

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 de Biologie

Laboratoire de recherche



« Antibiotiques, Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique »

## Mémoire

Présenté par :

**MOUSSA Asma & MECIFI Esma**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de MASTER**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biochimie appliquée**

**Thème**

**Evaluation de l'activité antioxydante des  
polysaccharides de l'*Allium ampeloprasum* L.  
var. *Porrum***

Soutenu publiquement, le 26/06/2025, devant le jury composé de :

Présidente	BENARIBA Nabila	Professeur	Université de Tlemcen
Encadrant	MEDJDOUB Houria	MCA	Université de Tlemcen
Examinatrice	ABBOU Fayza	MCB	Université de Tlemcen

**Année universitaire : 2024/2025**

## ملخص

الكراث، هو نبات صالح للأكل يُزرع منذ آلاف السنين. موطنه الأصلي منطقة البحر الأبيض المتوسط، ويتميز بغناه بالمكونات النشطة بيولوجيًا. له خصائص مضادة للبكتيريا والفطريات ومضادات الأكسدة وخافضة لضغط الدم.

يهدف بحثنا إلى التحقق من الظروف المثلى لاستخلاص عديدات السكاريد ودراسة النشاط المضاد للأكسدة لنبات *Allium ampeloprasum L. Var. Porrum* من خلال اختباري FRP و DPPH. ولتحقيق ذلك، استخلصنا أربعة مستخلصات عديدات السكاريد، وهي P1V30 (30minV/V) و P2V30 (30minV/2V) و P1V60 (60minV/V) و P2V60 (60minV/2V)، من المادة النباتية.

بلغت نسبة الاستخلاص  $1.10 \pm 1.00\%$  لـ P1V30، و  $1.08 \pm 2.10\%$  لـ P2V30، و  $0.65 \pm 2.713\%$  لـ P1V60، و  $0.83 \pm 3.99\%$  لـ P2V60. وتُعدّ الفروقات الملحوظة بين النتائج ذات دلالة إحصائية ( $P=0.068$ )، والتي سيتم استخدامها للتحكم في قدرتها المضادة للأكسدة.

بلغت قيم FRP المسجلة حوالي  $0.08 \pm 5.53$  ملغ مكافئ AA/g E لمستخلص P1V30، و  $1.42 \pm 13.43$  ملغ مكافئ AA/g E لمستخلص P2V30، و  $0.48 \pm 8.86$  ملغ مكافئ AA/g E لمستخلص P1V60، و  $0.51 \pm 12.56$  ملغ مكافئ AA/g E لمستخلص P2V60. يشير هذا إلى أن مستخلص P2V30 أكثر فعالية بشكل ملحوظ من المستخلصات الأخرى، مع وجود فرق ذي دلالة إحصائية ( $P > 0.05$ ).

بلغت قيم السكريات الكلية حوالي  $43.71 \pm 481.06$  ملغ/غ لمستخلص P1V30، و  $213.31 \pm 512.43$  ملغ/غ لمستخلص P2V30، و  $59.05 \pm 556.63$  ملغ/غ لمستخلص P1V60، و  $80.90 \pm 454.6$  ملغ/غ لمستخلص P2V60. يشير هذا إلى أن مستخلص P1V60 أغنى بالسكريات من المستخلصات الأخرى، مع وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين المجموعات ( $P=0.755$ ).

في الختام: لا تظهر مقتطفات الكراث نشاطًا كبيرًا مضادًا للأكسدة.

P: عديد السكاريد؛ V1: حجم الإيثانول يساوي حجم المستخلص؛ V2: حجم الإيثانول يساوي ضعف حجم المستخلص.

الكلمات المفتاحية: الكراث، السكريات المتعددة، مضادات الأكسدة، اختبارات FRP و DPPH.

## Résumé

*L'Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, couramment appelé “poireau”, est un légume comestible cultivé depuis des millénaires. Originaire de la méditerranée, il se distingue par une forte teneur en composants bioactifs. Il présente des propriétés antibactériennes, antifongique, antioxydantes, antihypertensives.

Notre recherche a pour objectif de vérifier les conditions optimales pour l'extraction des polysaccharides et étudier l'activité antioxydante d'*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* par des tests FRP et DPPH. Pour ce faire, nous avons réalisé l'extraction de quatre extraits de polysaccharides, à savoir P1V30 (30minV/V), P2V30 (30minV/2V), P1V60 (60minV/V) et P2V60 (60minV/2V), à partir du matériel végétal.

L'extraction a donné un rendement de  $1,00 \pm 1,10$  % pour P1V30 et de  $2,10 \pm 1,08$  % pour P2V30 et de  $2,713 \pm 0,65$  % pour P1V60 et de  $3,99 \pm 0,83$  % pour P2V60. Les différences observées entre les rendements sont statistiquement significatives ( $P=0.068$ ), qui serviront à contrôler leur capacité antioxydante.

Les valeurs de FRP enregistrées sont approximativement de  $5,53 \pm 0,08$  mg Eq AA/g E pour P1V30 et de  $13,43 \pm 1,42$  mg Eq AA/g E pour P2V30 et de  $8,86 \pm 0,48$  mg Eq AA/g E pour P1V60 et de  $12,56 \pm 0,51$  mg Eq AA/g E pour P2V60. Cela indique que l'extrait de P2V30 est significativement plus efficace que les autres extraits, avec une différence statistiquement significative ( $P < 0,05$ ).

Les valeurs des sucres totaux sont d'environ  $481,06 \pm 43,71$  mg/g pour P1V30,  $512,43 \pm 213,31$  mg/g pour P2V30,  $556,63 \pm 59,05$  mg/g pour P1V60, et de  $454,6 \pm 80,90$  mg/g pour P2V60. Cela indique que l'extrait de P1V60 est plus riche en sucres que les autres extraits, avec une différence statistiquement significative entre les groupes ( $P=0.755$ ).

Pour conclure, les extraits d'*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* n'affichent pas une activité antioxydante notable.

**P : polysaccharide ; 1V : volume d'éthanol égale au volume de l'extrait ; 2V : volume d'éthanol égale 2 fois le volume de l'extrait.**

**Mots clés :** *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, poireau, polysaccharides, antioxydants, tests FRP et DPPH.

## **Abstract**

*Allium ampeloprasum L. Var. Porrum*, commonly known as "leek," is an edible vegetable that has been cultivated for thousands of years. Native to the Mediterranean, it is distinguished by its high content of bioactive components. It has antibacterial, antifungal, antioxidant, and antihypertensive properties.

Our research aims to verify the optimal conditions for polysaccharide extraction and study the antioxidant activity of *Allium ampeloprasum L. Var. Porrum* by FRP and DPPH tests. To do this, we carried out the extraction of four polysaccharide extracts, namely P1V30 (30minV/V), P2V30 (30minV/2V), P1V60 (60minV/V) and P2V60 (60minV/2V), from the plant material.

The extraction yielded  $1.00\pm 1.10\%$  for P1V30 and  $2.10\pm 1.08\%$  for P2V30 and  $2.713\pm 0.65\%$  for P1V60 and  $3.99\pm 0.83\%$  for P2V60. The observed differences between the yields are statistically significant ( $P=0.068$ ), which will be used to control their antioxidant capacity.

The recorded FRP values are approximately  $5.53\pm 0.08$  mg Eq AA/g E for P1V30 and  $13.43\pm 1.42$  mg Eq AA/g E for P2V30 and  $8.86\pm 0.48$  mg Eq AA/g E for P1V60 and  $12.56\pm 0.51$  mg Eq AA/g E for P2V60. This indicates that the P2V30 extract is significantly more effective than the other extracts, with a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ).

The values of total sugars were approximately  $481.06\pm 43.71$  mg/g for P1V30,  $512.43\pm 213.31$  mg/g for P2V30,  $556.63\pm 59.05$  mg/g for P1V60, and  $454.6\pm 80.90$  mg/g for P2V60. This indicated that P1V60 extract was richer in sugars than other extracts, with a statistically significant difference between groups ( $P=0.755$ ).

In conclusion, *Allium ampeloprasum L. Var. Porrum* extracts do not display significant antioxidant activity.

**P: polysaccharide; 1V: volume of ethanol equal to the volume of the extract; 2V: volume of ethanol equal to twice the volume of the extract.**

**Keywords:** *Allium ampeloprasum L. Var. Porrum*, leek, polysaccharides, antioxidants, FRP and DPPH tests.

## *Remerciements*

Tout d'abord nous remercions avant tous, "Allah" notre créateur de nous avoir donné la santé, la force, la volonté, la patience, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier notre, Mme MEDJDOUB Houria, Maitre de conférences A à l'Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, d'avoir acceptée de nous encadrer, de nous soutenir avec une grande rigueur scientifique, sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de cette recherche. Nous tenons à vous exprimer notre profonde gratitude pour nous avoir donné ses précieux conseils, son aide, son soutien moral, ses encouragements et sa gentillesse. Votre dévouement nous inspire. Recevez tout notre gratitude et notre profond respect.

A notre honorable jury Mme la présidente Pr. BENARIBA Nabila et Mme l'examinatrice Dr ABBOU Fayza, Maitre de conférences B à l'Université Abou BekrBelkaid Tlemcen d'avoir acceptée de lire et d'examiner ce modeste travail et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme de ce projet. Nous tenons à vous exprimer notre profonde gratitude.

*Nous ne sommes honorées que M<sup>me</sup> Benariba Nabila. Professeure au département de Biologie, université Abou-Bekr Belkaid- Tlemcen a accepté d'être présidente de jury et nous présentons nos remerciements pour les deux merveilleuses années en tant que responsable du Master Biochimie Appliquée pour tous ses efforts afin de*

*mener à bien la qualité et l'avenir de la formation Biochimie Appliquée, son aide et sa sollicitude à notre égard. Votre dévouement nous inspire.*

*Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude et nos remerciements à tous les enseignants du département de Biologie qui ont contribué à notre formation au fil des années et pour leur grand dévouement.*

*Nous tenons également à remercier les ingénieurs du laboratoire de recherche Antibiotiques, Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique M<sup>me</sup> Serir Fouzia et M<sup>me</sup> Beladgham Rachida et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, le respect, le dévouement et l'estime qui j'ai toujours eu pour vous. Je dédie ce modeste travail. À mon très cher père Abdelkader et À ma très chère mère Zhor, ma vie. Les plus douces et les plus merveilleux de tous les parents. Aux deux qui m'ont tout donné sans compter l'amour, les efforts et tous ce qu'est bon, jour et nuit pour mon éducation, et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices. Puisse Dieu tout Puissant vous protéger du mal, vous procurer longue vie, santé et bonheur afin que je puisse vous rendre un minimum de ce que je vous dois. Sans vous, je ne suis rien. Je t'aime papa et maman

Une dédicace spéciale à ma moitié, ma seul adorable sœur Nour El Houda et mes chers frères Youcef & Mehdi qui m'ont encouragé sans cesse et cru en moi, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Je vous souhaite tout le bonheur du monde.

À chère grande mère ELhadja que Dieu vous garde pour nous, à la mémoire de mes grands-pères Mansour, Benali l'épaule solide et ma grande mère et mon ange Cherifa j'aurais tant aimée que vous soyez présents parce que vous étiez mon soutien depuis le début, vous me manquez Que Dieu ait vos âmes dans sa vaste miséricorde

À mes chers oncles, mes chères tantes, leurs épouses et époux, À mes cousins et cousines, surtout ma tante Zohra et ses fils et ses filles, Rachida, Samira, Amaria et sa fille Imen et mes cousins Oussama et Mohammed

À tous les membres de ma famille MOUSSA

Un énorme Merci pour des personnes les plus chères à mon cœur les meilleures amies de ma vie Meriem, Souheila, Rafika Ibtissem, Aya Batoul et la personne qui m'a donnée beaucoup de conseils tout au long de l'année Benchaib Mes dédicaces vont spécialement à mon adorable binôme Esmâ qui au fil du temps, est devenue une sœur, et grâce à qui ces durs mois de travail ne ressemblaient qu'à de vrais moments de plaisir et de partage. Je tiens aussi à adresser un grand merci pour ses adorables parents pour leurs gentillesse et leurs aimables accueils.

*A tous ceux qui m'ont enseigné.*

*A toutes personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.*

*Et enfin je dédie à toutes les personnes qui m'aiment et que j'aime.*

*MOUSSA Asma*



## *Dédicace*

A mes parents Mecifi Fatiha et Mecifi Lotfi pour leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs sacrifices ;

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

A mes amies, pour leur présence et leurs encouragements tout au long de ce parcours ;

Mon binôme Asma, pour son soutien moral constant, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Ce travail est le résultat de vos efforts et de votre foi en moi ;

Merci à vous tous.

**Mecifi Esma**



## Liste des abréviations

**SOD** : superoxyde dismutase

**ROS** : Espèces réactives de l'oxygène

**ERO** : Espèce réactif de l'oxygène.

**RL** : Les radicaux libres

**DPPH** : Radical 2.2 diphényle-1-picrylhydrazyl.

**FRP** : Ferric Reducing Power

**EC<sub>50</sub>** : La concentration qui correspond à une absorbance de 0.5

**IC<sub>50</sub>** : Concentration d'inhibition pour 50

**Fe<sup>3+</sup>** : Ion ferrique.

**FeCl<sub>3</sub>** : Chlorure ferrique

**Fe<sup>2+</sup>** : Fer ferreux

**G** : gramme

**K<sub>3</sub>Fe (CN) <sub>6</sub>** : Ferricyanure de potassium

**Mg** : milligramme

**ml** : millilitre

**mg Eq AA/g** : milligramme d'équivalent d'acide ascorbique par Gramme d'extrait

**pH** : potentiel hydronium

**RL** : radical libre

**TCA** : Acide trichloracétique **Tr/mn** : tour par minute

# Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Pathologies associées au stress oxydant en fonction de l'organe ou du système biologique atteint.....	3
<b>Figure 2</b> : La balance de stress oxydatif.....	4
<b>Figure 3</b> : Les espèces réactives oxygénées ROS et SOD.....	5
<b>Figure 4</b> : Les systèmes de défense contre les radicaux libres.....	8
<b>Figure 5</b> : Régulation de la production d'espèces réactives de l'oxygène par les systèmes de défenses antioxydants.....	9
<b>Figure 6</b> : <i>Allium ampeloprasum</i> .L.var <i>porrum</i> .....	10
<b>Figure 7</b> : Classification des polysaccharides comme enrobage comestible.....	18
<b>Figure 8</b> : Méthode d'analyse des polysaccharides.....	21
<b>Figure 9</b> : La graphique représente l'état actuel de la recherche des polysaccharides...	29
<b>Figure 10</b> : Carte géographique de la région d'Ain Fezza .....	30
<b>Figure 11</b> : Extraction des polysaccharides .....	321
<b>Figure 12</b> : Protocole de FRP.....	36
<b>Figure 13</b> : Boxplot de rendement .....	40
<b>Figure 14</b> : Présentation graphique de dosage de <b>glucose</b> .....	44
<b>Figure 15</b> : Boxplot de la teneur en sucres totaux .....	45
<b>Figure 16</b> : Présentation graphique de <b>pouvoir</b> réducteur de fer de l'acide ascorbique...	46
<b>Figure 17</b> . Boxplot de pouvoir réducteur.....	47

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Composition et valeur nutritive de poireau.....	14
<b>Tableau 2 :</b> Composition moyenne des miels .....	14
<b>Tableau3:</b> La variation des extraits selon le temps et le volume d'éthanol.....	32
<b>Tableau 4 :</b> Le rendement des polysaccharides.....	39
<b>Tableau 5 :</b> pH des polysaccharides.....	42
<b>Tableau 6 :</b> Résultats du test phytochimiques.....	43
<b>Tableau 7 :</b> Les résultats de dosage des sucres.....	43
<b>Tableau 8 :</b> Le pouvoir réducteur de fer des extraits.....	47

## Tables des matières

ملخص.....	II
Résumé .....	III
Abstract.....	IV
<i>Remerciements</i> .....	V
Liste des abréviations.....	IX
Liste des figures .....	X
Liste des tableaux .....	XI
.....	XV
Introduction générale.....	XV
Chapitre1: .....	4
<i>Stress oxydatif et Allium ampeloprasum</i> .....	4
<i>L.var. Porrum</i> .....	4
1. Stress oxydatif.....	3
1.1. Stress oxydatif.....	3
1.2. Origine du stress oxydatif.....	4
1.3. Espèces réactives .....	5
1.4. Activité antioxydante .....	6
1.5. Plantes à effet antioxydant.....	9
2. <i>Allium ampeloprasum L. Var. Porrum</i> .....	10
2.1. Définition.....	10
2.2. Classification et nomenclature .....	10
2.3. Appellation vernaculaire .....	11
2.4. Origine.....	11
2.5. Culture .....	12
2.6. Composition de l' <i>Allium ampeloprasum L. Var. Porrum</i> .....	12
2.7. Propriétés médicinales .....	14
2.8. Usage traditionnel .....	15
2.9. Contradiction et effets indésirables .....	16

1.	<i>Définition de polysaccharide</i> .....	18
2.	<i>Origine des polysaccharides</i> .....	18
	2.1. Origine végétale .....	18
	2.2. Origine animale .....	19
	2.3. Origine microbienne .....	19
3.	<i>Structure des polysaccharides</i> .....	19
4.	<i>Dégradation des polysaccharides</i> .....	21
	4.1. Dégradation enzymatique.....	21
	4.2. Transformation microbienne .....	21
5.	<i>Extraction des polysaccharides</i> .....	22
	5.1. Extraction des polysaccharides à l'eau chaude .....	22
	5.2. Extraction du polysaccharide à l'aide d'une solution aqueuse acide .....	22
	5.3. Extraction du polysaccharide à l'aide d'une solution aqueuse alcaline .....	23
6.	<i>Purification des polysaccharides</i> .....	23
	6.1. Filtration Membranaire.....	23
	6.2. Précipitation d'alcool .....	23
	6.3. Purification chromatographique sur colonne techniques.....	23
7.	<i>Application Des Polysaccharides</i> .....	24
	7.1. Application des polysaccharides en médecine .....	24
	7.2. Application des polysaccharides dans les aliments.....	24
	7.3. Applications des polysaccharides dans le textile et industries cosmétiques .....	25
	7.4. Application des polysaccharides dans la protection de l'environnement.....	26
8.	<i>Activité antioxydant des polysaccharides</i> .....	26
9.	<i>Caractéristiques des polysaccharides</i> .....	27
1.	Objectif.....	30
2.	Matériel végétal .....	30
3.	<i>Extraction des polysaccharides</i> .....	31
	<i>Rendement</i> .....	32
4.	<i>Caractérisation des polysaccharides</i> .....	33
	3.1. Le pH des polysaccharides .....	33
	3.2. Tests phytochimiques.....	33
	3.3. Dosage des sucres totaux.....	33
5.	<i>Evaluation de l'activité antioxydante</i> .....	34
	4.1. L'activité antioxydante a été évaluée par la méthode de FRP (Ferric reducing power).....	34

4.1. Evaluation du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH .....	37
5. <i>Analyse Statistique</i> .....	38
5.1. Test ANOVA .....	38
1. <i>Extraction</i> .....	39
2. <i>Caractérisation des polysaccharides</i> .....	42
2.1. pH.....	42
1.2. Les tests phytochimiques .....	42
2. <i>Dosage des sucres totaux</i> .....	43
3. <i>Activité antioxydante</i> .....	46
4.1. Pouvoir réducteur de fer FRP .....	46
3.2. Test DPPH (pouvoir antioxydant) .....	49

# **Introduction générale**

## ***Introduction générale***

---

Le stress oxydant ou le stress oxydatif, est défini comme un déséquilibre entre la production d'oxydants et les mécanismes de défense antioxydante dans l'organisme, ce qui conduit à des dommages dans les biomolécules comme les protéines, les lipides et les acides nucléiques (Tu et al., 2019 ; Niki, 2018). Ces dommages sont impliqués dans le développement de nombreuses pathologies chroniques telles que le diabète, le cancer, les maladies inflammatoires, les maladies cardiovasculaires et les maladies neurodégénératives (Matschke et al., 2019). En effet, tous les organismes vivants qui consomment de l'oxygène produisent les ERO qui jouent un rôle important dans les fonctions physiologiques des organismes. Le stress oxydatif devient anormal lorsque les cellules sont soit dépassées par la quantité des radicaux libres à éliminer, soit ne disposent pas de ressources antioxydantes (vitamines, oligoéléments, enzymes) suffisantes pour les éliminer (Tu et al., 2019 ; Niki, 2018).

Au cours de ces dernières années, l'intérêt porté aux antioxydants naturels en relation avec leurs propriétés thérapeutiques a augmenté considérablement. Des diverses recherches ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification de ces composés à partir des plusieurs substances naturelles à savoir les plantes médicinales et les produits agroalimentaire (Bouabbache et al., 2018).

D'une part, l'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales qui constituent le couvert végétal, se trouve le genre *Allium*. Aujourd'hui, les *Alliums* sont utilisés pour leur saveur, leur arôme et leur goût. Ils sont considérés comme une matière première pour divers procédés de fabrication d'aliments (déshydratation, congélation, mise en conserve et saumurage) (Benmachia., 2019).

D'autre part, la société moderne profite encore des connaissances ancestrales, pour cette raison les valeurs thérapeutiques et médicinales des *Alliums* font l'objet de nombreuses recherches. Les différentes études cliniques ont démontré qu'ils ont des effets protecteurs sur le foie, des effets anti-infectieux, anti-stress et antifatigue (Kawashima., 1993), anticancéreux neurotrophiques et autres effets pharmacologiques. De nombreuses études récentes ont montré que les *Alliums* ont un effet antioxydant ce qui pourrait être d'une grande importance.

Le genre *Allium* comprend plusieurs légumes, parmi lesquels le poireau. De ce point de vue, nous sommes intéressées à *L'Allium ampeloprasum L. var. porrum*, une plante traditionnellement utilisée dans divers domaines.

## ***Introduction générale***

---

Actuellement, les recherches s'intéressent de plus en plus à ses propriétés biologiques, antifongiques, antibactériennes et antioxydantes, d'où nous nous sommes intéressés par l'étude de cette dernière propriété.

Le but de cette étude est de vérifier les conditions optimales pour l'extraction des polysaccharides et d'étudier *in vitro* l'activité antioxydante des polysaccharides d'*Allium ampeloprasum.L.var porrum*. Cette plante est très répandue dans la wilaya de Tlemcen.

Notre manuscrit se présente comme suit : La première partie est une synthèse bibliographique dont le premier chapitre est consacré au Stress oxydatif et *Allium ampeloprasum.L.var.Porrum*

Ensuite, le deuxième chapitre qui est sur les Polysaccharides

La deuxième section, décrit le matériel et les techniques utilisées lors des travaux expérimentaux, les résultats obtenus et la discussion.

# **Synthèse bibliographique**

## **Chapitre1 :**

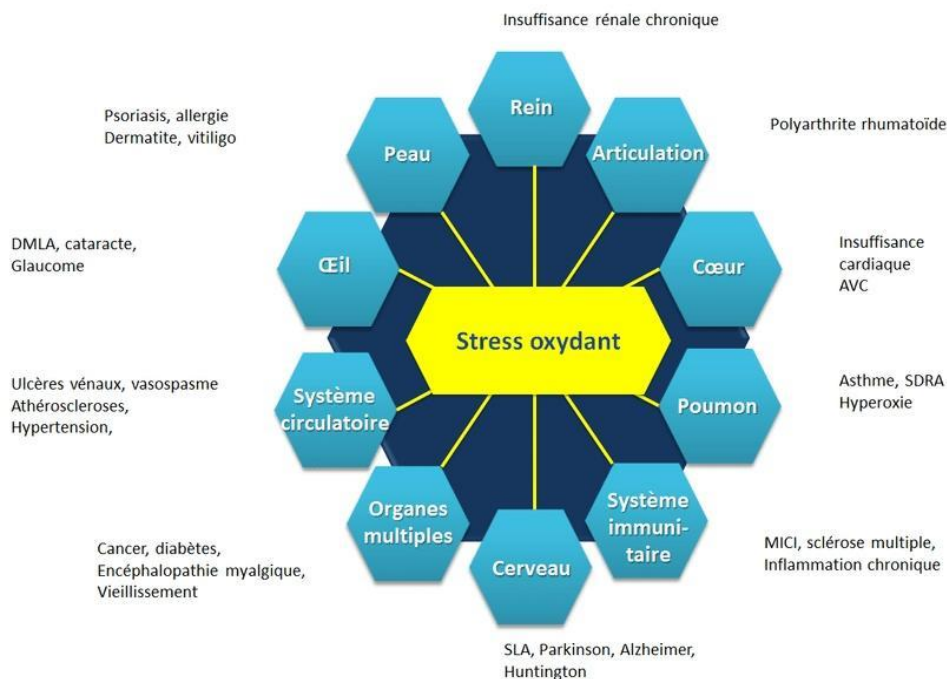
***Stress oxydatif et Allium ampeloprasum***

***L.var. Porrum***

## 1. Stress oxydatif

### 1.1. Stress oxydatif

Le stress oxydatif est un facteur crucial dans plusieurs maladies, compris l'hypertension, l'hypertension pulmonaire, le diabète et l'insuffisance rénale chronique. On sait que le stress oxydatif déclenche de nombreux mécanismes de signalisation à l'intérieur des cellules, conduisant soit à l'apoptose, soit à la multiplication cellulaire et provoquant ainsi une défaillance organique. Par conséquent, viser le stress oxydatif est jugé efficace pour prémunir contre les atteintes organiques, et l'appréciation du niveau de stress oxydatif pourrait constituer un biomarqueur dans différentes maladies. De récentes descriptions ont identifié divers facteurs intrinsèques antioxydants ou pro-oxydants comme de nouvelles cibles potentielles (Ogura et al., 2014).



**Figure 1 :** Pathologies associées au stress oxydatif en fonction de l'organe ou du système biologique atteint (Cassagnes, 2015)

Le stress oxydatif peut découler d'une surproduction d'oxydants, comme les espèces réactives de l'oxygène, et d'une défaillance des systèmes de défense antioxydants (Defraigne et al., 2008).

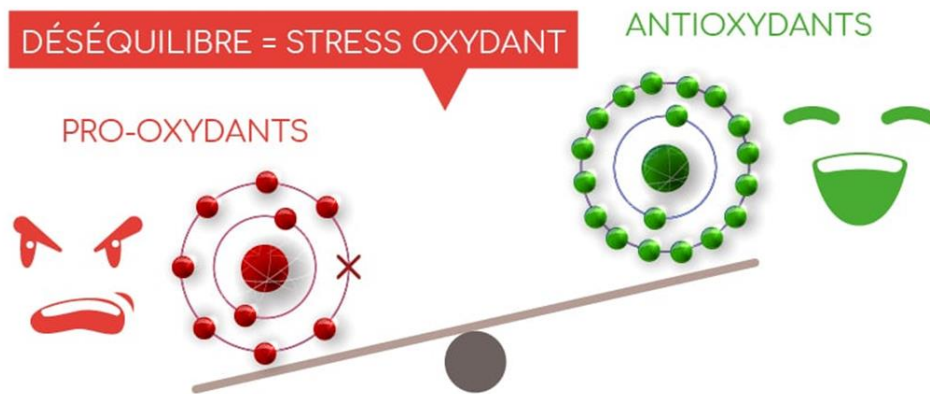
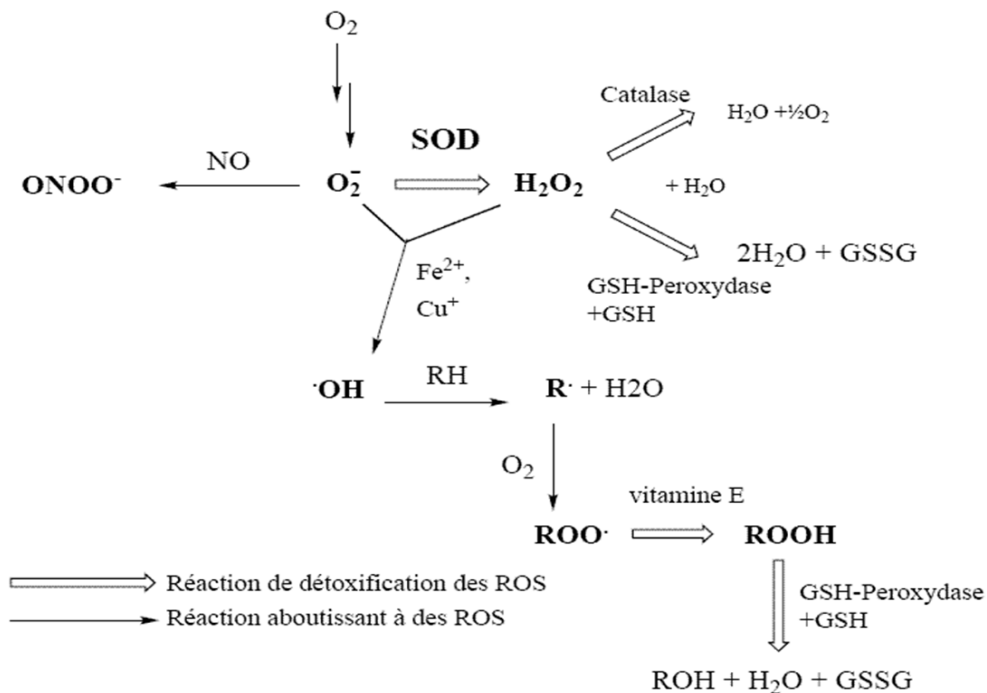


Figure 2 : balance du stress oxydatif

### 1.2. Origine du stress oxydatif

Dans des conditions normales de vie, une petite quantité de radicaux libres est constamment générée, que ce soit par les médiateurs tissulaires ou les restes des réactions énergétiques ou défensives. Cette production physiologique est étroitement contrôlée par des systèmes de défense qui s'ajustent en fonction du niveau de radicaux présents. L'organisme peut avoir à faire face à un niveau de production largement trop important pour être contrôlé, qui sera identifié dans les cas d'intoxications par des métaux lourds, d'irradiation et d'ischémies/reperfusions consécutives à des thromboses. L'absence d'équilibre peut être due à une insuffisance nutritionnelle ou à un manque de certains antioxydants fournis par la nourriture, tels que les vitamines et les oligo-éléments, qui sont disponibles en quantité restreinte dans le régime alimentaire. En fin de compte, un mauvais ajustement peut être dû à des anomalies génétiques qui entraînent une mauvaise codification d'une protéine, soit enzymatiquement antioxydante, soit synthétisant un antioxydant, soit régénérant un antioxydant, soit reliant la défense à l'énergie, ou encore à un promoteur de ces mêmes gènes qui sera rendu incapable de réagir face à une surabondance de radicaux. Généralement, le stress oxydatif est la résultante de plusieurs de ces facteurs et se produira dans un tissu et un type cellulaire bien précis, objet de la défaillance et non pas dans tout l'organisme (Favier, 2003).



**Figure 3** : les espèces réactives oxygénées ROS et SOD

### 1.3. Radicaux libres (RL)

Un radical libre est une espèce chimique, un atome qui contient un électron unique ou non apparié (Anglos et al., 2005 ; Wolin et al., 2005 ; Wassmann et al., 2004). Cet électron unique offre une réactivité chimique extrêmement élevée aux radicaux libres (Poortamans, 2009 ; Bonnefont-Rousselot et al., 2003). La majorité des RL sont générés par l'activité mitochondriale, mais ils peuvent aussi provenir d'autres sources cellulaires telles que les peroxysomes, les lipoxygénases, les NADH oxygénases et les cytochromes P450.

#### 1.3.1. Rôles des radicaux libres

Selon leur concentration, les radicaux libres peuvent jouer un rôle physiologique ou toxique :

- Concentration faible : ils jouent un rôle dans la signalisation cellulaire, la défense immunitaire et la régulation des vaisseaux sanguins.

- Concentration élevée : Ils provoquent du stress oxydatif, nuisent aux cellules et participent aux maladies dégénératives et inflammatoires.  
Par conséquent, leur influence est liée à leur équilibre dans les systèmes biologiques.

### **1.3.2. Espèces réactives**

Les radicaux libres dérivent d'autres atomes tels que l'oxygène (espèce réactive de l'oxygène ERO), l'azote ou le chlore et peuvent être ou non radicalaires (**Halliwell et al., 2004**).

- Espèces radicalaires : anion superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ), radical hydroxyle ( $OH^{\cdot}$ ), radical peroxy ( $ROO^{\cdot}$ ), radical alcoyle ( $RO^{\cdot}$ ) et oxyde nitrique ( $NO^{\cdot}$ ).
- Espèces non radicalaires : peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), peroxyde organique ( $ROOH$ ), oxygène singulet ( $^1O_2$ ), peroxyde nitrite ( $ONOO^-$ ) et acide hypochloreux ( $HOCl$ ).

### **1.3.3. Espèces réactives à base d'oxygène**

L'expression « espèces réactives de l'oxygène » fait référence à la fois aux radicaux libres et à leurs intermédiaires non radicalaires. On définit les radicaux libres comme des espèces ayant un ou plusieurs électrons non appariés, et c'est précisément cette absence d'appariement électronique qui leur donne une forte réactivité. De nombreux éléments peuvent produire des radicaux libres, mais dans les systèmes biologiques, ceux qui impliquent l'oxygène et l'azote sont les plus significatifs. En conditions physiologiques, l'anion superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ) est le radical libre d'oxygène le plus répandu et les mitochondries sont perçues comme étant leur source principale (**Burton et al., 2011**).

## **1.4. Activité antioxydante**

### **1.4.1. Définition des antioxydants**

Les antioxydants sont des molécules qui diminuent ou stoppent l'oxydation d'autres substances chimiques. On utilise des antioxydants afin de limiter l'oxydation des produits

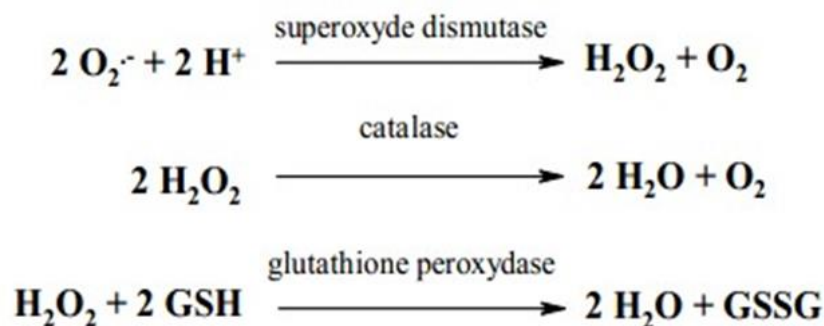
mélangés (Guinebert et al., 2005). Le fonctionnement des antioxydants est basé sur deux processus :

- Les antioxydants contrent les radicaux libres qui empêchent les réactions en chaîne causées par ces derniers.
- Les antioxydants qui éliminent les hydroperoxydes (des intermédiaires créant des radicaux libres en inhibant les liaisons O-O), ce qui diminue la production de radicaux libres (Gourrissi et al., 2017).

#### 1.4.2. Classification des antioxydants

Antioxydantes primaires (enzymes) : Les cellules possèdent des enzymes antioxydantes qui constituent des mécanismes de défense très performants.

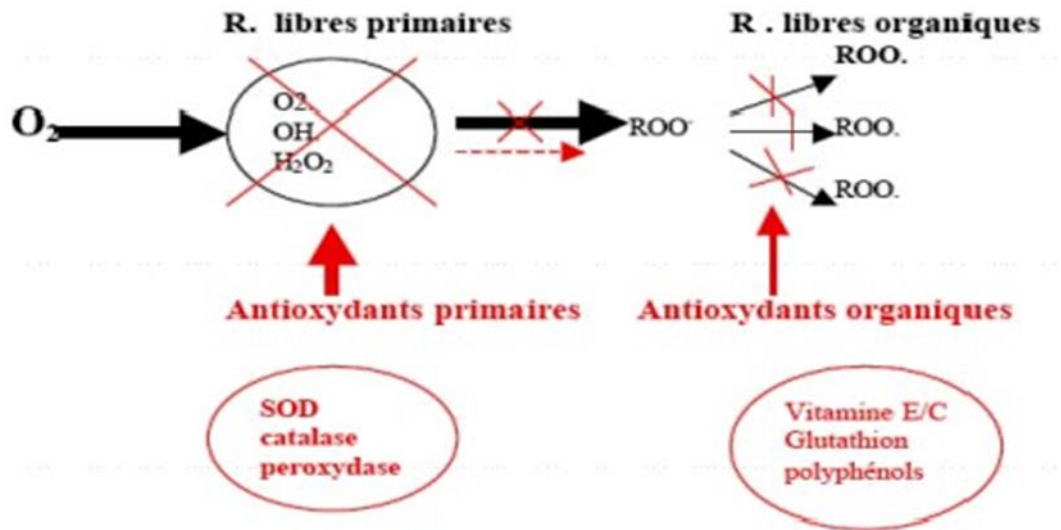
Cette stratégie de défense englobe la superoxyde dismutase (SOD), la catalase et la peroxydase (glutathion et acide ascorbique) (Favier, 2006). Ces enzymes antioxydantes ont la capacité de capturer les radicaux libres primaires à travers la réaction suivante (Lehucher et al., 2001).



Ils inhibent spécifiquement la génération de radicaux libres organiques à partir des lipides membranaires, contribuant ainsi à la protection des membranes contre la peroxydation lipidique.

Antioxydants secondaires (non enzymatiques) : Il s'agit de molécules provenant de l'extérieur. À la différence des enzymes antioxydantes, les molécules antioxydantes n'attrapent que les radicaux libres. Ainsi, pour retrouver son efficacité, cette molécule antioxydante doit être régénérée par d'autres systèmes (Figure 4) (Dacosta, 2003). On a suggéré diverses substances qui pourraient faire office d'antioxydants in vivo.

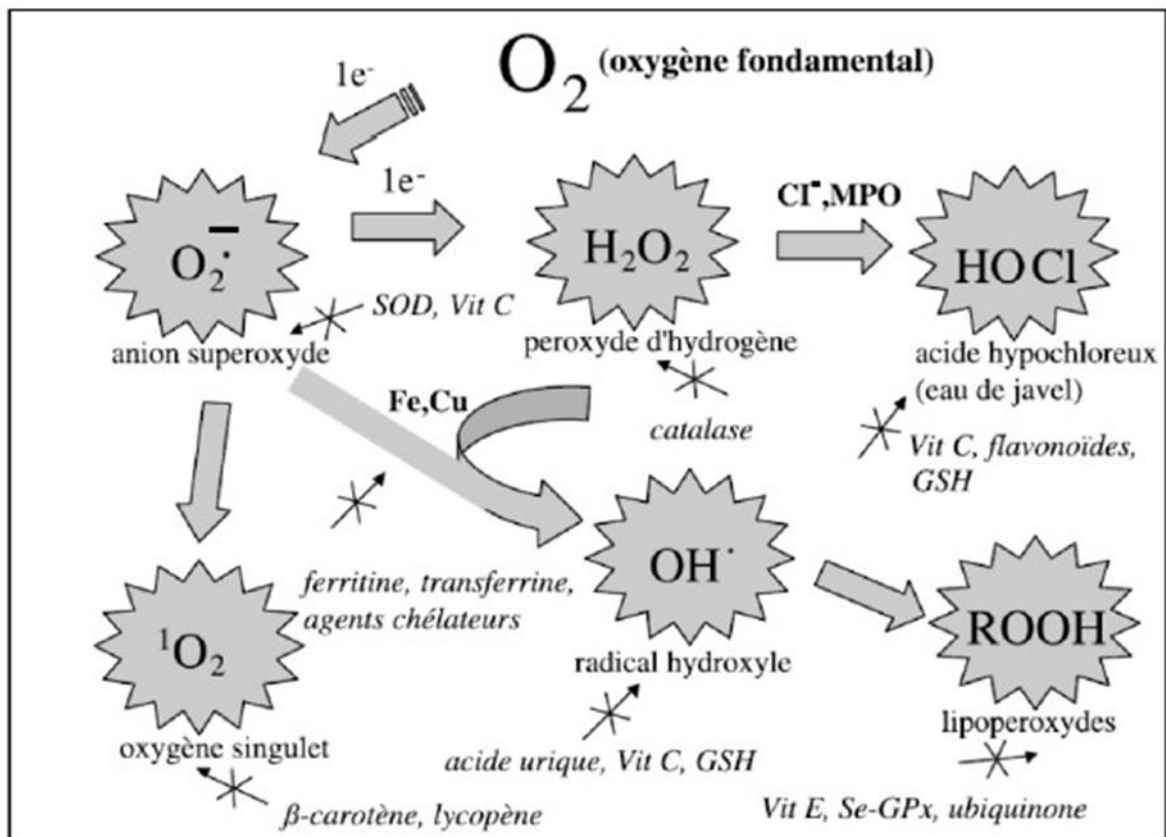
Parmi eux, on retrouve la vitamine E, l'acide ascorbique, le bêta-carotène, les flavonoïdes et les composés phénoliques. (Kohen et al., 2002)



**Figure 4 :** les systèmes de défense contre les radicaux libres (Kohen et al., 2002).

### 1.4.3. Mécanisme d'action des antioxydants

Les antioxydants agissent en éliminant l'oxygène singulier, en inactivant les radicaux via des réactions d'addition covalente, en réduisant les radicaux ou peroxydes et en réduisant les métaux de transition (Favier,2006).



**Figure 5** : Régulation de la production d'espèces réactives de l'oxygène par les systèmes de défenses antioxydants (Milbury et al., 2008)

### 1.5. Plantes à effet antioxydant

L'utilisation des antioxydants pour prévenir les dommages oxydatifs induits par les radicaux libres est omniprésente dans divers domaines, notamment l'alimentation et la médecine. Par conséquent, l'étude des propriétés antioxydantes des plantes s'est imposée comme un domaine de recherche dynamique en pharmacologie moderne (Haddouchi et al., 2016).

Ces antioxydants naturels ont un rôle essentiel dans le maintien de la santé grâce à leurs divers effets biologiques. Les antioxydants ont un rôle crucial en tant que capteurs de radicaux libres ou d'espèces réactives de l'oxygène. Plusieurs études indiquent une activité antioxydante dans les fruits, les légumes et les composés végétaux (Akbari et al., 2022).

Depuis longtemps, les plantes médicinales sont reconnues pour être des sources fiables, efficace et dur d'antioxydants naturels ou de piègeurs de radicaux libres, en particulier des composés phénoliques tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les stilbènes, les tanins et les anthocyanes (Said et al., 2024),

## 2. *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*

### 2.1. Définition

L'*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, couramment appelé “poireau ”, est un légume (Bernaert, 2013) comestible cultivé depuis des millénaires. Les poireaux cultivés sont des plantes d'environ 30 cm de haut, avec un petit bulbe, produisant une longue tige blanche avec des couches superposées de feuilles plates vertes. Le poireau fleurit de juillet à août (Nehdi et al., 2020). Ses fleurs sont hermaphrodites, il est pollinisé par les insectes et les abeilles. Son origine est la région méditerranéenne (Europe du Sud, Afrique du Nord à l'Asie de l'Ouest) mais il est aussi introduit dans d'autres régions du monde.

Le poireau présente un long pédoncule blanc, cylindrique et un petit bulbe au cours de sa deuxième saison de croissance. Ses feuilles sont larges, plates, longues et de couleur vert foncé (Dey et al., 2015).



**Figure 6:** *Allium ampeloprasum* L. Var *porrum* (Monika et al., 2018)

### 2.2. Classification et nomenclature

**Nom scientifique :** (*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*), appartient au genre *Allium* (Strati et al., 2018). C'est une plante à fleurs monocotylédones (Angiospermes).

**Règne :** Plantes

**Classe :** Angiospermes

**Classe :** Monocotylédones

**Ordre :** Asparagales

**Famille :** Amaryllidaceae

**Sous-famille :** Allioideae

**Genre :** *Allium*

**Espèce :** *A. ampeloprasum* (Abirami et al., 2018 ; Dey et al., 2015).

**Nom scientifique :** L'*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*

**Synonyme :** *Allium ampeloprasum*. Var. *porrum* J.GA. Poireau, porreau, poirée, poirette, asperge du pauvre, *Allium ampeloprasum*, poireau d'été, ail des cheveux.

(Bouabbache et al., 2018)

### 2.3. Appellation vernaculaire

**Français :** poireau, poireau des vignes, poireau perpétuel.

**Arabe :** Korrath كرات

**Kabyle :** tharnasth.

**Allemand :** porree, lauch, breittauchspaischerlauch, welsch, zwiebe.

**Anglais :** leek, com non leek, purret.

(Bouabbache et al., 2018)

### 2.4. Origine

Originaire d'Asie centrale, il est inconnu à l'état sauvage probablement originaire de l'est du bassin méditerranéen est vrai semblablement issu de l'espèce *A.ampeloprasum* appelée également « poireau d'été » ou « ail des cheveux » (Samaranayake *et al.*, 2000 ; Couplan, 1998). Il existe depuis le début de l'antiquité. A cette époque, il était déjà au menu des Egyptiens plus tard, les Romains au Moyen Age. La culture du poireau fut introduite en

Europe où il est demeuré un légume très pris jusqu'à aujourd'hui (**Ghali et al., 2019 ; Hirschegger et al., 2010**).

## **2.5. Culture**

Le poireau nécessite des sols profonds, humides, riche en humus et en nutriments, situés dans des endroits ensoleillés ou semis ombragés. Le poireau d'été semé en janvier dans des pots de culture placés à 16 ou 20 °C. Les jeunes pousses sont repiquées à partir d'avril en plein champ ou en terre, celui d'automne est semé mars ou avril puis est repiqué en mai ou juin, et la variété d'hiver n'est semée que la fin mai, directement sur place protégé sous des couches (des grands froids) (**Boubbache et al., 2018 ; Schreyen et al., 1976**).

## **2.6. Composition de l'*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum***

Les espèces d'*Allium* sont considérées comme de riches sources de métabolites secondaires, notamment les acides phénoliques et leurs dérivés, les flavonoïdes (flavan, flavanone, flavones, flavonol, dihydroflavonol, flavan-3-ol, flavan-4ol et flavan3,4-diol) et des polymères flavonoïdes (**Shahrajabian et al., 2021**).

*Allium ampeloprasum* L.Var. *Porrum* se distingue par une forte teneur en composants bioactifs. Ses propriétés médicinales sont principalement dues à la présence de nombreux constituants bioactifs notamment : diméthyl disulfide, méthyl propenyl disulfide, propyl propenyl disulfide, diméthyl trisulfide, methyl propyl trisulfide, methyl propenyl trisulfide, S-methyl cysteine sulfoxide, S-propyl cysteine sulfoxide, S-propenyl cysteine sulfoxide, N-( $\gamma$ -glutamyl) -S-(E1-propenyl) cystéine. Il contient une quantité importante de méthiine et de propiine (**Dey et al., 2015**).

Il a été constaté que l'acide linoléique (53,45%), l'acide palmitique (26,42%) et l'acide oléique (7,39%) sont les principaux acides gras présents dans la fraction lipidique des parties comestibles du poireau (**Nehdi et al., 2020**).

Les constituants représentant l'odeur du poireau sauvage sont des alcényl-oligosulfides, avec en outre méthylpente-2-énal, de l'ex-2-enal et du propane thiolces. Ces constituants sont étroitement liés à la fois quantitativement et qualitativement aux variétés et aux origines cultivées (**Boubbache et al., 2019 Noleau et al., 1991**).

Les poireaux sont riches en fructooligosaccharides et autres  $\alpha$ -galactooligosaccharides, à savoir la raffinose et le stachyose (Shelke et al., 2020). Les sucres retrouvés sont des polyoligosaccharides et monosaccharides (18%), des polyhydrosolubles (10 à 15%), des fructanes, arabanes, et actines à l'origine de la formation de mucilage (Boubbache et al., 2018 ; Darbyshire et al., 1981 ; Rubat, 1949).

Le poireau contient même des minéraux tels que le sodium, le potassium, manganèse, et le calcium (Dey et al., 2015).

Concernant la composition chimique, la majorité des plantes sont généralement composées par des métabolites primaires et secondaires. Les métabolites primaires de l'*Allium porrum* ; qui sont apportés par la plante par la photosynthèse et la nutrition ; sont les protéines, les glucides, les lipides, les oligoéléments (fer, iode, zinc, sodium et sélénium), les minéraux (potassium, phosphore et calcium), les fibres, ainsi que les vitamines (vitamines B, C et E) (tableau 2) (Ghali et al., 2019 ; Moumene, 2016).

**Tableau 1.** Composition et valeur nutritive de poireaux (valeur moyenne par 100g de matière comestible) (Souci., 2009).

Composant (g)	Poireaux
Eau	89
Protéines	2.24
Lipides	3.21
Glucides	2.27
Minéraux	0.86
Valeur énergétique (Kcal)	24.86

**Tableau 2.** Rôle des principaux composés organiques et principaux minéraux oligoéléments, vitamines chez le poireau (Chelabi et al., 2020).

Principaux composés	Rôle
Eau	Équilibre osmotique, transport des molécules, facilite la digestion, constituant des organes et cellules
Glucides	Source d'énergie
Protides	Croissance et développement (renouvellement et réparation des tissus et cellules), constituants des enzymes et hormones.
Lipides	Production d'énergie sous forme concentré, transport les vitamines liposolubles, isolant thermique.
Fibres alimentaires	Facilite le transit intestinal

Principaux minéraux et oligoéléments, vitamines.	Rôle
Calcium	Constitution du squelette, fonction métabolique
Bore	Lutte contre l'arthrite et l'ostéoporose, possède également un pouvoir antiseptique
Chlore	Maintien l'équilibre de pH sanguin, il aide le foie à éliminer les déchets du corps.
Fer	Transport de l'oxygène
Magnésium	Bénéfique au traitement des troubles neuromusculaire et nerveux, soulage aussi les douleurs musculaires.
Sélénium	Favorise les défenses immunitaires et s'avère essentiellement dans la lutte contre le vieillissement cellulaire.
Phosphore	Il favorise le métabolisme de calcium. C'est un des principaux composants de la structure des dents.
Sodium	Il détermine l'équilibre hydrique de l'organisme et l'hydratation des cellules. Le maintien de l'équilibre acido-basique.
Potassium	Régularise les contractions musculaires, les battements cardiaques, et maintient la pression osmotique cellulaire. Elle évacue également l'excès de sodium dans les cellules, fait baisser la tension artérielle.
Soufre	Favorise l'élimination des toxines et la respiration cellulaire.
Vitamine B3	Oxydation des tissus
Vitamine B5	Fonction biochimiques (Réaction enzymatiques).
Vitamine B6	Coenzyme dans nombreux processus enzymatiques.
Vitamine C	Antioxydant, Antistress
Vitamine E	Antioxydant, Fertilité

## 2.7. Propriétés médicinales

Il est connu pour son efficacité dans le traitement des maladies infectieuses, la prévention du cancer. Les huiles de poireau sont utilisées dans le domaine de l'industrie pharmaceutique et nutritionnelles en tant que des agents aromatiques, peuvent réduire la pression artérielle et prévenir les maladies cardiovasculaires en réduisant le cholestérol LDL et les triglycérides sériques (Lemma et al., 2022).

Le poireau peut réduire le risque de maladies gastrointestinales et protéger la peau contre les dommages (Nehdi et al., 2020).

Ainsi, il joue un rôle essentiel 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 (Dey et al., 2015). Et peut-être un antiagrégant plaquettaire, et réduisant les lipides sanguins et la glycémie (Hameed Alwan et al., 2022).

Il présente des propriétés antibactériennes (Gavanji et al., 2023), il s'agit d'une substance qui améliore l'élasticité des vaisseaux sanguins et qui diminue les risques d'hypertention (Ghali et al., 2019) antifongique, antioxydants (Bernaert et al., 2012), antihypertensives et diurétiques (Shahrajabian et al., 2021). Leur consommation réduit le risque de cancer de la prostate, de cancer colorectal, de cancer de l'estomac et de cancer du sein (Ghali et al., 2019 ; Kratchanova et al., 2010).

## 2.8. Usage traditionnel

Est une plante comestible et cultivée depuis des siècles. Il est consommé comme légume, condiment, herbes médicinales ou assaisonnements alimentaires dans de nombreux pays méditerranéens (Strati et al., 2018)

Ses bulbes écrasés sont utilisés pour traiter les stades initiaux de la toux, des sécrétions muqueuses et des maux de gorge (Abirami et al., 2018). Le jus frais par voie orale est stomachique et antispasmodique (Dey et al., 2015).

Depuis l'antiquité, le poireau a été utilisé comme légumes, épices et en tant que plante médicinale. La première citation de cette plante est trouvée dans le *Codex Ebers* (1550 A.J), un papyrus médical égyptien rapportant plusieurs formules thérapeutiques basées sur l'ail et l'oignon, poireau en tant que remèdes utilisés pour traiter diverses maladies (problèmes de cœur, mal de tête, morsures, vers intestinaux,) (Najjaa et al., 2007 ; Lanzotti., 2006).

Les jeunes feuilles et le cœur des racines se mangent crus ou cuits à la vapeur et ils peuvent accompagner d'autres légumes dans le couscous (Baba Aissa., 1999). Le jus du poireau sauvage est utilisé comme insectifuge et il possède des propriétés antiseptiques propres à toutes les espèces du genre *Allium*.

Lorsqu'il est tendre, il se mange cru. Il est également cuit avec d'autres légumes ou utilisé comme arôme dans les soupes et les ragoûts (Herrera et al., 2014).

En médecine traditionnelle, le poireau a été utilisé pour traiter les infections parasitaires, fongiques, bactériennes et virales grâce à ses composés organosulfurés qui sont les principaux

agents antimicrobiens actifs. Cependant, quelques protéines, saponines et composés phénoliques contribuent également à cette activité (**Corzo-Martinez et al., 2007**).

Le poireau est utilisé non seulement comme nourriture, mais aussi comme médicament, il est conservé sous forme des ampoules qui sont utilisées dans la médecine traditionnelle Brésilienne pour traiter les symptômes inflammatoires (**Adão et al., 2011**).

### **2.9. Contradiction et effets indésirables**

L'hypersensibilité au poireau, entraînant d'asthme et de dermatite, ainsi que la rhinite professionnelle, peuvent survenir suite à l'inhalation de jus de poireau. Chez les chiens et les chats, les symptômes d'une intoxication à *Allium* peuvent apparaître en un jour après la consommation d'une grande quantité de produit. Les signes cliniques comprennent souvent : dépression, hémoglobinurie, cylindres urinaires d'hémoglobine et éventuellement d'hémosidérine, ictère, tachypnée, tachycardie, faiblesse, intolérance à l'exercice, inappétence, douleurs abdominales, diarrhée et la sensibilité au froid (**Monica et al., 2018**).

**Chapitre 2 :**  
**Polysaccharides**

## 1. Définition de polysaccharide

Le polysaccharide, en tant que biopolymère, se distingue par sa composition unique de monosaccharides qui sont reliés entre eux par des liaisons glycosidiques. Ce polymère de sucre simple, omniprésent dans la nature, se présente sous une structure moléculaire qui peut être soit linéaire, soit hautement ramifiée, illustrant ainsi la diversité des polysaccharides. On distingue principalement deux catégories de polysaccharides : les homopolysaccharides, composés d'unités monosaccharidiques identiques, et les hétéropolysaccharides, qui regroupent deux ou plusieurs unités monosaccharidiques différentes (Udayan et al., 2017).

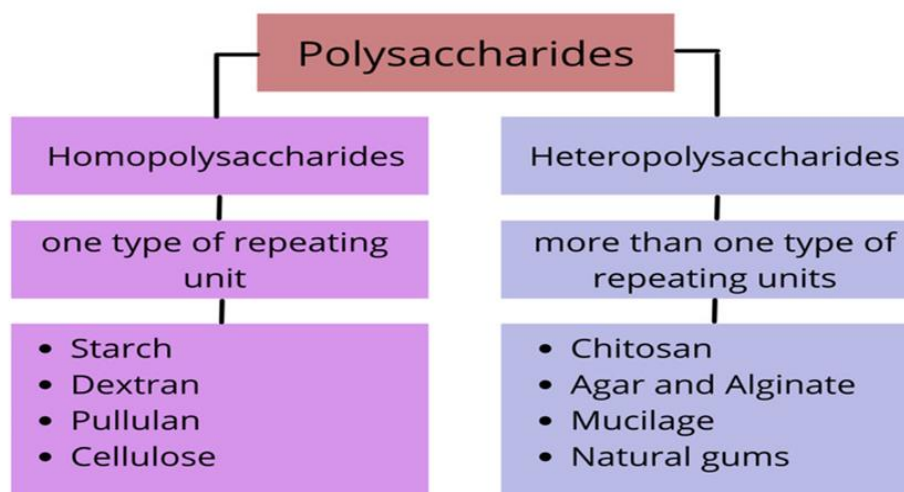


Figure 7 : Classification des polysaccharides (Felicia et al., 2022).

## 2. Origine des polysaccharides

Les polysaccharides se distinguent par leur grande diversité et peuvent être catégorisés en trois grandes classes en fonction de leur origine : d'une part, ceux provenant des plantes, d'autre part, ceux d'origine animale et enfin, les polysaccharides microbiens (Song et al., 2023).

### 2.1. Origine végétale

Ils ont suscité un intérêt particulier du fait de leur grande valeur thérapeutique. Les cellules végétales sont constituées de trois types principaux de polysaccharides qui forment leurs parois. Hémicellulose, cellulose et pectine (Ruprecht et al., 2022).

De multiples ressources botaniques, comme les algues brunes, le thé, le sarrasin tartare, l'échinacée (l'arbre médicinal du Mali), et le gui, sont idéales pour l'extraction des polysaccharides. En outre, il est possible d'extraire certains polysaccharides ayant des

propriétés thérapeutiques potentielles contre le cancer, les virus et pour la régulation du système immunitaire à partir de plantes médicinales (Ji et al., 2024 ; Zhang, Xu, et al., 2022 ; Liu & Huang, et al., 2019).

### **2.2. Origine animale**

On désigne les polysaccharides découverts dans les organes et tissus d'animaux sous le nom de polysaccharides animaux. On trouve dans la nature des animaux ou des éléments d'animaux naturels, tels que les concombres de mer, les loches, les crevettes et le bois de velours, qui sont riches en polysaccharides (Liu & Ding, et al., 2023 ; Gong et al., 2022 ; Pal et al., 2021 ; Zhang & Huang, et al., 2005).

Les polysaccharides possèdent une multitude d'applications potentielles ayant une grande valeur dans le domaine médical et pharmaceutique (Bo-wen & Xu et al., 2024).

### **2.3. Origine microbienne**

Selon leurs composants structurels, les polysaccharides microbiens peuvent être catégorisés en polysaccharides à l'intérieur des cellules, à l'extérieur des cellules et de la paroi cellulaire (Song et al., 2023).

Au cours des dernières années, l'étude fonctionnelle des polysaccharides microbiens a sensiblement progressé grâce à l'apparition de technologies liées. Ces avancées se sont récemment affirmées en tant que centre de recherche dans divers domaines, la biologie, l'immunologie et la médecine (Song et al., 2023 ; Wei et al., 2021 ; Wang, Tavakoli, et al., 2019).

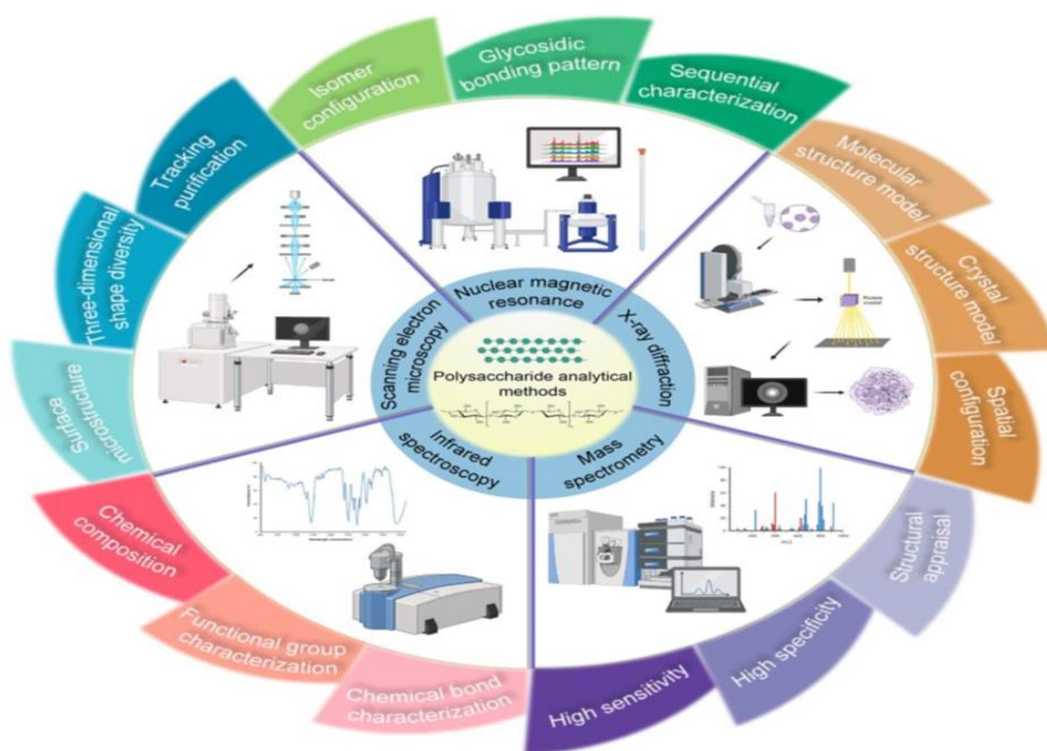
Par ailleurs, en raison de la présence abondante de microbes marins et d'une concurrence interspécifique féroce, un grand nombre de ces micro-organismes génèrent des polysaccharides par le biais du métabolisme, qui possèdent des rôles singuliers. Ainsi, les polysaccharides marins d'origine microbienne suscitent de plus en plus d'intérêt. La plupart de ces polysaccharides sont extracellulaires, présentant une valeur scientifique et commerciale notable (Xu et al., 2017).

## **3. Structure des polysaccharides**

L'analyse structurale des polysaccharides, dont la complexité dépasse celle de l'ADN et des protéines, représente un défi majeur. Le modèle de classification des structures

polysaccharidiques est analogue à celui des protéines et de l'ADN (Zdunek et al., 2021 ; Diener et al., 2019).

L'analyse structurale des polysaccharides s'appuie sur la structure primaire comme référence. On désigne collectivement les deuxième, troisième et quatrième niveau comme étant des structures de haut niveau. Le secondaire, la configuration implique la structure régulière créée entre les chaînes principales, les liaisons hydrogène représentant principalement les obligations de chaînes secondaires. La structure tertiaire d'une chaîne polysaccharidique se réfère à la configuration de ladite chaîne, issue des interactions non covalentes entre les groupes hydroxyle, carboxyle, amino et sulfate présent sur les unités polysaccharidiques, en s'appuyant sur la structure secondaire. Finalement, les agrégats qui se forment par des liaisons non covalentes entre les polysaccharides. On fait référence à la structure quaternaire des polysaccharides en parlant de chaînes. Dernièrement, l'examen des structures de polysaccharides s'est majoritairement effectué en utilisant des techniques comme la résonance magnétique nucléaire, la diffraction aux rayons X, la spectrométrie de masse, la spectroscopie infrarouge et la microscopie électronique à balayage (Guo et al., 2023 ; Wang, Zhao, et al., 2023 ; Zhao, Yang, et al., 2023 ; Chakraborty et al., 2022 ; Li, Zhao, et al., 2022).



**Figure 8:** Méthodes d'analyse des polysaccharides. Les techniques majeures pour déterminer les structures des polysaccharides comprennent la résonance magnétique nucléaire, la

diffraction des rayons X, la spectrométrie de masse, l'infrarouge et la microscopie électronique à balayage (XU et al., 2024).

#### **4. Dégradation des polysaccharides**

Du fait de leur masse moléculaire importante et de leur difficulté à traverser les membranes cellulaires, la plupart des polysaccharides ne s'absorbent pas aisément ni ne sont exploités par le système gastrointestinal. Ainsi, ils doivent passer par une succession de processus de dégradation avant d'être absorbés et d'assumer diverses fonctions. On désigne sous le terme de dégradation des polysaccharides le processus où les enzymes ou autres substances dégradantes fragmentent les molécules de polysaccharides en entités plus petites, appelées monosaccharides. À l'heure actuelle, les principales techniques sont la transformation microbienne et la dégradation enzymatique (Xia et al., 2021 ; Li et al., 2017).

##### **4.1. Dégradation enzymatique**

L'emploi d'enzymes spécifiques biologiques pour la décomposition des polysaccharides est ce que l'on appelle la dégradation enzymatique (Wu et al., 2020). Le processus de décomposition des polysaccharides par diverses enzymes peut être variable, et le mécanisme particulier est tributaire de la configuration de l'enzyme ainsi que des caractéristiques chimiques du substrat. L'importance exceptionnelle de l'étude de la dégradation enzymatique des polysaccharides est souvent soulignée (Zeng et al., 2022). L'activité antioxydante du polysaccharide était plus élevée suite à la dégradation enzymatique (Berlemont & Martiny et al., 2016).

Il a été observé que la décomposition des polysaccharides par les glycosides hydrolases, les polysaccharides monooxygénases lytiques et d'autres enzymes qui activent les polysaccharides est essentielle pour le cycle des nutriments et l'usage de ces derniers chez les animaux (Kobayashi et al., 2018).

##### **4.2. Transformation microbienne**

La dégradation des polysaccharides par transformation microbienne est une autre piste majeure. Il est ardu de décomposer et d'exploiter certains polysaccharides en raison de leurs structures spécialisées et complexes. Toutefois, des micro-organismes spécifiques, tels que ceux présents dans le microbiote intestinal, sont capables de fragmenter ces polysaccharides

en monosaccharides plus petits en libérant des enzymes dédiées qui favorisent l'absorption et l'utilisation par l'hôte (Mckee et al., 2021 ; Yeager et al., 2017).

En outre, cette capacité de décomposition joue un rôle environnemental crucial dans le milieu naturel en facilitant le recyclage et la dégradation des substances organiques (Gardner et al., 2016).

## **5. Extraction des polysaccharides**

Les polysaccharides naturels possèdent une structure très variable et sont intégrés dans des systèmes complexes, rendant l'existence d'une méthode universelle pour leur extraction du matériel biologique impossible. Les techniques traditionnelles d'extraction de composés organiques de faible masse moléculaire ne peuvent pas être utilisées pour l'extraction de polysaccharides. La méthode approuvée devrait permettre d'obtenir un maximum de polysaccharides finaux avec une perte minimale et dans un état légèrement transformé (Aidai Turatbekova et al., 2024).

### **5.1. Extraction des polysaccharides à l'eau chaude**

La technique la plus répandue pour extraire des polysaccharides neutres solubles à partir de matériaux végétaux est l'extraction à l'eau chaude (Yu et al., 2022).

### **5.2. Extraction du polysaccharide à l'aide d'une solution aqueuse acide**

En dehors des polysaccharides situés à l'intérieur des cellules, les tissus végétaux renferment aussi d'autres types de polysaccharides comme la cellulose, l'hémicellulose et la pectine. Ces polysaccharides s'entrelacent mutuellement pour constituer une structure tridimensionnelle de paroi primaire qui résiste à l'extraction par chaleur ou par une solution aqueuse neutre (Liu et al., 2019).

La pectine, un polysaccharide acide soluble qui porte une charge négative en solution aqueuse, se trouve communément dans la paroi cellulaire des plantes. La théorie derrière l'extraction de la pectine à l'aide d'acide est que le protopectine peut être transformé en pectine soluble dans une solution acide (Ai et al., 2019).

### **5.3. Extraction du polysaccharide à l'aide d'une solution aqueuse alcaline**

L'extraction de l'hémicellulose est généralement effectuée à l'aide d'une solution aqueuse alcaline. En règle générale, la pectine peut aussi être extraite par le biais d'une solution aqueuse alcaline. Toutefois, à cause de la réaction de saponification entre l'alcalin et les groupes d'estérification de la pectine, la structure moléculaire de la pectine obtenue avec une solution aqueuse alcaline serait considérablement altérée. Dans un milieu aqueux alcalin, les liaisons hydrogènes qui unissent les polysaccharides, ainsi que les liaisons ester et éther présentes dans les hémicelluloses, la lignine, la pectine et la cellulose seraient rompues (Brienzo et al., 2009).

## **6. Purification des polysaccharides**

### **6.1. Filtration Membranaire**

De nombreuses études ont utilisé cette méthode pour concentrer et purifier les extraits aqueux bruts de pectine (Kang et al., 2015).

### **6.2. Précipitation d'alcool**

On utilise fréquemment la précipitation alcoolique pour purifier les polysaccharides à partir de solutions aqueuses brutes dans un cadre de laboratoire (Karnik et al., 2016).

Avec l'ajout d'éthanol (ou d'isopropanol), la constante diélectrique de la solution de polysaccharide diminue, ce qui entraîne progressivement la précipitation de polysaccharides de polarités différentes. Du fait de la forte affinité avec l'alcool, une partie des composants de sucre de poids moléculaire inférieur pourrait être éliminée durant cette procédure. Par conséquent, un mélange de polysaccharides pourrait être séparé en diverses sous-fractions par une méthode appropriée de précipitation alcoolique, selon leurs propriétés physico-chimiques distinctes lors de l'optimisation des paramètres de traitement (Ai et al., 2020).

### **6.3. Purification chromatographique sur colonne techniques**

Dans les méthodes de purification par chromatographie sur colonne, les molécules contenues dans un mélange sont séparées les unes des autres lors de leur application sur la surface ou dans les phases fixes, et ce grâce à l'utilisation d'une phase mobile. Ces molécules sont triées en fonction de diverses caractéristiques telles que leur charge globale, leur dimension et leur configuration. Ces disparités font que certaines parties du mélange demeurent plus longtemps

dans la phase stationnaire, se déplaçant lentement à travers le système de chromatographie, alors que d'autres se déplacent rapidement vers la phase mobile, sortant plus vite du système (Coskun et al., 2016).

## **7. Application Des Polysaccharides**

### **7.1. Application des polysaccharides en médecine**

Dans le secteur pharmaceutique, les polysaccharides sont des matières premières de premier choix grâce à leur activité biologique, offrant des bénéfices thérapeutiques notables sur certaines pathologies tout en générant peu d'effets indésirables. Les médicaments disponibles qui contiennent des polysaccharides comprennent une variété de catégories, notamment les médicaments anticancéreux, les médicaments pour le diabète, les anticoagulants, les anti-inflammatoires, les antiviraux et les vaccins (Homaeigohar et al., 2023 ; Mussi-Pinhata et al., 2022 ; Xiang et al., 2021 ; Zhang, et al., 2019 ; He et al., 2019 ; Onishi et al., 2016).

Les polysaccharides ont un rôle essentiel dans l'allongement de la demi-vie des médicaments en circulation, ce qui diminue les doses globales et optimise leur biodisponibilité (Karmali et al., 2012).

Dans l'élaboration de biocapteurs et de réactifs à des fins diagnostiques. Les polysaccharides interagissent avec des biomolécules ou des cellules particulières, ce qui facilite la détection et l'analyse de biomolécules ou de cellules (Qasemi & Ghaemy, 2020).

Les polysaccharides participent aussi à une détection extrêmement sensible et à l'analyse quantitative de molécules spécifiques en influençant les caractéristiques de surface et la structure des nanoparticules (Deng et al., 2022).

### **7.2. Application des polysaccharides dans les aliments**

L'application des polysaccharides dans le domaine de la transformation alimentaire est un secteur de recherche très large. L'ajout de polysaccharides peut modifier les caractéristiques physico-chimiques des aliments, telles que les propriétés rhéologiques, la stabilité, la texture et la valeur nutritive (Wang, Wang, et al., 2023).

S'accorder aux attentes des consommateurs en matière de variété de produits alimentaires. Une des utilisations les plus fréquentes des polysaccharides dans l'industrie alimentaire est

leur emploi comme épaississants et agents de viscosité afin d'améliorer la texture et la sensation en bouche (**Bernaerts et al., 2019**).

Les polysaccharides sont aussi employés pour ajuster les propriétés rhéologiques des aliments, comme la viscosité, la fluidité et les caractéristiques associées à la rhéologie (**Fan et al., 2022**).

La modulation du genre et de la quantité de polysaccharides incorporés permet de réguler le mouvement, l'adhésion et l'équilibre des mets, spécialement pour la transformation d'aliments liquides comme les sauces et les soupes. Par ailleurs, l'incorporation de polysaccharides peut renforcer la stabilité des produits alimentaires, évitant ainsi la séparation, la précipitation ou la ségrégation des ingrédients (**Ścieszka & Klewicka, 2019**).

Les polysaccharides forment une structure colloïdale qui entoure et défend les autres composants contre l'environnement extérieur, prolonger la durée de vie des aliments tout en maintenant leur texture et leur saveur d'origine (**Zhang, Lan, et al., 2022 ; Bose et al., 2021**).

### **7.3. Applications des polysaccharides dans le textile et industries cosmétiques**

Dans le secteur du textile, l'utilisation des polysaccharides vise principalement à être appliquée dans les colorants et les agents d'impression. Des études ont prouvé que les polysaccharides peuvent établir une liaison chimique solide avec la fibre surface, garantissant ainsi une adhérence intense des teintures aux fibres et renforçant la capacité de lavage des textiles ainsi que la tenue des couleurs (**Sharma & Baldi, 2016**).

De plus, les polysaccharides contribuent à la régulation de la perméabilité et de la diffusivité des teintures, garantissant une distribution homogène dans la fibre et par conséquent, améliorant l'effet global de la coloration (**Bezerra et al., 2020**). En outre, les polysaccharides sont utilisés comme agents anti-rides et adoucissants pour les textiles (**Özen et al., 2023**).

Dans le secteur de la beauté, on utilise fréquemment des polysaccharides dans les produits de soins cutanés et cosmétiques. Leurs caractéristiques hydratantes puissantes contribuent de manière significative à prévenir la déshydratation de la peau et la perte en eau (**Juncan et al., 2021 et LópezHortas et al., 2021**).

Les polysaccharides sont des agents liants et stabilisants efficaces, garantissant une distribution homogène des ingrédients cosmétiques et contribuant à l'amélioration de la viscosité et de la stabilité (**Shariatinia, 2018**).

#### **7.4. Application des polysaccharides dans la protection de l'environnement**

En tant que matériau biodégradable et renouvelable, les polysaccharides ont une importance primordiale dans le secteur de la préservation de l'environnement. Certaines recherches attestent de l'efficacité notable des polysaccharides dans le traitement des eaux usées et la dépollution des sols. Les polysaccharides agissent efficacement pour retirer les ions de métaux lourds présents dans les eaux résiduaires et le sol grâce à des processus d'adsorption et de précipitation, contribuant ainsi à la restauration d'un environnement sain (**Zhao, Liu, et al., 2023 ; Fenyvesi & Sohajda, 2022 ; Liu, Du, et al., 2021**).

En outre, les polysaccharides peuvent être convertis en hydrogels ayant d'excellentes capacités d'absorption de l'eau, offrant une voie pour la préservation des ressources en eau. Ces hydrogels ont la capacité d'absorber et de retenir une quantité significative d'eau, ce qui permet de diminuer le gaspillage des ressources en eau. Ils présentent donc un potentiel d'application considérable (**Martínez Cano et al., 2022**).

Les polysaccharides occupent une place centrale dans le domaine énergétique en agissant comme un outil de préservation de l'environnement (**Pfrengele, 2017**).

#### **8. Activité antioxydant des polysaccharides**

L'élimination des radicaux libres est le principal mécanisme par lequel les polysaccharides produisent leurs effets antioxydants. Les radicaux libres, qui sont des ensembles atomiques instables présentant une forte activité, induisent divers types de dommages comportementaux chez les êtres vivants (**Yu-Hao et al., 2021**), Un acteur important dans les dommages oxydatifs. Les polysaccharides ont la capacité d'éliminer directement les radicaux libres ou de réguler indirectement le système enzymatique antioxydant, démontrant ainsi leurs effets antioxydants (**Zhu et al., 2018**).

A découvert que le polysaccharide de gingembre exerce une forte action de capture sur les radicaux picrylhydrazyle générés de manière intracellulaire, indiquant ainsi une activité antioxydante importante (**Liu, Ye et al., 2021 ; Farah et al., 2018 ; Sheu et al., 2018**).

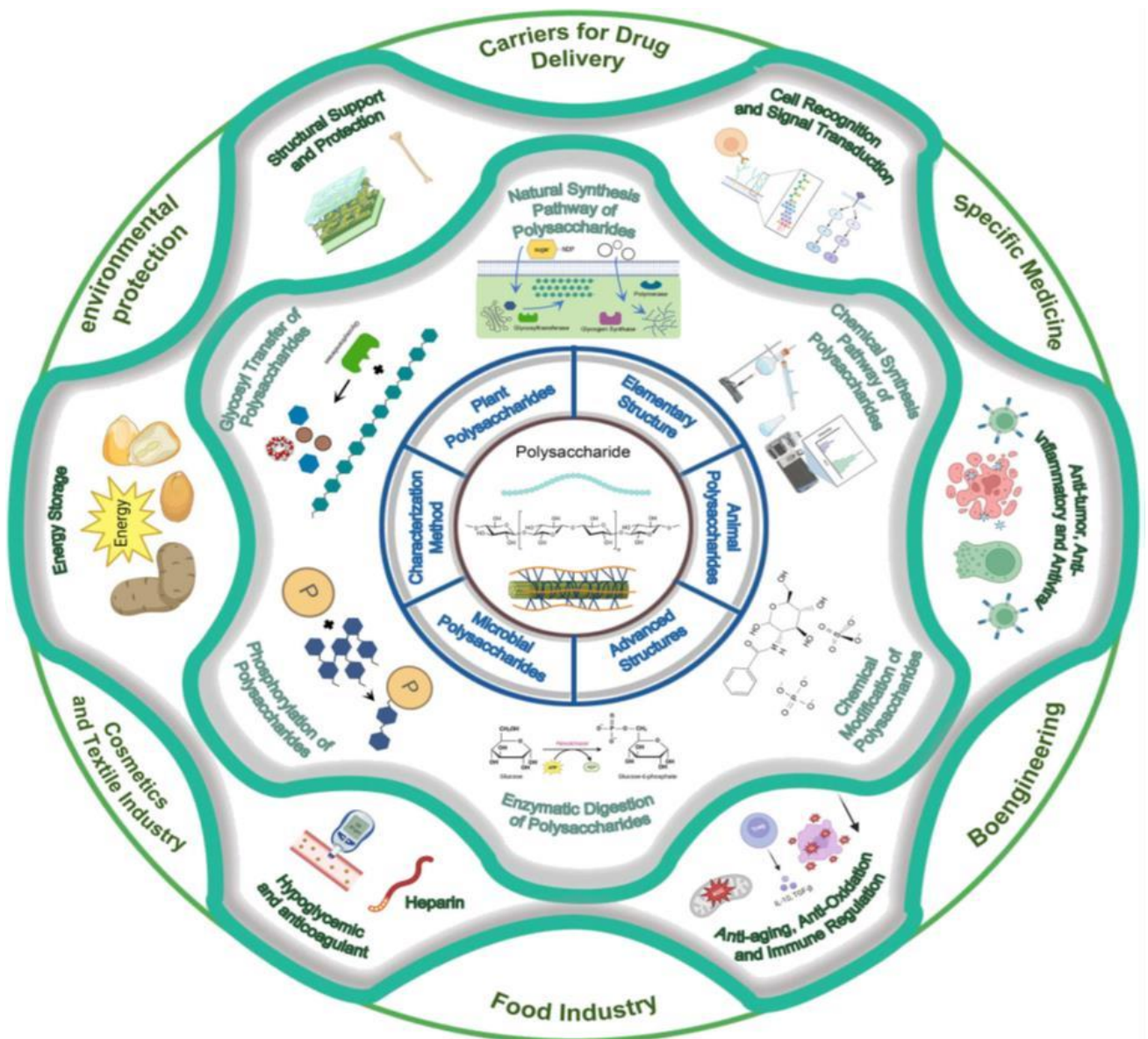
Il a été prouvé que le polysaccharide de gombo lignifié préserve les cellules en freinant l'expression de l'ARNm d'iNOS. Les polysaccharides ont la potentialité d'augmenter le pouvoir antioxydant des êtres vivants en stimulant l'activité des enzymes antioxydantes, telles

que la superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase (**Peng Tang et al., 2022** et **Liao et al., 2019**).

Il a été découvert qu'un nouveau polysaccharide extrait du gombo pourrait stimuler les niveaux des enzymes antioxydantes et réduire la présence de malondialdéhyde (un marqueur de la peroxydation lipidique), inhibant ainsi la production de radicaux libres et exerçant une action antioxydante. Par ailleurs, les polysaccharides ont le potentiel de renforcer la stabilité des substances antioxydantes, prolongeant ainsi leur activité antioxydante. Par exemple (**Guo et al., 2022**).

### **9. Caractéristiques des polysaccharides**

Les polysaccharides présentent de nombreuses possibilités pour des modifications chimiques et fonctionnelles (**Li et al., 2016**). Il convient de souligner que la majorité des polysaccharides ont une biodégradabilité importante et se dégradent au sein des systèmes biologiques en composés de faible poids moléculaire et en métabolites non nocifs grâce à l'action d'enzymes spécifiques, ce qui favorise un rejet écologique (**Li & Xiang, et al., 2022**).



**Figure 9 :** Le graphique représente l'état actuel de la recherche sur les polysaccharides. Les résultats de la recherche incluent les caractéristiques fondamentales, processus de synthèse et de dégradation, fonctions biologiques et applications des polysaccharides (XU et al., 2024).

***Deuxième partie :***  
***Partie Expérimentale***

**CHAPITRE 3 :**  
**Matériel et méthodes**

## 1. Objectif

L'expérimentation que nous avons réalisée a été effectuée au sein du laboratoire de recherche antibiotiques, antifongiques, physico-chimie (LAAPSAB) 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 vérifier les conditions optimales pour l'extraction des polysaccharides et tester *in vitro* l'activité antioxydante des polysaccharides de *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* récoltés dans la région de Tlemcen. Elle comporte :

Partie 1 : La préparation de quatre extraits de polysaccharides.

Partie 2 : Les tests de caractérisation des extraits de polysaccharide : pH, tests de mise en évidence, dosage des protéines et dosage des sucres.

Partie 3 : L'évaluation du pouvoir antioxydant des extraits obtenus par la méthode de FRP (Ferric reducing power) et la méthode de DPPH (2-2 DiPhényl-1-PicrylHydrazyl).

## 2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est le poireau, *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, récolté au début du mois de février 2025. Il est cultivé dans le village d'Ouchba, commune d'Ain Fezza, Wilaya de Tlemcen, Algérie à proximité de la frontière marocaine.



**Figure 10** : Carte géographique de la région d'Ain fezza (Google maps).

### 3. Extraction des polysaccharides

L'extraction s'est faite selon la méthode de (Kolhe et al., 2014) avec quelques modifications où :

- Dans un premier temps, découper la plante (que la partie blanche) en petits morceaux.
- Mélanger 10g du matériel végétal avec 100ml d'eau distillée dans un ballon rodé surmonté d'un réfrigérant.
- Laisser le mélange bouillir pendant 30min (ou 60 min).
- Filtrer le mélange sur une mousseline pliée sur huit (8) couches et récupérer le filtrat.
- Ajouter un volume d'éthanol froid égal au volume (ou 2 fois) du filtrat. L'éthanol permet de précipiter les polysaccharides. Ce mélange est mis au froid (4°C) pendant 24 heures.
- Centrifuger le mélange à 3000 tours/min pendant 30min afin de récupérer le culot.
- Eliminer le surnagent et récupérer le culot.
- Sécher le culot à l'étuve à 40°C.
- Le résidu obtenu est l'extrait des polysaccharides.

**A****B****C****D**



E

**Figure 11.** Extractions des polysaccharides (photos prises au laboratoire)

A : Poireau découpé ; B : Décoction ; C : Refroidissement ; D : Décocté ; E :  
Centrifugation ;

Le **tableau 3** représente les conditions d'extraction mises en œuvre pour réaliser quatre extraits variés à partir d'un même matériel végétal. Les paramètres expérimentaux examinés comprennent la durée d'extraction (30 ou 60 minutes) et le volume d'éthanol employé (1V ou 2V). Chaque extrait est repéré par une abréviation qui allie ces deux éléments.

**Tableau 3.** La variation des extraits selon le temps et le volume de l'éthanol ajouté

<i>Extrait</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Temps d'extraction	30 min	30 min	60 min	60 min
Volume d'éthanol	1V	2V	1V	2V
Abréviation	P1V30	P2V30	P1V60	P2V60

**1V** : volume d'éthanol égale au volume de l'extrait ; **2V** : volume d'éthanol égale 2 fois le volume de l'extrait.

### **Rendement**

Le rendement désigne la masse de l'extrait déterminée après extraction, il est exprimé en pourcentage par rapport à la masse initiale de la plante soumise à l'extraction. Les rendements des polysaccharides de chaque mélange sont calculés selon la formule :

$$R = (M1 - M2) / P \times 100$$

Avec :

- R : rendement en pourcentage %
- M2 : la masse du tube vide en gramme
- M1 : la masse du tube après séchage (contient l'extrait) en gramme
- P : poids de matériel végétal (prise d'essai).

#### **4. Caractérisation des polysaccharides**

##### **3.1. Le pH des polysaccharides**

Solubiliser une quantité de 10 mg de chaque extrait des polysaccharides dans 10 ml d'eau distillée, préparer 3 essais à 37°. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

##### **3.2. Tests phytochimiques**

- **Test des tanins**

Pour caractériser les tanins 1 ml de chaque extrait a été mélangé avec 0,25 ml d'une solution aqueuse de FeCl<sub>3</sub> (1%). Le mélange a été incubé à température ambiante pendant 15 minutes. L'apparition d'une couleur bleu-noirâtre ou verdâtre indique la présence des tanins (**Karumi, 2004**).

- **Acides aminés**

L'ajout de 1ml d'extrait à tester à 1ml de la solution de ninhydrine préparée dans l'acétone ou l'éthanol dont la concentration est 1% chauffer dans un bain marie et observer le changement de couleur. L'apparition d'une couleur violette indique la présence des acides aminés (**Harbone, 1998**).

##### **3.3. Dosage des sucres totaux**

- **Principe**

Pour l'analyse des sucres totaux, nous avons suivi la méthode de (**Dubois et al., 1956**). Le principe de cette méthode est qu'en milieu acide et à chaud, les liaisons glycosidiques des hydrocarbures sont hydrolysées. Les oses simples ainsi libérés subissent une déshydratation intramoléculaire pour donner des dérivés furfuraux. La fonction aldéhyde des furfuraux se condense ainsi en milieux acides avec l'hydrolyse d'un composé phénolique pour donner des acétals ou héli-acétals de couleur rougeâtre qui absorbent dans le visible (450-500 nm).

- **Dosage**

Dans des tubes à essai, nous mélangeons 1 ml de la solution à doser, puis 1 ml de la solution de phénol (5%). Les tubes sont soigneusement agités. Puis 5 ml d'acide sulfurique concentrés sont ajoutés à l'aide d'une pipette graduée. Après séjour de 30 mn à l'obscurité, les mesures d'absorbance sont effectuées à 490nm. Le glucose est utilisé comme sucre standard pour établir la courbe d'étalonnage dans le dosage des sucres totaux. Il permet de quantifier les glucides dans un extrait en les exprimant en équivalent de glucose.

Par ailleurs, le calibrage du spectrophotomètre se fait avec un blanc contenant : 1ml d'eau distillée, 1ml de phénol à 5% et 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

- **Expression des résultats**

Une courbe d'étalonnage corrélant la variation de l'absorbance en fonction de la concentration de glucose a été tracée. A partir de cette courbe nous déterminons la concentration de notre échantillon en sucres totaux. Le taux des sucres en % par rapport à la matière sèche est obtenu par la formule suivante :

$$ST = (C_G/C_E) \times 1000$$

Avec :

C<sub>G</sub> : concentration en sucres calculée graphiquement en mg/ml

C<sub>E</sub> : concentration de la solution de l'extrait en mg/ml

ST : sucres totaux en mg/g d'extrait

## **5. Evaluation de l'activité antioxydante**

**4.1. L'activité antioxydante a été évaluée par la méthode de FRP (Ferric reducing power).**

- **Principe**

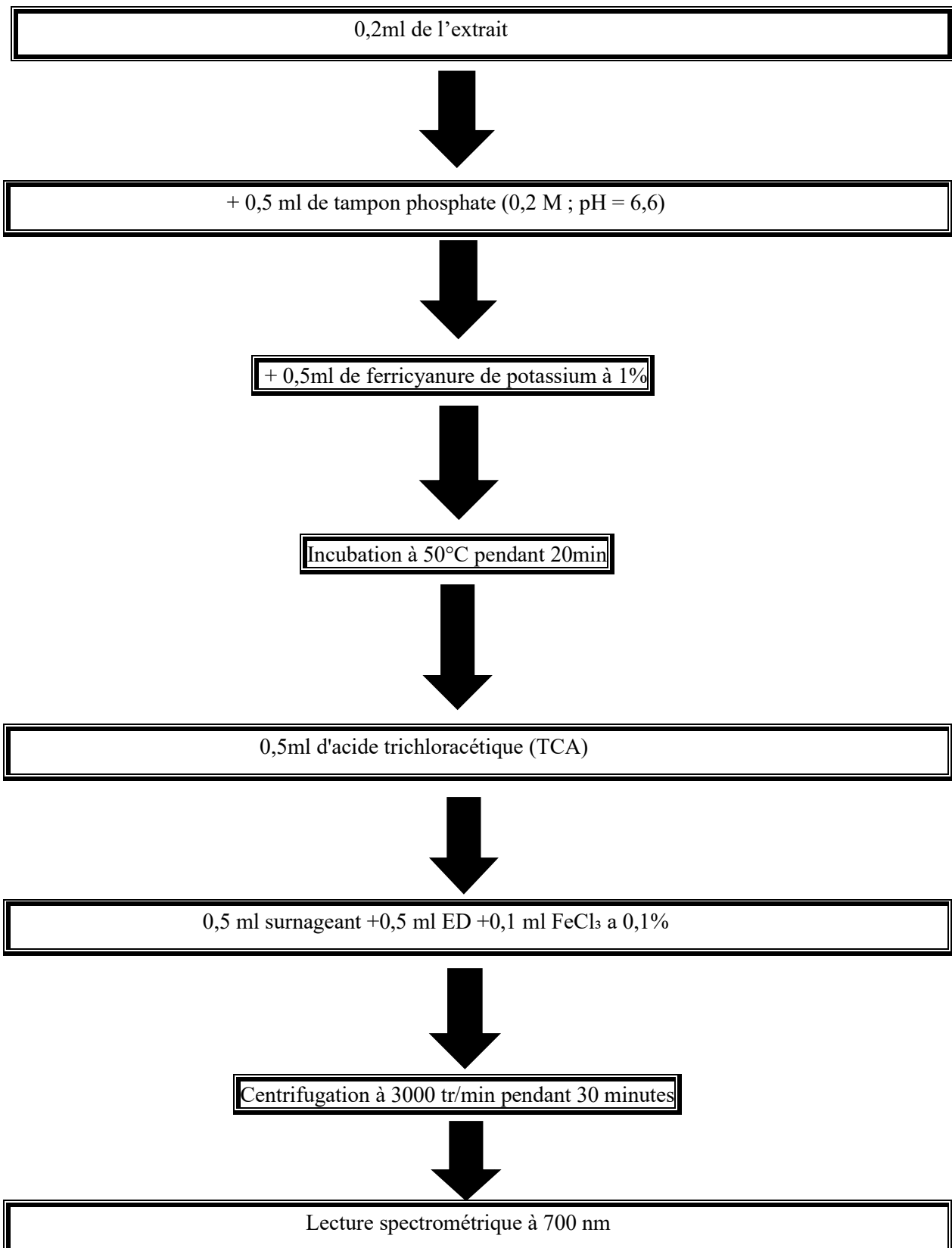
La méthode de réduction de fer FRP est une méthode simple. Cette technique permet de mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) présent dans le complexe K<sub>3</sub>Fe (CN)<sub>6</sub> en fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>) (Oyaizu, 1986).

**Solutions à préparer**

- Solution tampon de phosphate 0,2M ; pH= 6,6
  - Solution de ferricyanure de potassium  $K_3Fe(CN)_6$  à 1%
  - Solution de l'acide trichloracétique TCA à 10%
  - Solution aqueuse de chlorure ferrique  $FeCl_3$  à 0,1%
- **L'acide ascorbique** sert de référence antioxydante dans le test FRP. Il permet d'évaluer le pouvoir réducteur d'un extrait en le comparant à une molécule antioxydante connue. Son pouvoir réducteur bien connu permet de comparer l'efficacité des extraits étudiés.

### **Mode opératoire**

0,2 ml de l'extrait à différentes concentrations est mélangé avec 0,5 ml de la solution tampon phosphate (0,2M, pH=6,6) et 0,5ml de ferricyanure de potassium à 1%, ensuite incubé dans l'étuve à 50°C pendant 20min. Après l'incubation 0,5ml d'acide trichloracétique (TCA) à 10% est ajouté. 0,5 ml du surnageant est mélangé à 0,5 ml d'eau distillée et 0,1 ml de  $FeCl_3$  à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS avec un blanc préparé semblablement en remplaçant l'extrait par l'eau distillée.



**Figure 12** : Protocole d'évaluation du pouvoir antioxydant des extraits d'*allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*

#### 4.1. Evaluation du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH

- **Principe**

Le DPPH (Diphénylpicrylhydrazyl) est une méthode aisée et hautement reproductible pour évaluer la capacité antioxydante. Le DPPH, lorsqu'il est dissous dans le méthanol, présente une couleur violette dont l'intensité est évaluée à 517 nm. Lorsque le donneur d'hydrogène est présent, le DPPH se transforme en sa forme non radicalaire de teinte jaune clair. Ce passage de la première forme à la seconde s'accompagne d'une baisse de l'absorbance, qui peut être utilisée pour indiquer le taux de réduction du DPPH.

C'est une technique qui permet d'évaluer le potentiel antioxydant. Elle évalue l'aptitude d'un antioxydant à diminuer le radical DPPH.

- **Mode Opératoire**

On prélève 6 mg de poudre de DPPH, auxquels on incorpore 50 ml de méthanol, puis on démarre l'agitation pour une durée d'une heure. En résumé, on a combiné 1 ml de la solution de DPPH avec 1 ml de diverses concentrations des extraits végétaux. On conserve le mélange à l'abri de la lumière à température ambiante pendant une demi-heure. Ensuite, l'absorbance est évaluée à 517 nm en comparaison avec un tube blanc rempli de méthanol.

Un tube contrôle négatif est préparé en mélangeant 1ml de solution de DPPH et 1 ml de méthanol.

$$\% \text{ IP} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{A contrôle}] \times 100$$

Dont :

- **Abs contrôle** : Absorbance du contrôle (ne contenant aucun antioxydant) après 30 min.
- **Abs échantillon** : Absorbance des échantillons mesurés après 30min.

#### Calcul des concentrations efficaces IC<sub>50</sub>

On peut quantifier l'activité antioxydante en termes de pourcentage d'inhibition du DPPH ou en concentration inhibitrice (IC<sub>50</sub>), correspondant à la quantité d'échantillon requise pour diminuer de 50% l'absorption du DPPH. Plus la IC<sub>50</sub> est basse, plus l'extrait possède une activité antioxydante élevée (Iordănescu et al., 2021).

## **5. Analyse Statistique**

Dans cette analyse statistique, nous avons choisi le test d'ANOVA.

### **5.1. Test ANOVA**

Dans ce travail nous avons utilisé le test ANOVA par logiciel **Minitab**. C'est test paramétrique qui s'appuie sur trois postulats de distribution : (a) les résultats des groupes d'étude doivent être indépendants ; (b) la distribution des résultats de chaque groupe doit suivre une loi normale ; (c) les variances des résultats des groupes doivent être identiques ou constantes (homoscédasticité). Le non-respect de ces suppositions impacte le taux d'erreur de type I ( $\alpha$  ; quand l'hypothèse nulle est indûment rejetée) (**Sharma et al., 2013 ; Ruscio et al., 2012 ; Zimmerman et al., 2004**).

***CHAPITRE 4:***  
***Résultats et Discussion***

## 1. Extraction

L'addition d'éthanol au filtrat a permis aux polysaccharides de se précipiter. Après la centrifugation et le séchage, nous avons obtenu des polysaccharides d'aspect solide de couleur brun.

Le **tableau 4** résume les rendements des extraits des polysaccharides obtenus. Nous observons que les extraits dont le volume de l'éthanol est 2 fois le volume de l'extrait présentent un rendement plus élevé que celui du volume d'éthanol égale le volume de l'extrait.

**Tableau 4.** Le rendement de polysaccharide

L'extrait	P1V30	P2V30	P1V60	P2V60
Le rendement %	1,007±1,106	2,109±1,083	2,713±0,658	3,998±0832

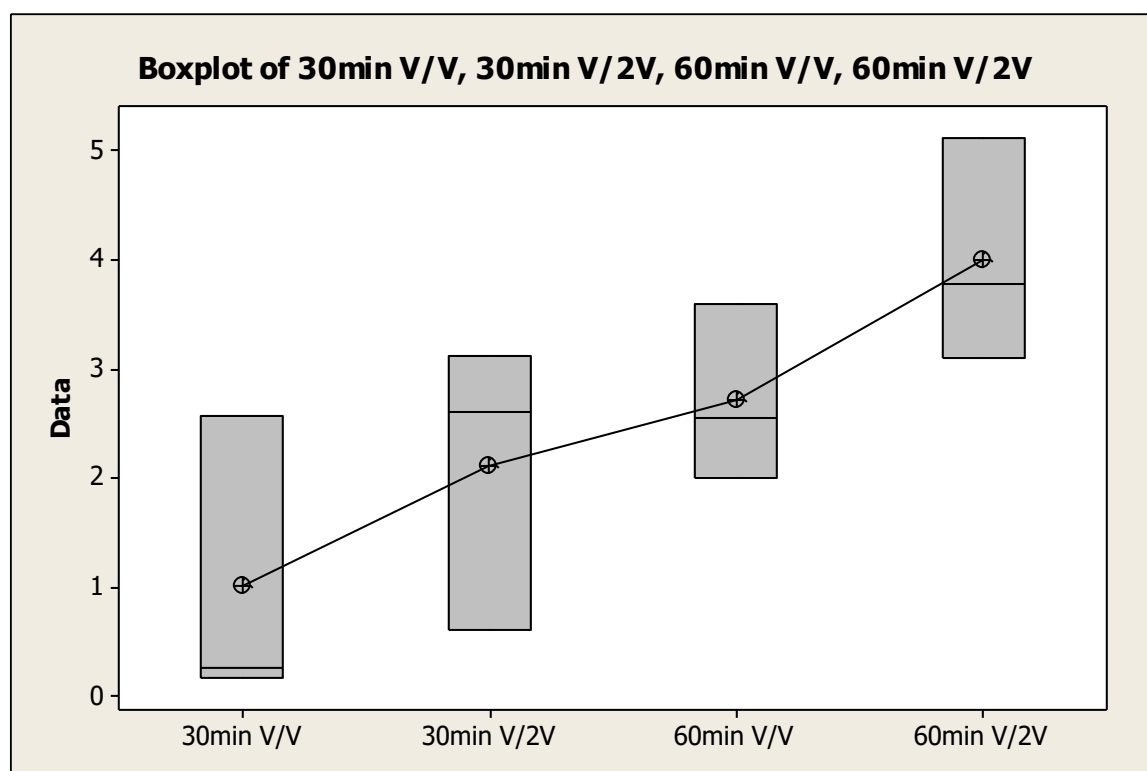
D'après le tableau nous remarquons que le rendement en polysaccharides augmente avec le temps d'extraction (30-60 min), il augmente aussi avec le volume d'éthanol utilisé par rapport au volume d'extrait.

Le rendement le plus élevé est obtenu avec l'extraction de 60 min avec un volume d'éthanol égale 2 fois le volume d'extrait (P2V60).

Le rendement de l'extraction est influencé par plusieurs facteurs, y compris la nature du matériel végétal analysé et les propriétés physico-chimiques des solvants employés, en particulier leur polarité (**Haimoud, 2017 ; Lee et al., 2003**).

Il dépend aussi des conditions et de la durée du stockage, du moment de la récolte ainsi que de la technique et des conditions d'exécution de l'extraction (**Benmeddour et al., 2013**). Selon (**Telli et al., 2010**), les éléments qui influencent le rendement de l'extraction sont : le solvant, la température et la période d'extraction. En outre, (**Kaushik et al., 2017**) ont noté que la température d'extraction a un impact notable sur le rendement massique de l'extraction.

La **figure 13** en boîte à moustaches représente la répartition des rendements d'extraction (%) obtenus selon diverses conditions d'extraction, qui associent la durée (30 ou 60 min) et le volume d'éthanol (1V ou 2V).



**Figure 13.** Boîte à moustaches de rendement

N Mean Grouping

P2V60 3 3.998 A

P1V60 3 2.713 A

P2V30 3 2.109 A

P1V30 3 1.008 A

$p = 0.068$ , ce qui signifie que les différences observées entre les groupes ne sont pas statistiquement significatives au seuil de 5 % ( $p > 0.05$ ).

Tous les paramètres sont classés dans le groupe A. Cela indique qu'il n'y a pas de variations statistiquement significatives entre eux.

Le meilleur rendement est à la durée de 60min à la condition V/2V.

Le faible rendement est à la durée de 30min à la condition V/V.

En comparant notre rendement avec d'autres travaux, nous observons que le nôtre est supérieur à celui obtenu par **Anon (2024)** qui a trouvé un rendement de mucilage (polysaccharides) de 0,39% pour la même plante.

Nous remarquons que le rendement de nos extraits se rapproche de celui mesuré par **Hammadi et Khelkhel (2024)** dans leur étude concernant le fruit de *Arbutus unedo L.* Le mucilage brut présente un rendement de 3,92 %, tandis que le mucilage purifié affiche un

rendement de 1,76 %. Ces conclusions sont très similaires à celles de **Ramdane et Benallal (2023)** qui ont également mené une étude sur le fruit de l'*Arbutus unedo* L. Pour le mucilage brut, le rendement est de 3,6 %, tandis qu'il est de 1,45 % pour le mucilage purifié.

Les travaux de **(Meddour et al., 2025)** ont montré que *Zygophyllum geslini* une plante antidiabétique est riche en polysaccharides, avec un rendement d'extraction de  $14,07 \pm 2,61$  et  $4,48 \pm 1,01$  g/100 g de plante sèche pour les polysaccharides éthanoliques et acétoniques respectivement ; qui ont montré que le rendement en polysaccharides éthanoliques était quatre fois supérieur à nos résultats

Les études de **Sayyad et Sakhare (2018)** sur l'isolement et la caractérisation du mucilage de graines d'*Ocimum basilicum* pour les performances de compression, ont montré un rendement de l'ordre de 30 % ; ce qui est supérieur à nos résultats.

**Hallis et Hassouni (2022)** ont trouvé un rendement plus faible,  $1,35 \pm 0,05\%$  de mucilage en travaillant sur les cladodes d'*Opuntia ficus indica*. D'autre part, **Assal et Laachi (2022)** ont trouvé un rendement de mucilage de  $1,62 \pm 0,08\%$  pour la même plante.

Les travaux de **Lahouazi et Simoud (2021)** ont montré un rendement toujours un peu plus important que le nôtre lors de leurs travaux sur les grains de lin de 7,08%.

L'étude de **Chatterjee et Mazumder (2019)** sur l'extraction et la caractérisation de la Gomme d'okra montre un rendement de mucilage de 10%, largement supérieur par rapport à nos résultats.

Deux facteurs pourraient expliquer cela : le premier concerne la faible teneur en polysaccharides de la plante, tandis que le second est lié à l'utilisation de la plante dans son état frais dans notre étude. Étant donné qu'il s'agit d'une plante riche en eau, le rendement pourrait être faible.

Cette variation dans les rendements peut être influencée par différents paramètres tels que : la période de récolte, la partie utilisée de la plante, la méthode d'extraction, l'origine géographique de la plante et la polarité des solvants utilisés **(Lachguer et al., 2021 ; Salminen, 2003)**.

Les rendements peuvent varier en fonction des caractéristiques génétiques de la plante, des conditions de culture et de conservation, ainsi que de la date de récolte et de maturité **(Yildirim et al., 2014)**

## 2. Caractérisation des polysaccharides

### 2.1. pH

Le **tableau 5** représente les valeurs du pH déterminées pour chaque extrait, accompagnées de leur écart-type.

**Tableau 5.** pH des polysaccharides

Extrait	P1V30	P2V30	P1V60	P2V60
pH	7,196 ± 0,011	7,256 ± 0,032	7,206 ± 0,015	7,226 ± 0,041

D'après les résultats obtenus nous remarquons que les quatre extraits ont un pH variant entre 7,19 à 7,25 qui est un pH légèrement basique ou très proche de la neutralité.

Une neutralité du pH est également un bon indicateur de pureté, car des contaminants (comme des acides ou bases) pourraient faire varier le pH de façon significative.

En comparant notre pH avec d'autres travaux, nous observons que les nôtres sont inférieurs à celui obtenu par **Merouane et Benkada, (2024)** qui ont montré un pH de 7,42.

Notre pH des différents extraits est élevé à celui qui est trouvé par **Gupta et al. (2015)** qui ont noté un pH de 6,90 pour le mucilage de *Hibiscus rosasinensis*. Et aussi l'étude de **(Alalor et al., 2014)** et qui ont évalué un pH de 6,1 sur l'extrait mucilagineux de *Colocasia esculenta*.

Les travaux de **(Medjdoub et al., 2025)** ont montré pour *Zygodphyllum geslini* un pH de 7,03±0,1 pour les polysaccharides éthanoliques et de 7,2±0,3 pour les polysaccharides acétoniques ce qui est très proche à nos résultats.

### 1.2. Les tests phytochimiques

Le **tableau 6** représente un récapitulatif de la présence ou l'absence de deux types de composés dans les différents extraits.

**Tableau 6.** Résultats des tests phytochimiques

Extrait	P1V30	P2V30	P1V60	P2V60
Tannin	-	-	-	-
Les acides aminés	-	-	+	-

**+ : présence ; - : absence**

Nous observons que les polysaccharides analysés ne contiennent pas de tanins ni des acides aminés ; sauf l'extrait de P1V60 qui contient ces derniers. En comparant l'absence des tanins avec d'autres travaux, nous observons que le même résultat est obtenu par **Merouane et Benkada (2024)** avec la même plante et le même extrait.

L'étude faite par (**Gupta et al., 2015**) sur le mucilage des feuilles *d'Hibiscus rosasiennes* a révélé l'absence des tanins, ce qui est en accord avec nos résultats. De plus, cette étude a également signalé la présence des acides aminés ce qui n'est pas notre cas, sauf pour l'extrait P1V60.

## 2. Dosage des sucres totaux

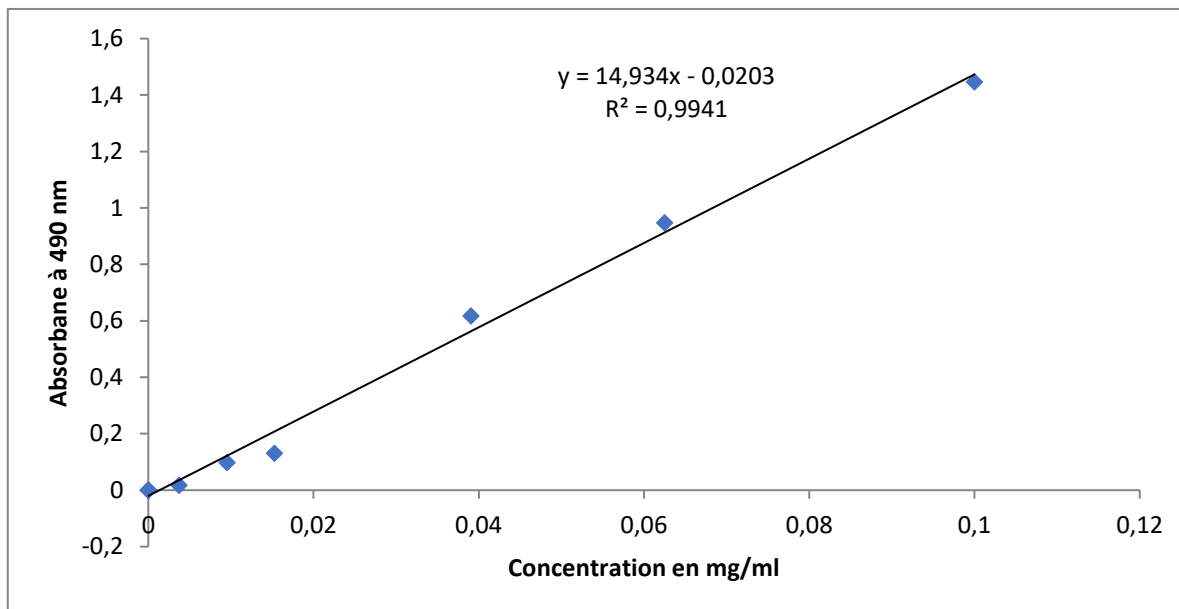
Le **tableau 7** représente la concentration en sucres totaux des divers extraits, exprimée en milligrammes par gramme d'extrait (mg/g), accompagnée de leurs écarts-types.

**Tableau 7.** Les résultats de dosage des sucres totaux

P1V30	P2V30	P1V60	P2V60
481,06±43,71	512,43±213,31	556,633±59,05	454,6±80,90

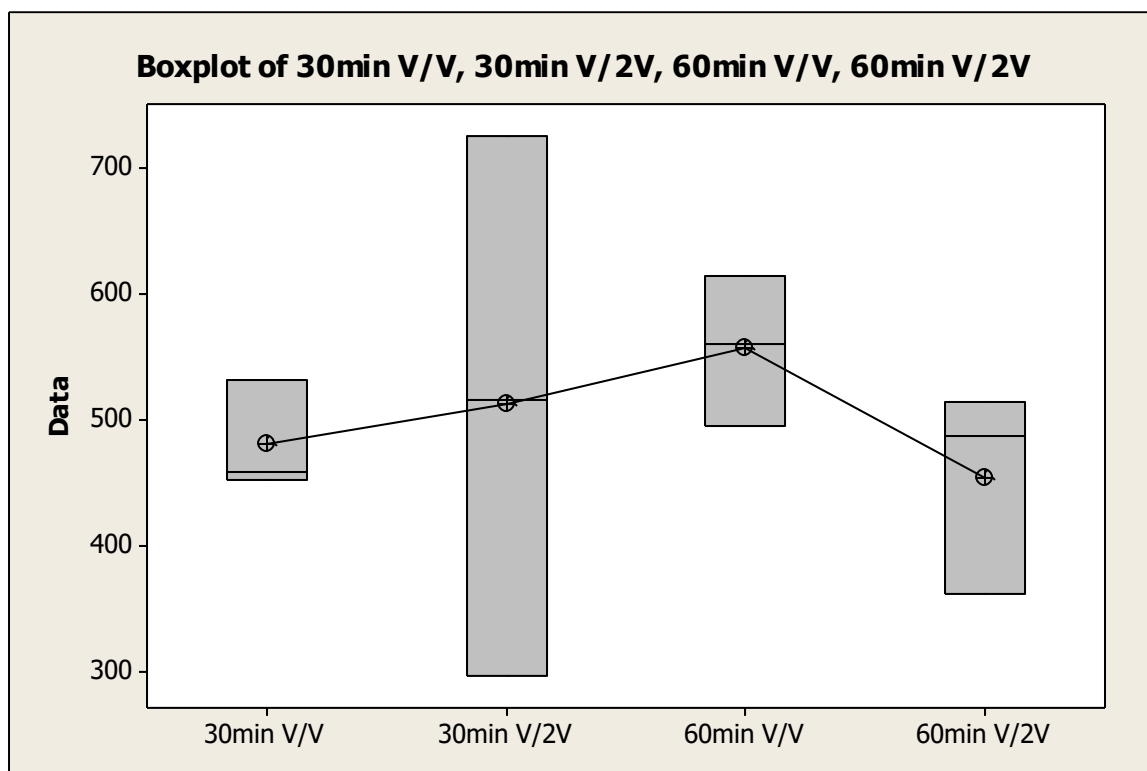
Nous remarquons que **P1V60** est le meilleur résultat en termes de teneur en sucres totaux et **P2V60** est l'extrait qui a la plus faible teneur en sucres totaux.

La **figure 14** représente la courbe d'étalonnage de glucose, dont les concentrations sont déjà déterminées. Sur le graphique, chaque point représente l'absorbance à une concentration spécifique, à une longueur d'onde de 490 nm.



**Figure 14.** Courbe d'étalonnage de glucose

La **figure 15** représente une boîte à moustaches comparatif des niveaux de sucres totaux (mg/g d'extrait) dans les quatre extraits, en fonction de diverses conditions d'extraction (volume d'éthanol et durée).



**Figure 15.** Boîte à moustaches de la teneur en sucres totaux pour les quatre extraits

N Mean Grouping

P1V60 3 556.6 A

P2V30 3 512.4 A

P1V30 3 481.1 A

P2V60 3 454.6 A

**P : 0.755**

Tous les paramètres sont classés dans le groupe A, cela signifie qu'elles ne présentent pas de différences statistiques notables l'une par rapport à l'autre.

Une durée plus étendue (60min) donne une apparence de valeur plus grande, particulièrement pour la condition V/V (556,6 à 60 min comparé à 481,1 à 30min). Dans la même durée, la condition V/V fournit une valeur plus importante que V/2V.

À 30 minutes, le ratio V/V est de 481,1, supérieur à V/2V qui est de 512,4 (ici, V/2V est légèrement inférieur, ce qui pourrait signaler une différence d'impact en fonction de la

condition).

À 60 minutes, le rapport V/V est de 556,6, ce qui est supérieur à V/2V qui donne 454,6.

Les travaux de (Erik et al., 2017) sur les extraits des mucilages de graines de Tamarin (*Tamarindus indica* L) ont révélé une teneur en sucres de 4,76% qui est inférieure à celle observée dans nos résultats des extraits des polysaccharides testés.

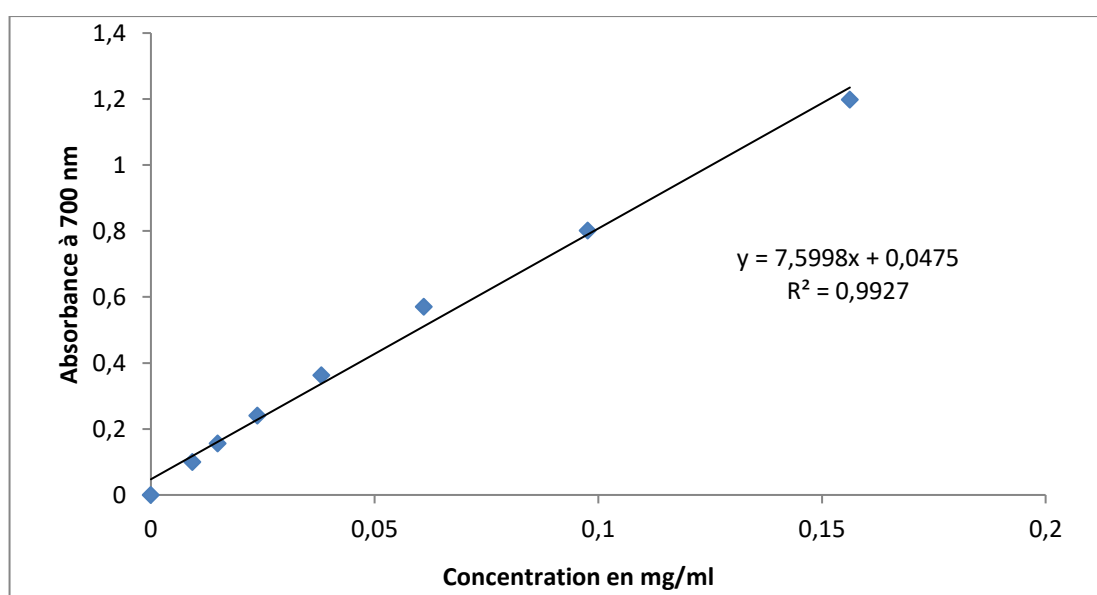
Selon (Ebringerová et al., 2003), cette variation est discutée par les paramètres susceptibles d'influencer sur le taux des compositions brutes d'un extrait, à savoir, la quantité du solvant utilisé par rapport à la matière première, le type de polysaccharide, la température d'extraction et la procédure d'extraction comme la décoction et la macération.

### 3. Activité antioxydante

#### 4.1. Pouvoir réducteur de fer FRP

- Effet d'acide ascorbique

Le graphique (figure 16) montre la variation de l'absorbance à 700 nm en fonction de la concentration en acide ascorbique (mg/ml).



**Figure 16.** Présentation graphique de pouvoir réducteur de fer de l'acide ascorbique

En observant la figure 17 nous remarquons que l'acide ascorbique est plus puissant sur la réduction de fer.

La courbe montre une relation linéaire entre l'absorbance et la concentration de l'acide ascorbique, et montre que l'absorbance augmente proportionnellement avec la concentration de l'acide ascorbique, un antioxydant connu pour son pouvoir réducteur.

Le **tableau 8** illustre l'activité réductrice des divers extraits, évaluée par l'absorbance à 700 nm, qui démontre la capacité antioxydante de ces extraits.

**Tableau 8.** Le pouvoir réducteur de fer des extraits (mg Eq AA/ g E)

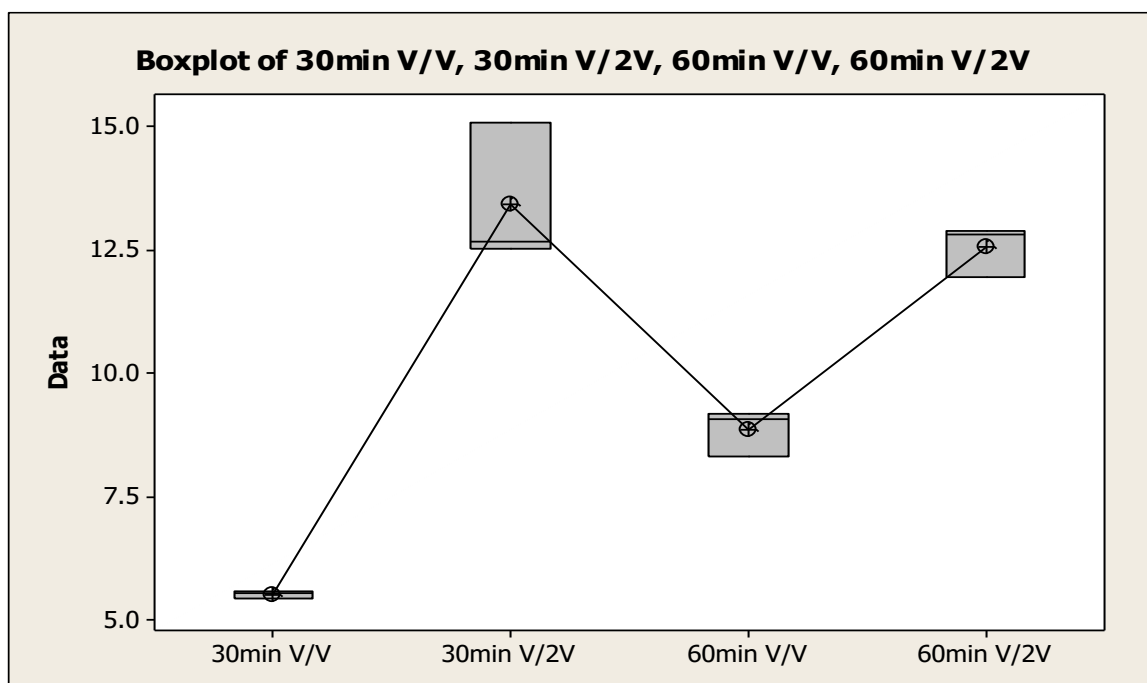
<b>P1V30</b>	<b>P2V30</b>	<b>P1V60</b>	<b>P2V60</b>
5,53±0,08	13,43±1,42	8,86±0,48	12,56±0,51

D'après le **tableau 8** qui montre nous observons que :

L'extrait **P2V30** présente le plus fort pouvoir réducteur (**13,43±1,42 mg Eq AA/ g E**)

L'extrait le moins actif ; est l'extrait **P1V30** (**5,53±0,080 mg Eq AA/ g E**) montrant le pouvoir réducteur le plus faible.

La **figure 17** présente une boîte à moustaches comparative du pouvoir réducteur de fer des quatre extraits polysaccharidiques obtenus dans différentes conditions d'extraction.



**Figure 17.** Boîte à moustaches du pouvoir réducteur des extraits

N Mean Grouping

P2V30 3 13.433 A

P2V60 3 12.563 A

P1V60 3 8.862 B

P1V30 3 5.532 C

**P : 0.000**

Les paramètres « 30min V/2V » et « 60min V/2V » affichent les moyennes les plus importantes (13,43 et 12,56 mg Eq AA/ g E respectivement), et étant toutes deux classées dans le groupe A, cela indique qu'elles ne se distinguent pas de manière significative l'une de l'autre.

La moyenne pour l'intervention « 60min V/V » est inférieure (8,86) et il est classé dans la catégorie B, ce qui signifie qu'il se distingue de manière significative des traitements du groupe A, tout en étant supérieur à « 30min V/V ».

Le traitement « 30min V/V » possède la moyenne la plus faible (5,53) et appartient au groupe C, indiquant qu'il est statistiquement moins performant que tous les autres essais.

Notre pouvoir réducteur des différents extraits est inférieur à celui obtenu par **Merouane et Benkada (2024)** qui ont trouvés à une concentration de 1,7 mg/ml, les mucilages bruts sont capables de réduire le fer ce qui se traduit par une absorbance mesurée égale à 0,25. Donc leurs résultats montrent une activité antioxydante notable par rapport à nos résultats.

En comparant l'activité antioxydante avec d'autres travaux, nous observons que celle de nos extraits est inférieure à celle obtenu par **Chelabi et Amiri (2020)** qui ont également mené une étude sur *Allium ampeloprasum.L.var porrum*.

Une recherche comparative sur l'activité antioxydante de certaines plantes alliacées a été menée par **Mokrani (2009)**. Cette étude a permis d'une part de mesurer les principaux antioxydants (acide ascorbique, caroténoïdes, thiosulfates, polyphénols, flavonoïdes, flavonols, anthocyanines), et aussi de déterminer le potentiel antioxydant de divers échantillons d'alliacées. Les analyses de l'activité antioxydante des extraits d'alliacées, réalisées par deux méthodes différentes, l'activité antiradicalaire et le pouvoir réducteur, démontrent que l'oignon possède un pouvoir réducteur (504,06 mg E.A.A./100g MS) plus

élevé que celui de l'ail et du bulbe poireau (respectivement 56,85 mg E.A.A./100g MS et 7,2 mg E.A.A./100g MS).

### **3.2. Test DPPH (pouvoir antioxydant)**

Bien que le test DPPH ait été prévu dans notre protocole expérimental pour évaluer l'activité antioxydante de l'extrait, les essais réalisés n'ont pas permis d'obtenir des résultats exploitables. Cela peut être dû à une faible activité de l'extrait, à une mauvaise concentration, ou à un problème technique.

L'activité antioxydante des polysaccharides est affectée par divers éléments, tels que la structure des monosaccharides, le poids moléculaire, la nature de la liaison glycosidique et la configuration (**Zhang et al., 2015**).

Des études actuelles en glycobiologie démontrent que les polysaccharides issus des plantes, notamment ceux provenant de plantes médicinales, exercent un effet protecteur sur les espèces réactives de l'oxygène. Ils ont pour mission essentielle d'entraver l'activité des radicaux libres. La capacité d'extraction des polysaccharides fluctue en fonction de la plante et de la fraction (**Benariba, 2015**).

D'après les résultats que nous avons obtenus, il semble que les extraits bruts de polysaccharides de poireau examinés ne possèdent pas de bonnes propriétés antioxydantes.

# **Conclusion et perspectives**

Cette étude a vérifié les conditions optimales pour l'extraction des polysaccharides et l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits de poireau (*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum.*) en utilisant des tests standards *in vitro*, le DPPH et le FRP.

Le rendement de polysaccharides le plus important enregistré était de  $3,99 \pm 0,83$  pour P2V60, et pour FRP le meilleur extrait est P2V30 avec  $13,43 \pm 1,42$  mg Eq AA/g E et pour les sucres totaux P1V60 est le meilleur extrait à  $556,63 \pm 59,05$  mg/g.

L'absence de tanins et des acides aminés dans les autres extraits révèlent des caractéristiques biochimiques particulières qui méritent d'être étudiées plus en profondeur.

Pour conclure, l'étude de l'activité antioxydante des extraits examinés n'a démontré aucune activité notable dans les conditions expérimentales mises en œuvre. L'absence d'effet antioxydant pourrait être due à une raison structurale.

En termes de perspectives, nous pensons que cette étude doit être poursuivie avec de nouvelles approches, notamment :

- Tester d'autres techniques d'extraction des polysaccharides afin d'améliorer le rendement et la qualité de ces molécules.
- Effectuer d'autres tests pour évaluer les effets antioxydants, tels que le test de blanchiment de bêta-carotène et ABTS.
- Evaluer d'autres activités biologiques comme antidiabétiques, antibactériennes, antifongiques et laxative.
- Identifier la structure des molécules bioactifs de poireau principalement des polysaccharides.
- Evaluer l'activité antioxydante par d'autres méthodes *in vivo*.

**Références  
Bibliographiques**

-Abdi, H. (2007). The Bonferroni and Sidak corrections for multiple comparisons. In N. J. Salkind (Ed.), *Encyclopedia of measurement and statistics*. SAGE.

**Abirami, S. M. & Monika, N., (2018).** *Allium porrum*: A review. *World journal of Pharmaceutical and life sciences*, 4(3), 28-40.

**Adão C. R., Da Silva B. P., Parente J. P., (2011).** A new steroidal saponin with antiinflammatory and antiulcerogenic properties from the bulbs of *Allium ampeloprasum* var. *porrum*. *Fitoterapia*, 82 (8), 1175-1180. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.08.003>.

-**Ai, C., Guo, X., Lin, J., Zhang, T., & Meng, H. (2019).** Characterization of the properties of amphiphilic, alkaline soluble polysaccharides from sugar beet pulp. *Food Hydrocolloids*, 94, 199–209.

-**Ai, C., Meng, H., Lin, J., Zhang, T., & Guo, X. (2020).** Combined membrane filtration and alcohol-precipitation of alkaline soluble polysaccharides from sugar beet pulp: Comparison of compositional, macromolecular, and emulsifying properties. *Food*

**Alalor, Californie, Avbunudiogba, JA Et Augustine, K. (2014).** Isolement et caractérisation du mucilage obtenu à partir de *Colocasia esculenta*. *Revue internationale de pharmacie et des sciences biologiques*, 4 (1), 25-29.

**Alwan, Zainab & Kadhim, Haitham & Sahib, Hayder. (2022).** Antiproliferative activity of *allium ampeloprasum* var. *porrum* and metformin liver cancer cell line. 20. . 7953-7958.

**Angelos, M., G.Kutala , V.K . Torres, C. A .He, G .Stoner, J. D.Mohammed, M, Oernnan , K .( 2005) .** Hypoxic resfusion of ischemic heart and oxygen radical generation .*Am J physiol Heart circ physiol . Vol 290:341 -347.* Bonnefont-Rousselot, D, Gardès-Albert, M., Abedinzadeh, Z., & Jore, D. (2003). Espèces réactives de l'oxygène. *L'actualité chimique*, 91.

**ANON Bonté Patalet, (2024).** Evaluation de l'effet inhibiteur de l'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum* sur l' $\alpha$ -amylase.

**Assal, Ouahiba et Laachi, 2022.** Élaboration et caractérisation d'un biofilm probiotique comestible à base de mucilage des cladodes d'*Opuntia ficus indica* et de la gomme de caroube de la région de Tissemsilt. Université de Tissemsilt

**Baba Aïssa F., (1999).** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Plus de 800 plantes de la flore d'Algérie et du Maghreb, ainsi que des substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition. Librairie Moderne –Rouiba, Pp. 101.

**BENARIBA Yousra Zohra Eddine, N. F. (2015).** *Effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale*. Université des Frères Mentouri Constantine, (35).

**Benmechaia karima., (2019).** Etude des propriétés antioxydantes du poireau sauvage *Allium sp* : partie verte. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy B.B.A.Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers. Domaine de Sciences de la Nature et de la Vie. Filière Sciences Biologiques. Spécialité Biochimie. 3-4 p.

- Benmeddour, Z., Mehinagic, E., Le Meurlay, D., & Louaileche, H. (2013).** Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars : a comparative study. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 346-354.
- Berlemont, R., & Martiny, A. C. (2016).** Glycoside hydrolases across environmental microbial communities. *PLoS Computational Biology*, 12(12), e1005300.
- Bernaert N., B. Van Droogenbroeck., C. Bouten., D De Paepe., E Van Bockstaele., H De Clercq., D Stewart, M De Loose., (2010).** The antioxidant capacity of leek (*Allium ampeloprasum* var. *Porrum*). *Comm. Appl. Biol. Sci*, Ghent University, 75/4, 2010.
- Bernaert, N., 2013.** Bioactive compounds in leek (*Allium ampeloprasum* var. *Porrum*): Analysis as a function of the genetic diversity, harvest time and processing techniques (dissertation). Ghent University.
- Bernaert, N., De Paepe, D., Bouten, C., De Clercq, H., Stewart, D., Van Bockstaele, E., De Loose, M., Van Droogenbroeck, oB., 2012.** Antioxidant capacity, total phenolic and Ascorbate content as a function of the genetic diversity of leek (*Allium ampeloprasum* Var. *Porrum*). *Food Chem.* 134, 669–677.
- Bernaerts, T. M. M.,Gheysen, L., Foubert, I., Hendrickx, M. E.,&Van Loey, A. M. (2019).** The potential of microalgae and their biopolymers as structuring ingredients in food: A review. *Biotechnology Advances*, 37(8), 107419.
- Bezerra, F. M., Lis, M. J., Firmino, H. B., Dias da Silva, J. G., Curto Valle, R. C. S., Borges Valle, J. A., Scacchetti, F. A. P., & Tessaro, A. L (2020).** The role of  $\beta$ -cyclodextrin in the textile industry—Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(16), 3624.
- Bose, S. K., Howlader, P., Wang, W., & Yin, H. (2021).** Oligosaccharide is a promising natural preservative for improving postharvest preservation of fruit: A review. *Food Chemistry*, 341(Pt 1), 128178
- Bouabbache Nadia et Khouchane Dalila., (2018).** Evaluation de l'activité antioxydant des feuilles de certaines plantes *alliées*. Université A. MIRA – Béjaia. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département de Science alimentaire. Spécialité Qualité des produits et sécurité alimentaire. 9p
- Brienzo, M., Siqueira, A. F., & Milagres, A. M. F. (2009).** Search for optimum conditions of sugarcane bagasse hemicellulose extraction. *Biochemical Engineering Journal*, 46(2), 199–204.
- Burton GJ, et Jauniaux E, 2011.** Oxidative stress. Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology. 25(3): 287-299.
- Chakraborty, I., Rongpipi, S., Govindaraju, I., B, R., Mal, S. S., Gomez, E. W., Gomez, E. D., Kalita, R. D., Nath, Y., & Mazumder, N. (2022).** An insight into microscopy and analytical techniques for morphological, structural, chemical, and thermal characterization of cellulose. *Microscopy Research and Technique*, 85(5), 1990–2015

**-Chandra, N. S., Gorantla, S., Priya, S., & Singhvi, G. (2022).** Insight on updates in polysaccharides for ocular drug delivery. *Carbohydrate Polymers*, 297, 120014.

**Chelabi M et Amiri M, (2020).** Effets thérapeutiques des plantes médicinales (cas de poireau sauvage « *Allium porrum* »)

**Chelabi Mira & Amiri Messaouda.** Effets thérapeutiques des plantes médicinales (cas de poireau sauvage « *Allium porrum* »). 2020.

**Corzo-Martinez M., Corzo N. and Villamiel M., (2007).** Biological properties of onions and garlic. *Trends in Food Science & Technology* 18: 609-625.

**-Coskun, O. (2016).** Separation techniques: chromatography. *Northern Clinics of Istanbul*, 3(2), 156–160.

**Dacosta E. (2003).** Les phytonutriments bioactifs. Yves Dacosta (éd). Paris, 317p.

**Darbyshire B., Henry R., (1981).** Differences in fructan content and synthesis in some *Allium* species. *New Phytologist* 87, 249-256.

**Defraigne J-O, Pincemail J. 2008** Stress oxydant et antioxydants : mythes et réalités. *Rev Médicale Liège.* ;63 :10–19.

**-Deng, Z., Wu, Z., Tan, X., Deng, F., Chen, Y., Chen, Y., & Zhang, H. (2022).** Preparation, characterization and antibacterial property analysis of cellulose nanocrystals (CNC) and chitosan nanoparticles fine-tuned starch film. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(23), 8542.

**Deroeck, J., 2014.** Plantes sauvages comestibles : Cueillir la nature parmi les chemins. Éditions Racine

**Dey, P., Khaled, K.L., 2015.** An extensive review on *Allium ampeloprasum* a magical herb. *Int J Sci Res* 4, 371–377

**-Diener, M., Adamcik, J., Sanchez-Ferrer, A., Jaedig, F., Schefer, L., & Mezzenga, R. (2019).** Primary, secondary, tertiary and quaternary structure levels in linear polysaccharides: From random coil, to single helix to supramolecular assembly. *Biomacromolecules*, 20(4), 1731–1739.

**Dubois M., Gille KA., Hamilton JD.** Colorimetric methods for determination of sugars and related substances. *Anal Chem.* 1956 ; 28 :350-356.

**Ebringerová, A., Kardošová, A., Hromádková, Z., & Hřibálová, V. (2003).** Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, 74(1-2), 52-61.

**-Elango, B., Shirley, C. P., Okram, G. S., Ramesh, T., Seralathan, K. K., & Mathanmohun, M. (2023).** Structural diversity, functional versatility and applications in industrial, environmental and biomedical sciences of polysaccharides and its derivatives—A review. *International Journal*

**Erik A-R, Hector C-N, Raquel G-R, Victor V-G, Jose A-R, César P-A,(2017).**Functional properties and physicochemical characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed mucilage powder as a novel hydrocolloid, *Journal of Food Engineering*,(209),0260-8774.

**-Fan, Z., Cheng, P., Zhang, P., Zhang, G., & Han, J. (2022).** Rheological insight of polysaccharide/protein based hydrogels in recent food and biomedical fields: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 222(Pt B), 1642–1664.

**-Farah, C., Michel, L. Y. M., & Balligand, J. L. (2018).** Nitric oxide signalling in cardiovascular health and disease. *Nature Reviews Cardiology*, 15(5), 292–316.

**Fattorusso E., Lanzotti V., Tagliatela-Scafati O., Cicala C., (2001).** The flavonoids of leek, *Allium porrum*. *Phytochemistry* 57: 565-569.

**Favier, A. (2003).** Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.

**Favier, A. (2006).** Stress oxydant et pathologie **R,(2005).** Mesure de la résistance aux radicaux libres. *Sixièmes Journées de la Recherche Avicole*; 554-558.

**-Felicia, W. X. L., Rovina, K., Nur'Aqilah, M. N., Vonnice, J. M., Erna, K. H., Misson, M., & Halid, N. F. A. (2022).** *Recent Advancements of Polysaccharides to Enhance Quality and Delay Ripening of Fresh Produce: A Review.* *Polymers*, 14, 1341.

**-Fenyvesi, E., & Sohajda, T. (2022).** Cyclodextrin-enabled green environmental biotechnologies. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(14), 20085–20097.

*Food Chemistry*, 180, 98–105.

**Garcia-Herrera P., (2014).** Plantas silvestres de consumo tradicional en España. Caracterización de su valor nutricional y estimación de su actividad antifúngica. Ph.D. Dissertation. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Govaerts, R. (1995). *World Checklist of Seed Plants*. (vols. 1) Deurne: MIM.

**-Gardner, J. G. (2016).** Polysaccharide degradation systems of the saprophytic bacterium *Cellvibrio japonicus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(7), 121.

**Gavanji, S., Bakhtari, A., Baghshahi, H., Chamgordani, Z.H., Sadeghi, A., 2023.** Antibacterial Effect of *Allium ampeloprasum* and *Allium Porrum* Extracts on *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Pharmacopuncture* 26, 53–59.

**Ghali Assia ., Rafed Souad., (2019).** Screening phytochimiques et activité anti-hémolytique de deux plantes médicinales : *Allium ursinum* et *Allium porrum*. Université akli mohand oulhadj – Bouira. Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre. Département de biologie. 9-12p.

**Graham J. Burton, Eric Jauniaux** Oxidative stress, *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, Volume 25, Issue 3, 2011, Pages 287-299, ISSN 1521-6934,

**-Guo, S., Zhao, Y., Luo, S., Mu, D., Li, X., Zhong, X., Jiang, S., & Zheng, Z. (2022).** Encapsulation of curcumin in soluble soybean polysaccharide-coated gliadin nanoparticles: Interaction, stability, antioxidant capacity, and bioaccessibility. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(12), 5121–5131

**Gupta, S., Parvez, N., Sharma, P. K. (2015).** Extraction and characterization of *Hibiscus rosasinensis* mucilage as pharmaceutical adjuvant. *World Appl. Sci. J*, 33(1), 136-141.

**Haddouchi, Farah & Chaouche, Tarik Med & Noureddine, Halla. (2018).** Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*. 16. S254-S262. 10.3166/phyto-2019-0140.

**Halis, Sarra, et Hassouni, 2022.** "Élaboration et caractérisation d'un emballage comestible actif à base de mucilage d'*Opuntia ficus indica* et de la gomme de caroube." Université de Tissemsilt

**Halliwel B. & M. Whiteman, 2004.-** Mesure des réactifs espèces et dommages oxydatifs in vitro et dans les cultures cellulaires. *British J. Pharmacol.*, 142, 31-32.

**Haimoud, S. (2017).** Etude phytochimique et rôles biologiques des variétés de *Phoenix dactylifera* (datte) de l'Algérie. Thèse de Doctorat, Département de Nutrition et Sciences des Aliments ...,

**Harborne, A. (1998).** *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis.* Springer science & business media.

**-He, Y., Zhang, L., & Wang, H. (2019).** The biological activities of the antitumor drug *Grifola frondosa* polysaccharide. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 163, 221–261

**Hirschegger P., Jakše J., Trontelj P., Bohanec B., (2010).** Origins of *Allium ampeloprasum* horticultural groups and a molecular phylogeny of the section *Allium* (*Allium*: Alliaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54, 488-497.

*Hydrocolloids*, 109, 106049.

*Hydrocolloids*, 60, 179–185.

**-Iordănescu, O.A., Băla, M., Gligor Pane, D., Zippenfening, S.E., Cugorean, M.I., Petroman, M.I., Hădărugă, D.I., Hădărugă, N.G., Riviș, M. (2021).** DPPH· Kinetic Approach on the Antioxidant Activity of Various Parts and Ripening Levels of Papaya (*Carica papaya* L.) Ethanolic Extracts. *Plants (Basel)*. 10(8):1679.

**Jacques R. Poortmans. (2009)** . *Biochimie des activités,, physique et sportives*, Edition De Boeck université ; pp : 501-510

**-Ji, X., Liu, N., Huang, S., & Zhang, C. (2024).** A comprehensive review of licorice: The preparation, chemical composition, bioactivities and its applications. *The American Journal of Chinese Medicine*, 52(3), 667–716. **-Gong, P. X., Wu, Y. -C., Liu, Y., Lv, S. Z., You, Y.,**

**Zhou, -Z. L., Chen, X., & Li, H. J. (2022).** Structure and hypoglycemic effect of a neutral polysaccharide isolated from sea cucumber *Stichopus japonicus*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 216, 14–23.

**-Juncan, A.M., Mois̃ a, D. G., Santini, A., Morgovan, C., Rus, L. L., Vonica-Țincu, A. L., & Loghin, F. (2021).** Advantages of hyaluronic acid and its combination with other bioactive ingredients in cosmeceuticals. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(15), 4429.

**-Kang, J., Hua, X., Yang, R., Chen, Y., & Yang H. (2015).** Characterization of natural low-methoxyl pectin from sunflower head extracted by sodium citrate and purified by ultrafiltration.

**-Karmali, P. P., Chao, Y., Park, J. H., Sailor, M. J., Ruoslahti, E., Esener, S. C., & Simberg, D. (2012).** Different effect of hydrogelation on antifouling and circulation properties of dextran-iron oxide nanoparticles. *Molecular Pharmaceutics*, 9(3), 539–545.

**-Karnik, D., Jung, J., Hawking, S., & Wicker, L. (2016).** Sugar beet pectin fractionated using isopropanol differs in galacturonic acid, protein, ferulic acid and surface hydrophobicity. *Food*

**Karumi, Y. (2004).** Identification of Active Principles of *M. Balsamina* (Balsam Apple) Leaf Extract Y. Karumi,” PA. Onyeyili and “VO Ogugbuaja. *Journal of Medical Sciences*, 4(3), 179-182.

**Kawashima K., Mimaki, Y., Sashida Y., (1993).** Steroidal saponins from the bulbs of *Allium schubertii*. *Phytochemistry* 32, 1267-1272.

**Khelkhel F et Hammadi T, (2024).** Khelkhel Firdaws Evaluation de l’activité antioxydante des mucilages du fruit d’*Arbutus unedo*.

**-Kobayashi, H., Nagahama, T., Arai, W., Sasagawa, Y., Umeda, M., Hayashi, T., Nikaido, I., Watanabe, H., Oguri, K., Kitazato, H., Fujioka, K., Kido, Y., & Takami, H. (2018).** Polysaccharide hydrolase of the hadal zone amphipods *Hirondellea gigas*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 82(7), 1123–1133.

**Kohen R. and Nyska A, (2002).** Invited Review: Oxidation of Biological Systems: Oxidative .Stress Phenomena, Antioxidants, Redox Reactions, and Methods for Their Quantification. *Toxicol. Path.* ; 30 : 620-650.

**Kolhe, S., Kasar, T., Dhole, S.N., Upadhye, M., 2014.** Extraction of mucilage and its Comparative evaluation as a binder. *Am. J. Adv. Drug Deliv.* 2, 330–343

**Kratchanova M., Nikolova M., Pavlova E., Yanakieva I., Kussovski V ., (2010).** Composition and properties of biologically active pectic polysaccharides from leek (*Allium porrum*). [Journal of the Science of Food and Agriculture](#) .90(12):2046-51.

**Kaushik, P., Dowling, K., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2017).** Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. *Food chemistry*, 215, 333-340.

**Lachguer, K., Zakriti, A., & Zouhir, C. (2021).** Insecticidal effect of some Moroccan plants extracts on *Macrosiphum rosae* and *Gynaikothrips ficorum*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10, 118-124.

**Lahouazi D et Simoud D, 2021.** Extraction et dosage des substances bioactives des graines de lin: application dans un dessert lacté. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri. Chatterjee, S., &

**Lanzotti V., (2006).** The analysis of onion and garlic. *Journal of Chromatography A*. 1112: 3–22.

**Laure-Estelle Cassagnes. (2015).** Cycle redox quinone / quinone reductase 2 et conséquence sur la production d'espèces réactives de l'oxygène dans le contexte cellulaire

**-Lee, S., & Lee, D. K. (2020).** What is the proper way to apply the multiple comparison test? *Korean Journal of Anesthesiology*, 71(5), 353–360.

**Lehucher-Michel M.P., Lesgards J.F., Delubac O., Stocker P., Durand P. Et Prost M. (2001).** Stress oxydant et pathologies humaines. *La Presse médicale*. 30 : 1076-1081.

**Lemma, E., Yusuf, Z., Desta, M., Seyida, S., Idris, M., Mengistu, S., Teneshu, J., 2022.** Physicochemical Properties and Biological Activities of Garlic (*Allium sativum* L.) Bulb and Leek (*Allium ampeloprasum* L. Var. Porrum) Leaf Oil Extracts. *Sci. World J.* 2022, e6573754

**-Li, J. B. L., Geng, P., Song, A. X., & Wu, J. Y. (2017).** Ultrasonic degradation kinetics and rheological profiles of a food polysaccharide (konjac glucomannan) in water. *Food Hydrocolloids*, 70, 14–19.

**-Li, J., Xiang, H., Zhang, Q., & Miao, X. (2022).** Polysaccharide-based transdermal drug delivery. *Pharmaceuticals (Basel)*, 15(5), 0602.

**-Liu, Z., Pi, F., Guo, X., Guo, X., & Yu, S. (2019).** Characterization of the structural and emulsifying properties of sugar beet pectins obtained by sequential extraction. *Food Hydrocolloids*, 88, 31–42.

**Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005).** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food chemistry*, 89(3), 411-420.

**-Martinez-Cano, B., Mendoza-Meneses, C. J., Garcia-Trejo, J. F., Macias- Bobadilla, G., Aguirre-Becerra, H., Soto-Zarazua, G. M., & Feregrino- Perez, A. A. (2022).** Review and perspectives of the use of alginate as a polymer matrix for microorganisms applied in agro-industry. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(13), 4248.

**Matschke V., Theiss C., Matschke J. (2019).** Oxidative stress: the lowest common denominator of multiple diseases. *Neural Regen Res*. 14 (2): 238-241.

**Mazumder, R. (2019).** Novel approach of extraction and characterization of okra gum as a binder for tablet formulation. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 12(1), 189-192.

**-McHugh, M. L. (2011).** Multiple comparison analysis testing ANOVA. *Biochemia Medica*, 21(3), 203–209.

**-McKee, L. S., La Rosa, S. L., Westereng, B., Eijsink, V. G., Pope, P. B., & Larsbrink, J. (2021).** Polysaccharide degradation by the Bacteroidetes: Mechanisms and nomenclature. *Environmental Microbiology Reports*, 13(5), 559–581.

**Medjdoub, H; Bouali, W; Azzi, R ; Belkacem, N et Benarib, N, 2025.**Antidiabetic potentialof polysaccharides from Algerian Saharan *Zugophyllum geslini* interptozotocin-induced diabetic rats. - **Udayan, A., Arumugam, M., & Pandey, A. (2017).** Nutraceuticals from algae and cyanobacteria. In *Algal green chemistry* (pp. 65–89). Elsevier (format?).

**Merouane A et Benkada S, (2024).** Contribution à l'évaluation du pouvoir antioxydant de quelques extraits d'*Allium ampeloprasum*.

**-Meyers, L. S., Gamst, G., & Guarino, A. J. (2016).** *Applied multivariate research: Design and interpretation* (3rd ed.). SAGE.

**Milbury P-, Richer A.,( 2008).** Understanding the Antioxidant Controversy. Ed. Praeger:81p Biological Macromolecules.

**Mokrani A., (2009).** Etude Comparative du Pouvoir Antioxydant de Quelques Alliacées. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires, Université Abderahmane Mira Bejaia, Algérie, 89p.

**Moumene, F., (2016).** Valorisation des plantes condimentaires cultivées et spontanées dans l'ouest algérien cas du genre *Allium*.

**-Murphy, E. J., Fehrenbach, G. W., Abidin, I. Z., Buckley, C., Montgomery, T., Pogue, R., Murray, P., Major, I., & Rezoagli, E. (2023).** Polysaccharidesnaturally occurring immune modulators. *Polymers (Basel)*, 15(10), 2373.

**-Nagae, M., & Yamaguchi, Y. (2014).** Three-dimensional structural aspects of protein-polysaccharide interactions. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(3), 3768–3783

**Najjaa H., Zouari S., Arnault I., Auger J., Ammar E., Neffati M., (2011).** Différences et **Nograt-Ehrhat A-S., 2008,** La phytothérapie : Se soigner par les plantes.Ed, Eyrolles, Paris 2008.

**Neha, K., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019).** Medicinal prospects of antioxidants: A review. *Eur J Med Chem*. 178: 687-704.

**Nehdi, I.A., Sbihi, H.M., Tan, C.P., Al-Resayes, S.I., Rashid, U., Al-Misned, F.A., El-Serehy, H.A., 2020.** Chemical Composition, Oxidative Stability, and Antioxidant Activity of *Allium ampeloprasum* L. (Wild Leek) Seed Oil. *J. Oleo Sci.* 69, 413–421.

-Nie, J., Pei, B., Wang, Z., & Hu, Q. (2019). Construction of ordered structure in polysaccharide hydrogel: A review. *Carbohydrate Polymers*, 205, 225–235.

Niki E. (2018). Oxidative stress and antioxidants: Distress or eustress?. *Free Radic Biol Med*. 124: 564.

*of Biological Macromolecules*, 250, 126193

Ogura S, Shimosawa T. Oxidative stress and organ damages. *Curr Hypertens Rep*. 2014 Aug;16(8):452. doi: 10.1007/s11906-014-0452-x. PMID: 25011397.

-Ozen, 'I., Bahtiyari, M., Haji, A., Islam, S. U., & Wang, X. (2023). Properties of galactomannans and their textile-related applications—A concise review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 227, 1001–1014.

-Peng, L., Tang, S., Li, H., Wang, Q., Long, T., Zhang, H., Wu, Q., Wang, Y., Liu, L., Tang, X., Li, Z., & Zhang, X. (2022). *Angelica sinensis* polysaccharide suppresses the aging of hematopoietic stem cells through Sirt1/FoxO1 signaling. *Clinical Laboratory*, 68(5), 0731

-Pfrengle, F. (2017). Synthetic plant glycans. *Current Opinion in Chemical Biology*, 40, 145–151.

-Qasemi, S., & Ghaemy, M. (2020). Novel superabsorbent biosensor nanohydrogel based on gum tragacanth polysaccharide for optical detection of glucose. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 901–908.

Ramdani, B., Benallal, S.(2023). Contribution à l'évaluation de l'effet inhibiteur de *L'Arbutus unedo* sur l'alpha amylase. de master. Option : biochimie appliquée. Université Abou Bekr Belkaid Mémoire– Tlemcen

Rubat du Merac, M.L., (1949). Recherches sur la métabolisme glucidique du genre *Allium* et en particulier d'*Allium ursinum* L. Paris: These Fac. Sci. Univ. Acc. to Ekberg (Bot. Not. 125 (1972) 87-92) he has described anatomy of *A. ursinum*. Alliaceae (PMBD, 185103268). S

-Ruprecht, C., Blaukopf, M., & Pfrengle, F. (2022). Synthetic fragments of plant polysaccharides as tools for cell wall biology. *Current Opinion in Chemical Biology*, 71, 102208.

Said M., Bensalem A., Touati R., et al (2024). Le rôle antioxydant des composés phénoliques des plantes médicinales. Université des sciences biologiques, département de biochimie, Algérie

Salminen, J.-P. (2003). Effects of sample drying and storage, and choice of extraction solvent and analysis method on the yield of birch leaf hydrolyzable tannins. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 1289-1305.

-Sarstedt, M., & Mooi, E. (2019). Hypothesis testing and ANOVA. In M. Sarstedt & E. Mooi (Eds.), *A concise guide to market research: The process, data, and methods using IBM SPSS statistics* (pp. 151–208). Springer.

**Sayyad, F., & Sakhare, S. S. (2018).** Isolation, characterization and evaluation of *Ocimum basilicum* seed mucilage for tableting performance. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 80(2), 282-290.

**Schreyen L., Dirinck, P., Van Wassenhove F., Schamp, N., 1976.** Volatile flavor components of leek. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 24, 336-341.

**Ścieszka, S., & Klewicka, E. (2019).** Algae in food: A general review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(21), 3538–3547

**Shahrajabian, M.H., Sun, W., Cheng, Q., 2021.** A Review of Leek (*Allium ampeloprasum* L.), an Important Vegetable and Food Ingredient with Remarkable Pharmaceutical Activities. *Pharmacogn. Commun.* 11, 9–12.

**-Shariatnia, Z. (2018).** Carboxymethyl chitosan: Properties and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120(Pt B), 1406–1419.

**-Sharma, D., & Kibria, B. G. (2013).** On some test statistics for testing homogeneity of variances: A comparative study. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 83(10), 1944–1963.

**-Sharma, N., & Baldi, A. (2016).** Exploring versatile applications of cyclodextrins: An overview. *Drug Delivery*, 23(3), 739–757.

**Shelke, P.A., Rafiq, S.M., Bhavesh, C., Rafiq, S.I., Swapnil, P., Mushtaq, R., 2020.** Leek (*Allium ampeloprasum* L.), in: Nayik, G.A., Gull, A. (Eds.), *Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits*. Springer Singapore, Singapore, pp. 309–331.

**-Song, Y., Li, S., Gong, H., Yip, R. C. S., & Chen, H. (2023).** Biopharmaceutical applications of microbial polysaccharides as materials: A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 239, 124259.

**Souci S.W., Fachmann W. and Kraut H. (1994).** Food composition and nutrition value. Vegetables. 5<sup>ème</sup> édition. Ed. CRC Press.

**Strati, I.F., Kostomitsopoulos, G., Lytras, F., Zoumpoulakis, P., Proestos, C., Sinanoglou, V.J., 2018.** Optimization of Polyphenol Extraction from *Allium ampeloprasum* var. *Porrum* through Response Surface Methodology. *Foods* 7, 162

**Telli, A., Mahboub, N., Boudjeh, S., Siboukeur, O., & Moulti-Mati, F. (2010).** Optimisation des conditions d'extraction des polyphénols de dattes lyophilisées (*Phoenix dactylifera* L.) variété ghars. *Annales des sciences et technologie*, 2(2), 107-114.

**Tu W., Wang H., Li S., Liu Q. & Sha H. (2019).** The anti-inflammatory and anti-oxidant mechanisms of the Keap1/Nrf2/ARE signaling pathway in chronic diseases. *Aging Disease*. 10(3): 637-648. Niki E. (2018). Oxidative stress and antioxidants: Distress or eustress?. *Free Radic Biol Med*. 124: 564.

-Wang, L., Yan, C., Wang, L., Ai, C., Wang, S., Shen, C., Tong, Y., & Song, S. (2023). *Ascophyllum nodosum* polysaccharide regulates gut microbiota metabolites to protect against colonic inflammation in mice. *Food & Function*, 14(2), 810–821

Wassmann, S., Wassmann, K., Nickenig, G. (2004). Modulation of oxidant and antioxidant enzyme Expression and function in vascular cells. *Hyperten*. Vol 44: 381-386

Wolin, M.S., Ahmed, M., Gupte, S.A. (2005). Oxidant and redox signaling in vascular Oxygen sensing mechanisms: basic concepts, current controversies, and potential importance of cytosolic NADPH. *Am J Physiol Lung cell Mol physiol*. Vol. 289 : 159-173-X

-Wu, Q., Qin, D., Cao, H., & Bai, Y. (2020). Enzymatic hydrolysis of polysaccharide from *Auricularia auricula* and characterization of the degradation product. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 127–135.

-Xu, S. Y., Huang, X., & Cheong, K. L. (2017). Recent advances in marine algae polysaccharides: Isolation, structure, and activities. *Marine Drugs*, 15(12), 0388

-Yeager, C. M., Gallegos-Graves, V., Dunbar, J., Hesse, C. N., Daligault, H., & Kuske, C. R. (2017). Polysaccharide degradation capability of actinomycetales soil isolates from a semiarid grassland of the Colorado Plateau. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(6), 16.

Yildirim, A., et al. (2014). Variabilité des rendements et des composés bioactifs dans les extraits de plantes en fonction des conditions de culture. *Journal of Plant Sciences*.

-Yu, Q., Chen, W., Zhong, J., Huang, D., Shi, W., Chen, H., & Yan, C. (2022). Purification, structural characterization, and bioactivities of a polysaccharide from *Coreopsis tinctoria*. *Food Frontiers*, 1–13.

-Yu-Hao, D., Chun, C., Qiang, H., & Xiong, F. (2021). Study on a novel spherical polysaccharide from *Fructus mori* with good antioxidant activity. *Carbohydrate Polymers*, 256, 117516.

-Zeng, S., Long, J., Sun, J., Wang, G., & Zhou, L. (2022). A review on peach gum polysaccharide: Hydrolysis, structure, properties and applications. *Carbohydrate Polymers*, 279, 119015.

Zhang, B., Deng, Z., Ramdath, D. D., Tang, Y., Chen, P. X., Liu, R., . . . Tsao, R. (2015). Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic lipase. *Food chemistry*, 172, 862-872.

-Zhu, H., Tian, L., Zhang, L., Bi, J., Song, Q., Yang, H., & Qiao, J. (2018). Preparation, characterization and antioxidant activity of polysaccharide from spent *Lentinus edodes* substrate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 976–984.

**Zhang, Q.; Lu, L.; Zheng, Y.; Qin, C.; Chen, Y.; Zhou, Z.** Isolation, Purification, and Antioxidant activities of Polysaccharides from *Choerospondias axillaris* Leaves. *Molecules* **2022**, *27*, 8881. <https://doi.org/10.3390/molecules27248881>.

## ملخص

الكراث، هو نبات صالح للأكل يُزرع منذ آلاف السنين. موطنه الأصلي منطقة البحر الأبيض المتوسط، ويتميز بغناه بالمكونات النشطة بيولوجيًا. له خصائص مضادة للبكتيريا والفطريات ومضادات الأكسدة وخافضة لضغط الدم. يهدف بحثنا إلى التحقق من الظروف المثلى لاستخلاص عديدات السكاريد ودراسة النشاط المضاد للأكسدة لنبات *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* خلال اختبري FRP و DPPH. ولتحقيق ذلك، استخلصنا أربعة مستخلصات عديدات السكاريد، وهي P1V30 (30minV/V)، و P2V30 (30minV/2V)، و P1V60 (60minV/V)، و P2V60 (60minV/2V)، من المادة النباتية بلغت نسبة الاستخلاص  $1.10 \pm 1.00\%$  لـ P1V30، و  $1.08 \pm 2.10\%$  لـ P2V30، و  $0.65 \pm 2.713\%$  لـ P1V60، و  $0.83 \pm 3.99\%$  لـ P2V60. وتعد الفروقات الملحوظة بين النتائج ذات دلالة إحصائية ( $P=0.068$ )، والتي سيتم استخدامها للتحكم في قدرتها المضادة للأكسدة. بلغت قيم FRP المسجلة حوالي  $0.08 \pm 5.53$  ملغ مكافئ E AA/g لمستخلص P1V30، و  $1.42 \pm 13.43$  ملغ مكافئ E AA/g لمستخلص P2V30، و  $0.48 \pm 8.86$  ملغ مكافئ E AA/g لمستخلص P1V60، و  $0.51 \pm 12.56$  ملغ مكافئ E AA/g لمستخلص P2V60. يشير هذا إلى أن مستخلص P2V30 أكثر فعالية بشكل ملحوظ من المستخلصات الأخرى، مع وجود فرق ذي دلالة إحصائية ( $P > 0.05$ ). بلغت قيم السكريات الكلية حوالي  $43.71 \pm 481.06$  ملغ/ملغ لمستخلص P1V30، و  $213.31 \pm 512.43$  ملغ/ملغ لمستخلص P2V30، و  $59.05 \pm 556.63$  ملغ/ملغ لمستخلص P1V60، و  $80.90 \pm 454.6$  ملغ/ملغ لمستخلص P2V60. يشير هذا إلى أن مستخلص P1V60 أغنى بالسكريات من المستخلصات الأخرى، مع وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين المجموعات ( $P=0.755$ ). في الختام: لا تظهر مقتطفات الكراث نشاطًا كبيرًا مضادًا للأكسدة. **P: عديد السكاريد؛ V1: حجم الإيثانول يساوي حجم المستخلص؛ V2: حجم الإيثانول يساوي ضعف حجم المستخلص.** الكلمات المفتاحية: الكراث، السكريات المتعددة، مضادات الأكسدة، اختبارات FRP و DPPH.

## Résumé

*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, couramment appelé "poireau", est un légume comestible cultivé depuis des millénaires. Originaire de la méditerranée, il se distingue par une forte teneur en composants bioactifs. Il présente des propriétés antibactériennes, antifongique, antioxydantes, antihypertensives.

Notre recherche a pour objectif de vérifier les conditions optimales pour l'extraction des polysaccharides et étudier l'activité antioxydante d'*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* par des tests FRP et DPPH. Pour ce faire, nous avons réalisé l'extraction de quatre extraits de polysaccharides, à savoir P1V30 (30minV/V), P2V30 (30minV/2V), P1V60 (60minV/V) et P2V60 (60minV/2V), à partir du matériel végétal.

L'extraction a donné un rendement de  $1,00 \pm 1,10\%$  pour P1V30 et de  $2,10 \pm 1,08\%$  pour P2V30 et de  $2,713 \pm 0,65\%$  pour P1V60 et de  $3,99 \pm 0,83\%$  pour P2V60. Les différences observées entre les rendements sont statistiquement significatives ( $P=0.068$ ), qui serviront à contrôler leur capacité antioxydante.

Les valeurs de FRP enregistrées sont approximativement de  $5,53 \pm 0,08$  mg Eq AA/g E pour P1V30 et de  $13,43 \pm 1,42$  mg Eq AA/g E pour P2V30 et de  $8,86 \pm 0,48$  mg Eq AA/g E pour P1V60 et de  $12,56 \pm 0,51$  mg Eq AA/g E pour P2V60. Cela indique que l'extrait de P2V30 est significativement plus efficace que les autres extraits, avec une différence statistiquement significative ( $P < 0,05$ ).

Les valeurs des sucres totaux sont d'environ  $481,06 \pm 43,71$  mg/g pour P1V30,  $512,43 \pm 213,31$  mg/g pour P2V30,  $59,05 \pm 556,63$  mg/g pour P1V60, et de  $454,6 \pm 80,90$  mg/g pour P2V60. Cela indique que l'extrait de P1V60 est plus riche en sucres que les autres extraits, avec une différence statistiquement significative entre les groupes ( $P=0.755$ ).

Pour conclure, les extraits d'*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* n'affichent pas une activité antioxydante notable.

**P : polysaccharide ; 1V : volume d'éthanol égale au volume de l'extrait ; 2V : volume d'éthanol égale 2 fois le volume de l'extrait.**

**Mots clés :** *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, poireau, polysaccharides, antioxydants, tests FRP et DPPH.

## Abstract

*Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, commonly known as "leek," is an edible vegetable that has been cultivated for thousands of years. Native to the Mediterranean, it is distinguished by its high content of bioactive components. It has antibacterial, antifungal, antioxidant, and antihypertensive properties.

Our research aims to verify the optimal conditions for polysaccharide extraction and study the antioxidant activity of *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* by FRP and DPPH tests. To do this, we carried out the extraction of four polysaccharide extracts, namely P1V30 (30minV/V), P2V30 (30minV/2V), P1V60 (60minV/V) and P2V60 (60minV/2V), from the plant material.

The extraction yielded  $1.00 \pm 1.10\%$  for P1V30 and  $2.10 \pm 1.08\%$  for P2V30 and  $2.713 \pm 0.65\%$  for P1V60 and  $3.99 \pm 0.83\%$  for P2V60. The observed differences between the yields are statistically significant ( $P=0.068$ ), which will be used to control their antioxidant capacity.

The recorded FRP values are approximately  $5.53 \pm 0.08$  mg Eq AA/g E for P1V30 and  $13.43 \pm 1.42$  mg Eq AA/g E for P2V30 and  $8.86 \pm 0.48$  mg Eq AA/g E for P1V60 and  $12.56 \pm 0.51$  mg Eq AA/g E for P2V60. This indicates that the P2V30 extract is significantly more effective than the other extracts, with a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ).

The values of total sugars were approximately  $481.06 \pm 43.71$  mg/g for P1V30,  $512.43 \pm 213.31$  mg/g for P2V30,  $59.05 \pm 556.63$  mg/g for P1V60, and  $454.6 \pm 80.90$  mg/g for P2V60. This indicated that P1V60 extract was richer in sugars than other extracts, with a statistically significant difference between groups ( $P=0.755$ ).

In conclusion, *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum* extracts do not display significant antioxidant activity.

**P: polysaccharide; 1V: volume of ethanol equal to the volume of the extract; 2V: volume of ethanol equal to twice the volume of the extract.**

**Keywords:** *Allium ampeloprasum* L. Var. *Porrum*, leek, polysaccharides, antioxidants, FRP and DPPH tests.