



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 : Antibiotiques Antifongiques : Physico-Chimie, Synthèse et Activité
Biologique.

MÉMOIRE

Présenté par

Marsi Hasna

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Sciences Biologiques

Option : Biochimie

Thème

Évaluation de l'effet antioxydant des polysaccharides obtenus à partir
d'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*

Soutenu le 24/06/2025, devant le jury composé de :

Présidente	BOUCHERIT-OTMANI Zahia	Professeur	Université de Tlemcen
Encadrant	Dr. MEDJDOUB Houria	M.C.A	Université de Tlemcen
Examinatrice	Dr. ADIDA Houria	M.C.A	Université de Tlemcen

Année universitaire 2024/2025

Dédicace

Je rends grâce à ALLAH, le Tout-Puissant, de m'avoir donné la force et comblée de bienfaits pour mener à bien ce travail

Je dédie mon travail

À Ma mère pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices

À Mon père pour son soutien son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

À la mémoire de ma chère grand-mère.

À mes chers frères et ma belle petite sœur.

À tous les membres de ma famille source d'espoir et de motivation

À tous les gens qui m'aiment.

Remerciement

Tout d'abord je souhaite exprimer ma profonde gratitude et mon plus grand respect à mon encadreur de mémoire Mme MEDJDOUB Houria, pour vos précieux conseil, votre attention, votre patience et votre disponibilité malgré vos nombreuses responsabilités.

Je tiens aussi à adresser tous mes remerciements à l'ensemble des membres du jury

*Mme **Boucherit-Otmani Zahia**, Professeur au département de Biologie, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et sciences de la terre et de l'univers à l'université AbouBekr Belkaïd Tlemcen et responsable de la formation Biochimie d'avoir accepté de présider le jury de ma soutenance.*

*Mme **ADIDA Houria**, Maitre de Conférence « A » au département de Biologie, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et sciences de la terre et de l'univers à l'université AbouBekr Belkaïd Tlemcen pour sa précieuse contribution à l'évaluation de ce mémoire.*

Mes remerciements particuliers s'adressent à tous les enseignants du département de biologie, non négligeable notamment tous les membres du laboratoire LAAPSAB, de la bibliothèque, de l'administration et tous ceux qui ont participé à la formation Biochimie.

Finalement, un grand merci à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Listes des figures

Figure 1: le poireau.....	5
Figure 2: Structure de monomère de pectine (Kamnev et al., 2015).....	16
Figure 3: Structure de l'amidon (Labrani, 2021).....	16
Figure 64:Décoction	24
Figure 5:poireau découpé	24
Figure 6:la partie blanche des poireaux.....	24
Figure 7:l'extrait de la décoction	24
Figure 8:la centrifugation	24
Figure 9: Protocole d'évaluation du pouvoir antioxydant par FRP des extraits d' <i>Allium ampeloprasum</i> L var. <i>Porrum</i>	28
Figure 10:Protocole d'évaluation du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH des extraits d' <i>Allium ampeloprasum</i> L var. <i>Porrum</i>	29
Figure 11:courbe d'étalonnage du glucose.....	33
Figure 12:Variation d'absorbance du pouvoir réducteur du fer de l'acide ascorbique.....	35

Listes des tableaux

Tableau 1: Caractérisation nutritionnelle et chimique de l'Allium ampeloprasum L. var. Porrum : partie comestible par 100g (Shelke et al., 2020 ; Dey et Khaled, 2015).....	6
Tableau 2: les facteurs influencent la structure et la propriété des polysaccharides.	12
Tableau 3: classification des homopolysaccharides	12
Tableau 4: la variation des extraits selon le temp et le volume de l'éthanol ajouté	23
Tableau 5: les valeurs de rendement de chaque extrait	31
Tableau 6: Teneur en sucres totaux des différents extraits de polysaccharides.....	33
Tableau 7: Résultats des tests phytochimiques des extraits	34
Tableau 8: test de pH des extraits.....	34
Tableau 9: Pouvoirs réducteurs de fer des différents extraits.....	36

Liste des abbreviations

- **FRP**: Ferric Reducing Power.
- **DPPH** :2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.
- **ED** : Eau Distillée.
- **pH**: potential Hydrogen.
- **Kcal**: kilocalorie.
- **RNS**: Reactive Oxygen Species.
- **RNS**: Reactive Nitrogen Species.
- **SO** : Stress Oxydatif.
- **SLA** : Sclérose Latérale Amyotrophique (maladie neurodégénérative).
- **MP** : Maladie de Parkinson
- **HA** : Acide hyaluronique
- **Fe³⁺** : Ion ferrique.
- **Fe²⁺** : Fer ferreux.
- **NaH₂PO₄** : phosphate monosodique.
- **Na₂HPO₄** : phosphate disodique.
- **K₃Fe (CN)₆** : Ferricyanure de potassium.
- **FeCl₃** : Chlorure ferrique.
- **CuSO₄** : Sulfate de cuivre.
- **TCA** : Acide Trichloracétique.
- **UV-VIS** : Ultraviolet-Visible.
- **NaOH** : Hydroxyde de sodium.
- **V/V** : volume par volume.
- **V/2V** : volume par double volume

ملخص

الكراث هو نبات يستخدم ليس فقط في الغذاء، ولكن أيضًا في الطب التقليدي. له خصائص مضادة للميكروبات ومضادة للسكري ومضادة للسرطان ومضادة للأكسدة، مما يوفر العديد من الفوائد الصحية.

يهدف عملنا إلى تحسين ظروف استخراج السكريات من البصل الأخضر (*Allium ampeloprasum* L. var.) وكذلك تقييم النشاط المضاد للأكسدة لهذه المستخلصات، باستخدام اختبارات FRP (Ferric Reducing Power) و DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl). ولهذا الغرض، قمنا باستخراج السكريات من المادة النباتية باتباع أربع بروتوكولات.

وقد أسفر الاستخلاص عن الحصول على عائد بنسبة 0,37%؛ 0,50%؛ 0,7% و 1,17%، والتي سيتم استخدامها لتقييم قدرتها المضادة للأكسدة.

من أجل توصيف هذه المستخلصات، تم إجراء عدة تحليلات، بما في ذلك قياس السكريات، والاختبارات الفيتو كيميائية وقياس درجة الحموضة. حصلنا على أعلى نسبة سكر في المستخلص P2V45 (745,8 مجم/جم) و V451P (738,2 مجم/جم)، بينما وجدنا أقل نسبة في المستخلص P2V15 (432,5 مجم/جم).

سُجّلت أعلى قدرة اختزالية للحديد في المستخلص P1V45 (8.06 مجم مكافئ حمض الأس كوربيك/جم مستخلص)، وأدنى قدرة في P2V45 (1.34 مجم مكافئ حمض الأس كوربيك/جم مستخلص).

وقد لاحظنا أن زيادة وقت الغليان وحجم الإيثانول المضاف أدى إلى تحسين إنتاجية السكريات. ولم تظهر مستخلصات *Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum* نشاطًا مضادًا للأكسدة ذو أهمية.

الكلمات المفتاحية: *Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*، الكراث، السكريات، النشاط المضاد للأكسدة

Résumé

Allium ampeloprasum L. var. Porrum est une plante employée non seulement dans l'alimentation mais aussi dans la médecine traditionnelle. Elle possède des caractéristiques antimicrobiennes, antidiabétiques, anticancéreuses et antioxydantes, apportant une multitude d'avantages pour la santé.

Notre travail a pour objectif d'optimiser les conditions d'extraction des polysaccharides à partir du poireau (*Allium ampeloprasum L. var. Porrum*), ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydant de ces extraits, en utilisant les tests de FRP (Ferric Reducing Power) et DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl). Pour cela nous avons réalisé l'extraction des polysaccharides à partir de la matière végétale en suivant quatre protocoles.

L'extraction a permis d'obtenir un rendement de 0,37% ; 0,50% ; 0,7% et 1,17%, qui seront utilisé pour évaluer leur pouvoir antioxydant.

Afin de caractériser ces extraits, plusieurs analyses ont été effectuées, notamment le dosage des sucres, les tests phytochimiques et la mesure du pH. Nous avons obtenu la teneur en sucre la plus élevée dans l'extrait P2V45 (745,8 mg/g) et P1V45 (738,2 mg/g), tandis que la plus faible est trouvé dans l'extrait P2V15 (432,5 mg/g).

Le pouvoir réducteur de fer le plus important enregistré dans l'extrait P1V45 (8,06 mg Eq acide ascorbique /g d'extrait), et le plus faible indiqué dans P2V45 (1,34 mg Eq acide ascorbique /g d'extrait).

Nous avons constaté que l'augmentation du temps de décoction ainsi que du volume d'éthanol ajouté a permis d'améliorer le rendement en polysaccharide. Les extraits d'*Allium ampeloprasum L. var. Porrum* n'ont pas démontré une activité antioxydante significative.

Mots clés : *Allium ampeloprasum L. var. Porrum*, poireau, polysaccharides, activité antioxydante

Abstract

Allium ampeloprasum L. var. *Porrum* is a plant used not only in food but also in traditional medicine. It has antimicrobial, antidiabetic, anticancer, and antioxidant properties, providing a multitude of health benefits.

The aim of our work is to optimize the conditions for extracting polysaccharides from leeks (*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*), as well as to evaluate the antioxidant activity of these extracts using FRP (Ferric Reducing Power) and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) tests. To do this, we extracted polysaccharides from the plant material using four protocols.

The extraction yielded 0.37%, 0.50%, 0.7%, and 1.17%, which will be used to evaluate their antioxidant power.

In order to characterize these extracts, several analyses were performed, including sugar content determination, phytochemical tests, and pH measurement. We obtained the highest sugar content in extracts P2V45 (745.8 mg/g) and P1V45 (738.2 mg/g), while the lowest was found in extract P2V15 (432.5 mg/g).

The highest iron reducing power was recorded in extract P1V45 (8.06 mg ascorbic acid Eq/g extract), and the lowest was found in P2V45 (1.34 mg ascorbic acid Eq/g extract).

We found that increasing the decoction time and the volume of ethanol added improved the polysaccharide yield. The extracts of *Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum* did not show significant antioxidant activity.

Keywords: *Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*, leek, polysaccharides, antioxidant activity

Table des matières

Introduction générale.....	1
Première partie : Étude bibliographique	2
Chapitre 1 : Généralités sur la plante et le stress oxydatif	3
1. Généralité sur les plants médicinales	4
2. Généralité sur l' <i>Allium</i>	4
3. <i>Allium ampeloprasum</i>	4
3.1. Définition	4
3.2. Botanique de la plante	5
3.3. Compositions de poireau	5
3.4. Culture et récolte	7
4. Activités biologiques d' <i>Allium ampeloprasum</i> L. var. <i>Porrum</i>	7
4.1. Les antioxydants.....	8
4.2. Stress oxydatif.....	9
Chapitre 2 : Polysaccharides	10
1. Généralité	11
2. Structure des polysaccharides	11
3. Classification des polysaccharides	12
3.1 Selon leur composition en monomères.....	12
4.2 -Selon l'origine	13
A. Polysaccharides animaux	13
B. Polysaccharides des algues.....	14
C. Polysaccharides bactériens et fongiques.....	15
4. Rôle de polysaccharides.....	17
5. Extractions des polysaccharides.....	17
6. Méthodes d'extraction des polysaccharides	17
a. Solvants eutectiques profonds (DES)	17
b. Extraction à l'eau chaude (HWE).....	18
c. Extraxtion assistée par micro-ondes (MAE).....	18
d. Extraction assistée par enzymes (EAE)	18
e. Extraction à l'eau subcritique (SWE).....	18
f. Extraction par ultrasons.....	19
Deuxième partie : Étude expérimentale	Erreur ! Signet non défini.
Matériel et méthodes	21

1. Objectif	22
2. Matériel végétal.....	22
3. Extraction des polysaccharides	22
3.1. Par infusion	22
3.2 . Par décoction.....	23
3.3. Rendement	25
4. Caractérisation des polysaccharides	25
4.1. Dosage des sucres totaux	25
4.2. Test phytochimique.....	26
4.3. Test de pH	26
5. Évaluation de l'activité antioxydante.....	26
5.1. Évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de FRP.....	27
5.2. Valuation du pouvoir antioxydant par la méthode DPPH	28
6. Études statistiques.....	29
Chapitre 4 : Résultats et discussion	30
1. Extraction des polysaccharides	31
1.1. Par infusion.....	31
1.2. Par décoction	31
2. Caractérisation de polysaccharide	32
2.1. Dosage de sucre totaux	32
2.2. Tests phytochimique	34
2.3. Test de pH.....	34
3. Évaluation de l'activité antioxydante	35
3.1. Réduction du fer (FRP).....	35
3.2. Réduction de DPPH	36
Conclusion et perspective	37
Références bibliographiques	37

Introduction générale

Depuis des millénaires, les plantes sont employées à des fins médicinales. En effet, toutes les cultures du monde possèdent une compréhension approfondie de la médecine à base de plantes (Al-Snafi, 2013).

L'Algérie est dotée d'une flore végétale abondante et variée. Le genre *Allium* est parmi les plantes médicinales qui composent son couvert végétal. Actuellement, les *Alliums* sont utilisés pour leur goût, leur arôme et leur saveur. Ils sont considérés comme une ressource de base pour différents processus de production alimentaire (Benmechaia, 2019).

Le poireau (*Allium ampeloprasum* var. *Porrum*), dans lequel on utilise principalement le bulbe, est un légume prisé à l'échelle mondiale pour ses qualités perceptibles (De Abreu et al., 2023). Ils sont riches en composés bioactifs et phytochimiques tels que les glycosides, les polyphénols, les polysaccharides qui son responsable de plusieurs bienfaits pour la santé. Ces composés ont d'excellentes propriétés antioxydante et anticancérigène puissantes (Shelke et al., 2020).

Dans ce contexte, notre travail vise à vérifier les conditions optimales pour l'extraction des polysaccharides à partir d'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*. Ensuite évaluer l'activité antioxydante des extraits de polysaccharides. Pour se faire, nous avons réalisé quatre extractions en faisant varier deux paramètres : le temps et le volume d'éthanol ajouté. L'activité antioxydante des extraits a été évaluée à l'aide des tests DPPH et FRP. Par ailleurs, des tests phytochimique (le tanins, acides aminé), pH ainsi que le dosage des protéines et des sucres totaux, ont été effectués afin de caractériser les extraits obtenus.

Ce mémoire est divisé en deux parties :

- Une Première partie focalise sur la synthèse bibliographique, divisé en 2 chapitres :
 - Généralité sur la plante étudié *L'Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*, et le stress oxydatif.
 - Recherche bibliographique sur les polysaccharides.
- Une deuxième partie expérimentale Structuré comme suite :
 - Matériel et méthode utilisé pour réaliser la préparation des extraits (polysaccharides) du poireau et pour étudier leur activité antioxydante et leur caractérisation.
 - L'interprétation et la discussion des résultats obtenus.

Enfin, une conclusion qui résume notre travail accompagné de perspectives.

Première partie : Étude bibliographique

**Chapitre 1 : Généralités sur la plante et le stress
oxydatif**

1. Généralité sur les plantes médicinales

Le terme « plante médicinale » identifie un ensemble de végétaux employés en herboristerie. Ceci concerne à la fois l'analyse et l'application des plantes dans un but thérapeutique. L'usage des plantes à des fins thérapeutiques remonte bien avant la période préhistorique (Ganesh et al., 2022).

La phytothérapie connaît un regain d'intérêt notable. La communauté médicale découvre de plus en plus, le bien fondé des prescriptions empiriques des plantes médicinales, grâce aux études scientifiques basées sur les méthodes analytiques et les expérimentations (Lahsissene et al., 2009).

2. Généralité sur l'*Allium*

Les espèces du genre *Allium*, telles que le poireau (*Allium ampeloprasum* var. *Porrum*), la ciboulette (*Allium schoenoprasum* L.), l'oignon (*Allium cepa* L.), l'ail (*Allium sativum* L.) et l'oignon gallois (*Allium fistulosum* L.), sont utilisées comme légumes, plantes médicinales et assaisonnements culinaires (Lim et al., 2015).

La recherche épidémiologique moderne documente une multitude de bienfaits pour la santé des espèces d'*Allium*. Dans les médecines traditionnelles brésilienne, les bulbes sont réputés être utilisés pour traiter les symptômes inflammatoires. Le bulbe écrasé est utilisé pour traiter les premiers stades de la toux, les sécrétions muqueuses et les maux de gorge (Adão et al., 2011).

Le poireau, une espèce d'*Allium*, est également connu sous le nom de poireau de jardin. On distingue : *Allium Porrum*, *Allium ampeloprasum*, *Allium ampeloprasum* var. *Porrum* (Hanelt, 1996).

3. *Allium ampeloprasum*

3.1. Définition

Le poireau (*Allium ampeloprasum* var. *Porrum*) appartient au genre *Allium* est l'un des légumes les plus nécessaires cultivés en Europe occidentale (Block, 2010). Le poireau est disponible toute l'année grâce à diverses méthodes de production et à différents cultivars (Beernaert et al., 2013).

Au-delà de son utilisation comme aliment, le poireau peut servir aussi comme alicament. Les bénéfices majeurs pour la santé incluent des propriétés antiasthmatiques, antiseptiques, diurétiques, antioxydantes, antibactériennes et antifongiques. De plus, il contribue à défendre la peau contre les attaques.

Les racines de poireau renferment aussi de l'Aline, non toxique pour l'organisme humain, qui peut être exploitée pour la conservation des aliments (Ningombam et al., 2024).

3.2. Botanique de la plante

Le poireau (*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*) est une plante à fleurs monocotylédones (Angiospermes).

Règne : Plantes

Classe : Angiospermes

Classe : Monocotylédone

Ordre : Asparagales

Famille : Amaryllidaceae

Sous-famille : Allioideae

Genre : *Allium*



Figure 1: le poireau

Espèce: *Allium ampeloprasum* var. *Porrum* (Dey et Khaled, 2015).

3.3. Compositions de poireau

Allium ampeloprasum var. *Porrum* est identifiée comme une riche source de métabolites secondaires, y compris les acides phénoliques, les flavonoïdes et les polymères de flavonoïdes (proanthocyanidines ou tanins condensés), qui ont des effets positifs sur la santé (Strati, 2018).

❖ **Compositions bioactives**

Le poireau contient une variété de substances bioactives, notamment des composés sulfurés, des fibres alimentaires, des composés stéroïdiens et des composés flavonoïdes. De nombreuses études ont montré que ces ingrédients actifs produisent les effets suivants : promotion de la circulation sanguine, réduction du cholestérol, soulagement de la fatigue, anti-inflammation, anti-bactéries, régulation du métabolisme cellulaire, anticancer, anti-oxydation, et réduction des niveaux de graisse et de sucre dans le sang (Xie et al., 2023).

Il a été observé que la fraction lipidique des portions comestibles du poireau est principalement constituée d'acides gras tels que l'acide linoléique (53,45%), l'acide palmitique (26,42%) et l'acide oléique (7,39%) (Nehdi et al., 2020).

❖ **Composition nutritionnelle**

Les poireaux (*Allium porrum*) ont une faible teneur en lipides (0,9 %), en fibres (1,22 %) et en minéraux (0,49 %). Ils contiennent 4,5 % d'hydrates de carbone, ne contiennent pas de cholestérol et sont riches en soufre, en phosphore et en vitamine C, ce qui contribue à leurs propriétés d'aliments fonctionnels (Pak et al., 2014).

Il contient aussi des minéraux (macro et micronutriments) tels que le sodium, le potassium, manganèse, calcium... (Dey et Khaled, 2015).

Tableau 1: Caractérisation nutritionnelle et chimique de l'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum* : partie comestible par 100g (Shelke et al., 2020 ; Dey et Khaled, 2015).

Composition	Unité	Bulbe
Eau	G	86
Energie	Kcal	35
Protéine	G	1,9
Lipides totaux	G	0,4
Sucres totaux	G	5,9
Fibres alimentaires	G	3,3
Matière sèche	G	14
Nitrogène	G	0,310
Acide gras saturé	G	0,061

Glucose	G	2,4
Fructose	G	2,4
Sucrose	G	1,1
Polysaccharides solubles non amylicés	G	1,6
Polysaccharides non amylicés insolubles	G	1,6

3.4. Culture et récolte

Habituellement, les poireaux sont plantés dans un lit de semences ou une pépinière en utilisant des racines nues. Les transplants doivent être plantés à une profondeur de 10 à 15 cm dans des trous faits à la main ou à la machine, afin d'augmenter la longueur de la tige blanche. Ils sont normalement arrachés à la main après qu'une lame d'écumoire a été passée sous le lit pour couper les racines et détacher les plantes.

La période de semis des variétés de poireaux d'été débute en décembre et se prolonge jusqu'en mars. On sème les variétés d'automne en mars et les variétés d'hiver d'avril jusqu'à la mi-mai.

Les poireaux de bonne qualité ont une longue tige blanche (10 à 20 cm), avec un léger bulbe, un diamètre de 2 à 5 cm, un poids de 200 à 300 g et des feuilles vert foncé (**Burt, 2011**).

Comparé à d'autres cultures d'*Allium*, le poireau est très tolérant au froid, bien que la température optimale pour la croissance végétative soit d'environ 20 °C (**Bernaert et al., 2012**).

4. Activités biologiques d'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*

Les poireaux peuvent être considérés comme une source considérable d'antioxydants comparés à ses homologues cultivés et à d'autres légumes conventionnels et les quantités totales de polyphénols, flavonoïdes et tanins (**Berakdar et Alahmad, 2022**).

4.1. Antioxydants

Les antioxydants naturels proviennent généralement de sources végétales et jouent à un rôle important en capturant directement les radicaux libres ou on augmente les défenses antioxydants.

Les antioxydants sont des catégories de composés qui ont la capacité d'empêcher et de ralentir l'oxydation de molécules facilement oxydables et d'éviter la formation de radicaux libres. En faible quantité ils contribuent à la régulation de différents processus physiologiques, toutefois un déséquilibre entre les radicaux libres et la capacité du corps à les éliminer, provoque une condition pathologique connue sous le nom de stress oxydatif.

On désigne généralement par « espèces réactives » les radicaux libres, les espèces réactives de l'oxygène (ROS), les espèces réactives de l'azote (RNS) ainsi que les espèces non radicalaires. Les espèces radicalaires sont toutes celles qui peuvent exister de manière autonome et qui possèdent un ou plusieurs électrons non appariés. Cependant, les espèces non radicalaires ont un potentiel d'oxydation élevé et contribuent à la création d'oxydants puissants (**Berakdar et Alahmad, 2022**).

❖ Rôle des antioxydants

- Peuvent prévenir ou ralentir les dommages causés aux cellules et aux tissus par les ROS, des molécules instables générées par le corps en réponse aux pressions environnementales et autres facteurs (**Alsulami et Shaheed, 2024**).
- Capables d'empêcher l'oxydation des molécules facilement oxydables et d'éviter la formation de radicaux libres (**Berakdar et Alahmad, 2022**).
- Il s'agit des groupes de composés qui neutralisent les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ROS) au sein de la cellule (**David et Edward, 2023**).

❖ Les radicaux libres

Sont des molécules hautement réactives, jouant un rôle essentiel dans la santé humaine, se caractérisent par la présence d'électrons non appariés. Elles peuvent également provenir de sources externes, comme les radiations, la pollution et le tabagisme (**chandimali et al., 2025**).

4.2. Stress oxydatif

On définit le stress oxydatif comme « un déséquilibre entre les oxydants et les antioxydants en faveur des oxydants conduisant à une altération de la signalisation et du contrôle redox et/ou des dommages moléculaires ». Ce commentaire met en évidence les caractéristiques fondamentales de ce concept général qui a suscité l'intérêt de la biologie et de la médecine (Sies, 2020).

Le stress oxydatif endommage les structures cellulaires comme les lipides, les acides nucléiques et les protéines, ce qui compromettent la santé et la viabilité des cellules et provoquent le développement de plusieurs pathologies (Faraone et al., 2023).

❖ Maladies liées au stress oxydatif

Le stress oxydatif (SO) représente l'accroissement de l'oxydation et la réduction de l'activité des enzymes antioxydants dans des conditions pathologiques, ce qui génère un excès relatif d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) qui provoque un cytotoxique entraînant des dommages tissulaires (Cheng, 2022).

Aussi cette accumulation intracellulaire excessive de (ROS), d'espèces réactives de l'azote (RNS) et d'autres espèces de radicaux libres, contribue à l'apparition et à la progression de diverses maladies, notamment le diabète, l'obésité, la néphropathie diabétique, la neuropathie diabétique et les maladies neurologiques, telles que la maladie d'Alzheimer, la sclérose latérale amyotrophique (SLA) et la maladie de Parkinson (MP) (Reddy, 2023).

Plusieurs processus pathologiques du système nerveux tels que la neurotoxique, la neuro-inflammation, l'AVC ischémique et la neurodégénérescence impliquent un stress oxydatif (Espinós et al., 2020).

Chapitre 2 : Polysaccharides

1. Généralité

Les polysaccharides représentent un groupe de macromolécules biologiques qui sont à l'origine de médicaments naturels et ont également des applications chez les animaux et les plantes. Les polysaccharides jouant un rôle important dans les aliments et les produits pharmaceutique grâce à leurs propriétés biologiques telles que l'immunomodulation, les activités antibactériennes, anticancéreuses, antioxydantes, anticoagulants, antiviral et inflammatoire **(Ma et al., 2018)**.

Ces produits ont été identifiés comme des matériaux verts issus de ressources naturelles. On peut facilement extraire ces polysaccharides à partir de ressources renouvelables comme les animaux, les plantes et les micro-organismes

Les polysaccharides naturels provenant de sources végétales et animales sont bénéfiques dans le domaine biomédical, notamment pour l'administration de médicaments et la régénération des tissus.

Généralement, les polymères synthétiques n'offrent pas la biocompatibilité et la bio activité souhaitée, et peuvent être toxiques, inflammatoires et présenter une activité biologique limitée.

Les polysaccharides offrent de multiples avantages, comme leur abondance naturelle, leur facilité d'isolement et la capacité de réaliser des modifications structurales selon les besoins **(Tekale et al., 2022)**.

2. Structure des polysaccharides

Les polysaccharides sont des macromolécules constituées de longues chaînes d'unités de monosaccharides liées par des liaisons glycosidiques. Leurs structures et leurs propriétés sont influencées par divers facteurs indiqués dans le tableau2 **(Rioux, 2010)**.

Tableau 2: propriété des polysaccharides.

Nature des unités de base	Type de liaison	Groupements fonctionnels	Poids moléculaire
Monosaccharide	α ou β	Carboxyle, sulfate	Longueur et la complexité des chaînes polysaccharidiques

On peut trouver diverses formes structurales pour les polysaccharides notamment des structures linéaires, ramifiées ou en réseau. Les polysaccharides linéaires se composent de monosaccharides liés en ligne droite selon un ordre précis, alors que les polysaccharides ramifiés possèdent des molécules de monosaccharides ajoutés à la chaîne principale par des connexions ramifiées. Pour les polysaccharides en réseau sont formés par l'assemblage de diverses structures pour créer un réseau tridimensionnel (Nagae et Yamaguchi, 2014)

3. Classification des polysaccharides

On peut classer les polysaccharides selon :

3.1 La composition en monomères

a. **Homopolysaccharides** : comportent un seul type de monosaccharides (homogène). Ils peuvent classés selon la nature de leur unité monosaccharide, en distingue selon le tableau 3 (Moussard, 2006).

Tableau 3: classification des homopolysaccharides

Les glucanes	Les galactanes	Les xylanes	Les chitosanes
Monomères de D-glucose	Monomères de D-galactose	Monomères de D-xylose	Monomères de D-glucosamine

b. **Hétéropolysaccharides** : Ce groupe de composés est défini par la présence de polysaccharides mixtes, qui peuvent parfois être des mélanges de polysaccharides homogènes non séparés. Ils sont aussi associés à des fractions protéiques, créant une transition avec les mucopolysaccharides. Ces substances végétales constituent les gommages et les mucilages et participent à la formation des enveloppes cellulaires bactériennes et des capsules.

- Galactose + arabinose = galactoarabane
- Xylose + arabinose = hémicellulose (Moussard, 2006).

4.2 l'origine

Les polysaccharides proviennent principalement des végétaux, mais il existe aussi des sources animales, algales et bactériennes (Patterson, 2008 ; Kessous, 2006).

A. Polysaccharides animaux

Les polysaccharides d'origine animale sont essentiels soit pour la structuration des tissus conjonctifs, soit pour les processus de communication cellulaire, en raison de leurs caractéristiques fonctionnelles particulières (Delattre, 2005). On distingue :

❖ L'Héparine

L'héparine (qui tire son nom du grec hepar signifiant « foie ». Elle a des propriétés anticoagulantes et stimule la libération de la lipoprotéine lipase, aussi connue sous le nom de facteur clarifiant (Moussard, 2010 ; Chikhi et al., 2006).

❖ Glycogène

Le glycogène est un homopolysaccharide de réserve servant de source de carbone et d'énergie chez l'Homme, les animaux ainsi que les bactéries (Jérôme et al., 2004).

Il est présent dans les hépatocytes et les myocytes. Il s'agit d'un polymère composé de résidus de D-glucose liés par des liaisons α (1→4) et des liaisons α (1→6) à l'origine des ramifications (Weinman et Mehul, 2004).

❖ Acide hyaluronique

L'acide hyaluronique (HA) découvert en 1934 par Karl Meyer et son assistant, John Palmer, dans le vitré d'yeux de bovins. Ce dernier est un biopolysaccharide de poids moléculaire élevé, appartenant à la famille des glycosaminoglycanes. Il est naturellement synthétisé par une classe de protéines membranaires intégrales appelées hyaluronanes

synthèses, il est ensuite dégradé par une famille d'enzymes appelée hyaluronidases (Necas et al., 2008)

❖ Chondroïtine sulfate

L'origine du mot chondroïtine remonte au grec, où il signifie « cartilage », le tissu dans lequel ces composants ont été initialement identifiés. Les chondroïtines-sulfate avec ses deux formes principales, contiennent des résidus d'acide glucuronique, de N-acétyl-galactosamine et de sulfate. Ces molécules jouent un rôle essentiel dans la matrice extracellulaire du cartilage, le maintien à ce dernier ses propriétés de résistance et de flexibilité (Djabali et al., 2016).

❖ Dermatane sulfate

Présent en grande quantité dans le derme (le tissu conjonctif de la peau), il fait partie de la matrice extracellulaire. Il diffère de la chondroïtine 4-sulfate par l'inversion de configuration du C5 des résidus de β -D-glucuronate, ce qui produit l' α -L-iduronate (Moussard, 2006).

❖ Kératane sulfate

Le kératane sulfate est un glycosaminoglycane fréquemment présent dans les matrices extracellulaires de divers tissus, tels que la cornée, le cartilage et les os. Ce composé se caractérise par une chaîne principale sulfatée de poly-N-acétyllactosamine (Djabali et al., 2016).

Il s'agit du seul type de glycosaminoglycane qui ne contient pas de résidu acide tel que l'acide glucuronique ou l'acide iduronique (Pomin, 2015).

B. Polysaccharides des algues

On obtient les polysaccharides algaux à partir des algues. Les algues marines renferment une abondance de polysaccharides, en particulier des mucopolysaccharides, des polysaccharides structuraux présents dans la paroi cellulaire et des polysaccharides de stockage. Le pourcentage de polysaccharides dans certaines espèces d'algues fluctue entre 4 % et 76 % de leur masse sèche totale (Usman et al., 2017).

C. Polysaccharides bactériens et fongiques**➤ Polysaccharides fongiques**

Ce sont devenu un sujet central dans de nombreux domaines scientifiques en raison de leurs importantes activités biologiques et de leurs fonctions bénéfiques pour la santé. Les polysaccharides fongiques comme le β -glucane et le mannane, présentent une multitude de liaisons complexes qui rendent leur classification ardue, même au stade de la structure primaire (Guo et al., 2013).

➤ Polysaccharides des bactéries

Les bactéries produisent divers types de polysaccharides, qui peuvent être divisés en trois catégories principales :

-les polysaccharides présents dans le cytosol, utilisés comme source de carbone et d'énergie pour la cellule.

-les polysaccharides de la structure de la paroi cellulaire, tels que les acides téichoïques et les peptidoglycanes.

-les polysaccharides synthétisés par la cellule et libérés dans le milieu extérieur (Delattre, 2005 ; Nicken et al., 1999).

D. Polysaccharides végétaux :

❖ **La cellulose :** La cellulose constitue un élément structural essentiel de la paroi cellulaire primaire chez les plantes vertes, les algues. Ce polysaccharide est constitué d'une chaîne linéaire comportant des centaines à des milliers d'unités de D-glucose liées en β (1,4) (Sapa et Nair, 2023).

❖ **Pectine :** La pectine (figure 2), un hétéropolysaccharide, il représente l'un des composants majeurs de la lamelle moyenne et de la paroi cellulaire primaire chez les plantes, où elle s'entrelace avec d'autres polymères structuraux tels que les celluloses et les hémicelluloses (Mondal et al., 2024).

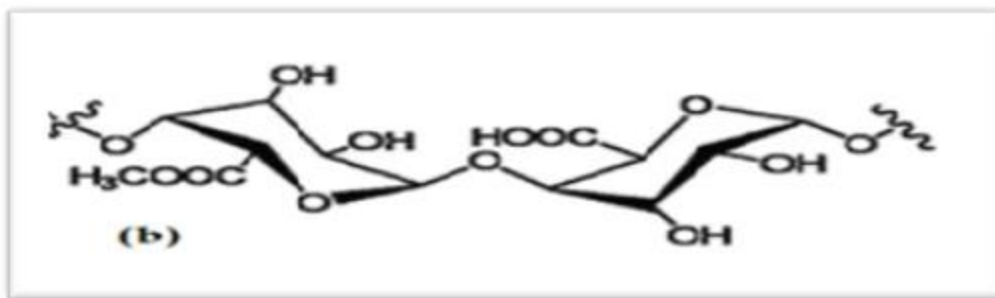


Figure 2: Structure de monomère de pectine (Kamnev et al., 2015).

❖ **Gomme** : Les gommages, issues des végétaux, sont des substances glucidiques qui peuvent s'écouler naturellement ou après une blessure de l'écorce. Lorsqu'elles entrent en contact avec l'eau, elles gonflent pour former des masses gélatineuses ou des solutions colloïdales visqueuses (Marouf et al., 2009).

❖ **Amidon** : L'amidon est une réserve glucidique essentielle chez les végétaux et constitue une source majeure d'énergie pour l'Homme. Ses granules renferment deux polymères distincts : l'amylose, qui est une chaîne linéaire de glucose, et l'amylopectine, caractérisée par une structure ramifiée. (Jérôme et al., 2004). Voici la figure 3 de la structure de l'amidon.

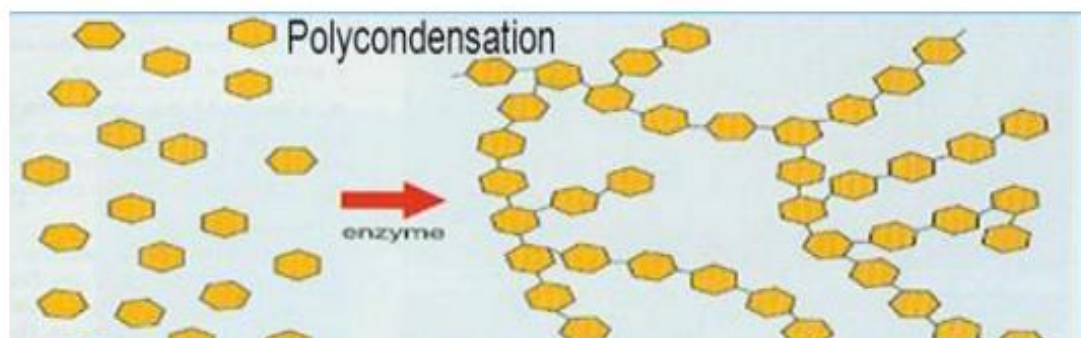


Figure 3: Structure de l'amidon (Labrani, 2021)

L'amylose ; qui constitue entre 5 et 30 % de l'amidon, se présente sous forme d'une chaîne linéaire composée de 1000 à 4000 monomères de D-glucose reliés par des liaisons α 1-4. Elle possède la particularité d'être soluble dans l'eau tiède et de cristalliser lorsqu'elle refroidit. (Merghem, 2009).

L'amylopectine : polysaccharides dominant de l'amidon, est un glucane principalement associé par des liaisons α (1,4) dont les caractéristiques sont définies par sa taille et le nombre, la répartition et la longueur de ses ramifications liées par des liaisons α (1,6) ((**Beeren et Hindsqaul, 2013**)).

4. Rôle de polysaccharides

Les polysaccharides sont des biomacromolécules abondantes chez les plantes, les animaux et les microorganismes. Du fait de leur structure complexe les polysaccharides ont la capacité d'interagir avec le système immunitaire, ce qui peut influencer sa réponse. Donc ils jouent un rôle important dans le traitement de diverses maladies humaines. Il est urgent d'identifier les biomolécules naturelles potentiellement capables de prévenir les infections et de traiter les maladies chroniques (**Murphy et al., 2023**).

Ils jouent également un rôle dans la signalisation cellulaire interne et externe, participant ainsi à la prolifération des cellules, l'administration de médicaments, la régénération des tissus et d'autres applications biomédicales (**Tekale et al., 2022**).

5. Extractions des polysaccharides

La sélection des méthodes d'extraction est déterminée par les propriétés physicochimiques des éléments, le contexte d'extraction et l'existence de composés interférant. Les critères d'extraction doivent être basés sur les éléments structuraux des variétés de polysaccharides, qui sont essentiellement découverts dans les parois cellulaires de différentes plantes, champignons et algues. Le but de la séparation et de la purification des polysaccharides est de préserver leurs propriétés naturelles (**Huang et al., 2022**).

6. Méthodes d'extraction des polysaccharides

Les polysaccharides sont extraits par diverses méthodes, bien qu'ils soient issus de la même matière primaire, notamment l'extraction à l'eau chaude (HWE), l'extraction assistée par enzymes (EAE), l'extraction à l'eau subcritique (SWE), la technologie d'extraction par ultrasons et la technologie d'extraction assistée par micro-ondes (MAE) (**Iu, 2023**).

a. Solvants eutectiques profonds (DES)

Se présentent comme des substituts intéressants aux solvants traditionnels, en raison de leur potentiel d'extraction remarquable, leur faible toxicité, leur caractère écologique, de la

facilité de leurs méthodes de synthèse, leur large éventail d'applications et leur recyclabilité notable.

Il serve à la fois de solvants d'extraction et de milieux support pour optimiser les capacités d'extraction d'autre solvants (Yahaya et al., 2024).

b. Extraction à l'eau chaude (HWE)

C'est une méthode généralement avec une durée d'extraction plus longue et une température d'extraction plus élevée afin d'améliorer le rendement en polysaccharide (Shi et al., 2023). Les polysaccharides extraits par cette technique ayant un poids moléculaire supérieur et une structure plus stable (Liu et al., 2021).

Cependant, une température augmentée et maintenu à un niveau élevé peut endommager la chaîne moléculaire, exposer des groupes réactifs et entraîner des transformations structurales comme la dégradation moléculaire ou la rupture de la chaîne latérale (Lu, 2023).

c. Extraction assistée par micro-ondes (MAE)

Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques ayant une fréquence qui varie entre 300 MHz - 300GHz. Celle-ci permettent en particulier de chauffer, sécher et stériliser des aliments par le biais de frottement moléculaire dans un champ électromagnétique (Lu, 2023).

Cette méthode offre nombreux bénéfices comparés aux techniques d'extraction classiques, telle qu'une efficacité d'extraction améliorée, des durées d'extraction plus courtes, une consommation de solvant réduite et une meilleure récupération des analyses (Ferrara et al., 2023).

d. Extraction assistée par enzymes (EAE)

L'extraction assistée par enzymes (EAE) consiste à utiliser des enzymes hydrolytiques pour décomposer la paroi cellulaire ou d'autres éléments de la cellule. Cela facilite la diffusion du solvant à travers le matériel végétal ou fongique. Cette méthode suscite un intérêt croissant, car elle est considérée comme une alternative écologique et économique par rapport aux techniques d'extraction traditionnelles ou modernes (Lubek-Nguyen, 2022).

e. Extraction à l'eau subcritique (SWE)

L'extraction à l'eau subcritique (SWE) est une technologie d'extraction écologique qui offre une autre option par rapport à l'extraction traditionnelle utilisant des solvants organiques pour isoler les composés bioactifs (principalement des antioxydants) de diverses matières premières (**Gilbert-López et al., 2017**).

f. Extraction par ultrasons

Cette méthode utilise des ultrasons dont les fréquences varient entre 20 kHz et 2 000 kHz ; ceux-ci augmentent la perméabilité de la cellule et produisent des cavitations. Malgré son utilité dans plusieurs domaines tels que l'extraction d'anthocyanines et d'antioxydants, et qu'il soit également utile dans le domaine de la nanotechnologie, son usage reste limité à cause de son coût élevé (**Patel et al., 2019**).

Deuxième partie : Étude expérimentale

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

1. Objectif

Nous avons réalisé notre travail expérimental au sein du laboratoire d'Antibiotiques Antifongiques : Physico-Chimie, Synthèse et Activité Biologique, de la Faculté SNV-STU de l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen (LAAPSAB).

L'objectif de cette étude, est d'optimiser les conditions d'extractions des polysaccharides d'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum* puis d'évaluer l'activité antioxydante de cette plante.

Dans ce contexte, On réalisait les étapes suivantes :

Étape 1 : Préparation des extraits du poireau (polysaccharide) en suivant quatre protocoles.

Étape 2 : Évaluation du pouvoir antioxydants des extraits par la méthode de FRP ((Ferric reducing power).

2. Matériel végétal

L'*Allium ampeloprasum* var. *Porrum* est le matériel végétal utilisé lors de l'expérience. Il est cultivé dans le village d'Ouchba (Ain Fezza) de la Wilaya de Tlemcen, Algérie et récolté le mois de février 2025.

3. Extraction des polysaccharides

3.1. Par infusion

• Principe

L'infusion est la méthode la plus simple. Pour préparer une infusion, on verse de l'eau bouillante (Solvant) sur une quantité précise de matière végétale, puis on laisse la mixture se reposer (Sofowora, 2010). Ensuite les filtré.

• Méthode

- Découper la partie blanche (Bulbe) de notre plante en petite morceaux.
- Peser 10 g de matériel végétal et y ajouter 100 ml d'eau bouillante.
- Laisser le mélange (ED + le poireau) en contact 1 heure, puis le filtrer
- Laisser le filtrat refroidir et ajouter un volume de 100 ml d'éthanol froid
- Placer le mélange au réfrigérateur à 4C° pendant 24h
- Centrifuger le mélange à 3000 tours/min pendant 30minutes.
- Sécher le culot probablement obtenu dans l'étuve à 40 C° pendant un jour.

3.2 . Par décoction

- **Principe**

La décoction est un procédé d'extraction sur laquelle les plantes sont introduites dans de l'eau froide, puis portées à ébullition pendant une durée variable selon la partie utilisée (écorces, racines, feuilles, tiges) (Pierre et Lis, 2007).

- **Méthode**

Les figures 4-8 schématisent les étapes de l'extraction des polysaccharides.

- Dans un premier temps, découper le matériel végétal (que la partie blanche) en petits morceaux.
- Pour préparer une décoction, mettre 10g du matériel végétal avec 100ml d'eau distillée dans un ballon rodé et laisser bouillir pendant 15 min (45 min).
- Laisser le mélange se refroidir pendant 30min.
- Filtrer le mélange sur une mousseline (de 8 couches) pour récupérer le filtrat.
- Ajouter un volume (ou double volume) d'éthanol froid au volume de filtrat. Le mélange mis au froid (4 C°) pendant 24 heures (L'éthanol permet de précipiter les polysaccharides).
- Centrifuger le mélange à 3000 tours /min pendant 30 min pour récupérer le culot.
- Sécher le culot dans l'étuve à 40 C° pendant 24 heures.
- Le résidu obtenu est l'extrait du polysaccharide.

Quatre extraits ont été préparés en variant le temps d'extraction et le volume d'éthanol ajouté. Le tableau 3 résume les détails d'extraction de variation du temps d'extraction et de volume de l'éthanol ajouté.

Tableau 4: 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 (min)	15	15	45	45
Volume d'éthanol	1V	2V	1V	2V
Abréviation	P1V15	P2V15	P1V45	P1V45

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



Figure 4 : la partie blanche des poireaux



Figure 5: poireau découpé



Figure 6 : Décoction



Figure 8 : centrifugations

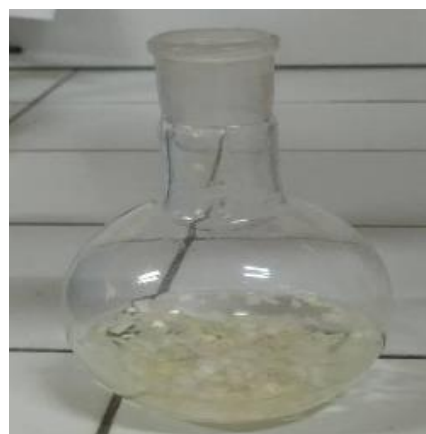


Figure 7 : l'extract de la décoction

3.3. Rendement

Le rendement correspond à la masse de l'extrait déterminée après extraction par rapport à sa masse initiale, exprimé en pourcentage. Il permet d'évaluer l'efficacité de processus d'extraction et de comparer différents mélanges ou technique.

La formule utilisée pour le calcul des rendements des polysaccharides de chaque extrait est la suivante :

$$R = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

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) en gramme.

4. Caractérisation des polysaccharides

4.1. Dosage des sucres totaux

- **Principe**

Nous avons suivi la méthode de **Dubois et al., (1956)** pour l'analyse des sucres totaux.

Le principe de cette méthode repose sur l'hydrolyse des liaisons glycosidiques des hydrocarbures en milieu acide et à chaud. Les oses simples ainsi libérés subissent une déshydratation intramoléculaire pour donner des dérivés furfurax. La fonction aldéhyde des furfuraux se condense ainsi en milieux acides avec 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 (l'extrait de polysaccharide) avec 1 ml de la solution de phénol (5%).
- Les tubes sont soigneusement agités.
- Ensuite, on ajoute 5 ml d'acide sulfurique concentrés à l'aide d'une pipette graduée.
- La solution est ensuite incubée pendant 30 min à l'obscurité.
- Les mesures d'absorbance sont effectuées à 490 nm.

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 H₂SO₄.

- **Expression des résultats**

Une courbe d'étalonnage corrélant la variation de l'absorbance en fonction de la concentration de glucose a été tracée. À 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 :

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

C_G : concentration en sucres calculée graphiquement en mg/ml

C_E: concentration de la solution de l'extrait en mg/ml

ST : sucres totaux en mg /g d'extrait

-Le glucose est utilisé comme molécule de référence pour établir la courbe d'étalonnage dans le dosage des sucres totaux.

4.2. Tests phytochimiques

- **Tanins**

Pour 2 ml de chaque solution testée, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de FeCl₃ (2%), puis laisser reposer quelques minutes. L'apparition d'une coloration bleue-noire et un précipité indique la présence de tanins (Karumi et al., 2004).

- **Test d'aides aminés**

Ce test est basé sur la réaction des acides aminés avec la ninhydrine. Mettre 1ml de solutions à tester (extrait solubilisé dans l'eau) dans un tube à essai, puis y ajouter de la solution de ninhydrine (1%) fraîchement préparée dans l'acétone ou l'éthanol ; chauffer au bain marie et observer.

Si une coloration violette-bleue apparaît alors, le test est positif : il y a présence d'acides aminés.

4.3. Test de pH

Solubiliser une quantité de 1,5 mg de polysaccharide dans 15 ml de l'eau distillée. Pour mesurer le pH mettre l'électrode de pH mètre dans le mélange et lire.

5. Évaluation de l'activité antioxydante

5.1. Évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de FRP

Dans notre travail, nous avons testé l'activité antioxydante des différents extraits de polysaccharides par la méthode de FRP (Ferric reducing power).

- **Principe**

Il s'agit d'une méthode rapide simple et reproductible. C'est une technique qui mesure la capacité des composés présentes dans nos extraits à réduire le fer ferrique Fe^{3+} en fer ferreux Fe^{2+} qui est l'un des mécanismes des processus antioxydantes (**Karagözler et al., 2008**).

- **Solution à préparer**

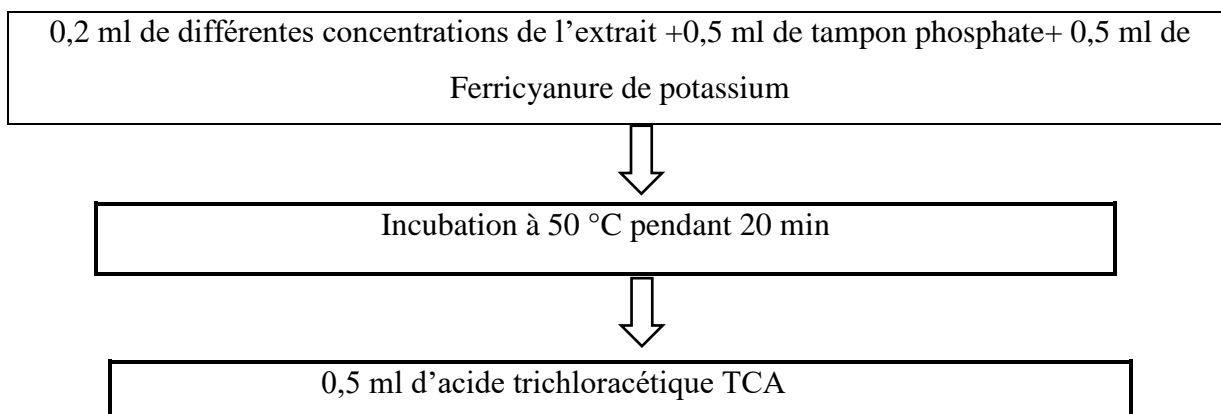
- Solution tampon de phosphate 0,2 M ; pH=6,6 (NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4)
- Solution de Ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%
- Solutions de l'acide trichloracétique TCA à 10%
- Solution aqueuse de chlorure ferrique $FeCl_3$ à 0,1%

- **Mode opératoire**

Un volume de 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 0,5 ml de ferricyanure de potassium à 1%, puis incubé dans une étuve à 50 °C pour une durée de 20 minutes. À la suite de l'incubation, on ajoute 0,5 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 10%. S'il y a des troubles on lance une centrifugation à 4000 tours par minute pendant 10 min.

Dans la cuve on met 0,5 ml du surnageant avec 0,5 ml d'eau distillée et 0,1 ml de $FeCl_3$ à 0,1%. L'absorbance du milieu réactionnel est mesurée à 700 nm dans un spectrophotomètre UV-VIS avec un blanc contenant 1ml ED et 0,1ml de $FeCl_3$ à 0,1%.

- *L'acide ascorbique est utilisé comme molécule de référence.*



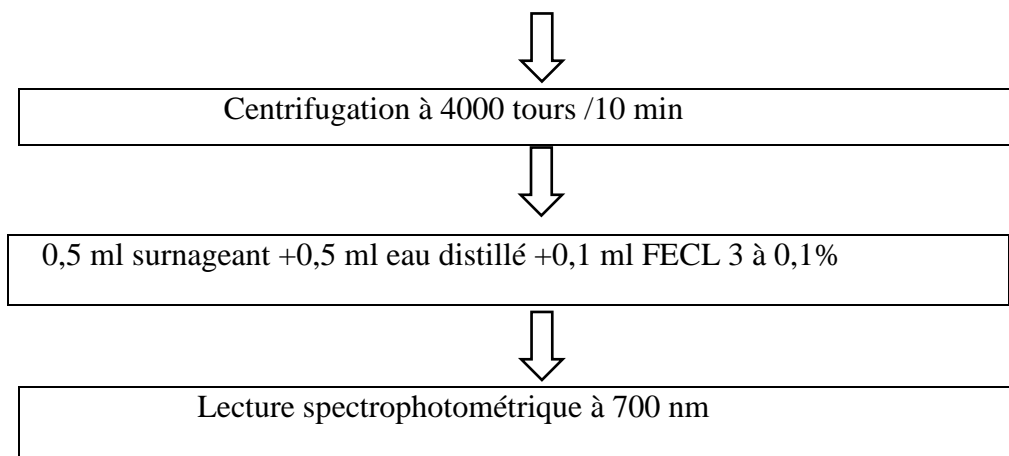


Figure 9: Protocole d'évaluation du pouvoir antioxydant par FRP des extraits d'*Allium ampeloprasum* L var. *Porrum*

5.2. Evaluation du pouvoir antioxydant par la méthode DPPH

Cette méthode permet d'évaluer le pouvoir antioxydant. Elle mesure la capacité d'un antioxydant à réduire le radical DPPH.

- **Principe**

Le test au DPPH (Diphénylpicrylhydrazyle) est un outil puissant pour évaluer la capacité antioxydante des substances. En solution dans le méthanol, le DPPH est caractérisé par une couleur violette (la forme radicalaire), en présence d'un donneur d'hydrogène il est réduit à la forme non radicalaire de couleur jaune pâle. Cette réduction est accompagnée d'une diminution de l'absorbance qui est mesuré à 517 nm, ce qui permet d'exprimer le pourcentage de réduction de DPPH.

- **Mode opératoire**

On mélange 6 mg de poudre de DPPH avec 50 ml de méthanol. Puis on commence l'agitation pendant une heure. Un tube contrôle négatif contenant 1ml de solution de DPPH et 1 ml de méthanol, pour la lecture de l'absorbance.

On mélange 20 mg de l'extrait avec 4 ml d'eau distillée. Donc 1 ml de la solution de DPPH préparée mélanger avec 1 ml de différentes dilutions de l'extrait de plante.

On conserve ensuite le mélange obtenu à l'abri de la lumière à température ambiante pendant une demi-heure. L'absorbance est ensuite mesurée à 517 nm comparative avec un tube blanc contenant que le méthanol.

La décroissance de l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre et le pourcentage d'inhibition (% IP) est calculé suivant la formule suivante (Epifano et al., 2007).

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

Dont :

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

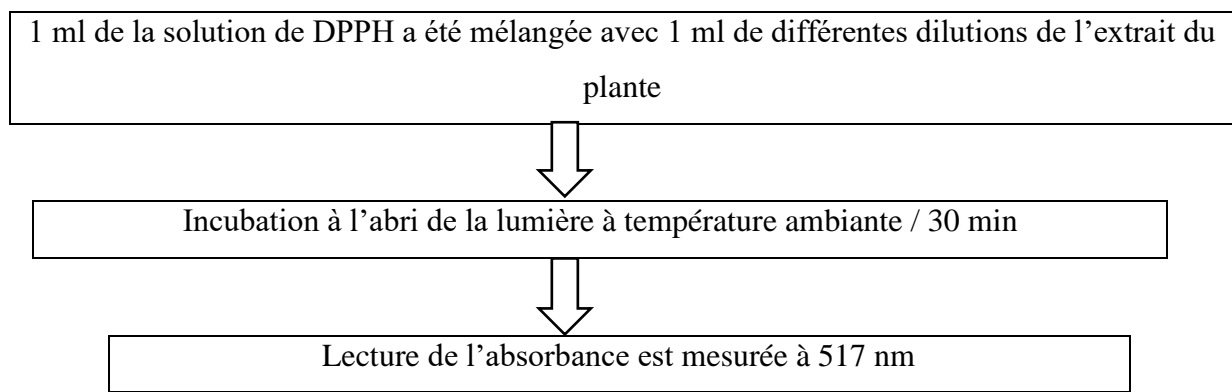


Figure 10: Protocole d'évaluation du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH des extraits d'*Allium ampeloprasum* L var. *Porrum*.

6. Études statistiques

La technique statistique appropriée pour déterminer la signification statistique de ces groupes de participants est connu sous le nom d'analyse de variance (ANOVA) (Schuerer, 2012).

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1. Extraction des polysaccharides

1.1. Par infusion

L'extraction des polysaccharides par infusion n'a donné aucun résultat dans notre étude, aucun précipité ni culot observable. Cette absence de rendement peut s'expliquer par une faible solubilité des polysaccharides dans les conditions appliquées. **Chavas et al. (2020)** ont obtenu un rendement de 1,8 % en utilisant la même méthode d'extraction sur une autre espèce végétale, *Baccharis trimera*, suggérant que l'efficacité de l'infusion dépend fortement de la de la plante étudiée ainsi que de la composition de ses parois cellulaires.

1.2. Par décoction

L'ajout de l'éthanol au filtrat a entraîné la précipitation des polysaccharides. Après centrifugation et séchage, nous avons obtenu un extrait solide de couleurs légèrement marron clair (figure 7) à partir de 10 g d'*Allium ampeloprasum L. var. Porrum*. Le tableau 5 montre les rendements des quatre extraits.

Après calcul des rendements de chaque extrait, on remarque :

- Selon le volume ajouté : lorsque le volume d'éthanol double le rendement est augmenté, dans le **P1V15** et **P2V15** il y a une augmentation de rendement de 0,373 % à 0,501 %, pour le **P1V45** et **P2V45**, le rendement passe de 0,7 % à 1,17%.
- Selon le temps d'extraction : l'augmentation du temps de décoction améliore le rendement d'extraction. Pour le même volume d'éthanol, le rendement augmente de 0,373 % (15 min) à 0,7% (45 min), pour le double volume aussi on observe une amélioration du rendement de 0,501% (15min) à 1,17% (45min).

Tableau 5: les valeurs des rendements des extraits de polysaccharides

<i>Extraits</i>	<i>Rendement (%)</i>	<i>Solvant de solubilisation</i>
P1V15	0,37 ± 0,14	Eau distillée
P2V15	0,50 ± 0,076	Eau distillée
P1V45	0,7 ± 0,25	Eau distillée
P2V45	1,17 ± 0,10	Eau distillée

Pour confirmer nos interprétations des rendements, nous réalisons une étude statistique est on obtient :

- **P2V45** (1,17 %) appartient au **Groupe A**, ce qui montre un rendement significativement plus élevé.
- **P1V45** (0,7 %) situé dans le **Groupe A** et **B**, cela suggère que ce rendement situé entre les deux rendements de groupe **A** et de groupe **B**.
- **P1V15** (0,373 %) et **P2V15** (0,501 %) appartiennent au **Groupe B**, indiquant un rendement significativement plus faible par rapport à **A**.

En comparant ces résultats avec d'autres travaux, nous constatons que le meilleur rendement est inférieur à celui obtenu par **Hallis et Hassouni (2022)**, qui ont travaillé sur les cladodes d'*Opuntia ficus indica* et ont trouvés un rendement de mucilage (polysaccharides) de $1,34 \pm 0,05$ %.

Le rendement de l'extrait de *Ziziphus lotus* (6,5%) rapporté par **Bechoua et al. (2020)** est également supérieur à celui de nos extraits.

Nous constatons que le rendement est influencé par le temps de décoction et le volume de l'éthanol ajouté.

Ce résultat est en accord avec d'autres travaux notamment celui de **Mahamane (2023)**, qui apporte un rendement de $1,45 \pm 1,10$ % à partir des fruits de l'arbousier (*Arbutus unedo*), obtenu après une décoction de 1 heure suivie de l'ajout d'un volume d'éthanol équivalent à celui du filtrat.

2. Caractérisation des polysaccharides

2.1. Dosage des sucres totaux

La **figure 11** représente une courbe d'étalonnage linéaire ($y=15,097x-0,0314$ avec $R^2=0,9938$) du glucose. La concentration du glucose est exprimée en milligrammes par millilitres (mg/ml).

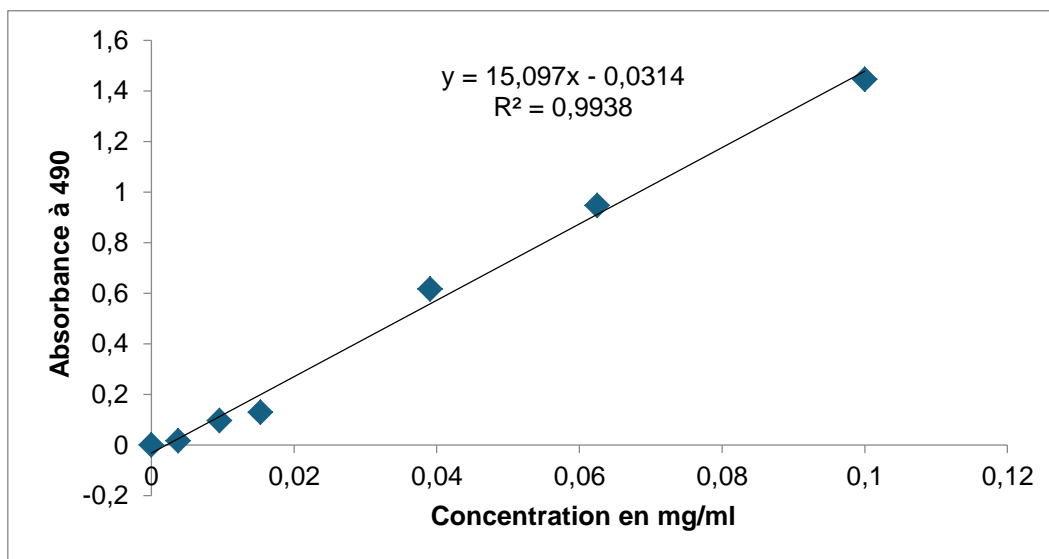


Figure 11: courbe d'étalonnage du glucose

Les résultats obtenus, présentés dans le **tableau 6**, montrent que les extraits **P1V45** ($738,2 \pm 141,6$ mg/g) et **P2V45** ($745,8 \pm 126,13$ mg/g) affichent une teneur plus élevée en sucres totaux, comparés aux deux extraits qui restent **P1V15** ($625,73 \pm 64,65$ mg/g) et **P2V15** ($432,5 \pm 54,87$ mg/g) qui présente des teneurs plus faibles.

Tableau 6: Teneur en sucres totaux des différents extraits de polysaccharides

Extrait	P1V15	P2V15	P1V45	P2V45
Sucres (mg/g)	$625,73 \pm 64,65$	$432,5 \pm 54,87$	$738,2 \pm 141,6$	$745,8 \pm 126,13$

Nos résultats ont été analysés statistiquement en appliquant le test ANOVA, ce qui permet de tirer les conclusions suivantes :

- **P1V45** ($738,2$ mg/g) et **P2V45** ($745,8$ mg/g) appartiennent au Groupe A, sont des valeurs statistiquement similaires, représentant les teneurs en sucres les plus élevées.
- **P2V15** ($432,5$ mg/g) appartient au **Groupe B**, montrant une différence significative par rapport au groupe A.
- **P1V15** ($625,7$ mg/g) appartient au **Groupe A et B (A-B)**, ce qui suggère une position intermédiaire entre ($738,2$; $745,8$ et $432,5$ mg/g).

Ces résultats indiquent que les 2 extraits **P2V45** et **P145** affichent les valeurs les plus élevées parmi tous les groupes étudiés, tandis que l'extrait **P2V15** présente une teneur en sucre nettement plus faible.

En comparant nos résultats avec d'autres études, nous citons les résultats de la teneur en sucres totaux de l'ail (*Allium sativum*) (25,6 g/100g) et de l'oignon (*Allium cepa*) (13,16g /100g) déterminé par **Bellazereg et al. (2015)** et qui restent inférieurs à ceux obtenus dans notre étude. En revanche, la teneur totale en sucre des polysaccharides extraits de *Brasenia schreberi*, rapportée à 60,86% (soit 608,6 mg/g) par **Wang et al. (2023)**, qui est une teneur proche à la nôtre et peut être considérée comme équivalente. Quant aux travaux de **Hammadi et Khelkhel (2024)** sur les fruits d'*Arbutus unedo*, ils ont révélé une teneur en sucre de 39,86%. Ce qui reste inférieure à celle que nous avons obtenue.

Donc l'analyse comparative des teneurs en sucres totaux obtenus dans notre étude et celles rapportées par les autres travaux, mettent en évidence une variabilité significative selon les espèces végétales, les méthodes d'extraction et les conditions expérimentales.

2.2. Tests phytochimiques

Les résultats des tests phytochimiques, sont indiqués dans le tableau 7.

Tableau 7: Résultats des tests phytochimiques des extraits

Les tests	<i>P1V15</i>	<i>P2V15</i>	<i>P1V45</i>	<i>P1V45</i>
Tanins	-	-	-	-
Acides aminés	-	-	-	-

Avec : (+) : Moyen, (-) : Absence.

Selon les résultats obtenus des tests phytochimiques présentés dans le tableau précédent, nous avons observé une absence des tanins et des acides aminés pour les quatre extraits. Les extraits des polysaccharides du poireau semblent avoir une composition moins hétérogène.

2.3. Test de pH

Concernant la mesure de pH et selon le **tableau 8** ci-dessous, nous avons marqué que le pH diminue légèrement de 7,32 à 7,2. Cette diminution reste neutre à légèrement basique pour tous les extraits.

Tableau 8: test de pH des extraits

Extraits	P1V15	P2V15	P1V45	P1V45
PH	7,32 ± 0,0047	7,25 ± 0,0047	7,24 ± 0,0047	7,2 ± 0,0081

3. Évaluation de l'activité antioxydante

3.1. Réduction du fer (FRP)

Selon la figure 12, nous observons une évolution linéaire de l'absorbance d'acide ascorbique mesurée en fonction des différentes concentrations. L'équation obtenue ($y=7,5998x + 0,0475$, avec $R^2= 0,9927$).

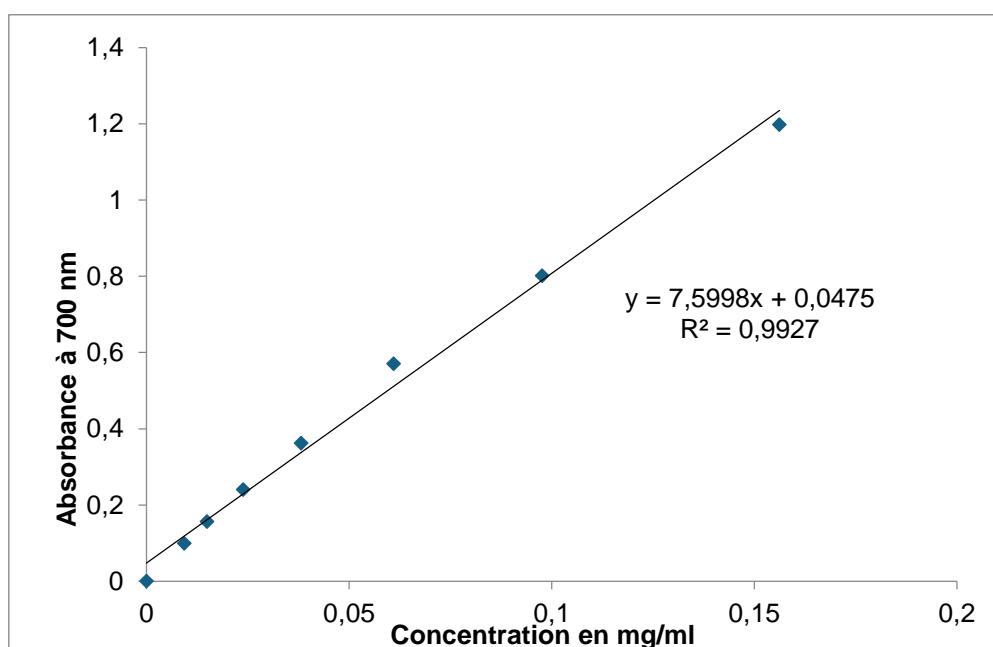


Figure 12: Variation d'absorbance du pouvoir réducteur du fer de l'acide ascorbique

D'après les résultats obtenus dans le **tableau 9**, nous observons un pouvoir réducteur de fer plus élevé dans l'extrait **P1V45** ($8,06 \pm 0,50$ mg Eq acide ascorbique/g d'extrait), à l'inverse, le pouvoir réducteur le plus faible est marqué pour l'extrait **P2V45** ($1,34 \pm 0,06$ mg Eq acide ascorbique/g d'extrait) tandis que pour les 2 extraits **P1V15** et **P2V15** représentent des valeurs intermédiaires ($2,97 \pm 0,37$; $2,97 \pm 0,37$ mg Eq acide ascorbique/g d'extrait) respectivement.

Tableau 9: Pouvoirs réducteurs de fer des différents extraits

Extrait	P1V15	P2V15	P1V45	P2V45
Pouvoir réducteur du fer (mg Eq acide ascorbique /g d'extrait)	2,97±0,37	2,37±0,21	8,06±0,50	1,34±0,06

Ces résultats sont confirmés par les tests statistiques ANOVA sur laquelle nous marquons que ;

- **P1V45** appartient au **Groupe A**, cela exprime que (8,06 mg Eq acide ascorbique/g d'extrait) est significativement plus élevé que les autres groupes.
- **P1V15** appartient au **Groupe B**, montrant que la valeur de 2,97 mg Eq acide ascorbique/g d'extrait est une valeur intermédiaire mais statistiquement différente de **P1V45 (Group A)**.
- **P2V45** est dans le **Groupe C**, ça veut dire que 1,34 mg Eq acide ascorbique /g d'extrait est le plus faible pouvoir réducteur.
- **P2V15** se situe entre **B** et **C**, indiquant que 2,37 mg Eq acide ascorbique /g d'extrait appartient à la fois aux **groupes B** et **C**, il présente un chevauchement entre les deux. Cela signifie que cette valeur n'est pas totalement distincte du **groupe B**, mais aussi proche du **groupe C**.

3.2. Réduction de DPPH

Les extrais des polysaccharides obtenus par la décoction n'ont aucun effet sur le DPPH. Différentes concentrations des extraits de polysaccharides ont été mises en contact avec le DPPH mais aucune activité réductrice n'a été enregistrée. Cela peut être expliqué par la solubilité des polysaccharides qui restent limité dans le milieu réactionnel à base de méthanol.

Comme l'ont souligné **Fernandes et Coimbra (2023)**, qui affirment que la plupart des polysaccharides ne sont pas solubles dans les solutions nécessaires pour la solubilisation du réactif DPPH et l'évaluation de leurs activités antioxydantes. Cela s'applique à l'éthanol, employé comme solvant pour le DPPH et pour la précipitation des polysaccharides. Quand ce solvant est employé, les polysaccharides ont tendance à former des troubles qui, si elles ne sont pas centrifugées, interfèrent avec les résultats obtenus.

Conclusion et perspectives

Conclusion générale

Notre travail a été mené dans le but d'optimiser les conditions d'extraction des polysaccharides issues du poireau (*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum*) et d'évaluer leur activité antioxydante.

L'extraction par infusion n'a donné aucun résultat concluant, tandis que la décoction s'est révélée plus efficace avec un rendement optimal observé dans l'extrait obtenu après 45 min de décoction avec un rapport V/2V d'éthanol atteignant un taux de 1,17 %. Selon les tests phytochimiques, tous les extraits analysés montrent l'absence des tanins et d'acides aminés. En revanche le dosage des sucres confirme une teneur des sucres valorisables.

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits des polysaccharides d'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum* se fait à l'aide de méthodes de DPPH, mais elle n'a donné aucun résultat exploitable.

En revanche, la méthode de FRP montrait que les polysaccharides possèdent des capacités insuffisantes de réduction de fer ; où nous trouvons que l'extrait de décoction de 45 min V/V (P1V45=8,06 mg Eq acide ascorbique/g d'extrait) présente le pouvoir réducteur le plus élevé, et l'extrait de 45 min V/2V (P2V45=1,34 mg Eq acide ascorbique/g d'extrait) affiche le pouvoir réducteur le plus faible.

À la base des résultats obtenus, il serait intéressant de poursuivre l'étude sur l'*Allium ampeloprasum* L. var. *Porrum* en explorant de nouvelles approches et en ciblant d'autres aspects, notamment :

- Application de techniques supplémentaires d'extraction avec divers solvants organiques sur d'autres parties de la plante à fin d'étudier leurs activités antioxydantes.
- L'exploration d'autres effets biologiques notamment, antimicrobien, anti-inflammatoires et anticancéreuses.
- Des recherches approfondies pourraient inclure l'analyse chromatographique des composés bioactifs de l'extrait du poireau ainsi que l'évaluation *in vivo* de leurs propriétés antioxydantes.
- Valoriser les extraits du poireau à travers des applications pratiques à savoir dans l'utilisation comme complément alimentaire, et le développer comme un produit naturel avec des propriétés bénéfiques pour la santé.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Adão, C. R., da Silva, B. P., & Parente, J. P. (2011). A new steroidal saponin with anti-inflammatory and antiulcerogenic properties from the bulbs of *Allium ampeloprasum* var. *porrum*. *Fitoterapia*, 82(8), 1175-1180.
- Al-Snafi, A. E. (2013). Pharmacological effects of *Allium* species grown in Iraq. An overview. *International Journal of Pharmaceutical and health care Research*, 1(4), 132-147.
- Alsulami, F. J., & Shaheed, S. U. (2024). Role of Natural Antioxidants in Cancer. *Nutrition and Dietary Interventions in Cancer*, 95-117.
- Amrati, F. E. Z., Bourhia, M., Slighoua, M., Ibnemoussa, S., Bari, A., Ullah, R., Amaghnouje, A., Di Cristo, F., El Mziri, M., Calarco, A., Benbacer, L., & Bousta, D. (2020). Phytochemical study on antioxidant and antiproliferative activities of Moroccan *Caralluma europaea* extract and its bioactive compound classes. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020(1), 8409718.
- Beeren, S. R., & Hindsgaul, O. (2013). Nature's dendrimer: Characterizing amylopectin as a multivalent host. *Angewandte Chemie International Edition*, 52(43), 11265-11268.
- BELLAZEREG, N., BOUMIA, H., & TOUATI, N. (2015). *Etude de l'activité biologique de quelques plantes médicinales connus comme aliments (Ail, Oignon et Fenouil)* (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).
- Benedé, S., Gradillas, A., Villalba, M., & Batanero, E. (2019). *Allium porrum* extract decreases effector cell degranulation and modulates airway epithelial cell function. *Nutrients*, 11(6), 1303.
- Berakdar, N., & Alahmad, A. (2022). Review Of Oxidative Stress And Antioxidative.
- Bernaert, N., De Clercq, H., Van Bockstaele, E., De Loose, M., & Van Droogenbroeck, B. (2013). Antioxidant changes during postharvest processing and storage of leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*). *Postharvest biology and technology*, 86, 8-16.
- Bernaert, N., De Paepe, D., Bouten, C., De Clercq, H., Stewart, D., Van Bockstaele, E., De Loose, M., & Van Droogenbroeck, B. (2012). Antioxidant capacity, total phenolic and ascorbate content as a function of the genetic diversity of leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*). *Food chemistry*, 134(2), 669-677.
- Block, E. (2010). *Allium* botany and cultivation, ancient and modern. *Garlic and other alliums: the lore and the science*, 1-32.
- Burt, J. (2011). Growing leeks in Western Australia. *Farmnote*, 52.

Références bibliographiques

- Chandimali, N., Bak, S. G., Park, E. H., Lim, H. J., Won, Y. S., Kim, E. K., Park, S. I., & Lee, S. J. (2025). Free radicals and their impact on health and antioxidant defenses: a review. *Cell Death Discovery*, *11*(1), 19.
- Chaves, P. F. P., Adami, E. R., Acco, A., Iacomini, M., & Cordeiro, L. M. C. (2020). Chemical characterization of polysaccharides from *Baccharis trimera* (Less.) DC. infusion and its hepatoprotective effects. *Food Research International*, *136*, 109510.
- Chemistry, vol (92): 353-369.
- Cheng, X. M., Hu, Y. Y., Yang, T., Wu, N., & Wang, X. N. (2022). Reactive Oxygen Species and Oxidative Stress in Vascular- Related Diseases. *Oxidative medicine and cellular longevity*, *2022*(1), 7906091.
- De Abreu, J. P., Torres, T. L., & Teodoro, A. J. (2023). Comparação do potencial nutricional, atividade antioxidante e compostos fenólicos totais em farinhas do bulbo e da folha de alho-poró (*allium ampeloprasum* var. *Porrum*). *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, *22*(2), 244-250.
- Delattre. C. (2005). Stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par dégradation enzymatique de gluconate. P4-11.
- Dey, P., & Khaled, K. L. (2015). An extensive review on *Allium ampeloprasum* a magical herb. *Int J Sci Res*, *4*(7), 371-377.
- Djabali, I., Ababsa, H., & Kaibi, F. (2016). *Les activités biologiques des polysaccharides* [Mémoire de master]. Université des Frères Mentouri, Constantine.
- Espinós, C., Galindo, M. I., García-Gimeno, M. A., Ibáñez-Cabellos, J. S., Martínez-Rubio, D., Millán, J. M., Rodrigo, R., Sanz, P., Seco-Cervera, M., Sevilla, T., Tapia, A., & Pallardó, F. V. (2020). Oxidative stress, a crossroad between rare diseases and neurodegeneration. *Antioxidants*, *9*(4), 313.
- Faraone, I., Russo, D., Labanca, F., Lela, L., Ponticelli, M., Sinisgalli, C., & Milella, L. (2023). Antioxidant Activity Methods. *Methods For Preclinical Evaluation of Bioactive Natural Products*, 1-69.
- Ferrara, D., Beccaria, M., Cordero, C. E., & Purcaro, G. (2023). Microwave-assisted extraction in closed vessel in food analysis. *Journal of Separation Science*, *46*(20), 2300390.
- Ganesh, R. S., Sivakumar, S. A., Dinesh, R., & Harish, M. (2022, October). Identification of Medicinal Flora using Deep Learning. In *2022 3rd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)* (pp. 1187-1192). IEEE.

Références bibliographiques

- Gilbert-López, B., Plaza, M., Mendiola, J. A., Ibáñez, E., & Herrero, M. (2017). Subcritical water extraction and neof ormation of antioxidants. In *Water extraction of bioactive compounds* (pp. 109-130). Elsevier.
- Guo TianLi, G. T., Yan XiaoJuan, Y. X., Hu XianWang, H. X., Liang Ning, L. N., & Chen Peng, C. P. (2013). Research advancement of fungi polysaccharides.
- 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.
- Hammadi, T. Y., & Khelkhel, F. (2024). *Évaluation de l'activité antioxydante des mucilages du fruit d'Arbutus unedo*. Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid.
- Hanelt, P. (1996). Proposal to conserve the name *Allium ampeloprasum* against *A. porrum* (Liliaceae).
- Huang, Y., Chen, H., Zhang, K., Lu, Y., Wu, Q., Chen, J., Yong, L., Wu, Q., & Chen, Y. (2022). Extraction, purification, structural characterization, and gut microbiota relationship of polysaccharides: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 213, 967-986.
- Jerome, J. Perry. James T., Staley. Stephen Lory., 2004. *Microbiologie. Ed : Dunod, Paris*, 247-248.
- Karagözler, A. A., Erdağ, B., Emek, Y. Ç., & Uygun, D. A. (2008). Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastata*. *Food Chemistry*, 111(2), 400-407.
- Kessous.C. (2006). Chapitre 2 : Glucides. Biochimie strécturale. Ed, Office des publications 1, place centrale de Ben aknoun. Alger-Algérie. P 56- 80.
- Labbani, P. (2021). *Chapitre 1 : Glucides végétaux*. Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene.
- Lahsissene, H., Kahouadji, A., Tijane, M., & Hseini, S. (2009). Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental). *Lejeunia, revue de botanique*.
- Lim, T. K., & Lim, T. K. (2015). *Allium ampeloprasum*. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 9, Modified Stems, Roots, Bulbs*, 103-123.
- Liu, P., Wang, X., Zhang, H., Zhang, H., Zhao, M., & Ding, S. (2021). Kinetic studies of internal boiling extraction and other two extraction techniques for polysaccharides from *Cortex periplocae*. *Industrial Crops and Products*, 167, 113554.

Références bibliographiques

- Lu, X. (2023). Changes in the structure of polysaccharides under different extraction methods. *EFood*, 4(2).
- Łubek-Nguyen, A., Ziemichód, W., & Olech, M. (2022). Application of enzyme-assisted extraction for the recovery of natural bioactive compounds for nutraceutical and pharmaceutical applications. *Applied Sciences*, 12(7), 3232.
- Ma, Y. L., Zhu, D. Y., Thakur, K., Wang, C. H., Wang, H., Ren, Y. F., Zhang, J. G., & Wei, Z. J. (2018). Antioxidant and antibacterial evaluation of polysaccharides sequentially extracted from onion (*Allium cepa* L.). *International journal of biological*.
- Mahamane, B. C. (2023). *Évaluation du pouvoir antioxydant des fruits de l'arbousier (Arbutus unedo)* (Mémoire de Master, Université de Tlemcen).
- Margham. R. (2009). Chapitre 1 : Les glucides des végétaux. *Élément de la biochimie végétale*. Ed, Bahaeddine. Constantine. P 13-40.
- Marouf A ; Gérard T.R ; 2009. Abrégé de biochimie Appliqué. Edition EDP science : 2021.
- Mondal, S., Halder, S. K., & Mondal, K. C. (2024). Recombinant fungal pectinase and their role towards fostering modern agriculture. In *Entrepreneurship with Microorganisms* (pp. 405-418). Academic Press.
- Monemi, M. B., Kazemitabar, S. K., Khaniki, G. B., Yasari, E., Sohrevardi, F., & Pourbagher, R. (2014). Tissue culture study of the medicinal plant leek (*Allium Ampeloprasum* L.). *International journal of molecular and cellular medicine*, 3(2), 118.
- Moussard, C. (2006). *Biochimie structurale et métabolique*. De Boeck Supérieur.
- Murphy, E. J., Fehrenbach, G. W., Abidin, I. Z., Buckley, C., Montgomery, T., Pogue, R., Murray, P., Major, I., & Rezoagli, E. (2023). Polysaccharides—Naturally occurring immune modulators. *Polymers*, 15(10), 2373.
- Nagae, Masamichi, and Yoshiki Yamaguchi. "Three-dimensional structural aspects of protein–polysaccharide interactions." *International journal of molecular sciences* 15.3 (2014): 3768-3783.
- Necas, J. B. L. B. P., Bartosikova, L., Brauner, P., & Kolar, J. J. V. M. (2008). Hyaluronic acid (hyaluronan): a review. *Veterinarni medicina*, 53(8), 397-411.
- 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. *Journal of oleo science*, 69(5), 413-421.
- Nicklin. J. K; Graeme-cook; Paget. T & Killington. R. (1999). Chapitre D : La structure et la fonction des bactéries. *L'essentiel en Microbiologie*. Ed, BERTI. France. P 81.

Références bibliographiques

- Ningombam, E., Serena, E., Jamir, S., & Verma, A. (2024). Conventional and advanced packaging and storage technology of leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*): A Review. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 110, p. 02001). EDP Sciences.
- Pak, L. M., Silva, A. J. M., & Balbi, M. E. (2014). Evaluation Of Nutritional Composition of Leek (*Allium porrum*, Aliaceae). *Visão Acadêmica*, 15(3).
- Patel, K., Panchal, N., & Ingle, P. (2019). Extraction Methods: Microwave, Ultrasonic, Pressurized Fluid, Soxhlet Extraction, Etc. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science (IJARCS)*, 6(3), 6-21.
- Pierre, M. (2007). Lis. *M-2007-Secrets des plantes*. Editions Artemis, Paris, 1, 463.
- Pomin, V. H. (2015). Sulfated glycans in inflammation. *European journal of medicinal chemistry*, 92, 353-369.
- Populaire, D. E. (2020). Republique Algerienne Democratique Et Populaire.
- Reddy, V. P. (2023). Oxidative stress in health and disease. *Biomedicines*, 11(11), 2925.
- Rioux, L. E. (2010). Caractérisation structurale et évaluation de l'activité biologique de polysaccharides extraits de *Saccharina longicuris*.
- Sapa, H., & Nair, S. C. (2023). Cellulose and cellulose derivatives in drug delivery. In *Natural Biopolymers in Drug Delivery and Tissue Engineering* (pp. 77-100). Woodhead Publishing.
- Schuerer, K. (2012). Richard Wall (2 June 1944–22 June 2011) A personal assessment of his work. *Continuity and Change*, 27(1), 1-5.
- Shelke, P. A., Rafiq, S. M., Bhavesh, C., Rafiq, S. I., Swapnil, P., & Mushtaq, R. (2020). Leek (*Allium ampeloprasum* L.). *Antioxidants in vegetables and nuts-properties and health benefits*, 309-331.
- Shi, X., Feng, J., Wang, S., Huang, J., & Yu, M. (2023). Primary structure, physicochemical properties, and digestive properties of four sequentially extracted polysaccharides from *Tremella fuciformis*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 105005.
- Shi, Y., Xiong, Q., Wang, X., Li, X., Yu, C., Wu, J., Yi, J., Zhao, X., Xu, Y., & Cui, H. (2016). Characterization of a novel purified polysaccharide from the flesh of *Cipangopaludina chinensis*. *Carbohydrate polymers*, 136, 875-883.
- Sies, H. (2020). Oxidative stress: Concept and some practical aspects. *Antioxydants*, 9(9), 852.
- Sofowora, A. (2010). *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. KARTHALA Editions.

Références bibliographiques

- 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(10), 162.
- Surin, S., Surayot, U., Seesuriyachan, P., You, S., & Phimolsiripol, Y. (2018). Antioxidant and immunomodulatory activities of sulphated polysaccharides from purple glutinous rice bran (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 994-1004.
- Surin, S., You, S., Seesuriyachan, P., Muangrat, R., Wangtueai, S., Jambrak, A. R., Phongthai, S., Jantanasakulwong, K., Chaiyaso, T., & Phimolsiripol, Y. (2020). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from purple glutinous rice bran (*Oryza sativa* L.) and their antioxidant activities. *Scientific Reports*, 10(1), 10410.
- Tekale, S. U., Kanagare, A. B., Dhirbassi, A. V., Domb, A. J., & Pawar, R. P. (2022). Polysaccharide-based Biomaterials: Overview.
- Usman, A., Khalid, S., Usman, A., Hussain, Z., & Wang, Y. (2017). Algal polysaccharides, novel application, and outlook. In *Algae based polymers, blends, and composites* (pp. 115-153). Elsevier.
- Wang, Y., Zou, Y., Fang, Q., Feng, R., Zhang, J., Zhou, W., & Wei, Q. (2023). Polysaccharides from *Brasenia schreberi* with great antioxidant ability and the potential application in yogurt. *Molecules*, 29(1), 150.
- Weinman, S., & Méhul, P. (2004). *Toute la biochimie*. Dunod.
- Xie, T., Wu, Q., Lu, H., Hu, Z., Luo, Y., Chu, Z., & Luo, F. (2023). Functional perspective of leeks: Active components, health benefits and action mechanisms. *Foods*, 12(17), 3225.
- Xu, B. W., Li, S. S., Ding, W. L., Zhang, C., Rehman, M. U., Tareen, M. F., Wang, L., & Huang, S. C. (2025). From structure to function: A comprehensive overview of polysaccharide roles and applications. *Food Frontiers*, 6(1), 15-39.
- Yahaya, N., Mohamed, A. H., Sajid, M., Zain, N. N. M., Liao, P. C., & Chew, K. W. (2024). Deep eutectic solvents as sustainable extraction media for extraction of polysaccharides from natural sources: Status, challenges and prospects. *Carbohydrate Polymers*, 122199.
- Zargari, A. (1997). *Medicinal plants*. Tehran University of Medical Sciences.