République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique
Tasdawit Da Lmulud At Mɛemmer
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie et Microbiologie

Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème

Valorisation biochimiques des extraits d'écorces de la pastèque (*Citrullus lanatus*)

Présenté par

Melle DJABLA Hanane

Melle FERRAGUI Sabrina

Melle OUDJANI Amira

Soutenu le 02 /07/2024

Devant le jury composé par :

Dr BOUACEM K.	**Maître de conférences**	**UMMTO**	**Président**
Dr DERMECHE S.	**Maître de conférences**	**UMMTO**	**Rapporteur**
Dr BEDOUHENE S.	**Maître de conférences**	**UMMTO**	**Examinatrice**

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers ***Mme Dermeche Samia*** *notre promotrice, pour son encadrement attentif et ses conseils précieux qui ont largement contribué à l'élaboration de ce mémoire. Sa disponibilité et son expertise nous ont permis de surmonter les défis rencontrés et d'approfondir nos connaissances dans ce domaine passionnant.*

Nous adressons également nos remerciements chaleureux aux membres du jury ***Mme Bedouhene Samia*** *et* ***Monsieur Bouacem. Khelifa*** *pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail de recherche et pour leurs précieuses suggestions qui ont enrichi notre réflexion.*

Nos remerciements vont également à nos familles et amis pour leur soutien indéfectible, leurs encouragements constants et leur compréhension tout au long de cette période intense.

Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui, par leur aide et leurs conseils, ont contribué à la réussite de ce projet.

Avec toute notre gratitude

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

1Présentation de la famille des cucurbitacées 3

1.1 Lapastèque *(Citrullus lanatus*) 3

1.1.1 Description botanique 3

1.1.2 Classification botanique 3

1.1.3 Variétés de la pastèque 3

1.1.4 Importance de la pastèque 4

1.1.5 Production de pastèque en Algérie 4

1.1.6 Composition et valeur nutritive de la pastèque 5

1.1.7 Composition des graines 5

1.1.8 Composition du fruit 5

1.1.9 Compositions minérales et vitaminiques de l'écorce de pastèque (*Citrullus lanatus*) 6

II.Valorisation de l'écorce de pastèque 11

Partie II : Partie expérimentale

1. Matériel et méthodes 13

1.1 Matériel 13

1.2 Méthodes 14

1.2.1 Préparation des Échantillons 14

1.2.1 Analyse physicochimique des écores de pastèque 15

1.2.2 Extractions des Composés Bioactifs 16

1.2.3 Dosage des composés phénoliques totaux 17

1.2.4 Évaluations de l'activité anti-radicalaire du (DPPH) 19

1.2.5 Évaluation de l'activité antimicrobienne 21

Résultats et discussions

1Résultats et discussion 24

1.1 Evaluation de quelques caractéristiques physico-chimiques de l'écorce interne et externe de la pastèque 24

1.2 Rendement en polysaccharides 24

1.3 Dosage des composés phénoliques totaux des extraits 25

1.4 Evaluation de l'activité antioxydante des extraits phénoliques 26

Table des matières

1.5 Evaluation de l'activité antioxydante des polysaccharides 29

1.6 Evaluation de l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur milieu gélosé 30

Conclusion et perspectives 32

Références bibliographiques

Liste des abréviations

- **ATB** : Antibiotique
- **BHIB** : Brain-Heart Infusion Broth
- **D.O** : Densité Optique
- **DPPH** : 1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl
- **EM** : Extrait de Malt
- **EE :** Extrait Externe
- **EI :** Extrait Interne
- **ET :** Ethanol
- **GN** : Gélose Nutritive
- **MHA** : Milieu Mueller Hinton Agar
- **MF** : Matière Fraiche
- **MS** : Matière Sèche
- **MM** : Matière Minérale
- **MO** : Matière Organique
- **nm** : Nanomètre
- **Ø** : Diamètre
- **PPT** : Polyphénols totaux
- **PDA**: Potato Dextrose Agar
- **SM:** Solution Mère

Liste des tableaux

Tableau I. Variétés de la pastèque 4

Tableau II. Production de la pastèque au niveau mondiale 5

Tableau III. Composition de la pastèque.....6

Tableau IV. Composition minérale de l'écorce.....6

Tableau VI . Produits, équipements, verreries, consommables et matériaux biologiques de laboratoire.....13

Tableau VII . Tableau récapitulatif des paramètres physico-chimiques des extraits des parties internes et externes de l'écorce de la pastèque.....24

Tableau VIII. Tableau récapitulatif du rendement en polysaccharides dans l'extrait éthanolique et l'extrait acidifié des parties internes et externes de l'écorce de pastèque 24

Liste des figures

Figure 01 : Structure chimique de la pectine.....8
Figure 02 : Structure chimique de la citruline 9
Figure 03. Carte de situation de la zone d'échantillonnage (Tizi Ouzou).....14
Figure 04. Photographies montant les deux parties externes et internes de l'écorce de la pastèque après séchage.....15
Figure 05. Photographies montant les deux parties externes et internes de l'écorce de la pastèque après minéralisation.....16
Figure06. Diagramme récapitulatif des étapes d'extractions des polysaccharides et des polyphénols 17
Figure07. Schéma du processus de dosage des polyphénols par la méthode de Folin-Ciocalteu des deux parties internes et externes de l'écorce de pastèque 19
Figure 08. Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH 20
Figure09. Schéma des étapes du processus de l'activité antioxydant des polyphénols de la partie externe de l'écorce de pastèque 20
Figure 10. Schéma des Étapes du Processus de l'activité antioxydant des polyphénols pour la partie interne de l'écorce de pastèque.....21
Figure 11. Repiquage des souches bactériennes sur la gélose nutritive.....22
Figure 12. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....25
Figure 13. Concentration des polyphénols dans les deux parties (interne et externe) d'écorce de pastèque dans l'extrait éthanolique.....26
Figure 14. Pourcentage de réduction de DPPH en fonction de différente concentration de l'acide ascorbique.....27
Figure 15. Cinétique de réduction du radical DPPH en fonction de la concentration de l'extrait éthanolique de la partie externe de l'écorce de la pastèque 27
Figure 16. Cinétique de réduction du radical DPPH en fonction de la concentration de l'extrait éthanolique de la partie interne de l'écorce de la pastèque 28
Figure 17. L'IC50 des extraits éthanolique de la partie interne et externe de l'écorce de pastèque 28
Figure 18. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des échantillons de la partie interne de l'écorce de pastèque dans les deux solvants utilisés.....29
Figure 19. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des échantillons de la partie externe de l'écorce de pastèque dans les deux solvants utilisés.....30

Abstract

Biological complicity meets harmonious dependence between fauna, flora and humanity. This work explores an often neglected but promising facet of botany. Although watermelon rind is generally perceived as a waste product, it reveals immense potential through its bioactive compounds. The main objective of this study is to biochemically valorize watermelon rind, exploring its often under estimated properties for future innovative and sustainable applications. Quantitative analysis using Folin's reagent revealed that polyphenol content was higher in the ethanolic extract of the inner part (91.44µg/ml) compared to that of the outer part (50.56µg/ml). Evaluation of antioxidant activities, using the DPPH method, showed that the inner bark had remarkable anti-free radical activity, with an IC50 value of 14.40 µg/ml compared with that of the outer (22.21µg/ml). Polysaccharides were also extracted from both the inner and outer parts, with yields averaging 56.80 mg/gMS for the inner part and 39.36 mg/gMS for the outer part. When the antibacterial activity of the extracts was assessed using the agar diffusion method from wells, a maximum inhibition zone of 7mm was observed for the diluted external extract against *Bacillus cereus*.

The valorization of watermelon rind reveals a significant potential in antioxidant compounds and a source of polysaccharides that could find applications as food preservatives, cosmetics and sustainable industrial materials. These prospects encourage the reduction of food waste and the promotion of a more sustainable circular economy.

Key words: watermelon peel, valorization, antioxidant activity, antibacterial, activity, food waste.

Introduction

Introduction

L'utilisation de la biomasse dans diverses industries de transformation alimentaire entraîne la production de bios déchets. De plus, on suppose que 5,5 millions de tonnes de bio déchets sont produites par la transformation des légumes et des fruits lors de chaque phase de transformation dans les industries alimentaires, est considérée comme une source continue de carbone présente sur terre. L'utilisation efficace de la biomasse peut être considérée comme une ressource neutre qui entraîne une réduction des émissions de CO_2.Les fruits et légumes sont l'exemple le plus courant de biomasse utilisée en grande quantité et responsable de la génération d'énormes quantités de déchets contenant une teneur élevée en humidité et une charge microbienne élevée .Une élimination inappropriée de ces déchets organiques peut donc entraîner la libération de gaz à effet de serre comme le méthane et des composés volatils lors de leur décomposition dans les décharges, ce qui contribue au changement climatique. De plus, l'accumulation de déchets organiques peut entraîner de mauvaises odeurs et une croissance de bactéries et de champignons nocifs pouvant présenter des risques pour la santé des êtres humains mais aussi des animaux (Bains et *al.*, 2023).

Parmi les fruits et légumes, nous avons choisi la pastèque (*Citrullus lanatus*), l'un des fruits tropicaux les plus connus et les plus consommés au monde. Elle est largement cultivée à travers le monde, avec un taux de production de 7 %, se classant ainsi juste après la tomate. Appartenant à la famille des Cucurbitacées, qui comprend environ 130 genres et 800 espèces, la pastèque est composée de 68 % de chair, 2 % de graines et 30 % d'écorce (Fierascu et *al*., 2020).

L'écorce de pastèque est considérée comme un déchet agricole généralement jetée ce qui entraîne une perte de biomasse. Cette dernière représente une excellente source de vitamines, telles que la vitamine A et C mais aussi les minéraux Phosphore et Calcium (Gladvin et *al*.,2017). Il possède une grande quantité de composés bioactifs telle que les pectines, le lycopène, le Bêta-carotène, Vitamine C et les polyphénols. Les composés nutraceutiques observés dans l'écorce de pastèque possèdent des propriétés antidiabétiques, anti-inflammatoires, anticancéreuses et antioxydante ainsi que des phytonutriments bénéfiques pour la santé cardiovasculaire (Ramaiyan et Kour, 2023).

Au vu de leurs abondances et richesse d'une part, et afin de remédier aux problèmes de pollutions qu'elles peuvent engendrer d'autre part, cette étude est focalisée sur la valorisation de ces écorces de la pastèque. Le présent mémoire est alors subdivisé en trois parties :

La première partie de ce travail est dédiée à une revue bibliographique sur la pastèque en général, avec un accent particulier sur l'écorce. Cette section présente une analyse détaillée des composants de l'écorce, ainsi que de ses diverses propriétés biologiques et des possibilités de valorisation dans différents domaines.

La deuxième partie décrit le matériel utilisé ainsi que les différentes techniques et méthodes employées pour l'extraction et le dosage des polyphénols. Elle couvre également l'évaluation des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits internes et externes de l'écorce de pastèque.

La troisième partie est consacrée à la discussion des résultats obtenus au cours de cette étude, en analysant leur signification et leurs implications dans le contexte des connaissances existantes.

Une conclusion générale sera présentée à la fin de ce travail, mettant en avant les principaux résultats obtenus. Des perspectives futures seront également proposées pour explorer davantage les pistes de recherche identifiées.

Partie I

Synthèses bibliographique

Chapitre 1

Généralités sur la pastèque

1 Présentation de la famille des cucurbitacées

La famille des cucurbitacées est formée d'environ 130 genres et 800 espèces, parmi eux les courges, les pastèques, les citrouilles, les melons et les tomates. Ces espèces sont cultivées dans les endroits chauds du monde,90% de ces variétés se trouvent dans trois zones principales : L'Afrique, Madagascar, l'Amérique (centrale et sud) et enfin l'Asie du sud-Est et la Malaisie Ce sont des plantes herbacées annuelles dicotylédones grimpants ou rampants à croissance rapide, portant des feuilles aux lobes palmés, des vrilles hélicoïdales et des fleurs souvent voyantes, unisexuées. Leurs caractéristiques les rendent aisément reconnaissables, avec de longues tiges non ligneuses, les fleurs habituellement colorées jaunâtres ou blanchâtres, ne s'ouvrent que pendant un court laps de temps. Le fruit est entouré d'une écorce dure caractéristique enveloppant une pulpe charnue avec de nombreuses graines. Elle constitue une source d'alimentation importante pour les êtres humains **(**Ozuna et Galván, 2017).

1.1 Lapastèque *(Citrullus lanatus***)**

1.1.1 Description botanique

La pastèque est une plante herbacée annuelle qui appartient à la famille des (Cucurbitacées), de son nom scientifique *Citrulluslanatus* ou *C. vulgaris*, "Watermelon"en anglais ou "melon d'eau". C'est l'une des plus importantes cultures maraichères, largement répondue par le monde. Au début, elle été cultivée dans les pays chauds et secs, tropicaux et méditerranéens, pour ensuite être introduite dans les régions chaudes et humides. Le fruit est gros, rond, ovale ou oblong, la peau est lisse avec une écorce vert foncé ou striée de vert pale qui devient vert jaunâtre à maturité **(**Gladvin et *al*., 2017). Une pastèque ordinaire possède à peu près 68 % de chair ou de pulpe, 30 % d'écorce et 2% de graine.

1.1.2 Classification botanique

Règne : Plantae.
Division : Magnoliophyta.
Classe : Magnoliopsida.
Ordre : Cucurbitales.
Famille : Cucurbitaceae.
Genre : Citrullus.
Espèce : lanatus

1.1.3 Variétés de la pastèque

À l'échelle mondiale, il existe environ 1 200 cultivars de pastèque couramment consommés. Dans le tableau 1, nous avons sélectionné quelques variétés en fonction de leur popularité, de leur disponibilité sur le marché, de leurs caractéristiques spécifiques (couleur de la chaise, goût, teneur en eau, etc.), et de leur adaptation à différentes conditions climatiques. Elles se différencient en fonction de la couleur de la chaise ; cette différence entre les cultivars peut également être basée sur le génotype, les situations environnementales, les facteurs avant et après la récolte, et le stade de maturité (Nadeem et *al*., 2022).

Tableau I. Quelques variétés de la pastèque (Chomicki et *al*.**,** 2020)

Variétés et caractéristiques correspondantes	***Photographies***
Pastèque crimson sweet La Crimson Sweet se caractérise par une peau verte marbrée et une chaise très rouge, juteuse et sucrée. Son poids varie entre 11 à 14 kg	
Pastèque Sugar baby À maturité, cette variété présente une peau vert foncé presque noire, avec un diamètre variable et un poids pouvant atteindre jusqu'à 4 kg.	
Pastèque charleston gray Une peau vert clair Marbré avec un poids de 12 à 20 kg	

1.1.4 Importance de la pastèque

La pastèque est largement consommée, notamment en Asie où sa consommation par habitant est trois fois plus élevée qu'ailleurs. Elle se prête à diverses préparations culinaires telles que les salades, desserts et plats cuits. Elle est également utilisée pour l'alimentation du bétail, surtout en période de famine. L'écorce de pastèque est consommée dans plusieurs pays sous différentes formes : séchée, tranchée, cuite ou marinée. En Chine, elle est préparée sautée avec des épices. Les graines sont une source précieuse de protéines, de minéraux et de vitamines, et sont utilisées pour produire des huiles et farines alimentaires. La pastèque, riche en vitamine C, possède des propriétés hydratantes et antioxydantes, ce qui en fait un ingrédient prisé dans l'industrie cosmétique (Nadeem et *al*., 2022)

1.1.5 Production de pastèque en Algérie

Avec une production de 2,20 millions de tonnes de pastèques, l'Algérie se positionne comme le premier producteur de ce fruit dans le monde arabe, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Le tableau 2 montre la position de l'Algérie à l'échelle mondiale (FAO, 2023).

Tableau II. Production de la pastèque au niveau mondiale (FAO,2023)

Pays	Production (Tn)
Chine	61 755 746
Turquie	4 031 171
L'inde	2 520 000
Brésil	2 244 001
Algérie	2 095 757
Russie	1 969 954
Etats-unie	1 771 051
Mexique	1 472 459
Iran	1 459 698
Egypte	1 431 919

1.1.6 Composition et valeur nutritive de la pastèque

La pastèque est l'un des fruits les plus consommés dans le monde. Il contient 91 % d'eau et 7 % de glucides, tout en étant riche en lycopène et en citrulline, cette dernière étant présente en quantité plus élevée dans l'écorce. Sur le plan nutritionnel, la pastèque est une source importante de vitamine A, de vitamine C, ainsi que du complexe vitaminique B (thiamine, riboflavine, niacine, acide pantothénique, vitamine B6 et folate). Sa composition minérale comprend le calcium, le fer, le magnésium, le phosphore, le potassium et le zinc. En outre, elle contient des acides gras et des huiles fortement insaturés, ainsi que des acides aminés tels que l'arginine, la glutamine et l'acide aspartique. Elle contient également des flavonoïdes, des alcaloïdes, des glycosides, des saponines, des tanins et des phénols (Dubey et al., 2022).

1.1.7 Composition des graines

Les graines de pastèque ont une grande valeur nutritionnelle en raison de leur teneur élevée en protéines, en huile, en citrulline, en caroténoïdes et en lycopènes et en tant que source importante de vitamine C, de niacine, de folate et de fibres alimentaires. Selon Oyenihi et *al*. (2021) et Francis et *al*. (2019) les extraits de graines protègent contre la toxicité hépatique induite par le paracétamol.

Par ailleurs, Francis et *al.*, (2019) ont démontré que les extraits de graines de *Citrullus lanatus* ont des potentiels anti-hyperglycémiques et hypolipidémiques chez les rats diabétiques.

1.1.8 Composition du fruit

Citrullus lanatus est riche en eau (91, 45%) (Alka et *al*., 2018), elle comprend des macronutriments comme les protéines, les fibres alimentaireset les glucides (Bhavisha et Patel ,2019). Le tableau ci-dessous donne la composition biochimique du fruit *Citrulluslanatus.* (Bhavisha et Patel, 2019).

Tableau III. La composition de la pastèque pour 100 de partie comestible (Erhirhie et Ekene, 2014)

Nutriments	**Valeur par 100 g**
Energie	32
Eau	91,5
Protéines	0,6
Lipides	0,4
Glucides	7,55
Fibres	0,4
Sucres totaux	6,2
Thiamine	0,08
Calcium	8
Phosphore	9
Fer	0,17
Acide ascorbique	9,6

1.1.9 Compositions minérales et vitaminiques de l'écorce de pastèque (*Citrullus lanatus*)

L'écorce comestible représente environ 40 % de la masse totale de la pastèque, est une source riche en divers composés chimiques bénéfiques pour la santé. Dans les tableaux ci-dessous un aperçu détaillé de sa composition biochimique (Kassim et *al*., 2021).

Tableau IV. Composition minérale et vitaminique de l'écorce de la pastèque (Gladvin et al., 2017).

Minéraux et vitamines	Croûte mg/100g
Phosphore	135,24
Calcium	29,15
Sodium	12,65
Magnésium	1,48
Potassium	1,37
Manganèse	1,42
Zinc	1,29
Fer	1,29
Cuivre	0,45
(vitamine A)	52,13
(vitamine C)	8,46
(vitamine B6)	5,34
(vitamine B3)	4,25
(vitamine B2)	2,71
(vitamine B1)	1,23

Les vitamines sont des molécules organiques de faible poids moléculaire indispensable pour les fonctions biologiques : la construction, le fonctionnement et le maintien de l'organisme. Les carences en vitamines sont responsables de maladies graves initialement attribuées à des agents toxiques ou infectieux.

La teneur de ces vitamines et minéraux a été déterminée grâce à la méthode Spectrophotométrique Gladvin et *al*. (2017) ont remarqués que l'écorce de pastèque est une meilleure source de vitamine (A et C) et de minéraux (Phosphore et Calcium) contrairement à Koocheki et *al*. (2007) qui sont constatés que les vitamines (A et B) ont une composition similaire plus élevée dans la graine que dans l'écorce.

1.1.4. Polysaccharides

Les glucides, ou saccharides, sont les molécules biologiques les plus abondantes, connues pour leur biodégradabilité et non-toxicité. Les polysaccharides, constitués d'au moins dix monosaccharides, se trouvent dans divers organismes et ont des applications en alimentation, médecine et science des matériaux. Ils possèdent des propriétés bénéfiques comme des effets antioxydants, anti-inflammatoires et immunorégulateurs (Wang et *al.*, 2024). Ils jouent également un rôle dans la régulation de l'activité cellulaire et enzymatique (Colliec et *al.*, 2004).

L'extraction des polysaccharides varie selon leurs propriétés, avec des méthodes comme l'extraction à l'eau chaude, aux ultrasons, enzymatique ou assistée par micro-ondes. Cependant, certaines techniques peuvent entraîner une dégradation des polysaccharides. Des méthodes combinées, comme l'extraction enzymatique assistée par ultrasons, offrent de meilleures alternatives (Wang et *al*., 2024). La purification se fait par chromatographie sur colonne ou d'affinité (Wang et *al.*, 2024).

L'écorce de pastèque, riche en pectine et fibres, présente un potentiel commercial en tant que source de bioéthanol, biochar et biosorbant, plutôt que d'être considérée comme un simple déchet agricole. Elle contient également des antioxydants, des acides aminés et de la pectine, notamment la citrulline (Xiaofen et Jessica, 2022).

I.1.4.1. Pectines

La pectine est un polymère structurel complexe composé principalement d'acide d-galacturonane (GalA), qui existe naturellement dans la paroi cellulaire primaire (sous trois formes d'homogalacturonane (HG), de rhamnogalacturonane I (RG-I) et de rhamnogalacturonane II (RG-II)). Ce sont des polysaccharides largement présents dans la paroi cellulaire primaire et la couche intercellulaire de nombreux fruits comme l'écorce de pastèque (*Citrulluslanatus*) et les légumes(Figure1)

La pectine, l'un des glucides les plus abondants présents dans les écorces, peut être utilisée comme polymère biodégradable pour développer de nouveaux emballages alimentaires, et les composés bioactifs extraits peuvent être facilement ajoutés directement ou indirectement aux aliments pour augmenter leur durée de conservation (Mariana et *al*., 2022).

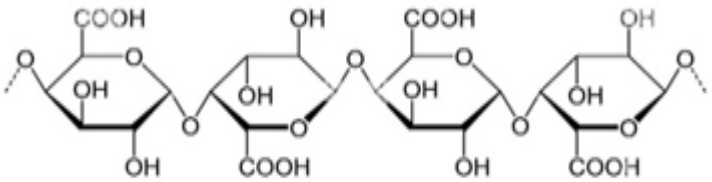

Figure 01 : Structure chimique de la pectine (Harholt et *al*., 2010)

I1.4.2. Fibres

Les fibres alimentaires sont un composant alimentaire complexe, comprenant des polymères et des oligomères glucidiques, qui constituent les composants non digestibles des aliments. Toutes les fibres alimentaires résistent à la digestion dans l'intestin grêle et passent intactes dans le gros intestin mais diffèrent par leurs caractéristiques physicochimiques qui déterminent leur fonctionnalité dans l'intestin et leur degré d'accessibilité par des microbe (Venter et *al.*, 2022)

Des études récentes ont mis en lumière les avantages des fibres alimentaires sur le fonctionnement métabolique et la réduction de l'inflammation à faible intensité dans les troubles métaboliques, en modifiant la composition du microbiote intestinal. En effet, l'apport à court et à long terme de fibres alimentaires est associé à une diminution du taux de cholestérol, à une amélioration de la tolérance au glucose et à une réduction de l'inflammation métabolique (Atukorala et *al*., 2016)

I.5. Citrulline

La citrulline (figure 2) est un acide alpha-aminé neutre et non essentiel qui est un composant important du cycle de l'urée dans le foie et les reins. La citrulline est considérée comme un piégeur de radicaux et un osmolyte puissant et contre la sécheresse et le stress salin (Makaepea et *al*., 2019).

Odewunmi et *al*. (2015) ont rapporté que la citrulline est produite naturellement dans l'organisme par une réaction enzymatique de la L-glutamine et qu'elle est principalement absorbée dans l'intestin (Odewunmi et *al*., 2015**)**

La citrulline n'est pas couramment trouvée dans les fruits comestibles, bien qu'elle ait été trouvée à des concentrations nettement plus élevées dans l'écorce de pastèque que dans la pulpe (Imando et Perkins, 2005). L'écorce interne est constituée d'une grande quantité de citrulline. Certaines personnes souffrent d'une carence en arginine, c'est pourquoi la production d'extraits ou de compléments nutritionnels contenant du zeste de pastèque a été envisagée pour traiter ce type spécifique de carence, pour cela la citrulline s'est révélée efficace dans des domaines tels, la pharmacologie, l'immunologie et la neurologie. En tant qu'acide aminé, il est important pour les jeunes adultes souffrant de traumatismes, de brûlures, de résections massives de l'intestin grêle et d'insuffisance rénale. Il s'est également avéré important dans la prévention de l'anémie (Makaepea et *a*l., 2019). Par ailleurs, une recherche menée par Moinard et *al*. (2017), portant sur des rats âgés et malnutris, a révélé une augmentation de la masse et de la force musculaire et de l'activité locomotrice après les avoir nourris avec un régime enrichi en citrulline.

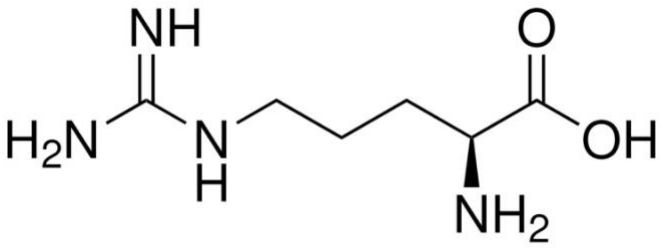

Figure 02 : Structure chimique de la citruline (Nakashima et *al*., 2019)

2 Bioactivités des composants de l'écorce de la pastèque

2.1 Activités antioxydantes

L'activité antioxydante est un processus biologique crucial qui protège les cellules du corps contre les dommages causés par les radicaux libres. Lorsque les radicaux libres s'accumulent en excès, ils peuvent endommager les cellules et contribuer au développement de diverses maladies. Les composés de l'écorce de pastèque (*Citrullus lanatus*) tels que les caroténoïdes (lycopène, β-carotène) et les composés phénoliques (flavonoïdes et tannins) possèdent une capacité importante à piéger les radicaux libres. Afin d'estimer cette activité différents tests ont été adoptés en utilisant des radicaux synthétiques tels que DPPH et l'ABTS (Toupal et Coşansu , 2023). Les écorces de pastèque contiennent des composés phénoliques, flavonoïdes, pectines et de la vitamine C, qui sont connus pour leur capacité à neutraliser les radicaux libres. Ces antioxydants protègent les cellules contre les dommages oxydatifs, réduisant ainsi le risque de maladies chroniques comme les maladies cardiovasculaires et certains cancers (Liu et al., 2021). Les études ont montré que les extraits de la peau de pastèque présentent une activité antioxydante significative (Deng et al., 2019)

2.2. Activités antimicrobiennes

De nos jours, il y' a un grand progrès dans l'utilisation des plantes pour la fabrication d'antibiotiques et de médicaments pour le traitement de plusieurs infections dues aux divers pathogènes. Dans le but de rechercher *in vitro* l'activité antimicrobienne des composés naturels d'extraits de plantes sur des agents pathogènes, la méthode de diffusion sur milieu solide à partir des disques est la plus utilisée pour estimer ces activités.

Les polyphénols sont abondants dans les extraits de plantes et sont souvent reconnus comme antioxydants, mais ils peuvent également être classés comme antimicrobiens. Ces composés démontrent des propriétés inhibitrices contre les bactéries responsables de la détérioration des aliments et les agents pathogènes susceptibles de provoquer des maladies d'origine alimentaire (Athanasiadis et *al*., 2023)

Les écorces de pastèque présentent une activité antibactérienne significative contre une variété de bactéries Gram-positives et Gram-négatives. Cette activité est principalement

attribuée à la présence de composés bioactifs. Des études ont montré que les extraits méthanoliques de pelure de pastèque peuvent inhiber la croissance de bactéries pathogènes comme *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, en perturbant leurs membranes cellulaires (Akin et *al*., 2019 ; Mabeku et *al*., 2019).

Chapitre II

Valorisation de l'écorce de pastèque

II. Valorisation de l'écorce de pastèque

La recherche de solutions durables pour la gestion des déchets et l'utilisation efficace des ressources naturelles, l'écorce de pastèque émerge comme une source précieuse. Souvent négligée et considérée comme un simple déchet de la consommation de ce fruit juteux, l'écorce de pastèque recèle en réalité un potentiel immense de valorisation dans divers domaines, allant de l'alimentation à l'industrie cosmétique. Le tableau ci-dessous explore les multiples applications de l'écorce de pastèque.

Domaine	Application	Méthode	Résultat	Références
Alimentaire	Beurre de fruit	Préparation en cuisant du sucre avec de la pulpe d'écorce de pastèque, ajoutant des épices et de l'acide citrique. Comparaison de différents échantillons avec des proportions variées de pomme et écorce de pastèque.	Produit équilibré et apprécié, capable d'améliorer la durée de conservation et la qualité nutritionnelle par incorporation complète de l'écorce	Dubey et *al.*, 2022
	Biscuits à base de farine d'écorce	Substitution partielle de la farine de blé raffinée par de la farine d'écorce de pastèque pour créer des biscuits enrichis en fibres et minéraux.	Augmente la teneur en fibres, calcium, fer et phosphore. Améliore la qualité nutritionnelle et diversifie l'offre alimentaire.	Dubey et *al.*, 2022
	Confiture	Mélange d'écorce avec du sucre, cuisson avec ajout d'acide citrique et pectine pour améliorer la texture. Confitures stockées dans des bouteilles stérilisées.	Produit de haute qualité avec une saveur améliorée et des caractéristiques nutritionnelles bénéfiques grâce à l'utilisation de l'écorce	Parveen et *al.*, 2012
		Utilisation des écorces dans la formulation de chips avec des	Amélioration de la santé digestive et de l'apport nutritionnel, avec	

	Chips diététiques	farines composites, augmentant les composés phénoliques et l'activité antioxydante par rapport aux chips traditionnelles.	une utilisation fonctionnelle pour la santé publique.	Hema et *al.*, 2021
Cosmétique	Gel hydratant	Préparation de gel hydratant avec 0%, 2.5%, 5% et 10% d'extrait ; tests sur souris pour mesurer élasticité, sébum et hydratation de la peau	Augmentation de l'élasticité, du sébum et de l'hydratation de la peau ; concentration de 10% offrant les meilleurs résultats.	Simamora et *al.*, 2022
Production de bioéthanol	Bioéthanol par fermentation	Utilisation de la cellulose et de l'hémicellulose des écorces de pastèque ; optimisation des paramètres de fermentation (concentration de substrats, température, vitesse d'agitation).	Production de bioéthanol avec des propriétés favorables pour l'environnement ; alternative aux combustibles fossiles avec un faible impact écologique.	Kassim et *al.*, 2021
Production d'aliment pour bétail	Fermentation microbienne (fongique et bactérienne)	Fermentation avec *Aspergillus niger et Mucor sp.* ; optimisation des conditions de croissance (température, pH) et ajout de nitrate d'ammonium pour stimuler la croissance fongique.	Amélioration de la teneur en protéines et composition nutritionnelle des écorces de pastèque ; possibilité d'utilisation pour l'alimentation de bétail (volaille, chèvres, porcs, moutons, poissons).	Ekloh et Yafetto, 2024

Partie II

Partie expérimentale

1. Matériel et méthodes

Lieu et objectif de l'étude

Le travail expérimental de ce mémoire a été effectué au sein du laboratoire de recherche de Biochimie Analytique et Biotechnologies (LABAB) à l'université de Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou (UMMTO), Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques, durant la période comprise entre avril et juin de l'année 2024. L'objectif de cette présente étude est l'évaluation de l'analyse physico-chimique et de quelques activités biologiques des composés phénoliques de l'écorce de pastèque (*Citrullus lanatus*).

1.1 Matériel

Le tableau ci-dessous montre tout le matériel utilisé durant notre étude

Tableau VI. Produits, équipements, verreries, consommables et matériaux biologiques

Solvants	L'éthanol (pur à 96 %)
Réactifs	DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) Folin-Ciocalteu Carbonate de sodium Na 2CO 3 Chlorure de sodium (NaCl)
Milieux de culture	Gélose Mueller Hinton (MH) Gélose nutritive (GN) Eau physiologique
Appareils de laboratoire	Centrifugeuse pour la séparation des extraits. Spectrophotomètre UV- visible pour la mesure des absorbances. Balance analytique pour la pesée précise des échantillons Balance de précision Agitateur magnétique Autoclave Etuve 37°C et 38°C et 105° Bain-marie Evaporateur rotatif Le concentrateur à vide (Speed Vac) Bec Bunsen Réfrigérateur Broyeur électrique Four à moufle à 550°C
Verreries et consommables	Béchers (50 ml, 100 ml) Pipettes graduée (20 ml) Pipettes automatiques (10-100 µL, 100-1000 µL) Pipettes Pasteur Eppendorfs

	Tubes à essai Flacons de stockage Eprouvette Anse de platine Boites de pétri Ecouvillons Mortier en porcelaine Spatule en inox Flacon ECBE Tissu mousseline Creuset
Matériel végétal	L'écorce de pastèque (*Citrullus lanatus*)
Souches bactériennes	*Staphylococcus aureus, Bacillus cereus*

1.2 Méthodes

Les méthodes expérimentales ont été conduites en plusieurs étapes, incluant l'extraction des composés bioactifs, les analyses biochimiques et les essais biologiques. Chaque étape a été réalisée en utilisant les produits, équipements, verreries, consommables et matériaux biologiques mentionnés ci-dessus.

1.2.1Préparation des Échantillons

- **Collecte et préparation de l'écorce**

Citrullus lanatus collectées pendant la saison estivale, cette période a été choisi vue les conditions idéales pour la culture et la maturité. Ce dernier a été acheté du marché local de la wilaya de Tizi-Ouzou (figure 03). *Citrullus lanatus* est collectées pendant la saison estivale, cette période a été choisie vue les conditions idéales pour la culture et la maturité. Ce dernier a été achetés du marché local de la wilaya de Tizi Ouzou. Cette étude ce vocalise sur la valorisation des composés biochimiques de l'écorce de pastèque. Après le lavage et la séparation de l'écorce de la pulpe les deux parties de l'écorce interne et externe ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique.

Figure03. Carte de situation de la zone d'échantillonnage (Tiziouzou).

1.2.1 Analyse physicochimique des écores de pastèque

- **Détermination de la teneur en eau**

La détermination de la teneur en eau est un processus crucial pour comprendre les propriétés physico-chimiques des matériaux. La méthode de séchage est couramment utilisée pour déterminer la teneur en eau d'un échantillon. Cette dernière implique la mesure de la perte de poids de l'échantillon après séchage à 105ºC jusqu'à ce que le poids devienne constant.

- **Mode opératoire**

Une quantité de 30g d'échantillon pour chaque partie d'écorce (partie interne et externe) est portée dans des boites de pétri en verre. Mettre l'échantillon est ensuite soumis au séchage dans une étuve réglée a 105 ºC pendant 1h. On refait l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant. La figure 04 montre la texture de l'échantillon après le séchage.

- **Expression des résultats**

La teneur en eau est calculée selon la formule suivante :

$$\mathbf{TE\%} = \frac{MF - MS}{MF} \times \mathbf{100}$$

Soit :

TE : Teneur en eau

MF : Matière fraiche

MS : Matière sèche

Figure04. Photographies montants les deux parties externe et internes de l'écorce de la pastèque après séchage. A) Partie externe ; B) Partie interne

- **Détermination de la teneur en cendre et en matière organique**

La teneur en cendres représente la quantité de matière minérale contenue dans un échantillon après combustion complète de la matière organique.

Les deux parties interne et externe ont été calcinées à 550^0 C dans un four à moufle pendant 24h

- ## Mode opératoire

Les résidus obtenus après séchage sont placés dans un creuset. Ce creuset est ensuite introduit dans un four à moufle, réglé à une température de 550°C, où il est laissé pendant 24 heures. Une fois ce temps écoulé, le creuset est retiré du four et la masse finale des résidus est mesurée pour obtenir le poids final. (Figure 05)

- ## Expression des résultats

MO= MS-MM

MO : Matière organique **MM :** Matière minérale

Figure 05. Photographies montant les deux parties externes et internes de l'écorce de la pastèque après minéralisation. A) Partie externe ; B) Partie interne.

1.2.2 Extractions des Composés Bioactifs

- **Préparation des extraits phénoliques**
  - **Macération**

Cette méthode est une opération qui consiste à laisser séjourner la matière végétale (broyat) dans l'éthanol absolu et l'acide pour en extraire les principes actifs (composé phénoliques et flavonoïdes) et polysaccharides, pendant 24h.

  - **Filtration**

Concernant les polysaccharides, de l'éthanol à 96° est additionné aux flacons, puis agité le mélange pendant une heure. Les mixtures sont ensuite filtrées.

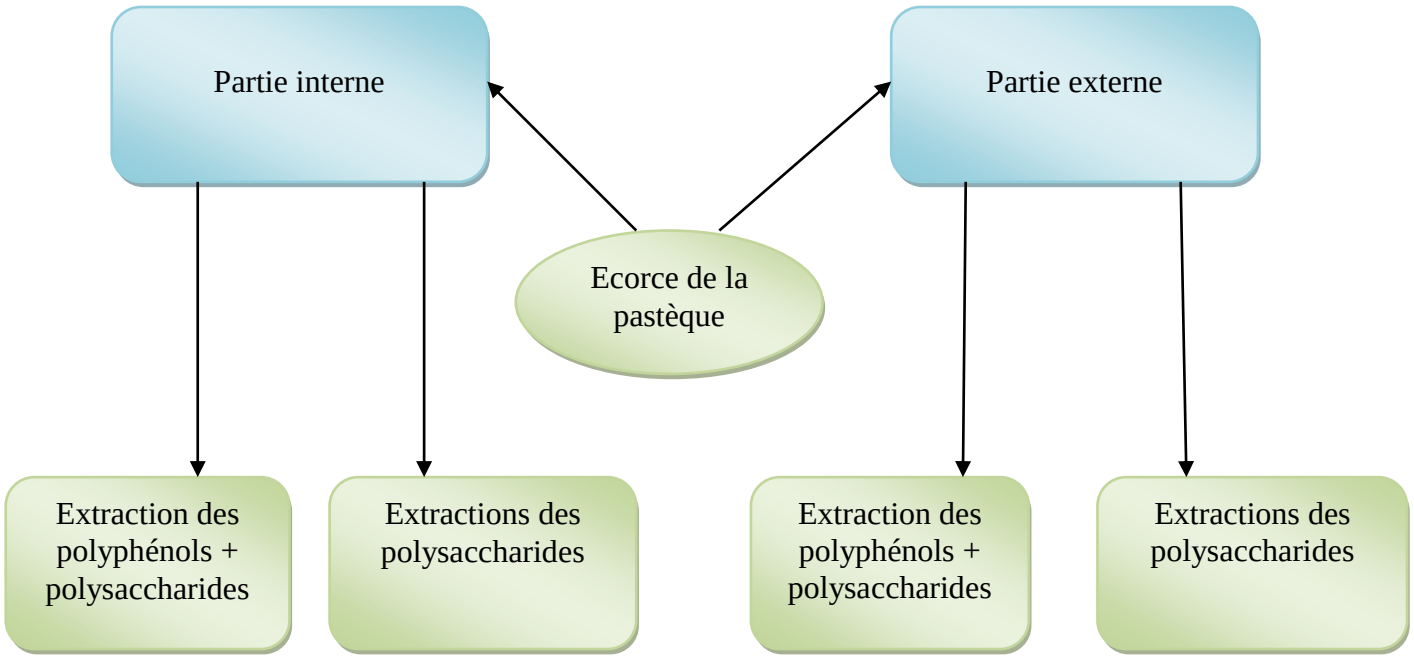

Figure 06. Diagramme récapitulatif des étapes d'extractions des polysaccharides et des polyphénols

- **Centrifugation**

Concernant les polysaccharides, de l'éthanol à 96° est additionné aux flacons. Après 24h, toutes les quatre mixtures sont transférées dans des tubes puis centrifugées à une vitesse de 8000 rpm pendant 10 min. Après centrifugation, les deux extraits éthanoliques des deux parties interne et externe de l'écorce de pastèque sont séparés des polymères.

- **Rotavapeur**

Les extraits phénoliques obtenus sont ensuite concentrés au Rotavapeur dans le but de concentrer partiellement une solution.

- **Séchage du culot**

Après centrifugation et lavages, le culot obtenu a été soigneusement transféré dans des boîtes de Pétri et placées dans une étuve préchauffée à 40°C pendant 30 minutes pour éliminer toute l'humidité restante. Le culot séché a ensuite été réduit en poudre fine à l'aide d'un mortier et d'un pilon.

1.2.3 Dosage des composés phénoliques totaux

- **Principe**

L'estimation de la teneur en composés phénoliques a été réalisée selon la méthode colorimétrique de Folin Ciocalteu décrite par (singleton et rossi, 1996). Le réactif de Folin Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange de deux acides : l'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et l'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols, en un mélange stable d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). Cette coloration bleuâtre produite, dont l'absorption maximale est au voisinage de 765 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux.

La quantification des PPT a été faite à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire (Y= ax) dont (Y) correspond à la (DO) de l'extrait, tandis que (x) correspond à sa concentration. La courbe est réalisée dans les mêmes conditions que celles de l'échantillon, en utilisant l'acide gallique comme standard.

- **Protocole**

Le dosage des polyphénols illustré dans la figure ci-dessous, est déterminé par la technique deFolin-Ciocalteu rapportée par (macheixet *al.,* 1990) avec quelques modifications:

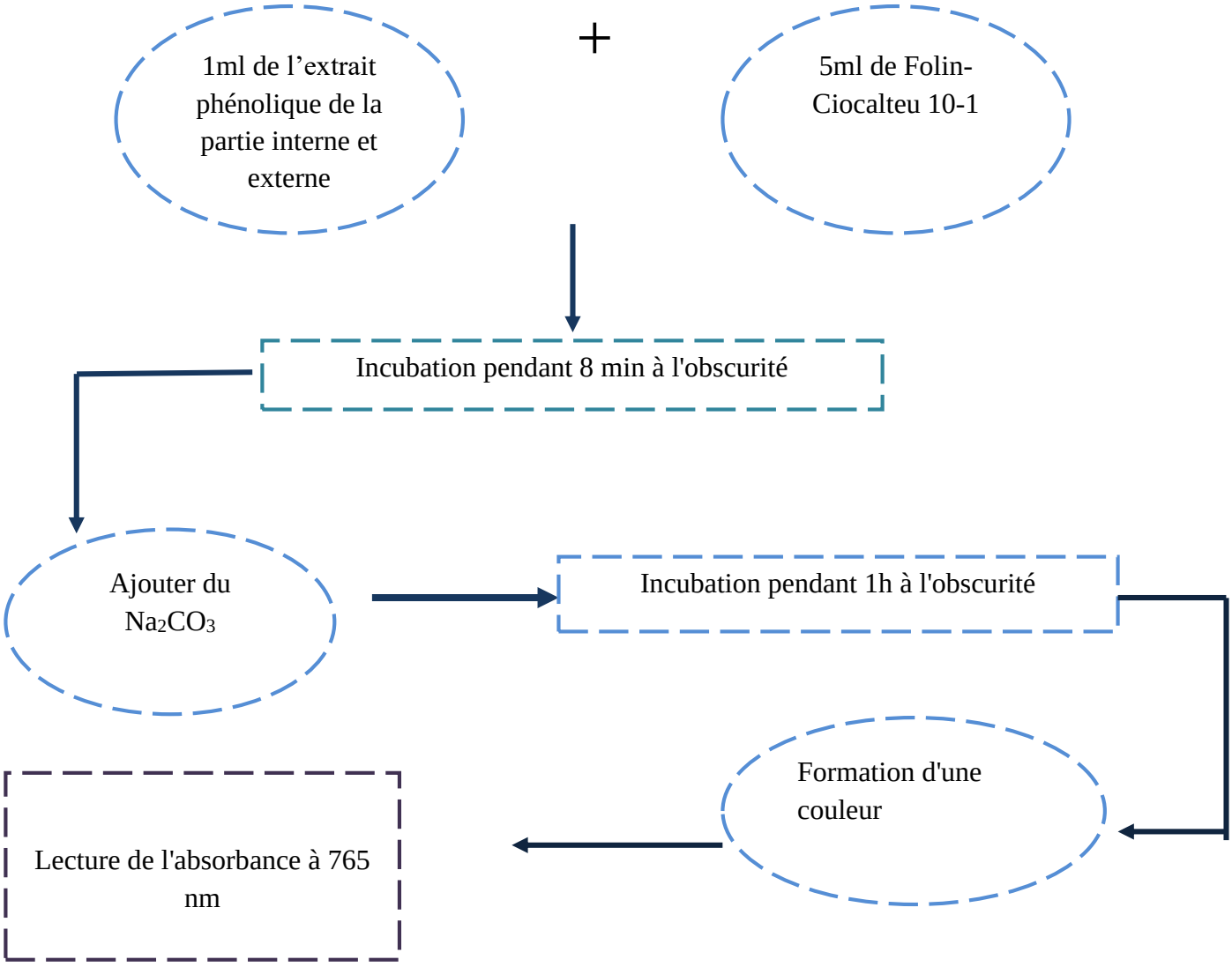

Figure 07. Schéma du processus de dosage des polyphénols par la méthode de Folin-Ciocalteu des deux parties internes et externes de l'écorce de pastèque

1.2.4 Évaluations de l'activité anti-radicalaire du (DPPH)

- **Principe**

C'est une méthode basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), qui est un radical libre stable non biologique, dont la solution est caractérisée par une coloration violette (pourpre) et une absorption à 517nm. Une fois la solution de DPPH est mélangée avec une substance antioxydant, cette dernière agit en transférant un atome d'hydrogène, ce qui conduit à la réduction du DPPH à la formed'hydrazine (non radical). Ceci provoque la perte de la coloration violette en coloration jaune pâle figure 22. Plus la perte de couleur est élevée plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort. Ce passage, de la première forme à la deuxième, est accompagné d'une

diminution de l'absorbance qui peut exprimer le pourcentage de réduction de DPPH. (ARAB et al., 2013; ADDAB et *al*., 2020 ; ANTUNES et al., 2020).

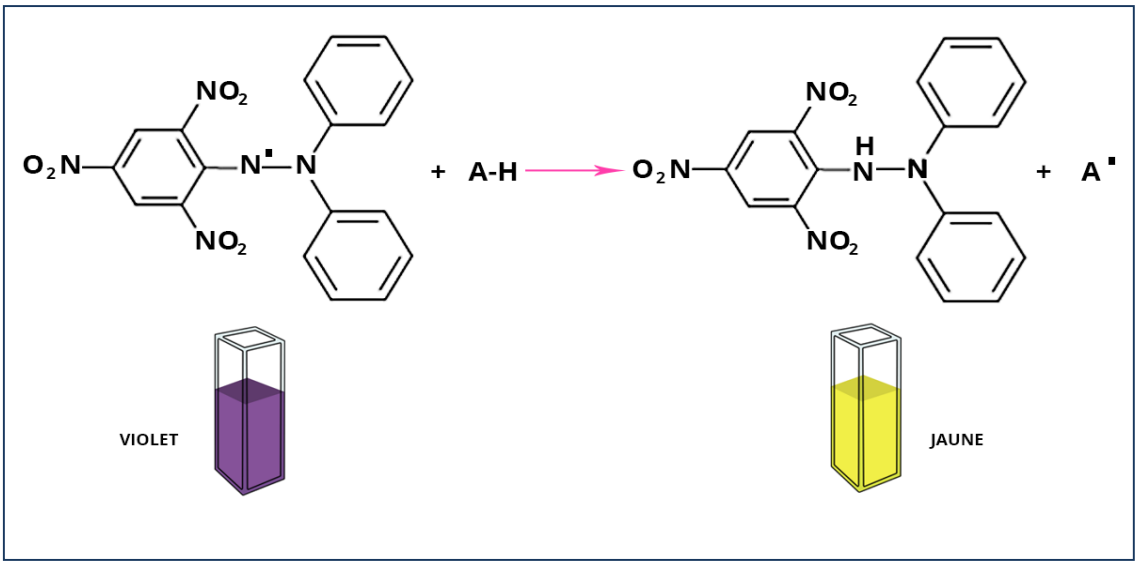

Figure 08. Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH

- **Protocole :**

  Le protocole expérimental est résumé dans les figures 9 et 10

➢ **Pour la partie externe**

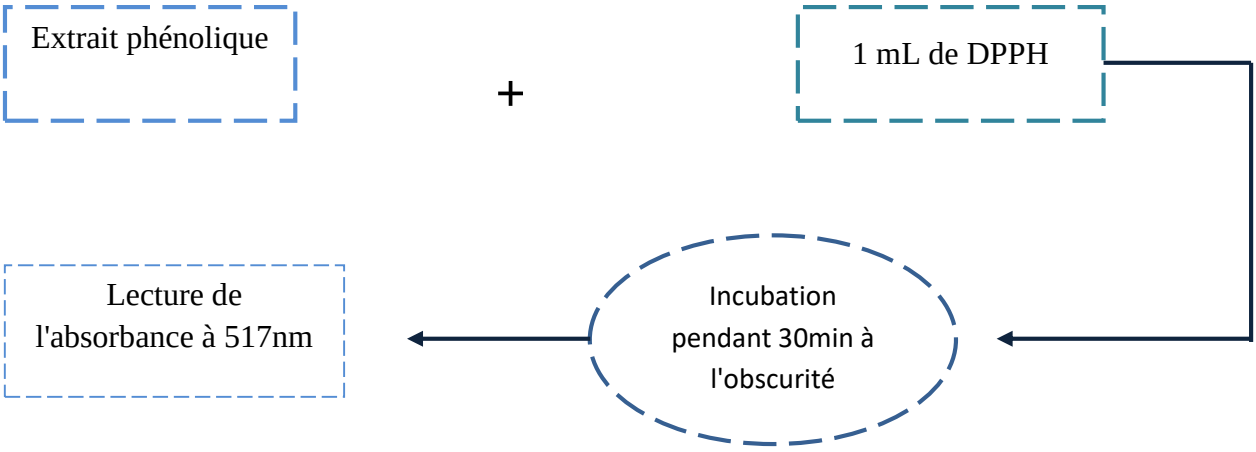

Figure 9. Schéma des Étapes du Processus de l'activité antioxydant des polyphénols de la partie externe de l'écorce de pastèque

➢ **partie interne**

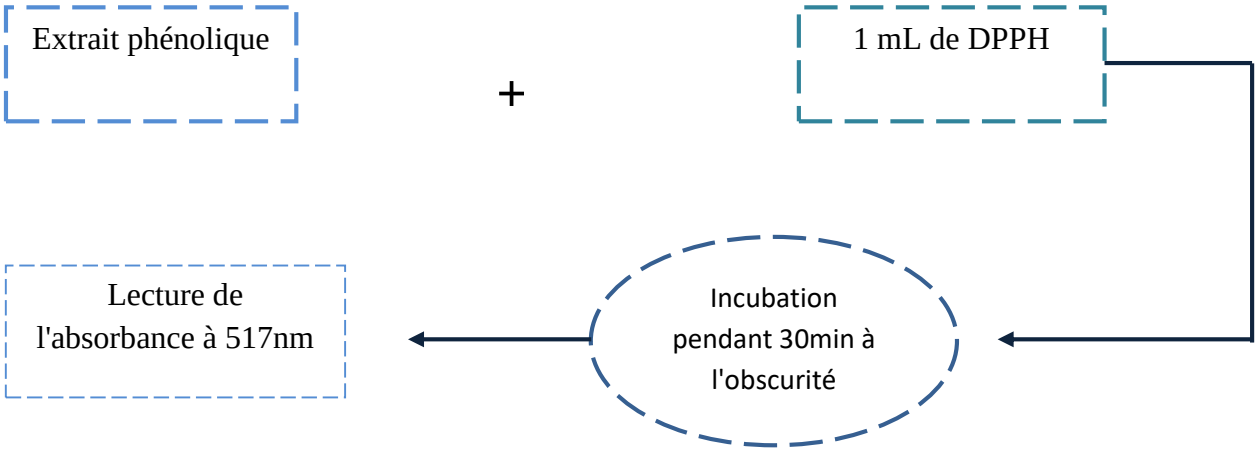

Figure 10. Schéma des Étapes du Processus de l'activité antioxydant des polyphénols pour la partie interne de l'écorce de pastèque.

L'activité antioxydante est évaluée en triplicata, et est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical selon la formule :

$$\%) \text{ d'inhibition du (DPPH)} = (A0 - A / A0) \times 100$$

A0 : Absorbance du blanc. **A :** Absorbance de l'échantillon

1.2.5 Évaluation de l'activité antimicrobienne

L'activité antibactérienne a été désignée sur la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Bacillus cereus* ATCC14579 en utilisant la méthode de diffusion sur milieu gélosé. Conservées à – 20°C dans des cryotubes contenant du BHIB additionné de glycérol (30%). Le glycérol est un agent conservateur et protecteur qui permet d'éviter la formation des cristaux dans le BHIB ensemencé par la souche, une fois retrouvé dans le congélateur

1.2.5.1 Revivification et enrichissement

A partir des milieux de conservation des souches, un enrichissement est réalisé en ensemençant chaque souche dans un tube contenant 9 ml de BHIB. Ensuite, les tubes sont incubés dans l'étuve pendant 24 h à 37°C.

1.2.5.2 Préparation des pré-cultures

Des repiquages successifs sont réalisés sur des boites de Pétri préalablement coulées de gélose nutritive (GN) figure 25 . En effet, après enrichissement, chaque souche est repiquée en strie sur GN, puis incubée à 37°C pendant 18h afin d'obtenir des cultures jeunes.

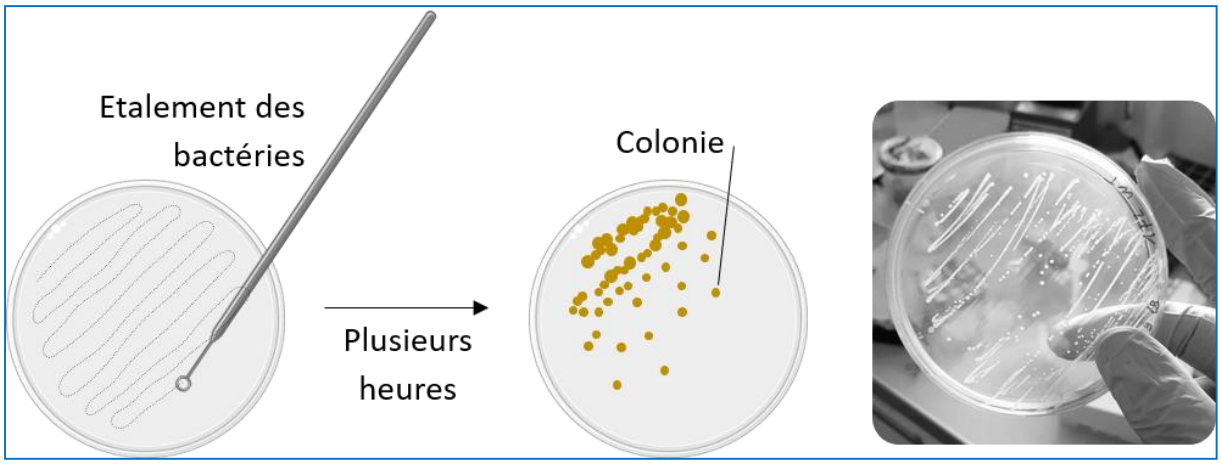

Figure 11. Repiquage des souches bactérienne sur la gélose nutritive (GN)

1.2.5.3 Préparation de la suspension bactérienne

A partir d'une culture bactérienne pure de 18h, quelques colonies sont prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur, et remises en suspensions dans des tubes contenant 9 ml de l'eau physiologique stérile. Une agitation avec vortex est effectuée pour quelques secondes afin d'assurer une bonne homogénéisation. La standardisation de la suspension est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre visible réglé sur une longueur d'onde de 620 nm. L'inoculum bactérien doit être ajusté jusqu'à l'obtention d'une densité optique comprise entre 0,08-0,1 soit environ 10^7 – 10^8 UFC/mL.

1.2.5.4 Diffusion sur milieu gélosé

- **Principe**

Dans ce test, l'activité antimicrobienne des extraits bruts est évaluée par la méthode de diffusion sur milieu gélosé « aromatogramme ». Elle repose sur le principe de la compétition entre la croissance de la souche bactérienne et la diffusion du principe actif dans un milieu solide à partir d'un support en papier pré-imprégné ou d'un puits contenant l'extrait (balouiri et *al*., 2016).

- **Mode opératoire**

Des boites de Pétri de 9 cm de diamètre contenant environ 15 mL du milieu Mueller Hinton en surfusion ont été préparées et laissées se solidifier pendant 10mn.A l'aide d'un écouvillon stérile trempé dans la suspension bactérienne standardisée, les géloses Mueller-Hinton (MH) ont été ensemencées par la méthode d'écouvillonnage. L'excès d'inoculum est éliminé en

pressant fermement l'écouvillon sur la paroi interne du tube. Ainsi, l'écouvillon est frotté sur la totalité de la surface gélosé, de haut en bas en stries serrées, en tournant la boite trois fois de 60°. L'ensemencement fini en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose. Des puits formés dans la gélose reçoivent 100 µL de chaque extrait à l'aide d'une micropipette 20-200 µL. Les boites sont par la suite incubées à 37°C pendant 24 h.

- ## Lecture des résultats

L'activité antibactérienne est appréciée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (mm) formées autour des puits. Chaque essai est répété deux fois, et les valeurs ont été exprimées sous forme de moyenne ± l'écart type.

Résultats et discussions

1 Résultats et discussion

1.1 Evaluation de quelques caractéristiques physico-chimiques de l'écorce interne et externe de la pastèque

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques physico-chimiques des différents extraits de l'écorce de pastèque, incluant leur teneur en eau.

Tableau VII. Tableau récapitulatif des paramètres physico-chimiques des extraits des parties interne et externe de l'écorce de la pastèque.

Paramètre physicochimique	Partie interne de l'écorce de la pastèque	Partie externe de l'écorce de la pastèque
Matière fraiche (MF)	30g	30g
Matière sèche (MS)	2,49g	4,65g
Teneur en eau (TE%)	91,66%	84,5%
Matière organique (MO)	0,8758g	3,9519g
Matière minérale (MM)	1,6142g	0,6981g

1.2 Rendement en polysaccharides

La quantité des polysaccharides résultant de la partie interne et externe de l'écorce de pastèque est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau VIII. Tableau récapitulatif du rendement en polysaccharides dans l'extrait éthanolique et l'extrait acidifié des parties interne et externe de l'écorce de pastèque

Partie interne		Partie externe	
Polysaccharides 1	Polysaccharides 2	Polysaccharides 1	Polysaccharides 2
0,15mg	0,11mg	0,22mg	0,4mg

La quantité de polysaccharides varie en fonction de la méthode d'extraction et de la partie de l'écorce utilisée. L'extraction à l'éthanol sans traitement acide donne la plus grande quantité de polysaccharides, ce qui suggère que l'ajout d'acide peut ne pas être nécessaire ou même être moins efficace dans certaines conditions. Les variations dans les résultats indiquent que la méthode d'extraction et le traitement des échantillons influencent significativement la quantité de polysaccharides extraits. Pour maximiser l'extraction de polysaccharides, l'utilisation de l'éthanol comme solvant semble être la plus efficace.

1.3 Dosage des composés phénoliques totaux des extraits

L'extraction est une étape très importante avant l'analyse quantitative et qualitative des composés phénoliques. En effet, plusieurs facteurs influencent sur le rendement et la qualité des extraits comme le choix de la méthode d'extraction, le pH, la température, la lumière, le moment de la récolte du matériel végétal, en outre, la solubilité des composés phénoliques est affectée parla polarité du solvant utilisé (ladohyemeda et *al*., 2014)

Nous avons utilisé le réactif de Folin-Ciocalteu pour doser es polyphénols totaux. Les polyphénols sont oxydés par le réactif, ce qui entraîne un changement de couleur du jaune au bleu.

La quantité en polyphénols totaux a été calculée en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (figure 12). La méthode de dosage des polyphénols totaux, utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, a donné des résultats fiables et répétables.

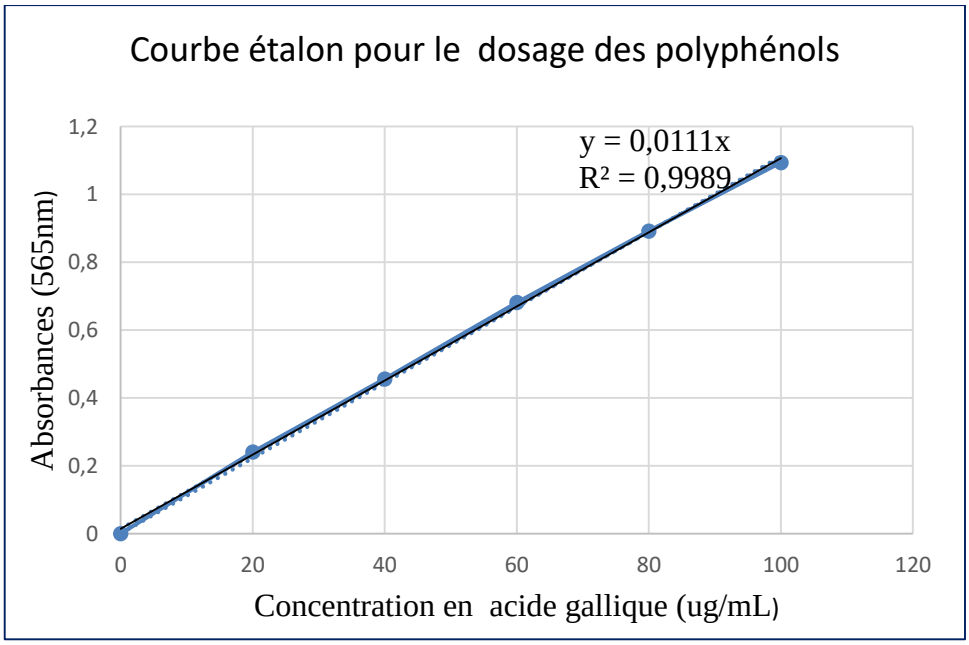

Figure 12. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Les résultats (figure 13) montrent que la teneur moyenne en polyphénols totaux dans l'extrait externe avec l'éthanol de l'écorce de pastèque est de 50,66 µg EAG/mL. Par contre dans l'extrait interne avec l'éthanol de l'écorce de pastèque est nettement supérieur 91,44 µg EAG /mL. D'après ces résultats, une variabilité remarquable dans la teneur en polyphénols totaux est notée pour les deux extraits étudiés. Contrairement aux résultats présents, Neglo et *al*. (2021) a rapporté que l'extrait interne est plus riche que l'extrait externe ils ont obtenu une teneur de 0,087 mg EAG/ g pour l'extrait externe et 0,026 mg EAG/g pour l'extrait interne en utilisant une méthode d'estimation par colorimétrie et un solvant différent qui est le méthanol.

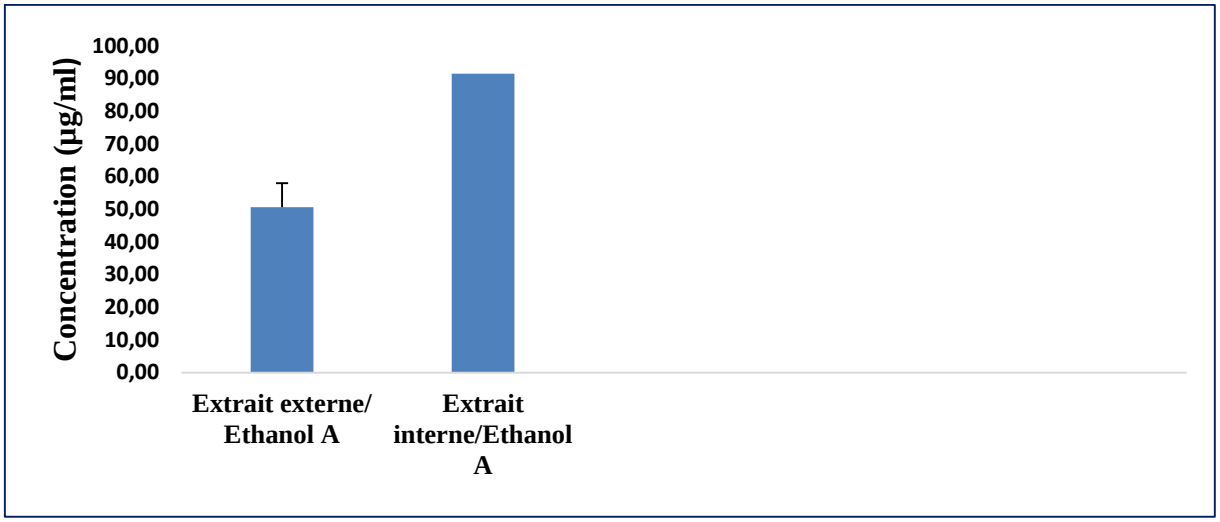

Figure 13. Concentration des polyphénols dans les deux parties (interne et externe) d'écorce de pastèque dans l'extrait éthanolique

Dans cette étude l'extrait interne a une concentration presque deux fois supérieure à celle de l'extrait externe (figure 13). Cette découverte contraste nettement avec celle de Neglo et *al*., (2021) Cela pourrait être attribué à des différences dans les méthodologies employées, telles que les conditions d'extraction, les types de fruits étudiées, ou les techniques de mesure des polyphénols. Elles peuvent également s'expliquer par des variations dans les conditions d'extraction, comme la nature du solvant, la température et la durée d'extraction.

1.4 Evaluation de l'activité antioxydante des extraits phénoliques

L'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique de l'écorce de *Citrullus lanatus*en utilisant la méthode de l'activité anti-radicalaire au radical DPPH et comparativement à celle de l'acide ascorbique. L'objectif était de déterminer la capacité des extraits à neutraliser les radicaux libres et à prévenir les dommages oxydatifs.

La méthode a consisté à mesurer l'absorbance à 517 nm après la réduction du radical DPPH, ce qui a entraîné un changement de couleur du violet au jaune.

L'acide ascorbique a été utilisé comme référence pour évaluer l'activité antioxydante des extraits testés. Une courbe d'étalonnage a été construite en mesurant l'absorbance à différentes concentrations d'acide ascorbique (figure 14).

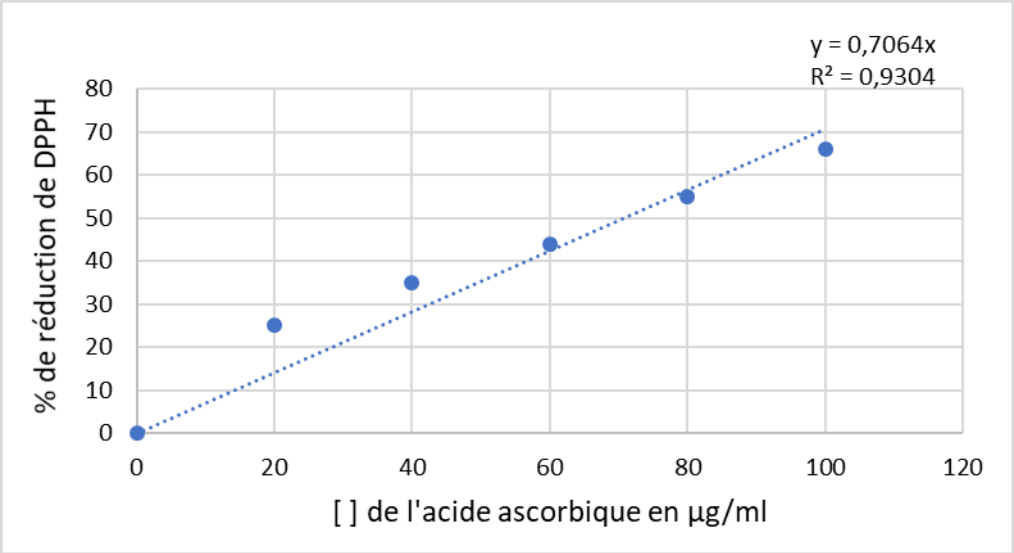

Figure 14. Pourcentage de réduction de DPPH en fonction de différente concentration de l'acide ascorbique

Les figure ci-dessous (15, 16) montrent un effet dose dépendent pour les deux extrait éthanoliques de la partie interne et externe de l'écorce de pastèque

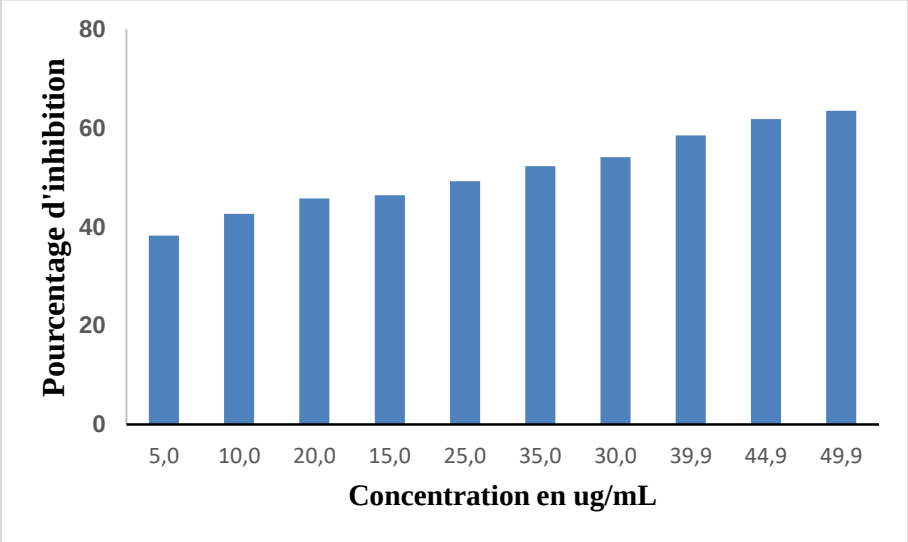

Figure 15. Cinétique de réduction du radical DPPH en fonction de la concentration de l'extrait éthanolique de la partie externe de l'écorce de la pastèque

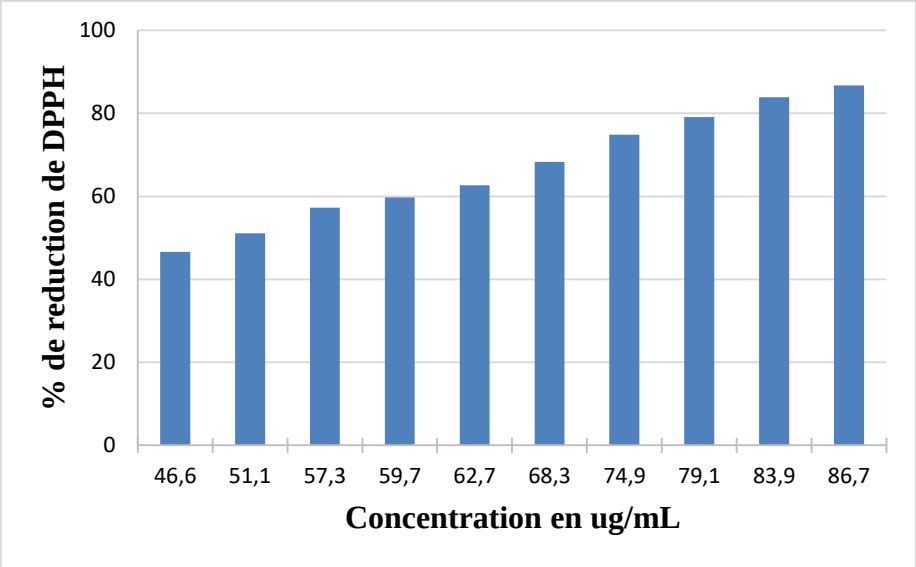

Figure 16. Cinétique de réduction du radical DPPH en fonction de la concentration de l'extrait éthanolique de la partie interne de l'écorce de la pastèque.

L'activité antioxydante a été quantifiée et qualifiée grâce au paramètre IC50, qui correspond à la concentration nécessaire pour réduire de moitié l'absorbance du radical DPPH. Les courbes de tendance utilisées pour calculer les IC50 sont présentées par les figures en annexe 2
La figure ci-dessous illustre les résultats de l'activité antioxydante mesurée par les valeurs d'IC50 pour les deux extraits testés.

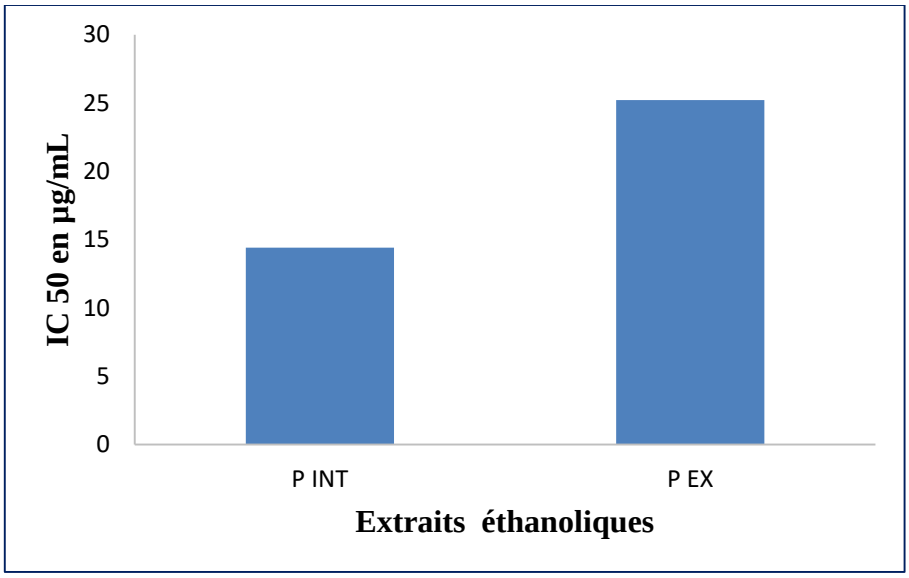

Figure 17. L'IC50 des extraits éthanolique de la partie interne et externe de l'écorce de pastèque, **P INT :** Partie interne **/P EX** : Partie externe

Selon les résultats de l'analyse quantitative de cette étude, les deux extraits testés montrent une activité antioxydante intéressante. Cela est constaté dans leur valeurs de IC 50.

Les valeurs de l'IC 50 des extraits interne et externe de l'écorce de pastèque éthanoliques sont inférieure à celle de l'acide ascorbique (0,07µg/ml) cela signifie que les extraits éthanolique sont une activité antiradicalaire moins puissante que l'acide ascorbique.

Les résultats montrent que l'extrait de la partie interne de l'écorce de la pastèque a une activité antioxydante plus élevée avec une valeur d'IC50 de 14,40 µg/mL par rapport à la valeur IC 50 de l'extrait de la partie externe (25,20 µg/mL).

Les résultats se rapprochent de ceux rapportés par Neglo et *al* (2021) avec une valeur de (34.48 µg/mL) pour l'extrait de la partie interne et une valeur de (55,75 µg/mL) pour l'extrait de la partie externe.

1.5 Evaluation de l'activité antioxydante des polysaccharides

Les résultats de la figure 18 en dessus montrent que les pourcentages d'inhibition de la partie interne de l'écorce de pastèque dans les deux solvants utilisés sont très similaires avec 56,89% dans l'extrait acidifié et 56,70% dans l'extrait éthanolique avec seulement une différence minimale de 0,19%.Cela peut signifier que la différence de pourcentage d'inhibition entre les deux solvants est négligeable, indiquant que l'ajout de l'acide n'a pas significativement amélioré l'activité inhibitrice par rapport à l'éthanol seul.

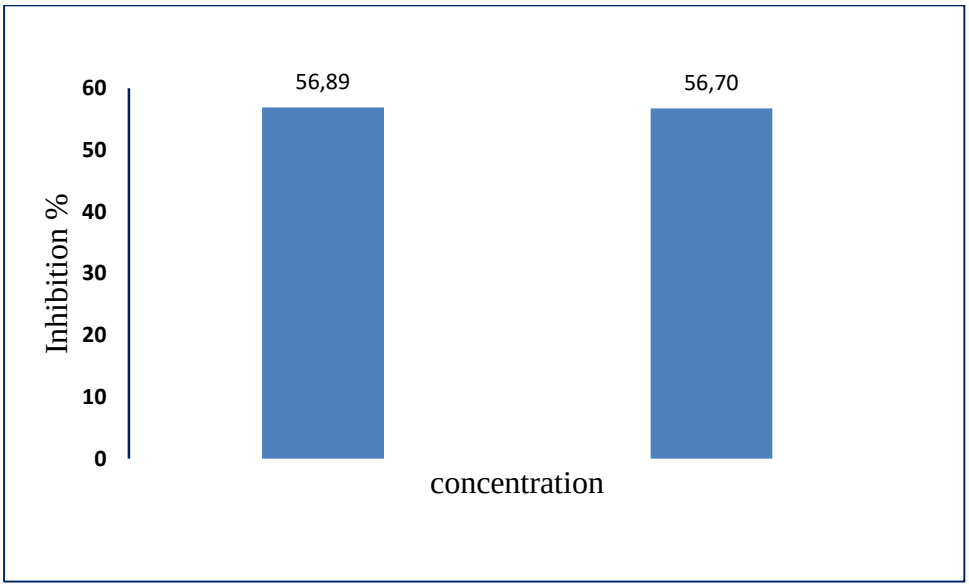

Figure 18. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des échantillons de la partie interne de l'écorce de pastèque dans les deux solvants utilisés; **AC + ET:** acide + l'éthanol; **ET:** éthanol

Par rapport à la partie externe les résultats montrent une différence dans le pourcentage d'inhibition des deux solvants avec une valeur de 9,41% dans l'extrait acidifié, et une valeur de 69,32% dans l'extrait éthanolique.

La figure ci-dessous illustre les résultats de pourcentage d'inhibitions de deux extraits de l'écorce de pastèque (éthanoliques et acidifiés):

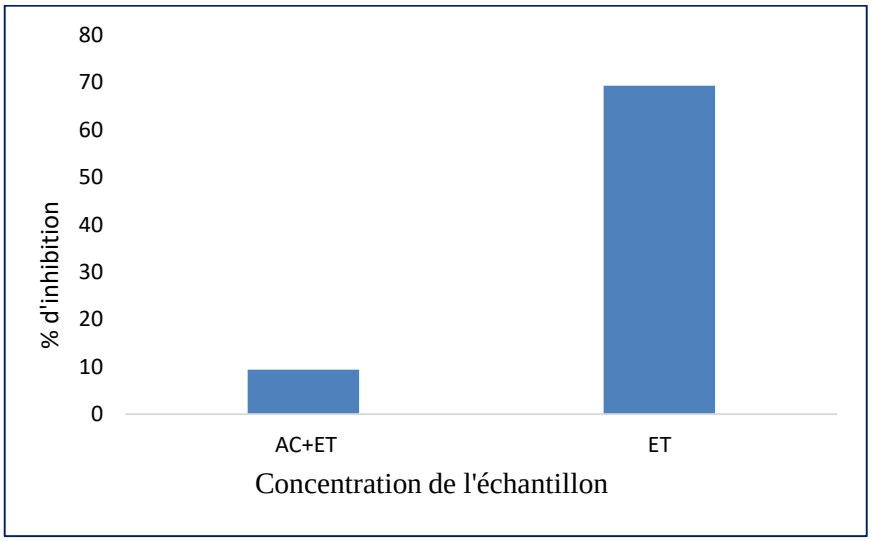

Figure 19. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des échantillons de la partie externe de l'écorce de pastèque dans les deux solvants utilisés ; **AC + ET :** acide + l'éthanol ; **ET :** éthanol

A partir des résultats affichés sur la figure 19, nous avons remarqué que l'extraction avec l'éthanol après traitement à l'acide réduit considérablement l'efficacité antioxydante du polymère par rapport à l'extraction à l'éthanol. Cela signifie que l'acide aurait probablement affectée pouvoir antioxydant du polymère. Par contre, nous avons constaté que le polymère extrait à l'éthanol sans prétraitement à l'acide présent un pouvoir antioxydant appréciable.

1.6 Évaluation de l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur milieu gélosé

L'objectif de ce test est de déterminer si les différents extraits étudiés présentent une activité antimicrobienne face aux deux souches bactériennes utilisées, à savoir *Staphylococcus aureus ATCC25923* et *Bacillus cereus* ATCC14579. L'action antibactérienne se traduit par l'apparition d'un halo autour des puits portant les échantillons. Le degré de sensibilité ou de résistance de la souche bactérienne aux composés présents dans les différents extraits est évalué par le diamètre de la zone d'inhibition.

De nombreux rapports ont souligné l'importance de l'utilisation des fruits comme source de médicaments thérapeutiques. Cette étude tente d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits interne et externe l'écorce de pastèque diluer et évaporés à la méthode de Speed Vac.

A partir des résultats, il est constaté qu'une différence est enregistrée pour les extraits concentrés et les extraits dilués. Les composés phénoliques contenus dans la partie externe de l'écorce de pastèque dilué montre une activité importante contre la souche *Bacillus cereus* ATCC14579 avec une zone d'inhibition maximale de 7mm suivie de l'extrait concentré avec 5mm.Pour la même souche l'extrait interne concentré a enregistrer une zone d'inhibition avec un diamètre de 5mm. Tandis que, aucune zone d'inhibition n'est marquée pour l'extrait interne diluer.

Contrairement à la présente étude, (Alieh et *al*., 2023) ont montré une zone d'inhibition contre *E. coli* qui est supérieures à 13 mm. Ces auteurs ont montré que l'extrait d'écorce de pastèque a une efficacité antimicrobienne plus élevée sur la croissance d'E. *coli*, suivie de *B. cereus* et *de S. aureus*. Concernant *Bacillus cereus* la zone d'inhibition observé est relativement petite cela indique une certaine sensibilité de ces bactéries aux composés présents dans l'extrait de l'écorce de pastèque. Cela suggère que ce dernier pourrait être utilisé comme agent antimicrobien contre certaines bactéries.

Par ailleurs, Neglo et *al*.(2021), ont rapporté que l'extrait de l'écorce de pastèque n'a montré aucune activité contre *Salmonella typhii, Enterococcus faecalis* et *E. coli*. Une activité antibactérienne contre *Staphylococcus aureus* a été observée avec un diamètre de 13 mm. Cette différence d'efficacité pourrait être attribuée aux variations dans les compositions phytochimique des différentes parties des extraits, responsables des différentes efficacités observées contre les différents microbes.

Conclusion et perspectives

À travers ce travail de valorisation de l'écorce de la pastèque, nous avons mis en évidence nombreuses composantes chimiques précieuses présentes dans cette partie souvent négligée du fruit, mais également les opportunités qu'elle offre pour diverses applications biotechnologiques. Dans ce contexte, l'étude expérimentale est orientée vers la valorisation des composés biochimiques de ces sous-produits, et ce, par l'évaluation de leurs teneurs en polyphénols et en polysaccharides et ainsi que leurs activités antioxydants et antibactériennes.

Dans un premier temps, les analyses physico-chimiques ont montré que la teneur en eau et en cendre les plus importantes sont représentées par l'extrait de la partie interne de l'écorce de pastèque, tandis que la teneur en matière organique la plus élevée est présente dans l'extrait de la partie externe avec une valeur de 4g. La teneur en composés phénoliques la plus élevée est notée pour l'extrait de la partie externe de l'écorce avec une valeur de 50,66 mg EAG/g.

Le test au radical DPPH a révélé que l'extrait de la partie interne de l'écorce de la pastèque a une activité antioxydante plus élevée avec une valeur IC50 de 14,4µg/mLpar rapport à celle de la partie externe qui est de 22,20µg/mL.

Par ailleurs, les pourcentages d'inhibition des polysaccharides extraits de la partie interne de l'écorce de pastèque sont très similaires, avec 56,89% pour l'échantillon traité à l'acide et 56,70% pour celui sans traitement à l'acide. En revanche, pour le polymère l'extrait de la partie externe, le pourcentage d'inhibition est plus élevé pour le polysaccharides extrait de la partie externe sans traitement à l'acide (69,32%) comparativement à celui traite avec l'acide 9,4%.

Concernant l'activité antibactérienne les extraits concentrés de l'écorce de pastèque montrent une activité antibactérienne plus forte que les extraits dilués, en particulier contre *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*. Les variations dans les compositions photochimiques et leur diffusion expliquent ces différences d'efficacité. Ces résultats soulignent l'importance de la concentration pour maximiser l'efficacité antimicrobienne des extraits.

À partir des résultats de la présente étude, nous pouvons conclure que l'écorce de la pastèque est riche en molécules antioxydantes, par ses propriétés médicinales et sa richesse en composés phénoliques, cette partie de la pastèque nécessite une valorisation.

Sa valorisation présente des opportunités significatives pour réduire les déchets alimentaires et apporter des avantages économiques et environnementaux. Que ce soit à travers des applications culinaires innovantes, des utilisations en alimentation animale, des produits

cosmétiques, des matériaux industriels durables ou des solutions agricoles, les écorces de pastèque peuvent être transformées en ressources précieuses. En explorant ces perspectives, nous pouvons non seulement minimiser l'impact environnemental de nos déchets alimentaires, mais aussi créer de nouvelles sources de revenu et promouvoir une économie circulaire plus durable.

Dans la suite, il est souhaitable d'effectuer une analyse plus approfondie afin d'obtenir des informations supplémentaires sur la composition phytochimique des différentes parties de la pastèque (quantification des flavone, anthocyanes,...).Égalementl'étude des activités antioxydantes en utilisant d'autres méthodes telles que FRAP, ORAC, etc., ainsi que d'autres activités biologiques telles que les antidiabétiques, les anti-inflammatoires, les anticancéreux et les antimicrobiens.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Akin-Osanaiye, B. C., Nzelibe, H. C., & Agbaji, A. S. (2019). Phytochemical analysis and antibacterial activity of Citrullus lanatus seeds and rind extract
2. Alieh Rezagholizade-shirvan, Samira Shokri, Seyede Mahsa Dadpour, Mohammad
3. Reza Amiryousefi , Évaluation de l'activité physicochimique, antioxydante, antibactérienne et des propriétés sensorielles des bonbons à écorce de pastèque (2023)
4. Alka, G., Anamika, S., & Ranu, P. (2018). A review on watermelon (Citrullus lanatus) medicinal seeds.
   Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., Kotsou, K., Kalompatsios, D., Bozinou, E., & Lalas,
   SI (2023). Extraction de polyphénols à partir de produits alimentaires (sous-produits) par champ électrique pulsé
5. Bhavisha, Patel. (2019). Water Melon - the Must Melon.
6. Chomicki, G., Schaefer, H., & Renner, S. S. (2020). Origin and domestication of Cucurbitaceaecrops: insights fromphylogenies, genomics and archaeology.
7. David Neglo ,ClémentOkraku Tettey , Edward Ken Essuman , NiiKorley Kortei , AdjoaAgyemang Boakye, Gaston Hunkpé, Flora Amarh, Pius Kwashie, WaikhomSayanika Devi. Activités antioxydantes et antimicrobiennes comparatives des écorces, de l'écorce, de la pulpe et des graines du fruit de pastèque (*Citrullus lanatus*); (mars 2021)
8. Deng, Y., Yi, L., Liang, Y., Sun, Y., & Wei, Q. (2019). Antioxidant activities of
9. watermelon rind extract and its effects on the shelf life of fresh-cut watermelon.
10. Dubey, S., Rajput, H., & Batta, K. (2021). Utilization of watermelon rind (Citrullus lanatus) in various food preparations
11. Du, Xiaofen, and Jessica Ramirez. "Watermelon rind and flesh volatile profiles and cultivar difference.
12. Dr P Hema Prabha, Deva Pavithra B, Ishwariya S, Jashwanthi P, Shendhura Devi M.
13. Valorisation des écorces de pastèque en chips diététiques Enrichi de farine composée.2021
14. Ekloh, Ephraim, et Levi Yafetto. 2024. « Fermentation et valorisation des déchets d'écorces de pastèque (*Citrulluslanatus)* en aliments pour le bétail à l'aide d'Aspergillus niger et Mucorsp.
15. Erhirhie, E. O., & Ekene, N. E. (2014). Medicinal values on Citrullus lanatus (watermelon)
16. Francis, D., Ani, C., Nworgu, C., Pamela, O., Uzoma, I., Uzoigwe, J., Ugwu, P., Anyaeji, P., & Daniel, N. (2019). L'effet de l'extrait éthanolique de graines de Citrulluslanatus (pastèque) sur la glycémie et le profil lipidique des rats Wistar diabétiques. Journal of Medicinal Plants, 26(4), 1-6
17. G. Gladvin , G. Sudhaakr2, V. Swathi1 et K. V. Santhisri1 (octobre-2017)
18. Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant.
19. Han, H. S., & Song, K. B. (2021). Antioxidantproperties of watermelon (Citrulluslanatus) rindpectin films containingkiwifruit (Actinidiachinensis) peel extract and their application as chickenthigh packaging. *Food Packaging and Shelf Life, 28*, 100636.
20. Harholt, J., Suttangkakul, A., & Vibe Scheller, H. (2010). Biosynthesis of pectin. *Plant physiology*, *153*(2), 384-395.

21. Imando, AM; Perkins-Veazie, PM Détermination de la citrulline dans l'écorce de pastèque. *J. Chromatogr. A* 2005 , *1078* , 196-200
22. Jiao, Z., Liu, J., Zhang, C., Liu, H., Lv, Z., Yang, W., & Chen, D. (2020). Méthode d'extraction de la citrulline de la pastèque.
23. Kassim, M. A., Hussin, A. H., Meng, T. K., Kamaludin, R., Zaki, M. S. I. M., &Zakaria, W. Z. E. W. (2021). Valorisation des déchets d'écorces de pastèque (Citrulluslanatus) en bioéthanol : optimisation et études cinétiques.
24. Koocheki, A., Razavi, S. M. A., Milani, E., Moghadam, T. M., Abedini, M., Alamatiyan, S., & Izadkhah, S. (2007). Physical properties of watermelon seed as a function of moisture content and variety.
25. Kulczynski, B., Gramza-Michałowska, A., Kobus-Cisowska, J., &Kmiecik, D. (2017). Le rôle des caroténoïdes dans la prévention et le traitement des maladies cardiovasculaires - État actuel des connaissances.
26. Kyriacou, M. C., Leskovar, D. I., & Colla, G. (2018). Watermelon and Melon Fruit Quality: The Genotypic and Agro-EnvironmentalFactorsImplicated.
27. LadohYémedaC.F. 1 , DibongSD1,NyègueMA , DjembissiTallaR , CarêmeNdjakou B ,MpondoE , Yinyang J. WansiJ.D.Activité antioxydante des extraits méthanoliques de Phragmanthera capitata(Loranthaceae) reproduitesur Citrus sinensis; 29 décembre 2014
28. Lin, Q., Liang, R., Williams, P. A., &Zhong, F. (2018). Facteurs affectant la bioaccessibilité du β-carotène dans les microcapsules à base de lipides : Conditions digestives, composition, structure et état physique des microcapsules. Food Hydrocolloids, 77, 187-203.
29. Liu, Y., Sun, M., Li, P., & Liu, J. (2021). Antioxidant activities and phenolic profiles of watermelon rind from different varieties
30. Mabeku, L. B. K., Kouam, S. F., & Ngouana, V. (2019). Phytochemical analysis and in vitro antibacterial activities of the methanol extracts of Citrullus lanatus.
31. Makaepea, M., Maoto, M. M., Beswa, D., &Jideani, A. I. O. (2019). Watermelon as a potential fruit snack.
32. Mando, A. M., & Perkins-Veazie, P. M. (2005). Détermination de la citrulline dans l'écorce de pastèque.
33. Mariana A. Andrade 1,2,3 , Cássia H. Barbosa 1,4 , Muhammad Ajmal Shah 5 , Nazir Ahmad 6 , Fernanda Vilarinho 1 , Khaoula Khwaldia 7 , Ana Sanches Silva 2,8,9,10 and Fernando Ramos 2,3,* Sous-produits d'agrumes : source précieuse de composés bioactifs pour les applications alimentaires (25 décembre 2022)
34. Moinard, C., Tliba, L., Diaz, J., Plenier, S. L., Nay, L., Neveux, N., Cynober, L., & Raynaud-Simon, A. (2017). La citrulline stimule l'activité locomotrice chez le rat âgé : Implication de la voie dopaminergique. Nutrition, 38, 9-12.
35. Naz, A., Butt, M. S., Sultan, M. T., Qayyum, M. M. N., &Niaz, R. S. (2014). WatermelonLycopene and AlliedHealth Claims.
36. Nadeem, M., Navida, M., Ameer, K., Siddique, F., Iqbal, A., Malik, F., Ranjha, M. M. A. N., Yasmin, Z., Kanwal, R., &Javaria, S. (2022). Watermelon nutrition profile, antioxidantactivity, and processing.
37. Oberoi, D. P. S., &Sogi, S. (2017). Utilization of WatermelonPulp for Lycopene Extraction by Response Surface Methodology. Food Chemistry, 232, 1-7

38. Odewunmi, N. A. ; Umorena, S. A. ; Gasema, Z. M. ; Ganiyub, S. A. ; Muhammad, Q. L-Citrulline : An Active Corrosion Inhibitor Component of Watermelon Rind Extract for Mild Steel in HCL Medium. J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 2015, 51, 177-185.
39. Oyenihi, O. R., Afolabi, B. A., Oyenihi, A. B., & Ojo, G. B. (2022). Toxicity assessment of watermelon seed supplemented diet in rats. Drug and Chemical Toxicology, 45(4), 1891-1898.
40. Ozuna, C., & León-Galván, M. (2017). Cucurbitaceaeseedproteinhydrolysates as a potential source of bioactive peptides withfunctionalproperties.
41. Pacier, C., &Martirosyan, D. M. (2015). VitaminC: optimal dosages, supplementation and use in diseaseprevention. FunctionalFoods in Health and Disease, 5(3), 89-107.
42. Patel, B., &Dasgupta, N. (2018). watermelon (Citrulluslanatus) medicinalseeds.
43. Ramaiyan, B., & Kour, J. (2023). Watermelon. In Fruits and Their Roles in Nutraceuticals and Functional Foods (pp. 186-204). CRC Press.
44. Rezagholizade-shirvan, Alieh, Samira Shokri, SeyedeMahsaDadpour, et Mohammad Reza Amiryousefi. 2023. « Evaluation of physicochemical, antioxidant, antibacterialactivity, and sensoryproperties of watermelonrindcandy ».
45. Rico, X., Yanez, R., &Gullón, B. (2023). Évaluation de stratégies pour améliorer la production de bioéthanol à partir des déchets d'écorces de pastèque. *Carburant, 334*, 126710.
46. Shao, P., Qiu, Q., & Sun, P. (2017). Stabilité chimique et propriétés de libération in vitro du β-carotène dans les émulsions stabilisées par le polysaccharide UlvaFasciata.
47. Soteriou, G. A., Kyriacou, M. C., &Gerasopoulos, A. S. D. (2014). Evolution of Watermelon Fruit Physicochemical and Phytochemical Composition duringRipening as Affected by Grafting. Food Chemistry, 165, 282-289.
48. Toupal, Samin, et SerapCoşansu. 2023. « Antioxidant and antimicrobialproperties of freeze-dried banana and watermelonpeelpowders ». *Food and Humanity* 1 (décembre)
49. Venter, C., Meyer, R. W., Greenhawt, M., Pali-Schöll, I., Nwaru, B., Roduit, C., Untersmayr, E., Adel-Patiente, K., Agache, I., Agostoni, C., Akdis, C. A., Feney, M., Hoffmann-Sommergruber, K., Lunjani, N., Grimshaw, K., Reese, I., Smith, P. K., Sokolowska, M., Vassilopoulou, É., Vlieg-Boerstra, B., Amara, S., & Walter, J. (2022). Rôle des fibres alimentaires dans la promotion de la santé immunitaire. EAACI, 8 juillet 2022
50. Vo, Tan Phat, Le NgocHuong Nguyen, Nguyen PhucThien Le, ThanhPhong Mai, et Dinh Quan Nguyen. 2022. « Optimisation du processus d'extraction assistée par ultrasons pour obtenir des composés phénoliques et flavonoïdes totaux à partir de l'écorce de pastèque (Citrullus*lanatus)* ». *CurrentResearch in Food Science* 5 (janvier):
51. Wang, J., Zhang, A., Hu, Y., Yuan, X., Qiu, Y., & Dong, C. (2024). Polysaccharides de fructus corni : Extraction, purification, caractéristiques structurelles et activités biologiques. Carbohydrate Polymers, 147, 109350.
52. Zouiten-Mekki, L., Serghini, M., Fekih, M., Kallel, L., Matri, S., Ben Mustapha, N., Boubaker, J., &Filali, A. (2013). Rôle de la cellule épithéliale dans l'homéostasie intestinale et les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin. Pathologie Biologie, 52(3), 127-130

53. Zamuz, Sol, Paulo E. S. Munekata, BeatrizGullón, Gabriele Rocchetti, Domenico Montesano, et José M. Lorenzo. 2021. « *Citrulluslanatus* comme source de composants bioactifs : une revue à jour ». *Trends in Food Science &Technology* 111 (mai).

Résumé

La complicité biologique rencontre une dépendance harmonieuse entre la faune, la flore et l'humanité. Ce travail explore une facette souvent négligée mais prometteuse de la botanique. L'écorce de la pastèque généralement perçue comme un déchet, ce dernier révèle un potentiel immense à travers ses composés bioactifs. L'objectif principal de cette étude est de valoriser biochimiquement l'écorce de la pastèque, explorant ses propriétés souvent sous-estimées pour de futures applications innovantes et durables. L'analyse quantitative effectuée à l'aide du réactif de Folin a révélé que la teneur en polyphénols est plus élevée dans l'extrait éthanolique de la partie interne (91,44 µg/mL) comparativement à celui de la partie externe (50,56 µg/mL). L'évaluation des activités antioxydantes, avec la méthode de DPPH a démontré que les extraits de l'écorce interne et externe ont une activité anti-radicalaire remarquable avec une valeur IC50 de 14,40µg/ml et 22,21µg/mL, respectivement.

Les deux parties interne et externe ont aussi fait l'objet d'une extraction de polysaccharides, le rendement était d'une moyenne de 56,80 mg/gMS pour la partie interne et 39,36 mg/gMS pour la partie externe.Lors de l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits, par la méthode de diffusion sur gélose à partir des puits, une zone d'inhibition maximale de 7mm est observée pour l'extrait externe dilué contre *Bacillus cereus* ATCC14579

La valorisation de l'écorce de la pastèque révèle un potentiel notable en composés antioxydants et une source de polysaccharides pouvant trouver des applications comme conservateurs alimentaires, cosmétiques et matériaux industriels durables. Ces perspectives encouragent la réduction des déchets alimentaires et la promotion d'une économie circulaire plus durable.

Mots clés : Valorisation, écorce de la pastèque, activité antioxydante, activité antibactérienne, déchet alimentaire.