont préparées dans le tampon phosphate (pH=6,9 ; 0,02 M) afin d'évaluer leur effet sur l'activité enzymatique de l' α -amylase.

4.1.6. Solution d'acarbose

L'acarbose « LARIMEL®50 » est utilisée dans cette expérience comme molécule de référence afin d'évaluer et de comparer son activité inhibitrice sur l' α -amylase à celle des extraits testés. Pour cela, un comprimé de 50 mg est dissous dans 50 ml de solution tampon phosphate afin d'avoir une concentration de 1 mg/ml d'acarbose.

4.2. Effet des extraits sur l'activité de l' α -amylase *in vitro* : Mode opératoire

Les tests sont réalisés sur l'infusion 10 et 30, Macération 2,5, 24 et 48h, décoction 10 et 30. Cette méthode est réalisée selon le protocole de **Medjdoub et al. (2025)** :

➤ On prépare une gamme de concentrations (dilution en cascade) et on teste l'effet de chaque concentration de l'extrait sur l'activité de l' α -amylase.

• **Tube blanc (pour le contrôle)** : 1 ml solution tampon + 0,5 ml d'amidon.

• **Tube blanc (pour l'extrait)** : 0,5 ml solution de tampon + 0,5 ml d'extrait + 0,5ml d'amidon.

• **Tube contrôle** : 0,5 ml de tampon phosphate + 0,5 ml d'amidon + 0,5 ml de solution enzymatique (solution de l' α -amylase).

• **Tube à essai** : 0,5 ml solution d'amidon + 0,5 ml solution d'extrait + 0,5 ml solution enzymatique (solution de l' α -amylase).

➤ On agite les tubes et on les incube pendant 15 min à 37°C.

➤ On ajoute 1 ml de DNSA après l'incubation et on place les tubes dans un bain-marie bouillant pendant 8 min à 100°C.

- Afin de stopper la réaction entre maltose et DNSA, On procède à un choc thermique en déposant les tubes dans un bain d'eau glacée.
- On mesure les densités optiques au spectrophotomètre à longueur d'onde de 540 nm.

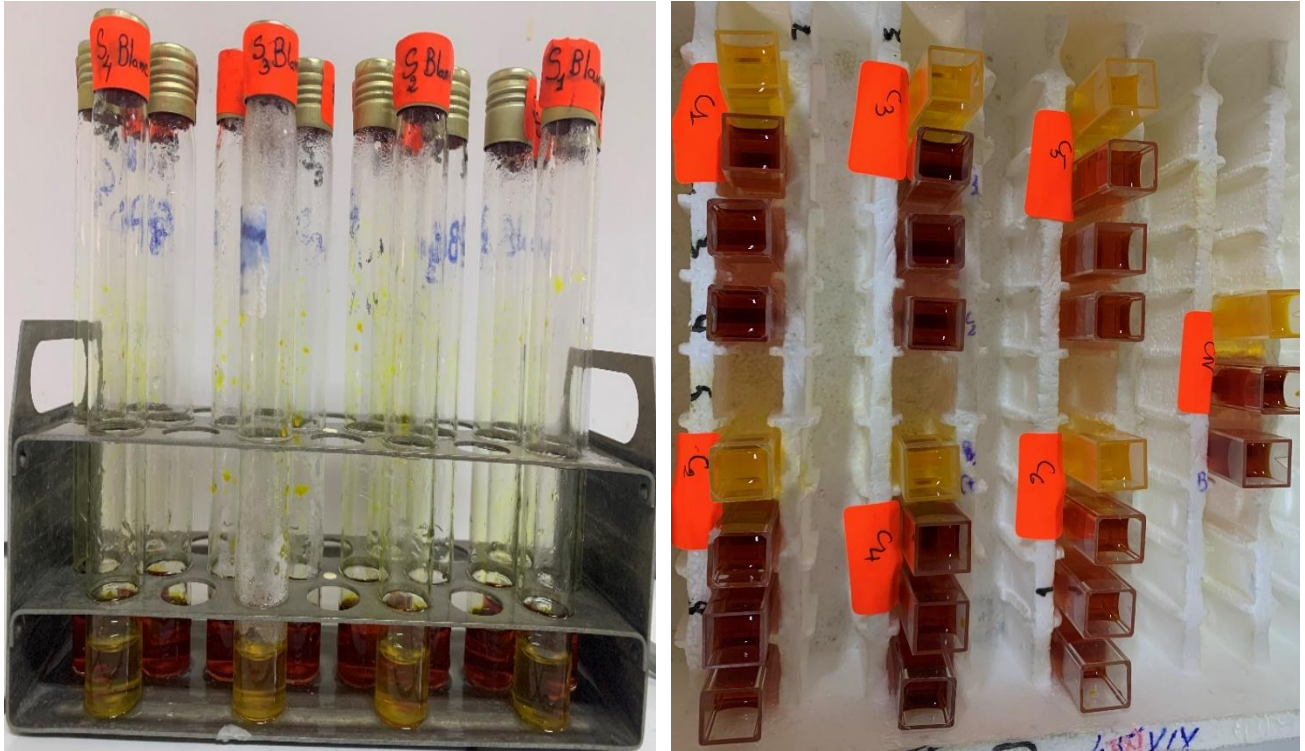


Figure 8 : Coloration des réactions enzymatiques après l'ajout du DNSA (photos prises au labo)

- Le calcul du pourcentage d'inhibition de chaque concentration d'extraits ou d'acarbose par rapport au contrôle (sans inhibiteur) se fait selon la formule 2 :

$$\% \text{ d'inhibition de l}'\alpha - \text{amylase} = \frac{A \text{ Contrôle} - A \text{ échantillon}}{A \text{ Contrôle}} \times 100 \quad (2)$$

Avec

A Contrôle : Absorbance contrôle ; A échantillon : Absorbance échantillon.

- ❖ IC₅₀ : la concentration inhibitrice de 50% de l'activité enzymatique. Elle est calculée graphiquement.

Résultats et discussion

1. Expression des résultats d’Inhibition de l’ α -amylase

❖ Comparaison des extraits

La figure 9 montre l’effet des différents extraits de *Salicornia europaea* sur l’alpha amylase.

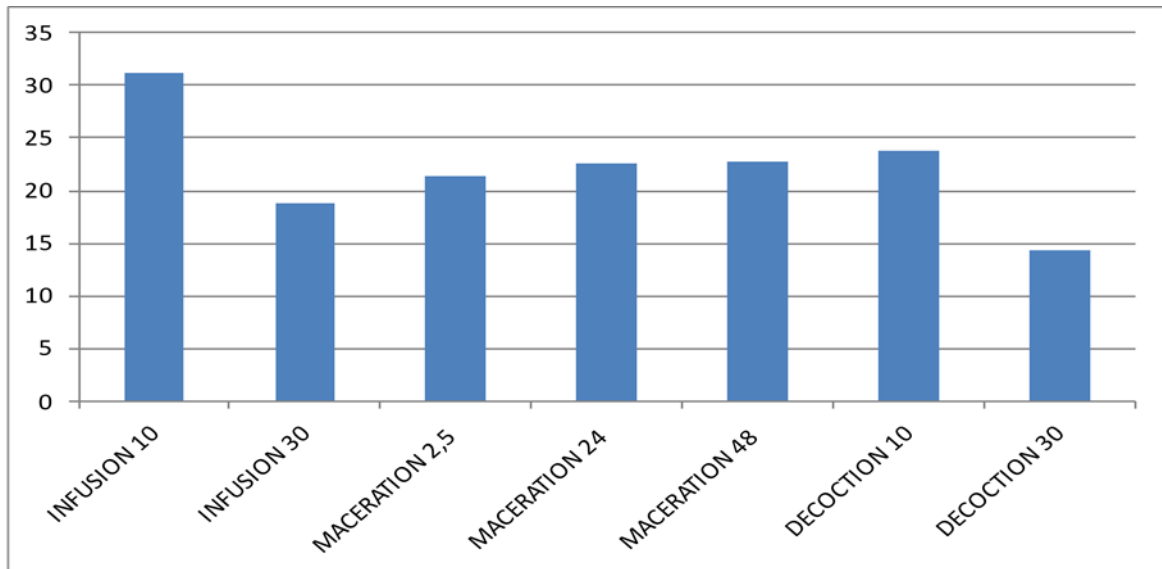


Figure 09 : Variation des pourcentages d’inhibition d’alpha amylase en fonction des extraits de salicorne à la même concentration de 2,5 mg/ml

(Les chiffres 10, 30, ... représente le temps d’extraction qui est en minute pour les infusés et les décocté et en heure pour les macérés)

À cette étape de l’étude, aucun extrait ne se distingue clairement comme étant le plus efficace. C’est pourquoi un test préliminaire a été réalisé afin d’orienter notre choix. Sur la base des pourcentages d’inhibition obtenus, les extraits de *Salicornia europaea* suivants ont été sélectionnés pour une étude approfondie :

L’infusion 10, le décocté 10 et le macéré 24.

❖ Inhibition par l’acarbose (contrôle positif)

D’après les résultats présentés sur la figure 13, nous pouvons remarquer une augmentation relativement importante des pourcentages d’inhibition en fonction des concentrations croissantes de l’acarbose, avec une IC_{50} de $0,69 \pm 0,015$ mg/ml et $R^2 = 0,9737$. L’acarbose s’il faut le rappeler, est un médicament antidiabétique, il retarde la digestion des sucres. C’est notre molécule de référence, le contrôle positif, c’est pour contrôler l’inhibition de l’ α -

amylase. Cette molécule est plus efficace et elle présente des pourcentages élevés pour de très faibles concentrations.

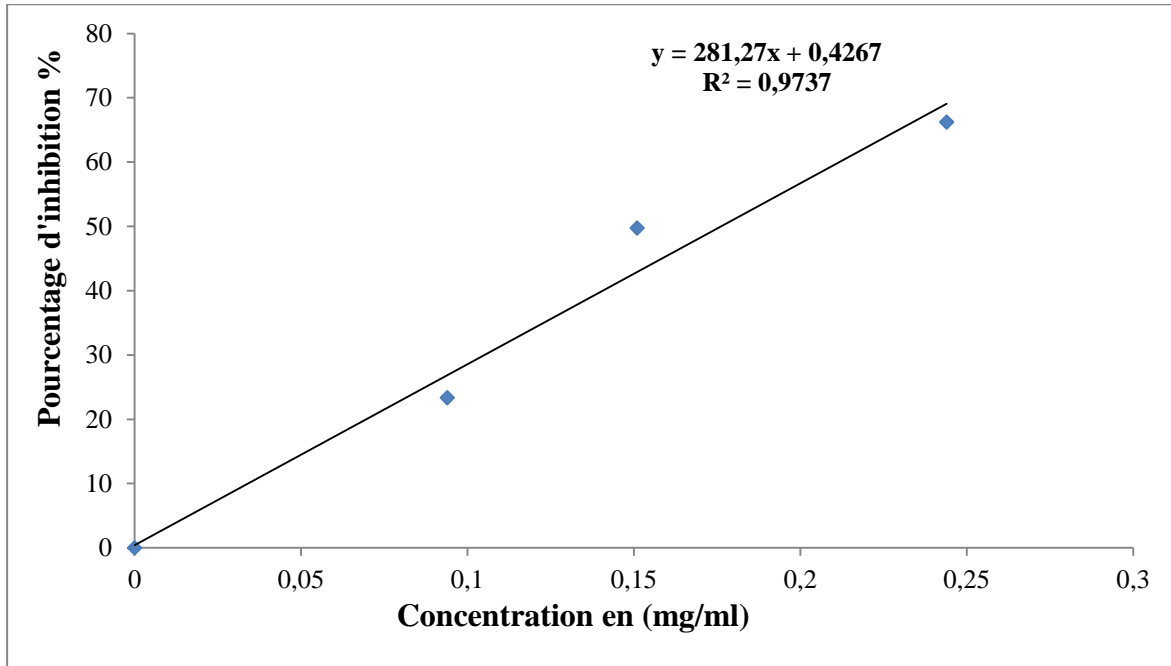


Figure 10 : Pourcentage d'inhibition (%) en fonction des concentrations de l'acarbose (mg/ml)

❖ Inhibition par l'extrait macéré

La figure 11 ci-dessous montre l'effet de l'extrait macéré sur l'inhibition de l'alpha amylase. Pour 1 mg/ml nous avons enregistré une inhibition d'environ 16.5

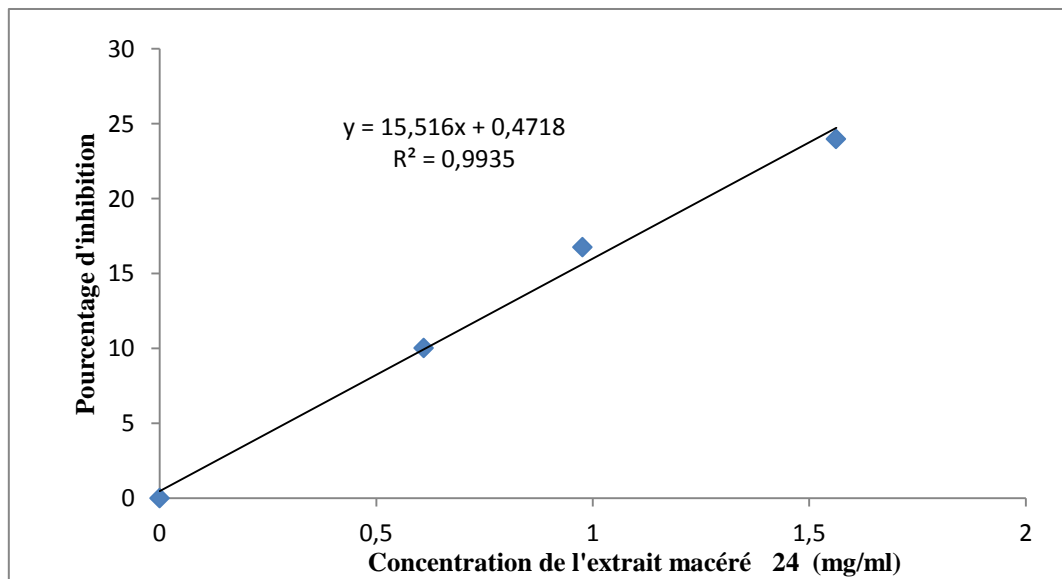


Figure 11 : Pourcentage d'inhibition (%) en fonction des concentrations du macéré 24 (mg/ml)

Avec une équation de la droite de régression $y = 15,516x + 0,4718$ et $R^2=0,9935$, l'Extrait macéré à une concentration de $3,4\pm 0,2$ mg/ml, inhibe 50% de l'activité de l' α -amylase ($IC_{50}=3,4\pm 0,2$ mg/ml).

En le comparant Notre extrait avec l'étude réalisé par **Rahimzadeh et al. (2013)** sur l'activité inhibitrice de *Urtica dioica* qui est un $IC_{50}=1,38\pm 0,42$; valeur inférieure à la nôtre ($IC_{50}=3,4\pm 0,2$ mg/ml).

❖ Inhibition par l'extrait Décocté

La figure 12, 13 et 14 élucident la variation des pourcentages d'inhibition de l'alpha amylase en fonction des concentrations de l'extrait décocté et selon leur phase (aqueuse ou organique)

La figure 12 ci-dessous montre l'effet de l'extrait décocté sur l'inhibition de l'alpha amylase. Pour 0,78 mg/ml nous avons enregistré une inhibition d'environ 26,48 %.

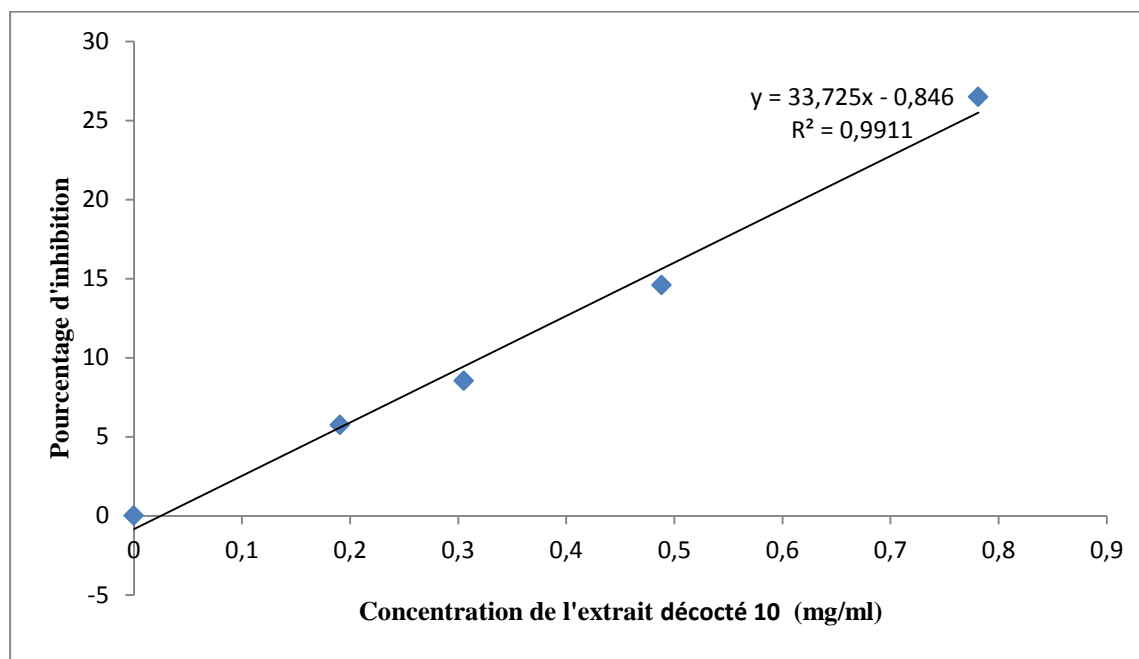


Figure 12 : Pourcentage d'inhibition (%) en fonction des concentrations du décocté 10 (mg/ml)

Avec une équation de la droite de régression $y = 33,725x + 0,9911$ et $R^2=0,9911$, l'Extrait décocté à une concentration de $1,6\pm 0,12$ mg/ml, inhibe 50% de l'activité de l' α -amylase ($IC_{50}=1,6\pm 0,12$ mg/ml).

Par comparaison, nos valeurs montrent une efficacité faible par rapport aux résultats trouvés par **Bouhekif et al. (2016)** avec un $IC_{50}=1,88$ mg/ml pour l'inhibition du extrait décocté de *Cistanche violaceae* sur l' α -amylase est significativement supérieur à notre IC_{50} ($IC_{50}=1,6\pm 0,12$ mg/ml). Cependant l' $IC_{50}=1523,86\pm 15,74$ μ g/ml de **Karima et al. 2022** l'*Athamanta sicula* L. est inférieure à la nôtre $IC_{50}=1,6\pm 0,12$ mg/ml

La figure 13 ci-dessous illustre l'effet inhibiteur de l'extrait décocté (phase aqueuse) sur l'activité de l' α -amylase. À une concentration de 5 mg/ml, une inhibition d'environ 24,36 % a été observée.

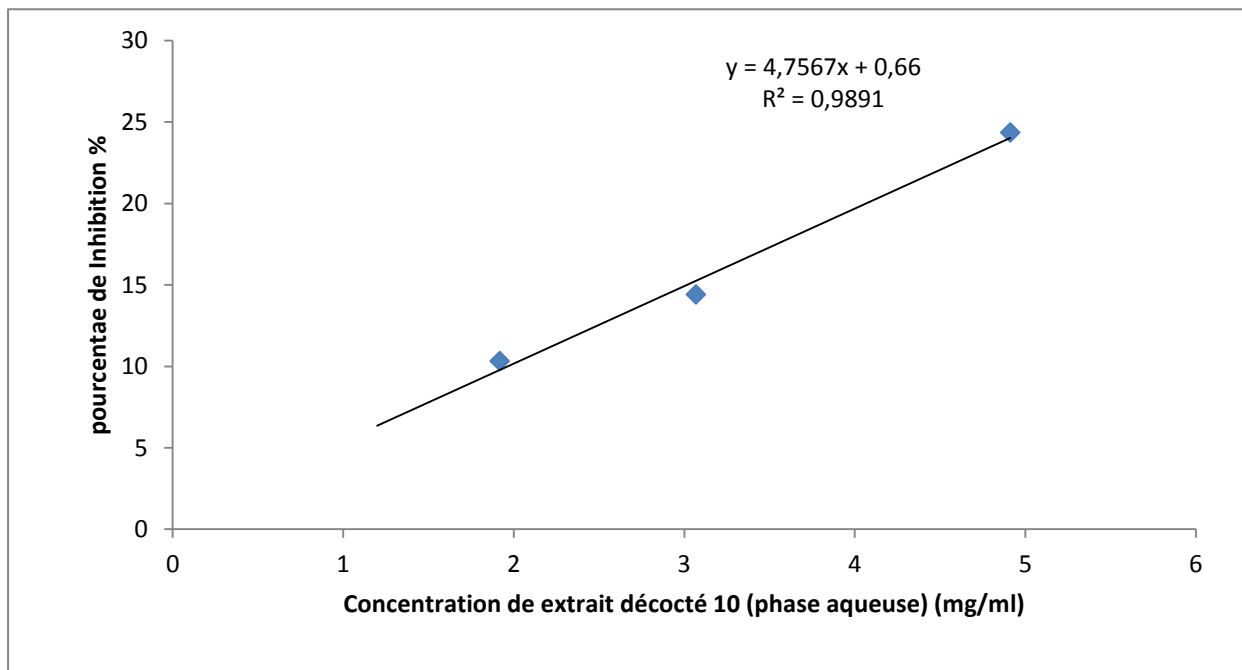


Figure 13 : Pourcentage d'inhibition (%) en fonction des concentrations de la phase aqueuse du décocté 10 (mg/ml)

Kazeem et al. (2013) ont réalisé des études sur l'activité inhibitrice de l'extrait décocté de *Morinda lucida* sur l' α -amylase, leur $IC_{50}=2,35\pm 0,08$ mg/ml qui est une valeur vraiment nul à la nôtre ($IC_{50}=13\pm 3,9$ mg/ml).

La figure 14 ci-dessous montre l'effet de l'extrait décocté (phase organique) sur l'inhibition de l'alpha amylase. Pour 0,18 mg/ml nous avons enregistré une inhibition d'environ 29,99 %.

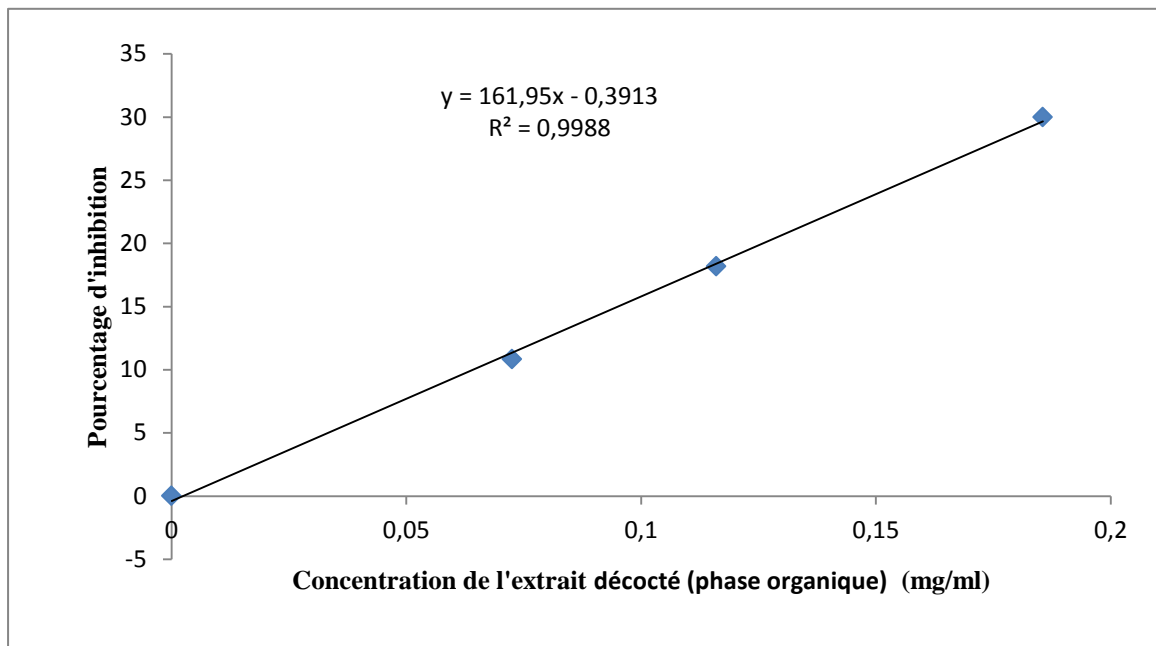


Figure 14 : Pourcentage d'inhibition (%) en fonction des concentrations de la phase organique (Butanolique) du décocté 10 (mg/ml)

Qimin et al. 2021 ont étudié l'effet inhibitrice de *Psychotria viridiflora*, les valeurs de *Psychotria viridiflora* de l'extrait de butanol sur l'alpha amylase et leur $IC_{50}=40\pm 0,02 \mu\text{g/ml}$ sont très faible par rapport à celle du *Salicornia europaea* (butanol), $IC_{50}=300\pm 20 \mu\text{g/ml}$ ce qui montre l'efficacité de la salicorne

❖ Inhibition par l'extrait infusé

Après résultats de la lecture au spectrophotomètre de l'étude *in vitro* de l'extrait infusé, nous obtenons le graphique ci-dessous avec $IC_{50}=3,8\pm 0,211 \text{ mg/ml}$ et $R^2=0,9914$

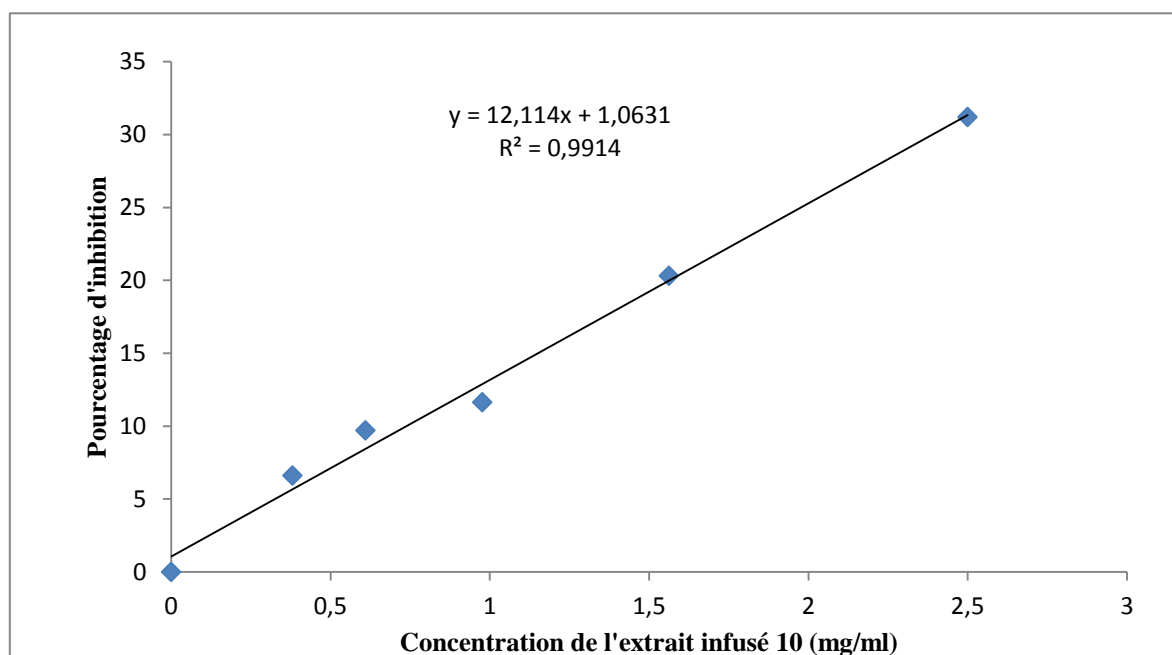


Figure 15 : Pourcentage d'inhibition (%) en fonction des concentrations de l'infusé 10 (mg/ml)

Avec une équation de la droite de régression $y = 12,114x + 1,0631$ et $R^2=0,9914$, l'extrait infusé à une concentration de $3,8 \pm 0,2$ mg/ml, inhibe 50% de l'activité de l' α -amylase ($IC_{50}=3,8 \pm 0,2$ mg/ml) qui est plus efficace que celle de **Roberto et al. 2023** qui étudié l'*Opuntia ficus-indicata* est leur effet inhibitrice sur l'alpha amylase leur IC_{50} varie de 1875 μ g/ml au 3029 μ g/ml ce qui est inférieur à la nôtre ($IC_{50}=3,8 \pm 0,2$ mg/ml).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs d' IC_{50} obtenues pour les six extraits. Il en ressort que l'extrait décocté organique affiche une activité inhibitrice plus marquée sur l' α -amylase.

Tableau 4 : Evaluation des valeurs des IC_{50} de différents extraits.

Extrait	Macéré 24	Décocté 10	Infusé 10	Décocté 10 (phase aqueuse)	Décocté 10 (phase organique)	Acarbose
IC_{50} (mg/ml)	$3,4 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,12$	$3,8 \pm 0,2$	$13 \pm 3,9$	$0,3 \pm 0,02$	$0,69 \pm 0,015$

Conclusion générale



Les connaissances et l'utilisation des plantes médicinales sont un trésor inestimable pour l'humanité. Leur importance dans le domaine de la santé a été fortement soulignée ces dernières années, en raison des possibilités thérapeutiques qu'elles offrent.

Les résultats obtenus confirment l'effet inhibiteur de l' α -amylase par les différents extraits de *Salicornia europaea*, un effet attribué à la richesse de cette plante en composés bioactifs puissants.

À l'issue de cette étude, il est possible de conclure que la *Salicornia europaea* possède un potentiel antidiabétique prometteur, en raison de sa capacité marquée à inhiber l' α -amylase.

Les valeurs d'IC₅₀ obtenues pour les extraits macérés, infusés et décoctés, phase aqueuse et Organiques (Décocté) sont respectivement de 3,4 mg/ml, 3,8 mg/ml, 1,6 mg/ml, 2,35mg/ml et 0,3mg/ml.

Il serait souhaitable de continuer des travaux complémentaires sur cette plante tels que :

-  Les recherches *in vivo* du pouvoir inhibiteur de la plante sur l' α -amylase.
-  La recherche d'autres activités biologiques de la plante.

Bibliographie

- Agarwal, P., Gupta, R., 2016. Alpha-amylase inhibition can treat diabetes mellitus. *J. Med. Phys.* 5.
- Acar Çevik, U.; Celik, I.; Pas ayeva, L.; Fatullayev, H.; Bostancı, H.E.; Özkay, Y.; Kaplancıklı, Z.A. New benzimidazole-oxadiazole derivatives: Synthesis, alpha-glucosidase, alpha-amylase activity, and molecular modeling studies as potential antidiabetic agents. *Arch. Pharm.* 2023, 356, e2200663. [CrossRef]
- Arredondo-Valdés, Roberto & Hernández, José & Silva, Yesenia & Segura-Ceniceros, Elda & Ramos-González, Rodolfo & Kunakova, Raihana & Zaynullin, Radik & Iliná, Anna. (2023). Plant Alpha-amylase Inhibitors: Steady Kinetic Study, *Bidens odorata* Aqueous Infusion Toxicity and Stability in Digestive Tract Simulation. *Current Enzyme Inhibition.* 19. 10-18. 10.2174/1573408018666220929154758.
- Antony, Clotilde, 2014. *Biologie de l'Alimentation Humaine, Diététique et nutrition.* Paris.
- Asigbaase, M., Adusu, D., Anaba, L., Abugre, S., Kang-Milung, S., Acheamfour, S.A., Adamu, I., Ackah, D.K., 2023. Conservation and economic benefits of medicinal plants: Insights from forest-fringe communities of Southwestern Ghana. *Trees For. People* 14, 100462.
- Assaly, G., 2020. Étude ethnobotanique des plantes médicinales antidiabétiques utilisées au Liban.
- Assila, C., Bouguerioune, M., Khelfallah, A. (Encadreur), 2022. Les plantes médicinales antidiabétiques de la famille de Lamiacées et leurs mécanismes d'action (Thesis). Université de jijel.
- Bat, B., 2016. Etude Comparative De Deux Types D'Eau Pour La Culture De La Spiruline *Arthrospira Platensis*. *Larhyss Journal*, (28)
- Benkhniq, O., Akka, F. B., Salhi, S., Fadli, M., Douira, A., Zidane, L. (2014). Catalogue des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans la région d'Al Haouz-Rhamna (Maroc). *J Anim Plant Sci*, 23(1), 3539-68.
- Ben mechri, A., Benayeche, I., Mesbout, A., Rym, E. par : D.A., 2021. Diabète et phytothérapie. Université de Constantine.
- Berdi, F., Ifezouane, J., Tadlaoui, Y., Zakariya, I., Lamsaouri, J., 2020. Management of type 2 diabetes. Update. *Batna J. Med. Sci. BJMS* 7, 15–18.
- Bibet, A., Naili, F., Mayache, B. (Encadreur), 2008. Le métabolisme primaire et secondaire des angiospermes (Thesis). Université de jijel.

- Bijttebier, A., Goesaert, H., Delcour, J.A., 2008. Amylase action pattern on starch polymers. *Biologia (Bratisl.)* 63, 989–999.
- Bouchekif, Ibrahim & Azzi, Rachid & Abbou, Fayza & Babali, Brahim & Boudaoud, Kouider. (2024). Phytochemical study and evaluation of α -Amylase inhibitory effect of extracts from *Cistanche violacea* Desf. 10.46325/jnpra.v3i02.62.
- Boitard, C. (2020). Les diabètes: de la génétique à l'environnement. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 204(5), 493-499.
- Butterworth, P.J., Warren, F.J., Ellis, P.R., 2011. Human α - amylase and starch digestion: An interesting marriage. *Starch - Stärke* 63, 395–405.
- Buyschaert, M. (2020). L'hyperglycémie du diabétique de type 2: synthèse des nouvelles recommandations de traitement. *Louvain Med*, 139(3-4), 156-160.
- Colette C. Monnier L. Discordance entre HbA1c et résultat de l'autosurveillance glycémique. In *Diabétologie: 55 Démarches Cliniques en Pratique Médicale Courante*. 2017. pp. 79-93. Elsevier Masson.
- Coralie JARRAUD, & PIOTTO, Estelle & LECLERC, Stéphanie & THOMASSIN, Camille & Galmiche, Hubert. (2025). Le Diabète en France : nouvelles données épidémiologiques. *Journal of Epidemiology and Population Health*. 73. 202923. 10.1016/j.jep.2025.202923.
- Camara A. Facteurs associés au mauvais contrôle glycémique dans une population de diabétiques de type 2 de l'Afrique Sub-saharienne (Doctoral dissertation. Université Rennes1). 2014. 148 p.
- Chavane U.D., Shahidi F. and Nacz M., 2001. Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents, *J. Food Chem.* Vol. 75. Pp. 509-5121
- Calatayud, P.-A., Desneux, N., Le Gall, P., 2013. Caractéristiques chimiques des plantes. *Interact. Insectes-Plantes* 217–228.
- Castagna, Antonella & Mariottini, Giada & Gabriele, Morena & Longo, Vincenzo & Soud, Aymen & Dauvergne, Xavier & Magné, Christian & Foggi, Giulia & Conte, Giuseppe & Santin, Marco & Ranieri, Annamaria. (2022). Nutritional Composition and Bioactivity of *Salicornia europaea* L. Plants Grown in Monoculture or Intercropped with Tomato Plants in Salt-Affected Soils. *Horticulturae*. 8. 828. 10.3390/horticulturae8090828.
- Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H., 2008. Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet. John Wiley & Sons.
- Chen, Qimin & Toy, Joanne & Seta, Cynthia & Yeo, Tiong & Huang, Dejian. (2021). Inhibition Effect of Extract of *Psychotria viridiflora* Stem on α -Amylase and α -Glucosidase and Its Application in Lowering the Digestibility of Noodles. *Frontiers in Nutrition*. 8. 10.3389/fnut.2021.701114.

- Collège des Enseignants de Nutrition, 2019. Nutrition, 3e ed.
- David, C., & Boinet, T. (2017). Diabète de type 2 non équilibré et haut risque cardiovasculaire. *Actualités Pharmaceutiques*, 57(573), 14-17.
- Dey, P., Khaled, K.L., 2015. An extensive review on *Allium ampeloprasum* a magical herb. *Int J Sci Res* 4, 371–377.
- Dipak, 2016. Microorganisms and -amylase: a concise review 4.
- Dowarah, J., Singh, V.P., 2020. Anti-diabetic drugs recent approaches and advancements. *Bioorg. Med. Chem.* 28.
- Eddouks M., Ouahidi M.L., Farid L., Moufid, Khalidi A., Lemhadri A., 2007. L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc.
- El Haddaoui, K., 2023. Maldigestion et intolérance aux sucres. Mohamed V de Rabah, Maroc.
- El Mtiai, W., 2023. Les formes d'utilisation des plantes médicinales. Mohamed V de Rabah, Maroc
- Elyasi Far, B., Ahmadi, Y., Yari Khosroshahi, A., Dilmaghani, A., 2020. Microbial Alpha-Amylase Production: Progress, Challenges and Perspectives. *Adv. Pharm. Bull.* 10, 350–358.
- Essaidi, I et al., Phytochemical investigation of Tunisian *Salicornia herbacea* L., antioxidant, antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract. *Food Control* 32(1), 125–133 (2013)
- Faye, P.G., Ndiaye, E.M., Ndiaye, B., Cisse, O.I.K., Ayessou, N.C., Cisse, M., 2022. Effet de la macération, de l'infusion et la décoction sur l'extraction aqueuse des polyphénols des feuilles séchées de *Combretum Micranthum*. *Afr. Sci.* 21, 114–126.
- Fasolino, Maria & Schwartz, Gregory & Patil, Abhijeet R & Mongia, Aanchal & Golson, Maria & Wang, Julia & Morgan, Ashleigh & Liu, Chengyang & Schug, Jonathan & Liu, Jinping & Wu, Minghui & Traum, Daniel & Kondo, Ayano & May, Catherine & Goldman, Naomi & Wang, Wenliang & Feldman, Michael & Moore, Jason & Japp, Alberto & Vahedi, Golnaz. (2022). Single-cell multi-omics analysis of human pancreatic islets reveals novel cellular states in type 1 diabetes. *Nature Metabolism*. 4. 284-299. 10.1038/s42255-022-00531-x.
- Fougere, É. Archambeaud, F., 2017. Spécificités du diabète de type 2 chez le sujet âgé. *Actualités pharmaceutiques*, 56(571), 42-46.

- Foussier, L., Zergane, L., 2021. Le diabète, une pathologie chronique. *L'Aide-Soignante*, 35(224), 10-12.
- H. Merchaoui, R. Ksouri, C. Abdelly, M. Hanana, Halophytes.tn: an innovative database for Tunisian halophyte plant identification, distribution and characterization. *Database* 2022, 1–12 (2022).
- International diabetes Federation ,2019,IDF diabetes Atlas,9éditions ,176p
- International diabetes Federation, 2024,IDF diabetes Atlas,10éditions
- Janež, A., Guja, C., Mitrakou, A., Lalic, N., Tankova, T., Czupryniak, L., Tabák, A.G., Prazny, M., Martinka, E., Smircic-Duvnjak, L., 2020. Insulin Therapy in Adults with Type 1 Diabetes Mellitus: a Narrative Review. *Diabetes Ther.* 11, 387–409.
- Jayaraj, S., Suresh, S., Kadeppagari, R., 2013. Amylase inhibitors and their biomedical applications. *Starch - Stärke* 65, 535–542. <https://doi.org/10.1002/star.201200194>
- Jouzier, É., Berké, B., 2015. Diabètes et Philatélie II – Plantes hypoglycémiantes (*) 141–170.
- Kaur, N., Kumar, V., Nayak, S.K., Wadhwa, P., Kaur, P., Sahu, S.K., 2021. Alpha-amylase as molecular target for treatment of diabetes mellitus: A comprehensive review. *Chem. Biol. Drug Des.* 98, 539–560.
- Kazeem, Mutiu & Abimbola, Stella & Ashafa, Tom. (2013). Inhibitory potential of *Gossypium arboreum* leaf extracts on diabetes key enzymes, α -amylase and α -glucosidase. *Bangladesh Journal of Pharmacology.* 8. 149-155. 10.3329/bjp.v8i2.14152.
- Koné, K.P.F.O., 2018. Applications des techniques de chromatographie et de spectroscopie dans l'identification des métabolites secondaires de trois plantes antidiabétiques et antihypertensives de la pharmacopée ivoirienne; (phdthesis). Institut National Polytechnique Felix Houphoët Boigny - Yamoussoukro.
- Krief, S., 2003. Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées (phdthesis). Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS.
- Limongelli, Francesco & Crupi, Pasquale & Clodoveo, Maria & Corbo, Filomena & Muraglia, Marilena. (2022). Overview of the Polyphenols in *Salicornia*: From Recovery to Health-Promoting Effect. *Molecules.* 27. 7954. 10.3390/molecules27227954.

- Li, Z., Wang, Y., Xu, M., Liu, H., Li, L., Xu, D., 2023. Molecular mechanism overview of metabolite biosynthesis in medicinal plants. *Plant Physiol. Biochem.* 204, 108125.
- Lindsay, H. (1973). A colorimetric estimation of reducing sugars in potatoes with 3, 5-dinitrosalicylic acid. *Potato Research*, 16(3), 176-179
- Loucif, Karima & Benchikh, Fatima & Souici, Chawki & Amira, Smain. (2022). Antioxidant and antidiabetic activities of aqueous and methanolic extracts from *Athamanta sicula* L.. *Current Enzyme Inhibition.* 18. 10.2174/1573408018666220804121440.
- M. Lopes, A. Sanches-Silva, M. Castilho, C. Cavaleiro, F. Ramos, Halophytes as source of bioactive phenolic compounds and their potential applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* (2021).
- Mohiuddin, M., Arbain, D., Islam, A. K., Ahmad, M. S., & Ahmad, M. N. (2016). Alpha-Glucosidase Enzyme Biosensor for the Electrochemical Measurement of Antidiabetic Potential of Medicinal Plants
- Moghadam Farid, S.; Noori, M.; Nazari Montazer, M.; Khalili Ghomi, M.; Mollazadeh, M.; Dastyafteh, N.; Irajie, C.; Zomorodian, K.; Mirfazli, S.M.; Mojtabavi, S.; et al. Synthesis and structure-activity relationship studies of benzimidazole-thioquinoline derivatives as alpha-glucosidase inhibitors. *Sci. Rep.* 2023, 13, 4392. [CrossRef]
- Marchand L. and Thivolet C. Étiologie et physiopathologie du diabète de type 1. *EMC– Endocrinol* (2016); 13 (4): 1-12.
- Mota RI, Morgan SE, Bahnson EM. Diabetic vasculopathy: macro and microvascular injury. *Curr Pathobiol Rep.* 2020.
- Maurya, A.K.; Mulpuru, V.; Mishra, N. Discovery of novel coumarin analogs against the alpha-glucosidase protein target of diabetes mellitus: Pharmacophore-based QSAR, docking, and molecular dynamics simulation studies. *ACS Omega* 2020, 5, 32234–32249. [CrossRef]
- Mangambu, M.J.D., Mushagalusa, K.F., Kadima, N.J., 2014. Contribution à l'étude photochimique de quelques plantes médicinales antidiabétiques de la ville de Bukavu et ses environs (Sud-Kivu, R.D.Congo). *J. Appl. Biosci.* 75, 6211–6220.
- Mathieu, C., Martens, P.-J., Vangoitsenhoven, R., 2021. One hundred years of insulin therapy. *Nat. Rev. Endocrinol.* 17, 715–725.
- Meneses M., Silva B., Sousa M., Sá R., Oliveira P., & Alves, M. (2015). Antidiabetic drugs: mechanisms of action and potential outcomes on cellular metabolism. *Current pharmaceutical design*, 21(25), 3606-3620
- Meykiechel, T., Bourcigaux, N., Christin-Maitre, S., 2023. Le diabète gestationnel: diagnostic et prise en charge. *Anesth. Réanimation* 9, 268–276.

- Monnier, L., & Schlienger, J. L. (2018). *Manuel de nutrition pour le patient diabétique*:+. Elsevier Health Sciences.
- Nickavar, B., Yousefian, N., 2009. Inhibitory effects of six *Allium* species on α -amylase enzyme activity. *Iran. J. Pharm. Res.* 8, 53–57.
- Ohkuma, Toshiaki & Komorita, Yuji & Peters, Sanne & Woodward, Mark. (2019). Diabetes as a risk factor for heart failure in women and men: a systematic review and meta-analysis of 47 cohorts including 12 million individuals. *Diabetologia.* 62. 10.1007/s00125-019-4926-x.
- Papachristoforou E, Lambadiari V, Maratou E, Makrilakis K. Association of glycemic indices (hyperglycemia, glucose variability, and hypoglycemia) with oxidative stress and diabetic complications. *J Diabetes Res.* 2020.
- Pogaku, Vinay & Krishna, Vagolu & Balachandran, Chandrasekar & Rangan, Krishnan & Dharmarajan, Sriram & Aoki, Shin & Srinivas, Basavoju. (2019). Design and Green Synthesis of Novel Benzotriazoloquinoliny Spirooxindolopyrrolizidines: Antimycobacterial and Antiproliferative studies. *New Journal of Chemistry.* 43. 10.1039/C9NJ03802G.
- Paul, J.S., Gupta, N., Beliya, E., Tiwari, S., Jadhav, S.K., 2021. Aspects and Recent Trends in Microbial α -Amylase: a Review. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 193, 2649–2698.
- Piquet, C., 2023. Mesures hygiéno-diététiques dans le diabète et freins à leur adhésion. *Actual. Pharm.* 62, 25–27.
- R. Khalilzadeh, A. Pirzad, E. Sepehr, S. Khan, S. Anwar, Long- term effect of heavy metal-polluted wastewater irrigation on physiological and ecological parameters of *Salicornia europaea* L. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 20(3), 1574–1587 (2020)
- Rahimzadeh, Mahsa & Jahanshahi, S. & Moein, Soheila & Moein, Mahmood. (2014). Evaluation Of α -Amylase Inhibition By *Urtica Dioica* And *Juglan Regia* Extracts. *Iran J Basic Med Sci.* 17. 465-469.
- Rewers M. and Ludvigsson J. Environmental Risk Factors for Type 1 Diabetes. *The Lancet* (2016); 387: 2340-2348.
- Rawnak, B., Manar, M.S.B., 2023. Effet antidiabétique d'une plante Médicinale de la région de Guelma (Working Paper). SNV.STU.
- Romani, Annalisa & Ieri, Francesca & Turchetti, Benedetta & Mulinacci, Nadia & Vincieri, Franco & Buzzini, Pietro. (2006). Analysis of condensed and hydrolysable tannins from commercial plant extracts. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis.* 41. 415-20. 10.1016/j.jpba.2005.11.031.
- Rahmani, Rami & el Arbi, Khadija & Aydi, Sameh & Hzami, Amina & Tlahig, Samir & Najjar, Rim & Aydi, Samir & Debouba, Mohamed. (2022). Correction: biochemical composition and biological activities of *Salicornia europaea* L. from southern Tunisia.

- Journal of Food Measurement and Characterization. 16. 1-1. 10.1007/s11694-022-01622-9.
- Schalkwijk CG, Micali LR, Wouters K. Advanced glycation endproducts in diabetes-related macrovascular complications: focus on methylglyoxal. *Trends Endocrinol Metab.* 2023;34:49–60
 - Singh, D.; Buhmann, A.K.; Flowers, T.J.; Seal, C.E.; Papenbrock, J. Salicornia as a crop plant in temperate regions: Selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. *AoB Plants* 2014, 6, 6. [CrossRef]
 - Sales, P.M., Souza, P.M., Simeoni, L.A., Magalhães, P.O., Silveira, D., 2012. α -Amylase Inhibitors: A Review of Raw Material and Isolated Compounds from Plant Source. *J. Pharm. Pharm. Sci.* 15, 141.
 - Saranraj, P., & Stella, D. (2013). Fungal amylase—a review. *Int. J. Microbiol. Res*, 4(2), 203-211.
 - Scheen, A.-J., 2015. Antidiabétiques oraux dans le traitement du diabète de type 2 : perspectives historique et médico-économique. *Médecine Mal. Métaboliques* 9, 186–197.
 - Senat, M. V., & Deruelle, P. (2016). Le diabète gestationnel. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*, 44(4), 244-247.
 - Sindhu, R., Binod, P., Pandey, A., 2017. α -Amylases, in: *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, pp. 3–24.
 - Southgate, D. A. (1995). Digestion and metabolism of sugars. *The American journal of clinical nutrition*, 62(1), 203S-211S.
 - Swanson, F. P., Bazil, C. W., Dalton, V. K., Mukherjee, M. D., Roden, D. M., Simons, F. E. R., ... & Yee, A. M. (2019). Médicaments pour traiter le diabète de type 2
 - Serra-Barcellona, C.; Habib, N.C.; Honore, S.M.; Sánchez, S.S.; Genta, S.B. Enhydrin regulates postprandial hyperglycemia in diabetic rats by inhibition of alpha-glucosidase activity. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2017, 72, 156–160. [CrossRef]
 - Tan, K.; Tesar, C.; Wilton, R.; Jedrzejczak, R.P.; Joachimiak, A. Interaction of antidiabetic alpha-glucosidase inhibitors and gut bacteria alpha-glucosidase. *Protein Sci.* 2018, 27, 1498–1508. [CrossRef]
 - Tiwari, Prashant & Kumar, Bimlesh & Kaur, M. & Kaur, G. & Kaur, H.. (2011). Phytochemical screening and Extraction: A Review. *Internationale Pharmaceutica Scientia.* 1. 98-106.
 - Tenenbaum, M., Bonnefond, A., Froguel, P., & Abderrahmani, A. (2018). Physiopathologie du diabète. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2018(502), 26-32.

- Thalapaneni, N., Chidambaram, K., Thilagam, E., Sabapathi, M., Mandal, S., 2008. Inhibition of Carbohydrate Digestive Enzymes by *Talinum portulacifolium* (Forssk) Leaf Extract. *J. Complement. Integr. Med.* 5.
- Tiwari SP, Srivastava R, Singh CS, Shukla KS, Singh RK, Singh P, Singh R, Singh NL, Sharma R, 2015. Amylases: an overview with special reference to alpha amylase 1886–1901
- Tomlinson, B., Patil, N. G., Fok, M., Chan, P., & Lam, C. W. K. (2022). The role of sulfonylureas in the treatment of type 2 diabetes. *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 23(3), 387-403
- Toumi, M.N., Bouzidi, M.A., Benyamina, A., Tilmatine, A., Megharbi, A., Toumi, F., 2022. Plantes agissant sur l’alpha-amylase : *Trigonella foenum-graecum* et *Tetraclinis articulata*. *Phytothérapie* 20, 143–149.
- Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., Foze, T. N., Boumsong, P. C. N., Dibong, S. D., & Mpondo, E. M. (2016). Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance des plantes à tanins et à anthocyanes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(3), 4797-4814. Viladomiu, M., Hontecillaas, R., Lu, P., & Bassaganya-Riera, J. (2013)
- Vatier, C., Bourcigaux, N., 2023. Évolution de la stratégie thérapeutique hors insuline dans le diabète de type 2. *Rev. Médecine Interne* 44, 561–566.
- Ventura, Yvonne & Sagi, Moshe. (2013). Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. *Environmental and Experimental Botany*. 92. 10.1016/j.envexpbot.2012.07.010
- World Health Organization. (2024). Diabètes, mise à jour 2024. World Health Organization.
- World Health Organization. (2023). Diabètes, mise à jour 2023. World Health Organization.
- X. Wang, J. Bai, W. Wang, G. Zhang, S. Yin, D. Wang, A comparative metabolomics analysis of the halophyte *Suaeda salsa* and *Salicornia europaea*. *Environ. Geochem. Health* 43(3), 1109– 1122 (2021)
- Yau M, Maclaren NK, Sperling MA. Etiology and Pathogenesis of Diabetes Mellitus in Children and Adolescents. [Updated 2021 Jun 19]. In: Feingold KR, Ahmed SF, Anawalt B, et al., editors. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDTText.com, Inc.; 2000-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK498653/>
- Yebouk, Cheikh & Redouan, Fatima & El Hachimi, Hala & Merzouki, Abderrahmane. (2023). The status and perception of medicinal plants by local population of Adrar province (Northern Mauritania). *Ethnobotany Research and Applications*. 26. 1-18. 10.32859/era.26.60.1-18.

- Yendapally R., Sikazwe D., Kim S., Ramsinghani S., Fraser- Spears R., Witte P., & La- Viola B. (2020). A review of phenformin, metformin, and imeglimin. Drug development research, 81(4), 390-401

ملخص

داء السكري هو اضطراب استقلابي يتميز بفرط سكر الدم المزمن. تصنفه منظمة الصحة العالمية كأحد الأمراض غير المعدية الرئيسية الأربعة. وتتمثل إحدى طرق السيطرة على فرط سكر الدم بعد الأكل في تأخير امتصاص الجلوكوز عن طريق تثبيط عمل الإنزيمات الهاضمة مثل ألفا-أميلاز وألف جلوكوزيداز، المسؤولة عن التحلل المائي للسكريات المتعددة إلى سكريات أحادية.

تندرج هذه الدراسة في إطار الجهود المبذولة لتقييم الخصائص المضادة لمرض السكري لبعض المستخلصات النباتية المتوطنة في الجزائر، مع التركيز بشكل خاص على نبات الساليكورنيا الأوروبية ل. وهو نبات غير معروف وقليل الاستكشاف في مجال مكافحة مرض السكري. ركزت دراستنا على تقييم النشاط المضاد لمرض السكري لهذا النوع، لا سيما من خلال تثبيط إنزيم ألفا أميليز بواسطة مستخلصات مختلفة: مرقق ومحلول ومنقوع، تم تحضيرها عن طريق الاستخلاص.

متفاوتة. وأثبت الجزء العضوي IC_{50} كشفت النتائج التي تم الحصول عليها عن قدرة جميع المستخلصات التي تم اختبارها على تثبيط إنزيم ألفا أميليز بقيم متفاوتة. $IC_{50} = 1.6$ ، كما أظهر مستخلص الجزء المائي للمستخلص المغلي نشاطاً مثيراً للاهتمام (ملجم/مل) $IC_{50} = 0.3$ للمستخلص المغلي أنه الأكثر نشاطاً (ملجم/مل).

في الختام، تُظهر مستخلصات الساليكورنيا الأوروبية، ألفا-أميلاز، داء السكري، المستخلص.

Résumé

Le diabète sucré est un trouble métabolique caractérisé par une hyperglycémie chronique. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) le classe parmi les quatre principales maladies non transmissibles. L'un des moyens de contrôler l'hyperglycémie postprandiale consiste à retarder l'absorption du glucose, en inhibant l'action des enzymes digestives telles que l' α -amylase et l' α -glucosidase, responsables de l'hydrolyse des polysaccharides en monosaccharides.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation des propriétés antidiabétiques de certains extraits de plantes médicinales endémiques d'Algérie, en s'intéressant particulièrement à *Salicornia europaea* L. Il s'agit d'une plante antidiabétique encore peu connue et peu explorées. Ainsi, notre étude s'est focalisée sur l'évaluation de l'activité antidiabétique de cette espèce, notamment à travers l'inhibition de l' α -amylase porcine par différents extraits : macéré, décocté et infusé, préparés par extraction.

Les résultats obtenus révèlent une capacité inhibitrice de l' α -amylase par l'ensemble des extraits testés, avec des valeurs d' IC_{50} variables. La fraction organique du décocté aqueux s'est montrée la plus active ($IC_{50} = 0,3$ mg/ml) ; la fraction aqueuse présente également une activité intéressante ($IC_{50} = 1,6$ mg/ml).

En conclusion, les extraits de *salicornia europaea* présentent un effet inhibiteur significatif de l' α -amylase, ce qui confirme le potentiel antidiabétique de cette plante

Mots clés : *Salicornia europaea*, α -amylase, diabète sucré, extraits

Abstract

Diabetes mellitus is a metabolic disorder characterized by chronic hyperglycemia. The World Health Organization (WHO) classifies it as one of the four major non-communicable diseases. One way of controlling postprandial hyperglycemia is to delay glucose absorption, by inhibiting the action of digestive enzymes such as α -amylase and α -glucosidase, responsible for the hydrolysis of polysaccharides into monosaccharides.

This study is part of an effort to evaluate the anti-diabetic properties of certain medicinal plant extracts endemic to Algeria, with particular emphasis on *Salicornia europaea* L. This is a little-known and little-explored anti-diabetic plant. Our study focused on assessing the anti-diabetic activity of this species, notably through inhibition of porcine α -amylase by various extracts: macerated, decocted and infused, prepared by extraction.

The results obtained reveal an α -amylase inhibitory capacity by all the extracts tested, with variable IC_{50} values. The organic fraction of decoctate aqueous extract proved the most active ($IC_{50} = 0.3$ mg/ml); the aqueous fraction also showed interesting activity ($IC_{50} = 1.6$ mg/ml).

In conclusion, *Salicornia europaea* extracts show a significant α -amylase inhibitory effect, confirming the anti-diabetic potential of this plant.

Key words: *Salicornia europaea*, α -amylase, diabetes mellitus, extract.