

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE ALIMENTAIRE

OPTION : QUALITE DES PRODUITS ET SECURITE
ALIMENTAIRES

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master professionnel
Par : BENABDERRAHMANE Hanane
SLAMANI Hanane

Intitulé

Activité antioxydante des extraits d'écorce de
Cucurbita maxima

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. BELBAHI Amine	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr. KHERBACHE Abdallah	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Rapporteur
Pr. AOUN Omar	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2023 /2024

Remerciement

Avant tout, nous remercions **ALLAH**, le tout puissant, de nous avoir donné la volonté, la force et la patience pour pouvoir réaliser ce travail.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadrant **Dr. KHERBACHE Abdallah**, qui a dirigé nos travaux de recherches avec beaucoup de patience, de gentillesse, sa patience, ses conseils et sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimons nos profonds remerciements aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail :

Dr. BELBAHI Amine, pour tous ses conseils et ses orientations tout au long de notre parcours académique et pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider le jury de soutenance.

Pr. AOUN Omar, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Nous remercions tous les enseignants qui ont contribué à notre formation pendant toutes les années de notre parcours académique, en particulier, **Dr. RAHALI Abdallah**, **Dr. DRIF**

Seifeddine et **Dr. HAMOUI Yasmina**.

Dédicace

Je dédie ce travail :

Avant tout à mes chers parents,
Qui m'ont soutenue durant toutes ces années de formation

A mes chers frères

A mes chères sœurs

A toute ma famille

A tous mes amis et mes proches

Hanane

Dédicace

Je dédie ce travail :

Avant tout à mes chers parents,

Qui m'ont soutenue durant toutes ces années de formation

A mon cher défunt oncle qui a toujours voulu être présent en ce jour

A mon cher frère

A ma chère sœur

A toute ma famille

A tous mes amis et mes proches

Hanane

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى تحديد المركبات الكيميائية وتقييم النشاط المضاد للأوكسدة للمستخلص المائي والميثانولي للحاء ثمرة *Cucurbita maxima*. تم إجراء عمليتي استخلاص على قشر الفاكهة: النقع في الميثانول (E.Met) والمغلي المائي (E.Aq) كان المردود 3.35% ل (E.Met) و 3.61% ل (E.Aq). تم تحديد المحتوى الكلي لعديدات الفينول و الفلافونويدات للمستخلصات باستخدام كاشف Folin ciocalteu وثلاثي كلوريد الألومنيوم على التوالي. أظهرت النتائج ان المستخلص المائي يحتوي على اعلى كمية من عديدةات الفينول والفلافونويدات بقيم تقدر بـ $2,150 \pm 46,28$ ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك\مغ مستخلص و $0,02 \pm 3,20$ ميكروغرام من مكافئ الكيرسيتين\مغ مستخلص على التوالي. تم تقييم النشاط المضاد للأوكسدة للمستخلصين باستخدام اختبار القدرة الكلية المضادة للأوكسدة واختبار قدرة الارجاع حيث أشارت النتائج ان المستخلصين المائي والميثانولي يمتلكان قدرة كبيرة مضادة للأوكسدة بقيم تبلغ $1,60 \pm 362,70$ ميكروغرام مكافئ حمض الاسكوريك\مغ مستخلص و $2,03 \pm 121,51$ ميكروغرام مكافئ حمض الاسكوريك\مغ مستخلص على التوالي. بالإضافة الى ذلك اظهر كلا المستخلصين قوة ارجاع جيدة تعتمد على التركيز. كخلاصة، يمتلك المستخلصين المائي والميثانولي من لحاء ثمرة *Cucurbita maxima* نشاطا معتبرا مضادا للأوكسدة مما يمكن استغلالها في الصناعات الغذائية والصيدلانية.

الكلمات المفتاحية: *Cucurbita maxima*، الاجهاد التأكسدي، مضادات الأوكسدة، عديدةات الفينول، المستخلصات النباتية.

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer la composition phytochimique et d'évaluer l'activité antioxydante des extraits aqueux (E.Aq) et méthanolique (E.Met) de l'écorce de fruit de *Cucurbita maxima*. Deux extractions ont été effectuées sur l'écorce du fruit : une macération dans le méthanol (E.Met) et une décoction aqueuse (E.Aq). Les rendements sont de 3,35% pour (E.Met) (m/m) et de 3,61% pour (E.Aq) (m/m). Les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits ont été déterminées à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu et du trichlorure d'aluminium, respectivement. Les résultats montrent que l'E.Aq est plus riche en polyphénols totaux et en flavonoïdes avec des valeurs de $46,28 \pm 2,150$ μg EAG/mg d'extrait et $3,20 \pm 0,02$ μg QE/mg d'extrait, respectivement. L'activité antioxydante des deux extraits a été évaluée en utilisant le test de la capacité antioxydante totale et le test du pouvoir réducteur. Les résultats obtenus montrent que l'E.Aq et l'E.Met possèdent une forte capacité antioxydante totale avec des valeurs de $362,70 \pm 1,60$ et $121,51 \pm 2,03$ μg EVC/mg d'extrait, respectivement. De plus, les deux extraits ont démontré un bon pouvoir réducteur dépendant de la concentration. En conclusion, (E.Aq) et (E.Met) de l'écorce de fruit de *Cucurbita maxima* possèdent une activité antioxydante importante due à la présence de composés phénoliques, pouvant être exploités dans les industries alimentaire et pharmaceutique.

Mots clés : *Cucurbita maxima*, Stress oxydatif, Antioxydant, Polyphénols, Extraits de plantes.

Abstract

The aim of this study is to determine the phytochemical compounds and to evaluate the antioxidant activity of the aqueous (Aq.E) and the methanolic (Met.E) extracts of *Cucurbita maxima* fruit peel. Two extractions were carried out on the fruit rind: a methanol maceration (E.Met) and an aqueous decoction (E.Aq). Yields were 3.35% for (E.Met) (w/w) and 3.61% for (E.Aq) (w/w). The total polyphenols and flavonoids contents of the extracts were determined using the Folin-Ciocalteu reagent and aluminium trichloride, respectively. The results showed that Aq.E is richest in polyphenols and flavonoids with values of $46,28 \pm 2,15$ $\mu\text{g GAE/mg}$ extract and $3,20 \pm 0,02$ $\mu\text{g QE/mg}$ extract, respectively. The antioxidant activity of the two extracts was assessed using total antioxidant capacity and reducing power tests. The obtained results showed that the Aq.E and Met.E exerted a significant antioxidant capacity with values of $362,70 \pm 1,60$ and $121,51 \pm 2,03$ $\mu\text{g EVC/mg}$ extract, respectively. In addition, both extracts showed good concentration-dependent reducing power. In conclusion, the aqueous (Aq.E) and methanolic (Met.E) extracts of *Cucurbita maxima* fruit peel have significant antioxidant activity due to the presence of phenolic compounds, which can be exploited in the food and pharmaceutical industries.

Key words: *Cucurbita maxima*, Oxidative stress, Antioxidant, Polyphenols, Plant extracts.

LISTE DES ABREVIATIONS

APG : Angiosperme phylogénie groupe

BHT : Hydroxytoluène butylé

CAT : Catalase

EC₅₀ : Concentration effectrice a 50 %

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

GPx : Glutathion peroxydase

GR : Glutathion réductases

GSH : Glutathion réduit

GSSG : Glutathion oxydé

GST : Glutathion transférases

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

KCN : Thiocyanate de potassium

NADPH : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduit

OH[•] : Radical hydroxyle

RLs : Radicaux libres

ROS : Espèces réactives oxygénées

SOD : Superoxyde dismutase

TAC : Capacité antioxydante totale

TCA : Trichloroacetate

UV : Ultraviolet

LISTE DES FIGURES

Figure 1. fruits matures de cultigènes de cucurbita maxima.....	8
Figure 2. Fruits mûrs provenant de différentes accessions du groupe de cultivars C. maxima Hubbard.....	9
Figure 3. Fruits mûrs provenant de différentes accessions du groupe de cultivars Turban. Règle bleue longueur 20 cm. Fruits tranchés, à gauche chair molle de couleur claire, à droite couleur plus intense et chair ferme.	9
Figure 4. Fruits mûrs provenant de différentes accessions du groupe de cultivars de bananier C. maxima. Règle bleue 20 cm. Fruit tranché portant trois loges.	10
Figure 5. Fruits du groupe de cultivars Show.....	11
Figure 6. Fruits du groupe de cultivars Buttercup, à gauche fruit non mûr dans la plante, à droite, fruits mûrs, l'un à l'envers montrant la couronne.	11
Figure 7. Fruits mûrs entiers et tranchés du groupe de cultivars Nugget.....	12
Figure 8. Fruits mûrs entiers et tranchés à chair typique, fine, spongieuse, de couleur claire. Règle bleue longueur 20 cm.	13
Figure 9. Formation des radicaux libre.	14
Figure 10. Sources et réponses cellulaires aux espèces réactives de l'oxygène.	16
Figure 11. Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène... ..	18
Figure 12. Droite d'étalonnage de l'acide gallique.	25
Figure 13. Droite d'étalonnage de la quercétine	25
Figure 14. Droite d'étalonnage de l'acide ascorbique.	26
Figure 15. Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux (E.Aq) et méthanolique (E.Met) de Cucurbita maxima et du BHT.	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Classification des cucurbitacées.....	6
Tableau 2. Taxonomie de cucurbita maxima.....	7
Tableau 3. Différents types des espèces réactives.....	15
Tableau 4. Aspect, couleur et rendement de différents extraits de cucurbita maxima.....	29
Tableau 5. Teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits de Cucurbita maxima..	30
Tableau 6. Capacité antioxydante total des extraits aqueux et méthanolique de Cucurbita maxima.....	30
Tableau 7. Les EC50 des extraits de Cucurbita maxima et du BHT.....	32

SOMMAIRE

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION	1
I. LA PLANTE CUCURBITA MAXIMA	3
I.1. Généralité sur la famille de <i>cucurbitacée</i>	3
I.2. Description botanique et classification.....	3
I.3. Phytochimie	13
I.4. Utilisation de <i>Cucurbita maxima</i>	13
II. Stress oxydatif	14
II.1. Radicaux libres	15
II.2. Types des radicaux libres.....	15
II.3. Sources de production des radicaux libres	15
II.4. Oxydation des macromolécules.....	17
II.4.1. Peroxydation lipidique	17
II.4.2. Oxydation des protéines	17
II.4.3. Oxydation de l'ADN	17
II.5. Effet pathologique du stress oxydant	18
III. Antioxydants	18
III.1. Antioxydants enzymatiques	19
III.2. Antioxydants non enzymatiques	19
III.2.1. Antioxydant non enzymatique d'origine endogène	19
III.2.2. Antioxydant non enzymatique d'origine exogène.....	20

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIELS ET METHODES	23
I. Matériels	23
I.1. Matériel végétal	23
I.2. Produits et réactifs chimiques.....	23
II. Méthodes	23

II.1. Préparation des échantillons	23
II.2. Préparation de l'extrait aqueux	23
II.3. Préparation de l'extrait méthanolique	24
II.4. Dosage des polyphénols totaux	24
II.5. Dosage des flavonoïdes	24
II.6. Activité antioxydante des extraits de <i>Cucurbita maxima</i>	26
II.6.1. Capacité antioxydante totale	26
II.6.2. Pouvoir réducteur	27
II.7. Analyses statistiques.....	27
RESULTATS ET DISCUSSION	29
I. RESULTATS	29
I.1. Rendement de l'extraction de l'écorce de <i>Cucurbita maxima</i>	29
I.2. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes.....	29
I.3. Activité antioxydante des extraits de <i>Cucurbita maxima</i>	30
I.3.1. Capacité antioxydante totale (TAC)	30
I.3.2. Pouvoir réducteur.....	30
II. DISCUSSION	32
II.1. Préparation des extraits et dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes.....	32
II.2. Activités antioxydantes.....	34
II.2.1. Capacité antioxydante totale	34
II.2.2. Activité réductrice	35
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	39

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Selon les études réalisées au cours des vingt dernières années, il a été démontré que de nombreuses maladies humaines sont liées ou favorisées par le stress oxydant (Berger et M, 2006). Ce phénomène est une situation inhabituelle que nos cellules ou nos tissus traversent parfois lorsqu'ils sont exposés à une production excessive de radicaux libres oxygénés, provenant de sources internes ou externes, dépassant ainsi leurs capacités antioxydantes (Favier, 2006) qui entraîne des risques toxicologiques potentiels, remettant en question l'utilisation de molécules antioxydantes synthétiques. De nos jours, la recherche se concentre sur de nouvelles sources végétales d'antioxydants naturels (Bougandoura et Bendimerad, 2013).

La connaissance de la valeur nutritive des aliments, en particulier des fruits et légumes, est essentielle pour encourager leur consommation et leur utilisation à des fins nutritionnelles et technologiques. Parmi les fruits, la citrouille se distingue en tant que bonne source de carotène, de vitamines hydrosolubles et d'acides aminés (Guiné *et al.*, 2011). Ils font partie des antioxydants naturels les plus efficaces et n'ont aucun effet nocif sur la santé humaine (Jahan *et al.*, 2023). Ses composants secondaires incluent les grains, les feuilles et l'écorce. Une utilisation efficace de ces derniers peut offrir une multitude de possibilités d'extraction de nombreux composés bioactifs, notamment des ingrédients de base tels que les polysaccharides, les protéines et les peptides, les fibres alimentaires, ainsi que d'autres métabolites secondaires végétaux comme les pigments, les polyphénols et les flavonoïdes (Sharma et Bhat, 2021).

L'objectif de cette étude est d'une part, la préparation des extraits aqueux et méthanoliques de l'écorce de *Cucurbita maxima*, ainsi que la détermination de la teneur en polyphénols et en flavonoïdes de ces extraits, et d'autre part, l'évaluation de l'activité antioxydante de ces extraits *in vitro* par le test du pouvoir réducteur et le test de la capacité antioxydante totale. En parallèle, cette recherche vise à évaluer les activités antioxydantes de *Cucurbita Maxima* pour valoriser l'écorce de son fruit, jusqu'alors considérée comme un produit alimentaire, en identifiant et en isolant des composés bioactifs de cette plante et en évaluant son activité antioxydante *in vivo* et ainsi encourager les consommateurs à adopter un régime alimentaire sain.

**REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE**

I. LA PLANTE CUCURBITA MAXIMA

I.1. Généralité sur la famille de *cucurbitacée*

Dans la plupart des pays africains, les légumes-fruits en général, et ceux de la famille des cucurbitacées en particulier, représentent des sources de revenus essentielles et des apports significatifs en vitamines et sels minéraux dans l'alimentation des populations, qu'elles soient rurales ou urbaines (Gnanvossou *et al.*, 2006).

Selon le dernier traitement taxonomique de JEFFREY (1990), la famille des cucurbitacées comprend environ 118 genres et 825 espèces. Les cucurbitacées se trouvent aussi bien dans le nouveau que dans l'ancien monde et font partie des familles de plantes les plus importantes qui offrent aux êtres humains des produits alimentaires et des fibres bénéfiques (Bisognin, 2002).

Les cucurbitacées, présentes à la fois dans les régions tempérées et dans les régions tropicales et subtropicales, représentent une famille de plantes dicotylédones. Leur importance économique est particulièrement notable dans les pays tropicaux en raison de la valeur nutritionnelle élevée de leurs fruits et de leur capacité à prospérer avec peu de soins. Dans les régions tempérées, elles sont principalement appréciées pour leurs fruits comestibles tels que la citrouille, la courge, la pastèque et le concombre. Bien que ces plantes partagent des caractéristiques de croissance similaires au niveau aérien, elles présentent une diversité génétique remarquable en termes de forme et d'autres aspects de leurs fruits, ce qui offre une gamme variée d'applications (Bisognin, 2002).

L'origine et la propagation précoce de toutes les espèces de *Cucurbita* se trouvaient dans les Amériques. 90% des espèces sont localisées dans trois zones principales : Afrique et Madagascar, Amérique centrale et du Sud et Asie du Sud-Est et Malaisie (Avinash et Rai, 2017).

I.2. Description botanique et classification

I.2.1. Classification

La classification de Cronquist, (1988) est largement utilisée pour ces plantes, basée sur des critères morphologiques et anatomiques. Selon la nouvelle classification de l'APG (the angiosperme phylogénie groupe) de 1998, les cucurbitacées sont classées différemment.

Tableau 1. Classification des cucurbitacées (Jeffrey, 2019).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Angiospermes
Branche	Dicotylédones Vraies
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitacée

I.2.2. Description botanique de cucurbitacée

Les cucurbitacées sont pour la plupart des plantes annuelles et vivaces rares. Leurs tiges sont herbacées et anguleuses, généralement traînantes ou grimpantes à travers des vrilles ; les feuilles sont généralement lobées ou divisées, réticulées et à nervures palmées avec un pétiole long et creux. Les tiges et les feuilles sont pleines de sève juteuse. En raison du stockage d'eau et de nourriture, les racines et les branches s'épaississent. Les fleurs des cucurbitacées sont pour la plupart blanches ou jaunes et généralement unisexuées. Les fleurs femelles et mâles se trouvent sur la même plante (Rolnik, et Olas, 2020).

I.2.3. Étude de l'espèce de *Cucurbita maxima*

Cucurbita maxima a été reconnue pour la première fois comme espèce distincte par Antoine Nicolas Duchesne (Formiga et Myers, 2019).

I.2.4. Description botanique de *cucurbita maxima*

La citrouille (*Cucurbita maxima*) fait partie de la famille des cucurbitacées. C'est un légume vert à feuilles, avec des fruits présentant une grande variabilité en taille, couleur, forme et poids. Leur peau est généralement dure à moyennement dure, renfermant une chair épaisse et comestible, avec une cavité centrale contenant de nombreuses graines dodues, généralement de couleur bronzée ou d'un blanc doux, chacune enveloppée d'un testa protecteur (Alfawaz, 2004).

Les fruits sont généralement de grande taille, mesurant entre 60 et 80 cm de diamètre transversal, ou de taille moyenne. Ils atteignent souvent la taille d'une tête humaine, tandis que le pédoncule du fruit est généralement claviforme ou cylindrique (Naudin, 1856). Les fleurs mâles se caractérisent par un calice campanulé aux contours arrondis, sans constriction en dessous du point

d'insertion des sépales. Les sépales sont étroits, linéaires, parfois filiformes, rarement élargis et prenant une apparence foliacée. La corolle est campanulée avec des lobes réfléchis, généralement d'un jaune vif. Les fleurs mâles diffèrent de structure, de couleur et de croissance, sont plus longues (6-12 cm) que les fleurs femelles, qui mesurent 3-5 cm. La couleur des fleurs varie du jaune à l'orange pâle (Kaur *et al.*, 2020)

Les feuilles sont réniformes, avec cinq lobes courts et pointus. Les sinuosités entre les lobes sont à peine visibles ou absentes, séparant légèrement les pédoncules floraux (mâles et femelles), qui sont cylindriques et non anguleux. La tige est généralement longue et rampante, parfois courte, mais jamais dressée. Elle peut être cylindrique ou présenter des angles peu prononcés. La chair de *Cucurbita maxima* est délicate, à peine fibreuse, souvent d'une couleur jaune vif à orange, parfois blanc jaunâtre ou rose, et parfois d'un jaune brunâtre. (Naudin,1856). Les graines sont de grande taille, mesurant entre 20 et 24 mm de longueur et 12 à 14 mm de largeur. Elles sont ovales, avec des bords souvent proéminents, parfois plus ou moins effacés, voire absents. Leur couleur varie du blanc pur au fauve foncé (Naudin,1856).

1.2.5. Taxonomie de *cucurbita maxima*

La citrouille fait partie de la famille des Cucurbitacées et regroupe plusieurs espèces telles que *Cucurbita moschata*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita mixta*, *Cucurbita ficifolia* et *Telfairia occidentalis* Hook. Parmi ces espèces, trois d'entre elles (*Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duchesne et *Cucurbita moschata* Duchesne) sont particulièrement importantes sur le plan économique et sont cultivées à grande échelle dans le monde entier, se distinguant par leurs niveaux élevés de production (Caili *et al.*, 2006).

Tableau 2. Taxonomie de *cucurbita maxima* (Md et Md, 2017).

Division	Spermatophyte
Sub – Division :	Angiosperme
Règne	Plante
Classe	Dicotylédone
Sous – class :	Poly patelle
Série	Caliciforme
Ordre :	Passifloracées
Famille :	Cucurbitacée
Genre :	<i>Cucurbita</i>
Espèce :	<i>Maximus</i>

I.2.6. Variétés de *Cucurbita maxima*

Chez *C. maxima*, il existe une grande variation de formes cultivées et de nombreuses tentatives ont été menées pour les classer. Goldman a présenté une liste illustrée de cultivars de *C. maxima* les regroupant en groupes de cultivars Australien, (Hubbard, Buttercup, Banana, Turban, Mammoth et Zapallito) (López-Anido, 2021).



Figure 1.fruits matures de cultigènes de *cucurbita maxima* (Grumet et *al.*,2017).

1.Hubbard : Le groupe Hubbard se distingue par ses fruits de forme ovale, effilés à une ou deux extrémités, et de taille moyenne à grande (2 à 6 kg). L'écorce varie en couleur, allant du vert au blanc crème, en passant par le bleu-gris et l'orange, et peut présenter ou non des bandes longitudinales (**figure 2**). La surface de la croûte est généralement irrégulière ou verruqueuse, rarement lisse. La chair, de couleur jaune orangé, est idéale pour la consommation lorsqu'elle est mûre (López-Anido, 2021).



Figure 2. Fruits mûrs provenant de différentes accessions du groupe de cultivars *C. maxima* Hubbard (López-Anido, 2021).

2. Turban : Le groupe Turban se distingue par ses fruits matures aux formes étranges, où le péricarpe ne recouvre pas complètement le fruit, laissant le tissu stylistique émerger, donnant l'impression qu'un fruit pousse à l'intérieur d'un autre (**figure 3**). Les fruits sont généralement de taille moyenne à petite et présentent une écorce de couleurs variées, l'orange étant particulièrement courant. La chair peut être orange clair, jaune ou crème. Certains cultivars ne sont pas très adaptés à la consommation à maturité, mais sont plutôt utilisés à des fins ornementales (López-Anido, 2021).



Figure 3. Fruits mûrs provenant de différentes accessions du groupe de cultivars Turban. Règle bleue longueur 20 cm. Fruits tranchés, à gauche chair molle de couleur claire, à droite couleur plus intense et chair ferme (López-Anido, 2021).

3. Banana : Le groupe des bananiers se distingue par ses fruits matures allongés de taille moyenne, avec un rapport longueur/largeur compris entre 2,3 et 3,1. Ces fruits présentent généralement trois locules stylistiques en moyenne 3,43. La couleur de l'écorce des fruits mûrs varie, similairement au groupe Hubbard, mais le rose est beaucoup plus fréquent. La chair est de couleur orange et elle est particulièrement adaptée à la consommation des fruits mûrs. Caractéristiques distinctives du groupe incluent la présence d'une protubérance à l'extrémité du stylet (mamelon) et de graines

brunes et épaisses. Les plantes sont de type grimpant et leurs feuilles ne sont pas marbrées (López-Anido, 2021).

4. Show : Le groupe Show, également connu sous le nom de Mammouth, se distingue par ses gros fruits globuleux à maturité, réputés pour être parmi les plus gros du règne végétal. Depuis environ 150 ans, ces citrouilles ont attiré l'attention lors des expositions dans les foires agricoles en Amérique du Nord et dans la vie rurale européenne. La couleur de l'écorce varie généralement entre l'orange, le jaune et le crème. La chair, de couleur orange clair, jaune ou même crème, présente une qualité médiocre pour la consommation en tant que courge d'hiver, avec une matière sèche comprise entre 4,3 % et 5,1 %. Le rapport longueur/largeur des graines de ce groupe est le plus élevé parmi tous les cultivars de *C. maxima*, dépassant 1,8. Les plantes grimpantes peuvent présenter des tiges jaunes dans certains cultivars, tandis que les feuilles tachetées sont absentes (López-Anido, 2021).



Figure 4. Fruits mûrs provenant de différentes accessions du groupe de cultivars de bananier *C. maxima*. Règle bleue 20 cm. Fruit tranché portant trois loges (López-Anido, 2021).

4. Show : Le groupe Show, également connu sous le nom de Mammouth, se distingue par ses gros fruits globuleux à maturité, réputés pour être parmi les plus gros du règne végétal. Depuis environ 150 ans, ces citrouilles ont attiré l'attention lors des expositions dans les foires agricoles en Amérique du Nord et dans la vie rurale européenne. La couleur de l'écorce varie généralement entre l'orange, le jaune et le crème. La chair, de couleur orange clair, jaune ou même crème, présente une qualité médiocre pour la consommation en tant que courge d'hiver, avec une matière sèche comprise entre 4,3 % et 5,1 %. Le rapport longueur/largeur des graines de ce groupe est le plus élevé parmi tous les cultivars de *C. maxima*, dépassant 1,8. Les plantes grimpantes peuvent

présenter des tiges jaunes dans certains cultivars, tandis que les feuilles tachetées sont absentes (López-Anido, 2021).



Figure 5. Fruits du groupe de cultivars Show (López-Anido, 2021).

5. Buttercup : Le groupe de cultivars Buttercup se distingue par sa taille généralement moyenne à petite, pesant entre 1,6 et 1,7 kg. Les fruits ont une forme elliptique-rectangulaire large et aplatie. L'écorce est de couleur vert foncé, parfois avec des bandes vert clair. Le péricarpe peut ne pas complètement envelopper le fruit et présenter une petite couronne à l'extrémité du stylet (figure 6). La chair est orange, de bonne qualité à maturité, offrant une saveur sucrée et légèrement noisette. Ce groupe est particulièrement apprécié en Nouvelle-Zélande et au Japon, où il est connu sous le nom de Kabocha. Les plantes sont semi-buissonnantes avec des entre-nœuds de longueur intermédiaire, et leurs feuilles ne sont pas tachetées (López-Anido, 2021).



Figure 6. Fruits du groupe de cultivars Buttercup, à gauche fruit non mûr dans la plante, à droite, fruits mûrs, l'un à l'envers montrant la couronne (López-Anido, 2021).

6. Nugget : La Nugget est un groupe relativement récent, largement commercialisé aujourd'hui par les entreprises de semences potagères aux États-Unis. Ce groupe se distingue par son fruit

précoce bicolore : il affiche une couleur jaune vif lorsqu'il est immature, qui évolue vers l'orange à maturité. Les fruits sont de forme plate et globulaire, de taille intermédiaire à petite, similaire à ceux du groupe Buttercup. La chair est orange et elle est adaptée à la consommation en tant que courge d'hiver à maturité (López-Anido, 2021).



Figure 7. Fruits mûrs entiers et tranchés du groupe de cultivars Nugget (López-Anido, 2021).

7. Zapallito : Le terme "Zapallo" provient de la langue quechua et désigne la citrouille, tandis que "Zapallito" est son diminutif espagnol (petite citrouille). Les fruits matures sont aplatis, avec un rapport longueur/largeur compris entre 0,6 et 0,7. Leur écorce varie du vert foncé au brun et peut présenter une petite couronne à l'extrémité stylaire, similaire au groupe de cultivars Buttercup. La chair du fruit mûr peut être de couleur orange clair, jaune ou crème, mais elle est de très mauvaise qualité pour la consommation en tant que courge d'hiver, avec une matière sèche de la chair comprise entre 4,9 % et 5,5 %. Les plantes sont de type buissonnant, présentant la longueur d'entre-nœud la plus courte parmi tous les groupes de cultivars, entre 11 et 20 mm (López-Anido, 2021).



Figure 8. Fruits mûrs entiers et tranchés à chair typique, fine, spongieuse, de couleur claire. Règle bleue longueur 20 cm (López-Anido, 2021).

I.3. Phytochimie

Les éléments bioactifs naturellement présents dans diverses parties de *Cucurbita maxima*, comme indiqué par plusieurs études scientifiques, incluent divers composés phytochimiques tels que les phénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins, les saponines, les terpénoïdes et les stéroïdes (Sanjukta *et al.*, 2023). Cette plante constitue également une excellente source de caroténoïdes, de potassium et de vitamines, tout en étant riche en fibres et en bêta-carotène (Guiné *et al.*, 2011). La *Cucurbita maxima* est riche en protéines, lipides, cendres, stérols, polysaccharides, acides para-amino-benzoïques, acides gras mono- et polyinsaturés, huile fixe, ainsi que de l'acide γ -amino-butyrique dans les graines et les fruits. De plus, elle contient des glycosides phénoliques, de l'acide 11E-octa-décatriénoïque dans les feuilles et les graines, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des dérivés phénoliques, des tanins, des hydrates de carbone, des saponines, et du magnésium dans les graines (Wahid *et al.*, 2021).

I.4. Utilisation de *Cucurbita maxima*

Les écorces et les feuilles de citrouille renferment des propriétés bioactives particulières, qui ont démontré des propriétés conservatrices (Salehi *et al.*, 2019). Leurs fleurs, également comestibles, y sont communément utilisées en médecine traditionnelle (Ndjolo *et al.*, 2018). Les *Cucurbita maxima* offrent une variété de possibilités alimentaires, incluant des sirops, des confitures, de la gelée et des purées. Leur consommation est associée à la prévention de certains cancers, des maladies cardiovasculaires et de la dégénérescence maculaire, grâce à leur richesse en provitamine A. De plus, leur contenu en bêta-carotène confère des propriétés antioxydantes, aidant à neutraliser l'oxygène singulet et à désactiver les radicaux libres (Guiné *et al.*, 2011). Ils peuvent être consommés crus ou cuits, mais également pour l'alimentation animale. En raison de leur haute valeur nutritionnelle, largement utilisées dans de nombreux pays comme ingrédients dans de nombreux produits commerciaux (Salehi *et al.*, 2019). L'écorce est une source

exceptionnelle en ce qui concerne la teneur totale en phénols, flavonoïdes, caroténoïdes et minéraux. Les farines d'écorce de citrouille, obtenues par lyophilisation, ont été utilisées dans la préparation de gâteaux à différents degrés de substitution. L'évaluation des qualités sensorielles et chimiques de ces gâteaux a révélé des résultats positifs (Sanjukta *et al.*, 2023).

II. Stress oxydatif

Le stress oxydatif résulte d'un déséquilibre redox, caractérisé par une augmentation des radicaux libres destructeurs et une diminution des défenses antioxydantes ainsi que des mécanismes de protection antioxydants (Kandola *et al.*, 2015). Les radicaux libres sont générés par divers processus physiologiques et peuvent être bénéfiques à l'organisme à des niveaux modérés ; cependant, leur production peut devenir excessive ou résulter de phénomènes toxiques externes. Dans de telles situations, l'organisme doit mobiliser divers systèmes antioxydants pour se défendre contre ces excès (Favier, 2003). Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) sont naturellement présentes dans la cellule à des niveaux modérés, leur concentration étant régulée par l'équilibre entre leur taux de production et leur élimination par les systèmes antioxydants. Cette homéostasie redox peut être perturbée, soit par une production excessive de ROS, soit par une diminution des capacités antioxydantes (Migdal et Serres, 2011).

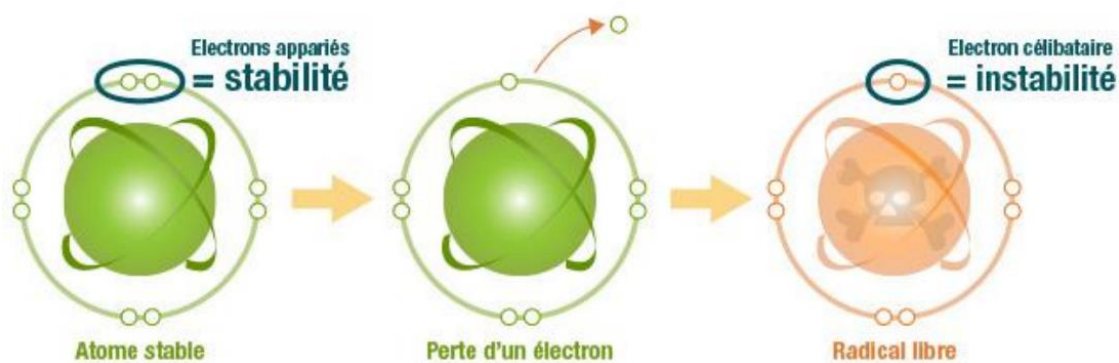


Figure 9. Formation des radicaux libre (Ghouti Mohamed, 2019).

II.1. Radicaux libres

Un radical libre est une espèce chimique, une molécule, un fragment de molécule ou un simple atome, capable d'exister de manière indépendante « libre » tout en contenant un ou plusieurs électrons non appariés (électron non apparié sur une orbitale). Cette caractéristique lui confère une grande réactivité, ce qui entraîne une demi-vie très courte. En effet, le radical libre cherchera constamment à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable : il va donc se réduire en oxydant un autre composé (système redox) (Rao *et al.*, 2011).

II.2. Types des radicaux libres

Les espèces réactives peuvent être soit des radicaux, soit des composés non radicalaires (**tableau 3**). Les espèces non radicalaires ne sont pas des radicaux libres, mais elles peuvent facilement déclencher des réactions radicalaires dans les organismes vivants. Les différents types de radicaux libres varient considérablement en termes de réactivité (Martemucci *et al.*, 2022).

Tableau 3. Différents types des espèces réactives (Tvrda et Benko, 2020).

Espèces réactives de l'oxygène			
Espèces radicalaires		Espèces non radicalaires	
Nom	Formule	Nom	Formule
Superoxyde	O_2^{\bullet}	Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2
Radical hydroxyle	OH^{\bullet}	Acide hypochloreux	$HOCl$
Radical peroxyde	ROO^{\bullet}	Acide hypobromeux	$HOBr$
Radical alcoxyde	RO^{\bullet}	Ozone	O_3
Radical hydroperoxyde	HO_2	Oxygène singulet	1O_2
Oxyde nitrique	NO^{\bullet}	Peroxyde lipidique	$LOOH$

II.3. Sources de production des radicaux libres

Les ROS peuvent être générés à partir de sources internes (endogènes) ou externes (exogènes).

II.3.1. Sources exogènes

Les sources exogènes de ROS incluent les rayons X, les rayons γ , les ultraviolets A, la lumière visible en présence de sensibilisants, ainsi que divers réactifs chimiques comme les métaux lourds ou de transition (par exemple, Cd, Hg, Pb, As), les ions métalliques tels que Fe^{2+} et Cu^{2+} . Elles peuvent également provenir de la cuisson (viandes fumées, huiles de cuisson usagées), des températures élevées, des polluants environnementaux (hydrocarbures aromatiques, pesticides, biphényles polychlorés et dioxines), des infections microbiennes, des médicaments et de leurs métabolites (Martemucci *et al.*, 2022).

II.3.2. Sources endogènes

Les sources endogènes de ROS incluent divers organites cellulaires comme les mitochondries, les peroxysomes et le réticulum endoplasmique, où la consommation d'oxygène est élevée (**figure 10**) (Phaniendra *et al.*, 2015).

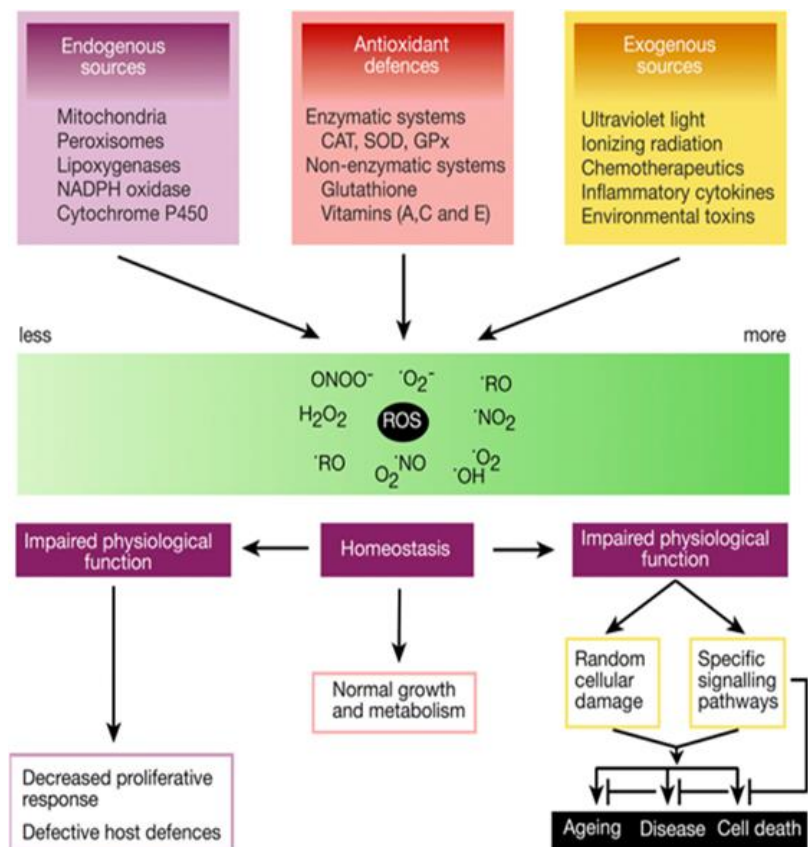


Figure 10. Sources et réponses cellulaires aux espèces réactives de l'oxygène (Krumova et Cosa, 2016).

II.4. Oxydation des macromolécules

II.4.1. Peroxydation lipidique

Les lipides, et plus particulièrement leurs acides gras polyinsaturés, sont les principales cibles des attaques par le radical hydroxyle. Ce dernier est capable d'arracher un atome d'hydrogène des carbones situés entre deux doubles liaisons, ce qui conduit à la formation d'un radical diène conjugué, qui s'oxyde ensuite en radical peroxy. Ce processus, appelé peroxydation lipidique, entraîne une réaction en chaîne. En effet, le radical peroxy formé peut réagir avec un autre acide gras, générant ainsi un nouveau radical diène conjugué (Favier, 2003).

II.4.2. Oxydation des protéines

L'oxydation des protéines peut être provoquée à la fois par des espèces radicalaires et par des espèces non radicalaires. Les ROS oxydent divers acides aminés dans les protéines, entraînant la formation de liaisons croisées entre les protéines. Cela conduit à leur dénaturation et à une perte de fonction, incluant la diminution de l'activité enzymatique, ainsi que la perte de la fonction des récepteurs et des protéines de transport. L'attaque des ROS sur divers acides aminés entraîne la formation de plusieurs produits d'oxydation, dont des résidus hydroxyle (Phaniendra *et al.*, 2015).

II.4.3. Oxydation de l'ADN

Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et les espèces réactives de l'azote (RNS) peuvent endommager les acides nucléiques par oxydation. En général, l'ADN mitochondrial est plus vulnérable aux agressions oxydatives que l'ADN nucléaire, car il est situé très près de la source principale des radicaux libres. Les ROS, en particulier le radical hydroxyle (OH[•]), interagissent directement avec tous les composants de l'ADN, provoquant diverses altérations, telles que des cassures simples et double brin. Ce radical peut extraire l'hydrogène pour générer plusieurs sous-produits modifiés de purine et de pyrimidine, ainsi que des liaisons croisées entre les protéines et l'ADN (Tvrda et Benko, 2020).

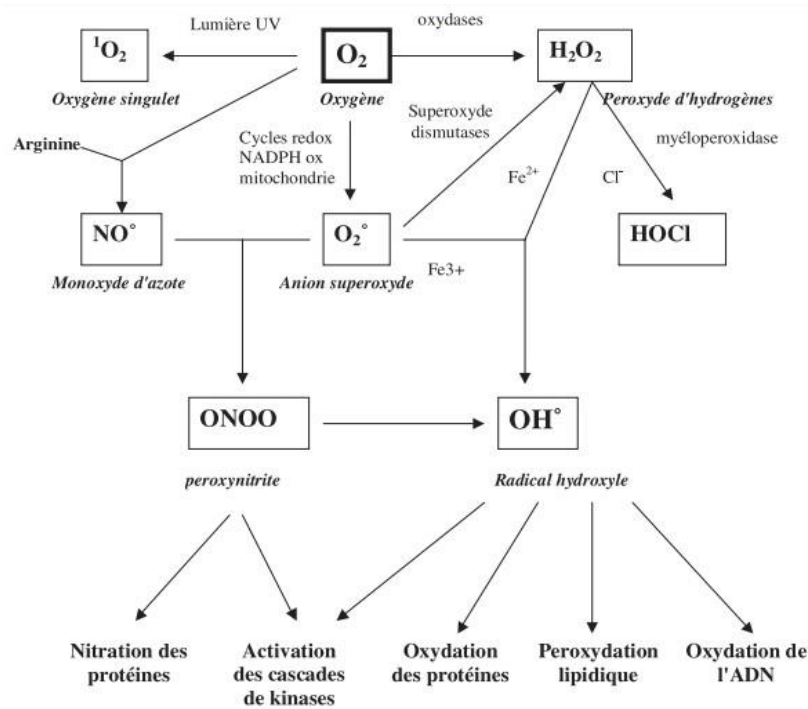


Figure 11. Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène (Favier, 2003).

II.5. Effet pathologique du stress oxydant

En créant des molécules biologiques chimiquement et irréversiblement anormales et en surexprimant certains gènes, le stress oxydatif constitue souvent la cause initiale essentielle de plusieurs maladies, telles que le cancer, la cataracte, la sclérose latérale amyotrophique, le syndrome de détresse respiratoire aiguë, l'œdème pulmonaire, le vieillissement accéléré et le cancer. Le stress oxydatif sera également un des facteurs qui potentialisent la genèse de maladies plurifactorielles telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires (Favier, 2006).

III. Antioxydants

Un antioxydant est défini comme toute substance, présente en faible concentration par rapport à celle du substrat oxydable, qui peut ralentir ou inhiber de manière significative l'oxydation de ce substrat. Les antioxydants sont des systèmes de défense qui régulent et maîtrisent le métabolisme par le biais de réactions en chaîne, où les radicaux libres interagissent avec leur environnement pour se stabiliser. Cette stabilisation est obtenue soit en cédant un électron à un autre composé, soit en récupérant un. Le composé nouvellement attaqué se retrouve alors déstabilisé et cherche à se stabiliser. C'est à ce moment que les substances antioxydantes interviennent, s'oxydant pour récupérer l'électron libre et le diriger vers une réaction en chaîne spécifique (Leverve, 2009).

III.1. Antioxydants enzymatiques

Les antioxydants enzymatiques constituent l'élément principal des systèmes de défense cellulaire contre les agressions oxydatives.

III.1.1. Superoxydes dismutases (SOD)

Les SOD agissent en éliminant les radicaux superoxydes par une réaction de dismutation, produisant du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ainsi que des ions hydroxyles (OH^-) et des radicaux hydroxyles (OH^\bullet). On trouve des SOD spécifiques dans différents compartiments cellulaires : la MnSOD dans la mitochondrie, et la CuZnSOD dans le cytosol et les érythrocytes (Younus, 2018).

III.1.2. Catalases

Les catalases réduisent le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en libérant de l'oxygène et de l'eau. Elles se trouvent principalement dans les peroxysomes. Bien qu'elles ne puissent éliminer tout le peroxyde d'hydrogène, leur rôle reste crucial, surtout en présence d'ions ferreux, car elles permettent d'éliminer l'excès de H_2O_2 , empêchant ainsi l'amplification de la réaction de Fenton (Zuo *et al.*, 2015).

I) III.1.3. Glutathion peroxydases (GPx)

Les GPx agissent en réduisant à la fois le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et les hydroperoxydes lipidiques. Pour leur fonctionnement, elles dépendent du glutathion réduit (GSH) comme cofacteur, sur lequel elles transfèrent l'oxygène, le convertissant ainsi en glutathion oxydé (GSSG). Dans les conditions physiologiques cellulaires, la forme réduite du glutathion est prédominante (95 %). Les GPx sont des enzymes connues pour contenir du sélénium, qui est intégré dans la protéine sous forme de sélénocystéine. La synthèse des sélénoprotéines, y compris les GPx, est limitée par la teneur intracellulaire en sélénium (Ighodaro et Akinloye, 2018).

III.2. Antioxydants non enzymatiques

Les systèmes antioxydants non enzymatiques sont constitués de nutriments apportés naturellement par l'alimentation (exogènes) ou de composés produits par l'organisme (endogènes).

III.2.1. Antioxydant non enzymatique d'origine endogène

a/ Glutathion

Le glutathion joue un rôle crucial dans l'inactivation des espèces oxygénées actives et dans la régénération de certains composés aux propriétés antioxydantes, comme la vitamine E. Le glutathion réduit (GSH) est un substrat essentiel pour les réactions qui éliminent les peroxydes, grâce à l'activité enzymatique de la glutathion peroxydase (GPx), de la glutathion transférase

(GST) et de la glutathion réductase (GR). Lors de l'oxydation du glutathion, deux molécules de GSH se lient en formant un pont disulfure (S-S) par l'oxydation du groupement -SH de chaque cystéine. Cette réaction aboutit à la formation de glutathion oxydé ou disulfure (Mirończuk-Chodakowska *et al.*, 2018).

b/ Acide urique

L'acide urique est le produit final du catabolisme enzymatique des purines chez l'homme, formé à partir de la xanthine par un processus d'oxydation catalysé exclusivement par l'enzyme xanthine déshydrogénase. Des études de résonance paramagnétique électronique et chimiques ont montré que l'acide urique peut réagir avec les radicaux OH^{\bullet} *in vitro*, indiquant ainsi qu'il pourrait posséder des capacités de piégeage importantes (Mirończuk-Chodakowska *et al.*, 2018).

II.2.2. Antioxydant non enzymatique d'origine exogène

a/ Vitamine E

Ces vitamines liposolubles se présentent sous huit formes différentes et possèdent des propriétés antioxydantes. La principale fonction de la vitamine E est de protéger les cellules contre la peroxydation lipidique. Dans le corps humain, l' α -tocophérol est la forme la plus étudiée et la mieux absorbée, étant privilégiée dans les processus métaboliques. Il est considéré comme l'antioxydant principal des membranes cellulaires. L' α -tocophérol réagit avec les radicaux lipidiques issus de la peroxydation lipidique pour former un radical α -tocophérol, pouvant être régénéré par des composés tels que l'acide ascorbique, le rétinol ou l'ubiquinol. Cette capacité à protéger les membranes cellulaires contribue à éviter une kératinisation précoce (Ifeanyi, 2018).

b/ Bêta-carotène

Le β -carotène agit efficacement en tant qu'antioxydant à des pressions partielles d'oxygène faibles, mais il perd cette capacité en présence de $p\text{O}_2$ élevées, adoptant alors un effet pro-oxydant autocatalytique. En agissant comme une chaîne cassante, liposoluble et antioxydante, le β -carotène complète efficacement le rôle de la vitamine E (Miazek *et al.*, 2022).

c/ Vitamine C

La vitamine C, étant hydrosoluble, agit en tant que cofacteur pour plusieurs enzymes et fonctionne comme agent réducteur. Elle est capable de réagir directement avec les radicaux superoxydes, hydroxyles et l'oxygène singulet. Cependant, de manière paradoxale, elle peut agir tant comme antioxydant que comme pro-oxydant (Padayatty *et al.*, 2003).

d/ Polyphénols

Les composés phénoliques présents dans les aliments proviennent d'une importante classe de métabolites secondaires des plantes. Ils servent d'antioxydants, protégeant les aliments de l'oxydation, même à faible concentration. L'efficacité antioxydante des composés phénoliques dépend du nombre et de l'agencement des groupes hydroxyles dans leurs molécules (Gulcin, 2020).

**ETUDE
EXPERIMENTALE**

**MATERIEL
ET
METHODES**

MATERIELS ET METHODES

I. Matériels

I.1. Matériel végétal

La plante *Cucurbita maxima* a été achetée dans un marché local de la wilaya de m'sila. L'identification botanique de l'espèce a été réalisée par Dr. Djamel SARRI, enseignant-chercheur, au niveau du département science de la nature de vie. Le travail a été réalisée dans le laboratoire pédagogique de département de Biochimie et de Microbiologie, faculté des sciences de l'université de M'sila.

I.2. Produits et réactifs chimiques

Les produits chimiques utilisés dans cette étude comprennent de l'acide ascorbique, phosphate de sodium, de l'acide sulfurique, du Trichloroacetate (TCA), de ferricyanure de potassium, du molybdate d'ammonium, du chlorure ferreux, du folin ciocalteu, de l'acide gallique, du carbonate de sodium, et du 2,6 di-tert-butyl-4-méthyl phénol (BHT), fournis par Fluka (France). Le chlorure d'aluminium et la quercétine proviennent de Sigma-Aldrich (Allemagne). Les sels nécessaires à la préparation des tampons ont été achetés chez Panreac (Espagne). Tous les solvants utilisés étaient de qualité analytique et ont été fournis par Sigma (Allemagne).

II. Méthodes

II.1. Préparation des échantillons

L'étude a été faite sur la partie extérieure de la plante « les écorces ». La citrouille a été bien nettoyée avec l'eau de robinet et rincée à l'eau distillée pour éliminer toutes les impuretés puis elle a été essuyée avec du papier joseph. Le décollage des écorces a été faite à l'aide d'un éplucheur. Les pelures ont ensuite été collectées et coupées en petits morceaux. L'échantillon des écorces a été séché à l'étuve à 45°C pendant 72 heures. Il a ensuite été broyé finement à l'aide d'un broyeur électrique pour l'obtention d'une poudre fine.

II.2. Préparation de l'extrait aqueux

25g de poudre d'écorces de *Cucurbita maxima* ont été préparés par décoction et portés à ébullition à 100°C dans 250ml d'eau distillée, avec agitation, pendant 30 minutes, la solution obtenue a été filtrées sous vide puis été soumise à une centrifugation à 3000 rpm pendant 10 minutes, puis séchées dans une étuve à 45°C pendant 48 heures. L'extrait sec ainsi obtenu a été conservé dans un flacon opaque et immédiatement placé à l'abri de la lumière dans un réfrigérateur à -32°C (Kasmi *et al.*, 2017).

II.3. Préparation de l'extrait méthanolique

L'extrait méthanolique de *Cucurbita maxima* a été préparé par macération de 25 g de poudre d'écorces est placé dans 250 ml du mélange méthanol/eau (7 :3V/V) pendant 24 heures, sous agitation continue et à température ambiante. Le mélange est filtré et centrifuger (3000rpm pendant 10min). Le filtrat est évaporé sous pression réduite à 45°C dans un rotavapeur (BÜCHI). L'extrait obtenus a été mettre dans l'étuve à 45°C pendant 48 heures. La poudre brun foncé obtenue après séchage a été stockée dans un flacon opaque à -32°C jusqu'à son utilisation (Krimat *et al.*, 2017).

II.4. Dosage des polyphénols totaux

La quantité totale de phénols dans les extraits de *Cucurbita maxima* a été évaluée en utilisant la méthode décrite par (Delgado *et al.*, 2019). Cette méthode repose sur l'oxydation des phénols par le réactif de Folin-Ciocalteu. En résumé, 25 µl des différentes concentrations d'extraits sont mélangés avec 125 µl de réactif de Folin-Ciocalteu (10 %). Après 4 minutes, 100 µl de carbonate de sodium (7,5 %) sont ajoutés. Le mélange est ensuite incubé à température ambiante dans l'obscurité pendant 1 heure et 30 minutes avant de mesurer l'absorbance à 765 nm à l'aide d'un lecteur de plaque. L'acide gallique (à des concentrations de 20 à 160 µg/ml) a servi de standard pour établir la courbe d'étalonnage permettant de calculer la concentration en phénols totaux. La teneur totale en phénols est exprimée en microgrammes équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg d'extrait).

II.5. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes totaux ont été quantifiés à l'aide d'un test colorimétrique selon le protocole décrit par (Makuasa et Ningsih, 2020). Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle libre en position 5 qui, en présence de chlorure d'aluminium, forme un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al^{+3} . La couleur jaune ainsi produite est directement proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présents dans l'extrait. Pour ce faire, 150 µl de solution d' $AlCl_3$ à 2 % ont été ajoutés à des échantillons d'extraits de différentes concentrations préparés dans 150 µl de méthanol. Le mélange a été agité, puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 15 minutes. L'absorbance a été mesurée à 430 nm à l'aide d'un lecteur de plaque. La concentration des flavonoïdes dans les extraits a été déduite à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec de la quercétine (0-14 µg/ml) et exprimée en microgrammes d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg d'extrait).

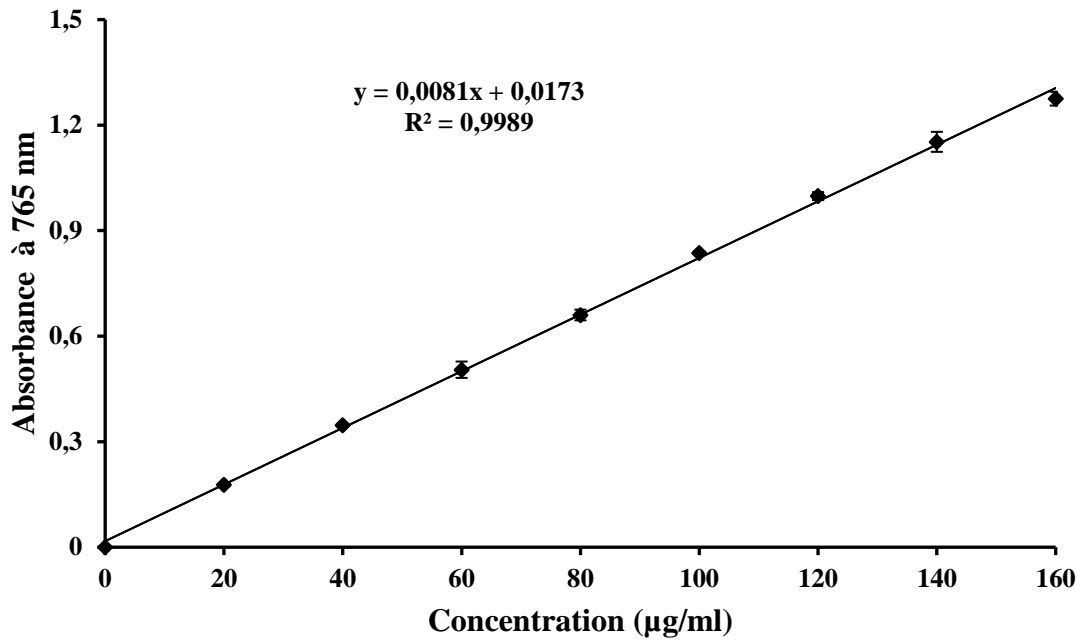


Figure 12. Droite d'étalonnage de l'acide gallique.

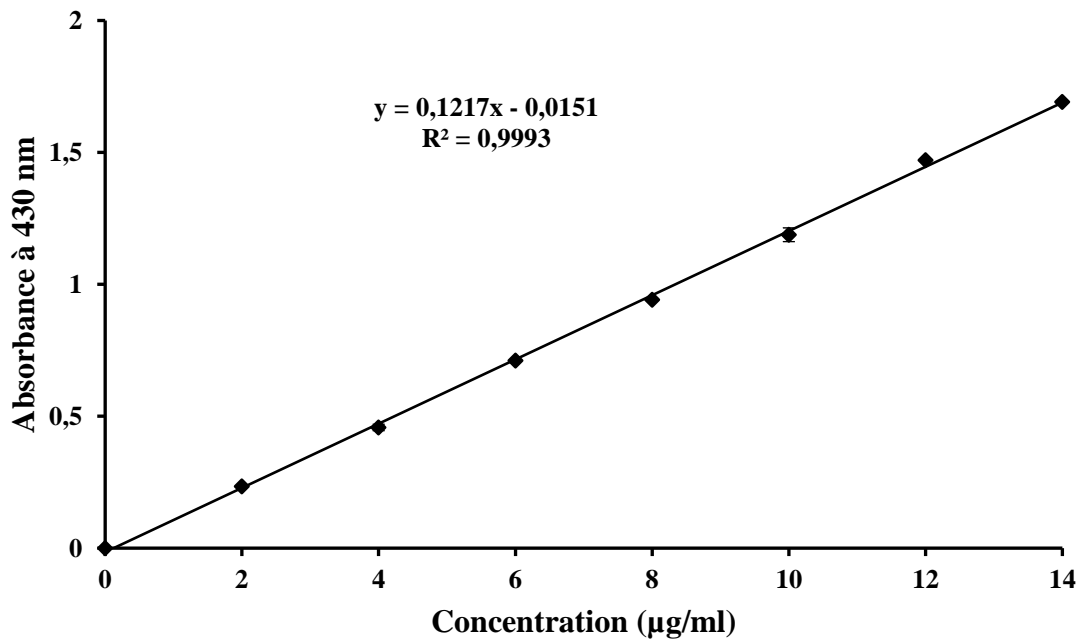


Figure 13. Droite d'étalonnage de la quercétine

II.6. Activité antioxydante des extraits de *Cucurbita maxima*

II.6.1. Capacité antioxydante totale

Ce test est basé sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate Mo^{6+} à molybdène (Mo^{5+}) en présence de l'extrait ou d'antioxydant (Yaici *et al.*, 2021). Cette réduction est obtenue par la formation de complexes verdâtre (phosphate/Mo (V) à un pH acide. L'augmentation de la couleur du complexe de molybdène (VI) a été mesurée en présence d'antioxydants. Un volume de 100 μl des solutions d'extraits ou standard (acide ascorbique) est ajouté à 900 μl d'un réactif composé d'acide sulfurique (0.6 M), de phosphate de sodium (28 mM) et de molybdate d'ammonium (4 mM). Les tubes ont ensuite été incubés à 95°C pendant 1h30min. Après refroidissement, l'absorbance a été mesurée à 695 nm contre le blanc qui est constitué de 100 μl de d'eau distillée mélangé avec 900 μl du réactif. La capacité antioxydante totale est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide ascorbique (0 - 200 $\mu\text{g}/\text{ml}$) et est exprimée en microgramme d'équivalent d'acide ascorbique (Vc) par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EVC} / \text{mg d'extrait}$).

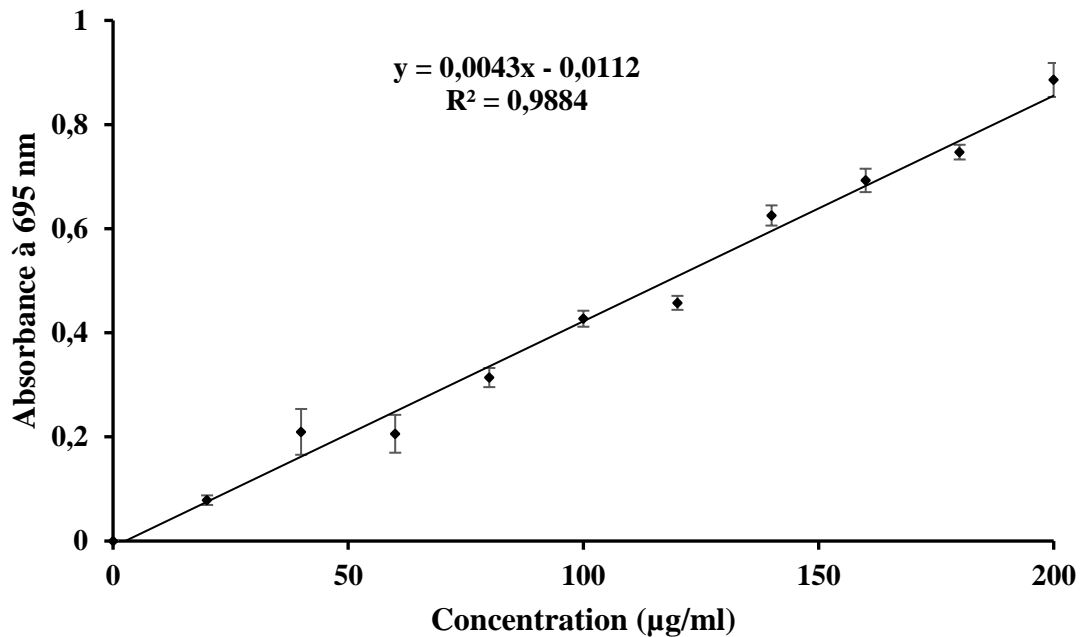


Figure 14. Droite d'étalonnage de l'acide ascorbique.

II.6.2. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur des extraits de *Cucurbita maxima* a été évaluée selon le protocole décrit par (Rohit *et al.*, (2012)). Des solutions d'extraits et d'antioxydant de référence (BHT) à différentes concentrations sont initialement mélangées avec 625 μ l du tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6) et 625 μ l de $K_3Fe(CN)_6$ à 1%. Après 20 min d'incubation à 50°C suivie de 15 min de refroidissement, 625 μ l de TCA (10%) et 125 μ l de $FeCl_3$ (0.1%) sont ajoutés au milieu réactionnel, et l'absorbance est lue à 700 nm contre un blanc sans $FeCl_3$. L'absorbance est directement proportionnelle au pouvoir réducteur. La valeur d' EC_{50} est calculée à partir de la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration de l'échantillon.

II.7. Analyses statistiques

Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne \pm l'écart type. Les EC_{50} sont calculées à partir la droite de régression linéaire déterminée à partir des données expérimentales du (% inhibition = f (concentrations)). Les comparaisons multiples et la détermination des taux de signification sont faites par le test ANOVA univariée suivi du test de Tukey pour les comparaisons multiples. Les différences sont considérées statistiquement importantes au seuil de 0,05 ($p \leq 0,05$).

RESULTATS
ET
DISSCUSSION

RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

I.1. Rendement de l'extraction de l'écorce de *Cucurbita maxima*

La préparation des extraits à partir de l'écorce du *Cucurbita maxima* a été effectuée par deux méthodes différentes, la décoction et la macération hydro-méthanolique. Cette opération a permis d'obtenir deux extraits bruts : Extrait aqueux (E.Aq) et Extrait méthanolique (E.Met).

Le rendement est exprimé en pourcentage de la masse de l'extrait sec par rapport à la masse de poudre de la plante sèche : $R \% = M/M0 \times 100$ (**tableau 4**).

- R % : Rendement exprimé en %.
- M : Masse en gramme de l'extrait sec résultant.
- M0 : Masse en gramme du matériel végétal sec.

Tableau 4. Aspect, couleur et rendement de différents extraits de *cucurbita maxima*.

Extrait	Aspect	Couleur	Rendement (%)
E.Aq	Poudre	Jaune marronnée	3.61 %
E.Met	Poudre	Brun foncé	3.35 %

I.2. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes

La teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits de *Cucurbita maxima* est déterminée en utilisant les méthodes de Folin-Ciocalteu et de trichlorure d'aluminium respectivement. Les résultats montrent que l'Extrait aqueux est plus riche en polyphénols totaux et en flavonoïdes que l'extrait méthanolique (**tableau 5**).

Tableau 5. Teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits de *Cucurbita maxima*.

Extrait	Polyphénols (μg EAG / mg d'extrait)	Flavonoïdes (μg EQ / mg d'extrait)
E.Aq	46,28 \pm 2,150	3,20 \pm 0,02
E.Met	37,74 \pm 0,96	1,72 \pm 0,01

Les valeurs représentent la moyenne de 3 essais \pm écart type.

I.3. Activité antioxydante des extraits de *Cucurbita maxima*

I.3.1. Capacité antioxydante totale (TAC)

Les résultats de ce test (**tableau 6**) montrent clairement que l'extrait aqueux possède une capacité antioxydante plus importante que celle de l'extrait méthanolique.

Tableau 6. Capacité antioxydante total des extraits aqueux et méthanolique de *Cucurbita maxima*.

Extrait	E.Aq	E.Met
TAC (μg d'équivalent d'acide ascorbique / mg d'extrait)	362,70 \pm 1,60	121,51 \pm 2,03

Les valeurs représentent la moyenne de 3 essais \pm écart type.

I.3.2. Pouvoir réducteur

Les résultats montrent que les deux extraits de *Cucurbita maxima* possèdent un pouvoir réducteur concentration dépendant ($p < 0,001$). En effet, à la concentration de 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$, l'extrait méthanolique a montré un pouvoir réducteur meilleur que celui de l'extrait aqueux. Le BHT montre un pouvoir réducteur maximal à 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (**figure15**). Les EC50 sont représentés dans le (**tableau 7**).

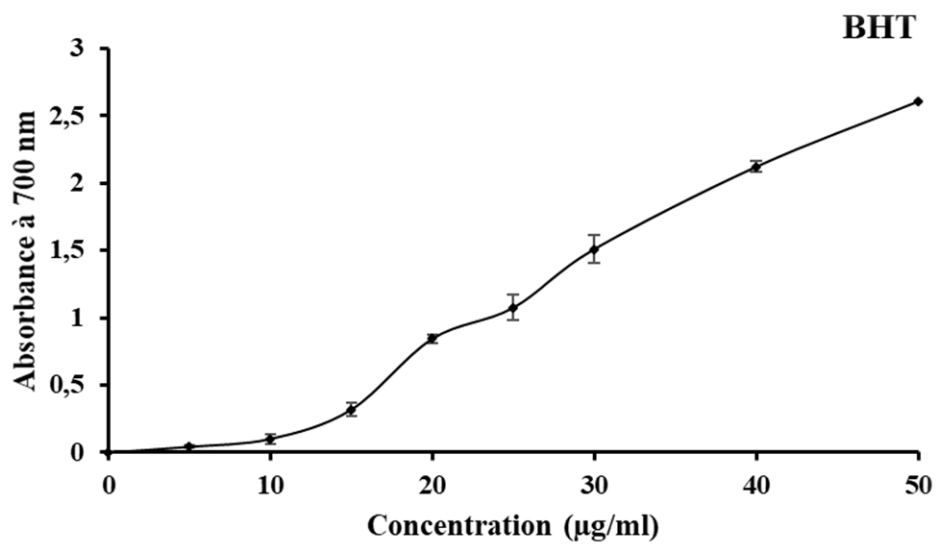
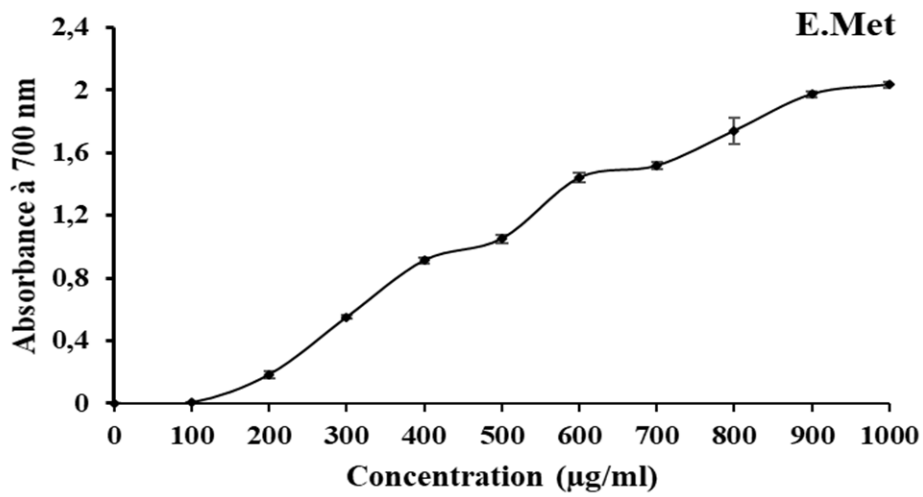
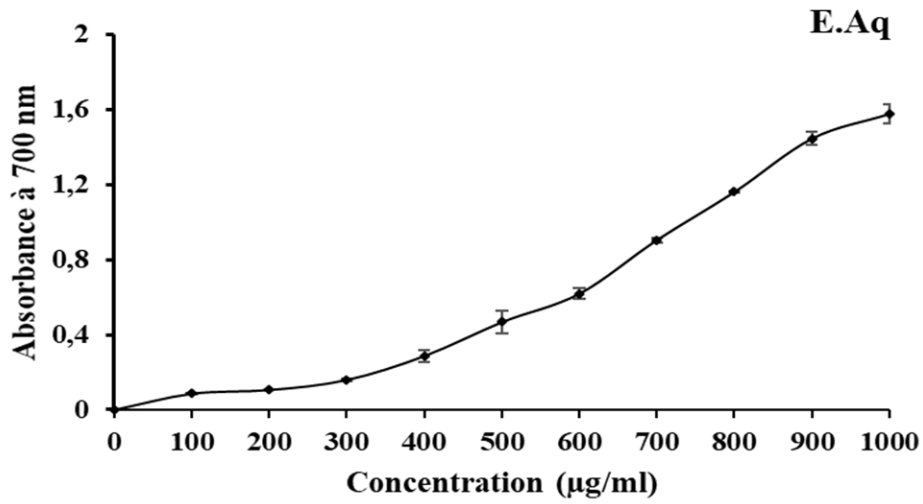


Figure 15. Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux (E.Aq) et méthanolique (E.Met) de Cucurbita maxima et du BHT. Les valeurs représentent la moyenne de 3 essais \pm écart type.

Tableau 7. Les EC₅₀ des extraits de *Cucurbita maxima* et du BHT.

Echantillon	EC ₅₀ (µg/ml)
E.Met	292,13 ± 5,41
E.Aq	523,57 ± 19,35
BHT	16,20 ± 0,43

Les valeurs représentent la moyenne de 3 essais ± écart type.

II. DISCUSSION

Les plantes de la famille des cucurbitacées étaient activement utilisées comme remèdes traditionnels pour traiter diverses maladies (Dhiman *et al.*, 2012). Leurs fruits servaient non seulement de nourriture, mais également de traitements thérapeutiques pour de nombreux maux, certaines espèces étant même vénérées pour leurs propriétés curatives (Zheng *et al.*, 2019). De plus, ces plantes ont montré diverses activités biologiques, notamment des effets anti-inflammatoires, antitumoraux, antidiabétiques, antifongiques, antibactériens, antiviraux (y compris contre le VIH), hépatoprotecteurs, cardiovasculaires, ainsi que des rôles dans la régulation immunitaire (Salehi, 2019). La famille des cucurbitacées possède également de nombreuses autres propriétés médicinales, mais elle n'a pas encore acquis une importance significative dans le domaine de la médecine en raison de la méconnaissance de ses pouvoirs de guérison (Khulakpam *et al.*, 2015).

Dans cette étude, nous avons porté notre attention sur la détermination de la teneur en polyphénols et flavonoïdes, ainsi que sur l'évaluation de l'activité antioxydante de *Cucurbita maxima*.

II.1. Préparation des extraits et dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes

L'extraction des métabolites secondaires repose sur plusieurs paramètres. Certains sont liés au matériel végétal, tandis que d'autres dépendent du type d'extraction, de la nature du solvant utilisé, ainsi que de la température et de la durée du processus d'extraction (Terblanche *et al.*, 2017). L'eau, le méthanol, et leurs mélanges à différents ratios sont les solvants les plus couramment utilisés pour optimiser la récupération des composés phénoliques et obtenir une meilleure activité antioxydante (Barros *et al.*, 2010). Dans cette étude, ces deux solvants ont été

employés pour extraire des composés à partir de l'écorce de la plante *Cucurbita maxima*. L'utilisation de la plante sous forme de poudre augmente l'efficacité de l'extraction, car elle rend l'échantillon plus homogène, augmente la surface de contact avec le solvant, et facilite la pénétration à l'intérieur des cellules (Khoddami *et al.*, 2013).

Avant de procéder à l'extraction, la plante a été séchée à l'ombre pour prévenir la dégradation enzymatique de certains composants, notamment les flavonoïdes, qui sont sensibles à la dégradation en présence de matériel frais ou non séché. De plus, le séchage permet d'inhiber la fermentation bactérienne, qui peut être une cause directe de cette dégradation. En outre, le séchage à l'ombre prévient les transformations chimiques telles que l'isomérisation, tout en protégeant la plante contre les rayonnements ultraviolets du soleil (Sarker *et al.*, 2005).

Le rendement de l'extraction chimique repose sur divers facteurs, notamment le mode d'extraction, le choix du solvant, la stabilité des composés extraits, ainsi que la température et la durée de l'opération (Tanase *et al.*, 2019). Le rendement est également influencé par la région et la période de récolte (Zhang *et al.*, 2018). Les solvants organiques sont couramment jugés efficaces pour extraire les composés phénoliques lors des opérations de macération. Leur efficacité est principalement due à leur polarité et à leur capacité à dissoudre et récupérer de manière optimale les composants actifs des plantes. (Mahmoudi *et al.*, 2013).

L'extrait aqueux de l'écorce de *Cucurbita maxima* obtenu par macération hydro-méthanolique présente un rendement de 3.35 % qui est similaire à celui de l'extrait obtenu par décoction qui présente un rendement de 3.60 %. Ces résultats suggèrent que l'extraction par décoction permet d'améliorer la quantité d'extrait sec. En effet, Su *et al.* (2006) ont observé que le rendement des extractions aqueuses augmente avec la température. Ce phénomène s'explique par le fait que l'eau à haute température perturbe les cellules, facilitant ainsi la pénétration du solvant et la solubilisation des molécules (Albano et Miguel, 2010). Cependant, il est important de noter que la chaleur peut également entraîner la dégradation des molécules thermolabiles, c'est pourquoi la décoction a été effectuée pendant un temps réduit (Seidel, 2005).

Les tests phytochimiques sont effectués sur les deux extraits préparés à partir de l'écorce, du fruit de *Cucurbita maxima*, en utilisant des réactifs qualitatifs de révélation. Ces tests reposent sur des essais de solubilité, des réactions de précipitation, ainsi que des changements de couleur spécifiques observés pour chaque réaction (Bentabet et Boucherit-Otmani, 2014).

La quantification de l'extrait de *Cucurbita maxima* a été réalisée par dosage spectrophotométrique afin d'estimer sa teneur en composés phénoliques. Le choix de mesurer les polyphénols parmi les différents composés phytochimiques était motivé par leur importance

biologique significative. Les flavonoïdes, considérés comme la classe prédominante de polyphénols, ont également été inclus dans cette analyse en raison de leur pertinence (Fadili *et al.*, 2017).

Nos résultats ont démontré que les extraits méthanolique et aqueux de *Cucurbita maxima* présentent une concentration en polyphénols plus élevée et une concentraion faible en flavonoïdes par rapport aux résultats obtenu par (Sanjukta *et al.*, 2023). Cette observation peut s'expliquer par la solubilité accrue de ces composés dans le méthanol et l'eau. De plus, la solubilité des polyphénols est principalement influencée par le nombre de groupes hydroxyle, le poids moléculaire et la longueur de la chaîne carbonée du squelette de base (Mahmoudi *et al.*, 2013).

II.2. Activités antioxydantes

Pour évaluer le potentiel antioxydant des extraits, il est essentiel de recourir à plusieurs tests antioxydants (Popovici *et al.*, 2009). Compte tenu de la complexité du processus d'oxydation et de la diversité des antioxydants, des méthodes *IN VITRO* (test de pouvoir réducteur et test de capacité antioxydante totale (TAC) ont été réalisées pour évaluer l'effet antioxydant des extraits aqueux et méthanolique de *Cucurbita maxima*.

II.2.1. Capacité antioxydante totale

La méthode au phosphomolybdate est une approche fréquemment employée, caractérisée par sa simplicité, sa rapidité et son indépendance, permettant d'évaluer la capacité antioxydante totale (Dutta *et al.*, 2012). L'analyse quantitative des composés phénoliques dans l'extrait méthanolique de *Cucurbita maxima* a révélé la présence de polyphénols et de flavonoïdes qui sont responsables à la capacité antioxydante (Hannebelle et al., 2004).

Par conséquent, nos résultats indiquent que les extraits de *Cucurbita maxima* contiennent des composés phénoliques et des flavonoïdes qui contribuent à leur activité antioxydante. Dont plusieurs études soulignent l'importance des composés phénoliques en tant que neutralisants de radicaux libres. En effet, les polyphénols et les flavonoïdes sont reconnus comme de puissants antioxydants, offrant une protection continue en neutralisant diverses espèces réactives de l'oxygène, telles que les radicaux hydroxyle et peroxy, les acides hypochloreux, l'anion superoxyde et le peroxy nitrite. (Chekroun *et al.*, 2015).

Les résultats obtenus concordent avec ceux de Sanjukta Kar (2023), qui ont démontré que les extraits méthanolique et aqueux de *Cucurbita maxima* possèdent une capacité antioxydante significative dont l'extrait aqueux présente la valeur TAC la plus élevée. De même les résultats

trouvés par Halder (2022) ont montré une faible activité antioxydante de l'extrait méthanolique des fleurs de la plante *Cucurbita maxima*.

II.2.2. Activité réductrice

La capacité d'un composé à donner des électrons lors d'une réaction d'oxydoréduction peut également être utilisée pour évaluer son activité antioxydante. Cette capacité de donation d'électrons est appelée pouvoir réducteur. La présence de réducteurs dans les extraits réduit le complexe ferricyanure/ Fe^{3+} en forme ferreuse/ Fe^{2+} . Par conséquent, la quantité de Fe^{2+} peut être évaluée en suivant l'augmentation de l'intensité de la couleur, qui est fonction du pouvoir réducteur de l'échantillon étudié (Yadav *et al.*, 2012). Les extraits aqueux et méthanolique de *Cucurbita maxima* ont présenté des capacités réductrices élevées. Cette propriété pourrait être attribuée à la présence de flavonoïdes, qui sont les principaux donneurs d'électrons (Le *et al.*, 2007). Des études ultérieures ont montré que la famille des cucurbitaceae possède une activité réductrice, cela démontre leur propriété de donation d'électrons et par conséquent leur capacité de neutraliser les radicaux libres (Salehi *et al.*, 2021).

**CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES**

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les plantes médicinales fournissent la plupart des antioxydants naturels, notamment les métabolites secondaires, de plus en plus exploités dans le domaine médical en raison de leur efficacité contre diverses maladies.

Dans cette étude, nous avons d'abord mesuré les taux de polyphénols et de flavonoïdes dans les extraits aqueux et méthanoliques de l'écorce de *Cucurbita maxima*. Ensuite, nous avons évalué l'effet antioxydant de ces mêmes extraits *in vitro*.

Les évaluations quantitatives des polyphénols totaux et des flavonoïdes contenus dans les extraits aqueux et méthanoliques, réalisées respectivement par la méthode de Folin-Ciocalteu et de trichlorure d'aluminium, ont révélé la présence d'une quantité significative de ces composés dans les extraits de *Cucurbita maxima*.

Les extraits aqueux et méthanoliques de *Cucurbita maxima* présentent un effet antioxydant remarquable. Les deux d'extraits étudiés ont démontré un fort pouvoir réducteur ainsi qu'une capacité antioxydante totale remarquable.

La famille des cucurbitacées présente une multitude de constituants chimiques thérapeutiquement importants, nécessitant des recherches approfondies pour explorer pleinement leur valeur.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Albano, S. M., & Miguel, M. G. (2011). Biological activities of extracts of plants grown in Portugal. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 338-343.

Alfawaz, M. A. (2004). Chemical composition and oil characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed kernels. *Food Science and Agriculture*, 2(1), 5-18.

Avinash, T., & Rai, V. (2017). An ethanobotanical investigation of *cucurbitaceae* from South India: A review. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 5(3), 250-253.

Barros, L., Heleno, S. A., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. (2010). Lamiaceae often used in Portuguese folk medicine as a source of powerful antioxidants: Vitamins and phenolics. *LWT-Food Science and Technology*, 43(3), 544-550.

Belaïch R, Boujraf S, (2016). Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Med Mal Metab*, 10(1): 38–42.

Berger, M. M. (2006). Manipulations nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. *Nutrition clinique et métabolisme*, 20(1), 48-53.

Bisognin, D. A. (2002). Origin and evolution of cultivated *cucurbits*. *Ciência Rural*, 32, 715-723.

Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2013). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technology* (9), 14.

Caili, F. U., Huan, S., & Quanhong, L. I. (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant foods for human nutrition*, 61, 70-77.

Chekroun, E., Benariba, N., Adida, H., Bechiri, A., Azzi, R., & Djaziri, R. (2015). Antioxidant activity and phytochemical screening of two *Cucurbitaceae*: *Citrullus colocynthis* fruits and *Bryonia dioica* roots. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(8), 632-637.

Delgado, A. M., Issaoui, M., & Chammem, N. (2019). Analysis of main and healthy phenolic compounds in foods. *Journal of AOAC International*, 102(5), 1356-1364.

- Dhiman, K., Gupta, A., Sharma, D. K., Gill, N. S. and Goyal, A. (2012). A review on the medicinally important plants of the family *Cucurbitaceae*. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 4, 16-26).
- Dutta, A. K., Gope, P. S., Banik, S., Makhnoon, S., Siddiquee, M. A., & Kabir, Y. (2012). Antioxidant properties of ten high yielding rice varieties of Bangladesh. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1), S99-S103).
- Fadili, K., Zerkani, H., Amalich, S., & Zair, T. (2017). Etude phytochimique et evaluation de l'activite antioxydante des feuilles et des fruits du Capparis spinosa L. *Phytochemical study and evaluation of antioxidant activity of leaves and fruits of Capparis spinosa L*
- Favier, A. (2003). Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.
- Favier, A. (2006, November). Stress oxydant et pathologies humaines. In *Annales pharmaceutiques françaises* (Vol. 64, No. 6, pp. 390-396). Elsevier Masson.
- Formiga, A. K., & Myers, J. R. (2019). Images and descriptions of *Cucurbita maxima* in Western Europe in the sixteenth and seventeenth centuries. *Plant Breeding Reviews*, 43, 317-356.
- Ghouthi Mohamed, H. H. (2019). Simulation du pouvoir antioxydant de deux anticancéreux de la famille des antimétabolites.
- Gnanvossou, D., Hanna, R., Azandémè, G., Goergen, G., Tindo, M., & Agbaka, A. (2006). Inventaire et importance des dégâts des mouches des fruits sur quelques espèces de *cucurbitacées* au Bénin. *Actes de l'Atelier Scientifique National*, 6, 140-145.
- Goudable, J., & Favier, A. (1997). Radicaux libres oxygénés et antioxydants. *Nutrition clinique et métabolisme*, 11(2), 115-120.
- Grumet, R., Katzir, N., & Garcia-Mas, J. (Eds.). (2017). *Genetics and genomics of Cucurbitaceae* (pp. xii+430). Springer International Publishing.
- Guiné, R. P., Pinho, S., & Barroca, M. J. (2011). Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Food and bioproducts processing*, 89(4), 422-428.
- Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview. *Archives of toxicology*, 94(3), 651-715.
- Halder, S., Dutta, S., & Khaled, K. L. (2022). Evaluation of phytochemical content and *IN VITRO* antioxidant properties of methanol extract of *Allium cepa*, *Carica papaya* and *Cucurbita maxima* blossoms. *Food Chemistry Advances*, 1, 100104.

- Hennebelle, T., Sahpaz, S., & Bailleul, F. (2004). Plant polyphenols, sources, uses and potential in the fight against oxidative stress. *Phytothérapie*, 2, 3-6).
- Ifeanyi, O. E. (2018). A review on free radicals and antioxidants. *Int. J. Curr. Res. Med. Sci*, 4(2), 123-133.
- Ighodaro, O. M., & Akinloye, O. A. (2018). First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria journal of medicine*, 54(4), 287-293.
- Jahan, F., Islam, M. B., Moulick, S. P., Al Basher, M., Hasan, M. S., Tasnim, N., ... & Bhuiyan, M. N. H. (2023). Nutritional characterization and antioxidant properties of various edible portions of *Cucurbita maxima*: A potential source of nutraceuticals. *Heliyon*, 9(6).
- Jeffrey, C. (1990). Systematics of the Cucurbitaceae: an overview. Biology and utilization of the *Cucurbitaceae*, 3-9.
- Kandola, K., Bowman, A., & Birch-Machin, M. A. (2015). Oxidative stress—a key emerging impact factor in health, ageing, lifestyle and aesthetics. *International Journal of Cosmetic Science*, 37, 1-8.
- Kasmi, M., Aourach, M., El Boukari, M., Barrijal, S., & Essalmani, H. (2017). Efficacité des extraits aqueux des plantes aromatiques et médicinales contre la pourriture grise de la tomate au Maroc. *Comptes Rendus. Biologies*, 340(8), 386-393.
- Kaur, S., Panghal, A., Garg, M. K., Mann, S., Khatkar, S. K., Sharma, P., & Chhikara, N. (2020). Functional and nutraceutical properties of pumpkin—a review. *Nutrition & Food Science*, 50(2), 384-401
- Khoddami, A., Wilkes, M. A., & Roberts, T. H. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328-2375.
- Khulakpam, N.S., Singh, V., Rana, D.K., (2015). Medicinal importance of *Cucurbitaceous* crops. *Int. Res. J. Biol. Sci.* 4, 1–3).
- Krimat, S., Metidji, H., Tigrine, C., Dahmane, D., Nouasri, A., & Dob, T. (2019). Analyse chimique, activités antioxydante, anti-inflammatoire et cytotoxique d'extrait hydrométhanolique d'*Origanum glandulosum* Desf. *Phytothérapie*, 17(2), 58.
- Krumova, K., & Cosa, G. (2016). Overview of reactive oxygen species.

- Leverve, X. (2009). Stress oxydant et antioxydants ? *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 44(5), 219-224.
- López-Anido, F. S. (2021). Cultivar-groups in *Cucurbita maxima* Duchesne : Diversity and possible domestication pathways. *Diversity*, 13(8), 354.
- Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technology*, (9), 35.
- Makuasa, D. A. A., & Ningsih, P. (2020). The analysis of total flavonoid levels in young leaves and old soursop leaves (*Annona muricata* L.) using uv-vis sepctrofotometry methods. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 2(1), 11-17.
- Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., & D'Alessandro, A. G. (2022). Free radical properties, source and targets, antioxidant consumption and health. *Oxygen*, 2(2), 48-78.
- Md, P. M., & Md, T. K. (2017). Overview on *Cucurbita maxima* seed. *J Dent Med Sci*, 16, 29-33.
- Miazek, K., Beton, K., Śliwińska, A., & Brożek-Płuska, B. (2022). The effect of β -carotene, tocopherols and ascorbic acid as anti-oxidant molecules on human and animal *IN VITRO/IN VIVO* studies: A review of research design and analytical techniques used. *Biomolecules*, 12(8), 1087.
- Migdal, C., & Serres, M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *médecine/sciences*, 27(4), 405-412.
- Mirończuk-Chodakowska, I., Witkowska, A. M., & Zujko, M. E. (2018). Endogenous non-enzymatic antioxidants in the human body. *Advances in medical sciences*, 63(1), 68-78.
- Naudin, C. (1856). Nouvelles recherches sur les caractères spécifiques et les variétés des plantes du genre *Cucurbita*. V. Masson.
- Ndjolo, P., Kahumba Byanga, J., & Lumbu Simbi, J. B. (2018). Criblage Phytochimique et activité antimicrobienne de sept fleurs comestibles utilisées en médecine traditionnelle à Lubumbashi (RDC). *Journal of Applied Biosciences*, 124, 12455-12467.
- Nimse, S. B., & Pal, D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC advances*, 5(35), 27986-28006.

- Padayatty, S. J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J. H., ... & Levine, M. (2003). Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *Journal of the American college of Nutrition*, 22(1), 18-35.
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian journal of clinical biochemistry*, 30, 11-26.
- Rao, P. S., Kalva, S., Yerramilli, A., & Mamidi, S. (2011). Free radicals and tissue damage : Role of antioxidants. *Free radicals and antioxidants*, 1(4), 2-7.
- Rolnik, A., & Olas, B. (2020). Vegetables from the Cucurbitaceae family and their products: Positive effect on human health. *Nutrition*, 78, 110788.
- Salehi, B., Quispe, C., Sharifi-Rad, J., Giri, L., Suyal, R., Jugran, A. K., ... & Zam, W. (2021). Antioxidant potential of family *Cucurbitaceae* with special emphasis on *Cucurbita* genus: a key to alleviate oxidative stress-mediated disorders. *Phytotherapy Research*, 35(7), 3533-3557.
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Capanoglu, E., Adrar, N., Catalkaya, G., Shaheen, S., ... & Calina, D. (2019). Cucurbita Plants: From farm to industry. *Applied Sciences*, 9(16), 3387, Dhiman, K., Gupta, A., Sharma, D. K., Gill, N. S. and Goyal, A. (2012). A review on the medicinally important plants of the family *Cucurbitaceae*. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 4, 16-26)
- Sanjukta Kar, Suchandra Dutta, Rubina Yasmin, A comparative study on phytochemicals and antioxidant activity of different parts of pumpkin (*Cucurbita maxima*), *Food Chemistry Advances* 3 (2023))
- Sarker, S.D., Latif, Z., Gray, A.I (2005). *Natural Product Isolation*. Humana Press (Totowa), 1-23)
- Seidel, V. (2005). Initial and bulk extraction. *Natural products isolation*, 27-46.
- Sharma, M., & Bhat, R. (2021). Extraction of carotenoids from pumpkin peel and pulp: Comparison between innovative green extraction technologies (ultrasonic and microwave-assisted extractions using corn oil). *Foods*, 10(4), 787.
- Su, X., Duan, J., Jian, Y., Shi, J., Kakuda, Y (2006). Effect of soaking conditions on the antioxidant potentials of oolong tea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4), 348-353.
- Tanase, C., Coșarcă, S., & Muntean, D. L. (2019). A critical review of phenolic compounds extracted from the bark of woody vascular plants and their potential biological activity. *Molecules*, 24(6), 1182.

Terblanche, U., Semakalu, C. C., Mtunzi, F., & Pillay, M. (2017). Screening of variables influencing extraction yield of *Cotyledon orbiculata*: 23 full factorial design. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(3), 303-312.

Tvrda, E., & Benko, F. (2020). Free radicals: what they are and what they do. In *Pathology* (pp. 3-13). Academic Press.

Wahid, S., Alqahtani, A., & Khan, R. A. (2021). Analgesic and anti-inflammatory effects and safety profile of *Cucurbita maxima* and *Cucumis sativus* seeds. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(8), 4334-4341.

Whitaker, T. W., & Bemis, W. P. (1975). Origin and evolution of the cultivated *Cucurbita*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 362-368.

Yadav, S.A., Raj, A.J., Sathishkumar, R (2012). In vitro antioxidant activity of *Barleria noctiflora* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. S716-S722)

Younus, H. (2018). Therapeutic potentials of superoxide dismutase. *International journal of health sciences*, 12(3), 88.

Zhang, Q. W., Lin, L. G., & Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese medicine*, 13, 1-26.

Zheng, Y., Wu, S., Bai, Y., Sun, H., Jiao, C., Guo, S., ... & Xu, Y. (2019). *Cucurbit* Genomics Database (CuGenDB): a central portal for comparative and functional genomics of *cucurbit* crops. *Nucleic Acids Research*, 47(D1), D1128-D1136)

Zuo, L., Zhou, T., Pannell, B. K., Ziegler, A. C., & Best, T. M. (2015). Biological and physiological role of reactive oxygen species—the good, the bad and the ugly. *Acta physiologica*, 214(3), 329-348.

تهدف هذه الدراسة الى تحديد المركبات الكيميائية وتقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلص المائي و الميثانولي للحاء ثمرة *Cucurbita maxima*. تم تحديد المحتوى الكلي لعديدات الفينول و الفلافونويدات للمستخلصات باستخدام كاشف Folin ciocalteu وثلاثي كلوريد الألومنيوم على التوالي. أظهرت النتائج ان المستخلص المائي يحتوي على اعلى كمية من عديدةات الفينول و الفلافونويدات بقيم تقدر بـ $2,150 \pm 46,28$ ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك\مغ مستخلص و $0,02 \pm 3,20$ ميكروغرام من مكافئ الكيرسيتين\مغ مستخلص على التوالي. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصين باستخدام اختبار القدرة الكلية المضادة للأكسدة و اختبار قدرة الارجاع حيث أشارت النتائج ان المستخلصين المائي و الميثانولي يمتلكان قدرة كبيرة مضادة للأكسدة بقيم تبلغ $1,60 \pm 362,70$ ميكروغرام مكافئ حمض الاسكوربيك\مغ مستخلص و $2,03 \pm 121,51$ ميكروغرام مكافئ حمض الاسكوربيك\مغ مستخلص على التوالي. بالإضافة الى ذلك اظهر كلا المستخلصين قوة ارجاع جيدة تعتمد على التركيز. كخلاصة، يمتلك المستخلصين المائي و الميثانولي من لحاء ثمرة *Cucurbita maxima* نشاطا معتبرا مضادا للأكسدة مما يمكن استغلالها في الصناعات الغذائية و الصيدلانية.

الكلمات المفتاحية : *Cucurbita maxima*، الاجهاد التأكسدي، مضادات الأكسدة، عديدةات الفينول، المستخلصات النباتية .

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer la composition phytochimique et d'évaluer l'activité antioxydante des extraits aqueux (E.Aq) et méthanolique (E.Met) de l'écorce de fruit de *Cucurbita maxima*. Les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits ont été déterminées à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu et du trichlorure d'aluminium, respectivement. Les résultats montrent que l'E.Aq est plus riche en polyphénols totaux et en flavonoïdes avec des valeurs de $46,28 \pm 2,150$ µg EAG/mg d'extrait et $3,20 \pm 0,02$ µg QE/mg d'extrait, respectivement. L'activité antioxydante des deux extraits a été évaluée en utilisant le test de la capacité antioxydante totale et le test du pouvoir réducteur. Les résultats obtenus montrent que l'E.Aq et l'E.Met possèdent une forte capacité antioxydante totale avec des valeurs de $362,70 \pm 1,60$ et $121,51 \pm 2,03$ µg EVC/mg d'extrait, respectivement. De plus, les deux extraits ont démontré un bon pouvoir réducteur dépendant de la concentration. En conclusion, (E.Aq) et (E.Met) de l'écorce de fruit de *Cucurbita maxima* possèdent une activité antioxydante importante due à la présence de composés phénoliques, pouvant être exploités dans les industries alimentaire et pharmaceutique.

Mots clés : *Cucurbita maxima*, Stress oxydatif, Antioxydant, Polyphénols, Extraits de plantes.

Abstract

The aim of this study is to determine the phytochemical compounds and to evaluate the antioxidant activity of the aqueous (Aq.E) and the methanolic (Met.E) extracts of *Cucurbita maxima* fruit peel. The total polyphenols and flavonoids contents of the extracts were determined using the Folin-Ciocalteu reagent and aluminium trichloride, respectively. The results showed that Aq.E is richest in polyphenols and flavonoids with values of $46,28 \pm 2,15$ µg GAE/mg extract and $3,20 \pm 0,02$ µg QE/mg extract, respectively. The antioxidant activity of the two extracts was assessed using total antioxidant capacity and reducing power tests. The obtained results showed that the Aq.E and Met.E exerted a significant antioxidant capacity with values of $362,70 \pm 1,60$ and $121,51 \pm 2,03$ µg EVC/mg extract, respectively. In addition, both extracts showed good concentration-dependent reducing power. In conclusion, the aqueous (Aq.E) and methanolic (Met.E) extracts of *Cucurbita maxima* fruit peel have significant antioxidant activity due to the presence of phenolic compounds, which can be exploited in the food and pharmaceutical industries