

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département des sciences de la nature et de la vie



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie
Thème

**Etude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante
de la plante *Bunium incrassatum* de la région d'Ain Témouchent**

Présenté Par :

- 1) Melle Bekhiche Khouloud
- 2) Melle Azza Hena

Devant le jury composé de :

Dr. BENNABI Farid	MCA	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. KHOLKHAL Fatima	MCB	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinatrice
Dr. BRIXI GORMAT Nassima	MCB	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

En tout premier lieu, nous tenons à remercier infiniment et profondément notre Dieu le tout puissant pour nous avoir donné le courage, la volonté, la santé et surtout la patience durant nos 5 ans d'études pour achever ce travail.

Nous voudrions tout d'abord remercier notre promotrice, Dr BRIXI GORMAT-BENMANSOUR Nassima, Maître de conférences classe B à l'Université Ain Témouchent Belhadj Bouchaib, pour avoir accepté de nous encadrer et diriger ce travail par excellence.

Aussi bien pour ces conseils judicieux, sa disponibilité tout au long de ce travail.

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés aux membres de jury

Dr. BENNABI Farid, Maître de conférences classe A à l'Université Ain Témouchent Belhadj Bouchaib qui nous a honorées en acceptant d'être président de jury.

Dr. KHOLKHAL Fatima, Maître de conférences classe B à l'Université Ain Témouchent Belhadj Bouchaib de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Aussi, nous remercions Dr. ZERRIOUH Meriem, qui nous a aidées durant notre travail, pour ses conseils, ses qualités humaines et professionnelles.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre gratitude à tous nos enseignants qui nous ont transmis leur savoir, ce qui nous a permis d'acquérir les connaissances indispensables pour réaliser ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi aux personnels du laboratoire de biochimie de l'Université Belhadj Bouchaib d'Ain Temouchent en particulier Mme MEFTAHI Choukria, Mr TIRES NourEddine, Mr MHAMEDI Walid, Mr RAHMANI Khaled, d'avoir mis à notre disposition le matériel et les moyennes nécessaires à la réalisation de ce travail.

À tous ceux qui, un jour ou l'autre, nous ont offert leur amitié et des moments inoubliables tout au long de notre cursus universitaire.

Nous témoignons enfin notre reconnaissance à tous ceux et celles ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre mémoire de fin de cycle.

DIDICACE

*En guise de reconnaissance envers mon **DIEU** le **Tout Puissant***

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail :

Aux être les plus chères au monde « mes parents »

*Qu'ils trouvent ici ma plus profonde gratitude, mon respect, mon amour et ma considération
pour leurs sacrifices et leur soutien tout au long de mes études.*

*A mes chère belles-sœurs **Ritedj et Aya** ; A mon cher frère **Mohamed Seif Eddine** ;*

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte
pour vous, que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*À toute ma famille paternelle **AZZA**, et maternelle **METERI** ;*

*A mon cher Encadrant **Dr BRIXI GORMAT.N** ;*

A mon binôme Khouloud et sa famille ;

*A l'ensemble des enseignants de la biochimie qui ont contribué à ma
Formation scientifique ;*

A toutes mes amies chacun par son nom, pour leur encouragement ;

*A tous mes collègues de ma promotion « **2020/2021** » ;*

À tous ceux qui sont proches de mon cœur ;

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Hena

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

Aux être les plus chères au monde « mes parents »

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être. Vous m'avez inculquée le sens du devoir, de la responsabilité et de la dignité. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez. Puisse Dieu, le très haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes très chers frères Soufiene ,Abd elkarime ,Adem.

et mon cousin yacine ben ammar

De ma profonde tendresse je vous souhaite une vie pleine de bonheurs et de succès et que dieu vous garde, éclaire votre route et vous aide à votre tour vos vœux les plus chers

À toute ma famille paternelle BEKHICHE , et maternelle BELMIRET

À mes cousines et cousin amine, wahiba, imene, houda, kawter, yousra.

À mon cher Encadrant Dr BRIXI GORMAT.Nassima

À mon binôme Azza hena et sa famille

À mes adorable amies ghaniya et houria qui ont partagé avec moi des moments inoubliables de joie et de bonheur

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail

Khouloud

Résumé

L'objectif de la présente étude est de valoriser les extraits des racines de la plante médicinale «*Bunium incrassatum*» qui est très appréciée pour ses nombreuses vertus et largement utilisée pour traiter les dysfonctionnements de la thyroïde et ceci par la réalisation d'une étude phytochimique et une évaluation de son activité antioxydante.

Les extraits organiques du tubercule de *B. incrassatum* ont été obtenus par macération en utilisant trois solvants de polarités différentes à savoir l'eau, l'éthanol et l'acétone. Les pourcentages des rendements obtenus sont estimés à 6,65 ; 11,5 et 6,9% respectivement.

Le screening phytochimique réalisé sur les trois extraits a révélé leur richesse en flavonoïdes, quinones, sucres réducteurs et en saponosides.

L'évaluation du pouvoir antioxydant *in vitro* par les méthodes DPPH et FRAP, a montré que les extraits bruts des tubercules de *B. incrassatum* avaient une activité antioxydante différente. L'extrait hydroacétonique a montré une activité anti-radicalaire vis-à-vis du radical DPPH, par contre c'est l'extrait aqueux qui a marqué la meilleure activité réductrice du fer.

Par conséquent, ces résultats indiquent que la racine de la plante *Bunium incrassatum* constitue une source efficace de composés phénoliques, qui lui confère une activité antioxydante importante permettant son usage dans l'industrie pharmaceutique et alimentaire.

Mots clés : *Bunium incrassatum* L, tests phtochimiques, polyphénols, activité antioxydante, FRAP, DPPH

Abstract

The objective of this study is to enhance the value of extracts from the roots of the medicinal plant «*Bunium incrassatum*» which is highly appreciated for its many virtues and widely used to treat thyroid dysfunction by conducting a phytochemical study and evaluating its antioxidant activity

The organic extracts from the tuber of *B. incrassatum* were obtained by maceration using three solvents of different polarities: water, ethanol and acetone. The percentages of yields obtained are estimated at 6,65 ; 11,5 and 6,9% respectively.

The phytochemical screening carried out on the three extracts revealed their richness in flavonoids, quinones, reducing sugars and saponosides.

The assessment of the antioxidant power in vitro by the DPPH and FRAP methods showed that the raw extracts of *B. incrassatum* tubregress had a different antioxidant activity. The hydroacetic extract showed an anti-radical activity vis-à-vis the DPPH radical, but it is the aqueous extract which marked the best reducing activity of the iron.

Therefore, these results indicate that the fruit root of *Bunium incrassatum* is an effective source of phenolic compounds, which confers it an important antioxidant activity allowing its use in the pharmaceutical and food industry.

Keywords: *Bunium incrassatum* L, phytochemicals tests, polyphenols, antioxidant activity, FRAP, DPPH

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تعزيز قيمة المستخلصات من جذور النبتة الطبية "*Bunium incrassatum*" التي تحظى بتقدير كبير لفضائلها العديدة وتستخدم على نطاق واسع لعلاج اختلال وظائف الغدة الدرقية عن طريق إجراء دراسة كيميائية نباتية وتقييم نشاطها المضاد للأكسدة.

تم الحصول على المستخلصات العضوية من جذور *B. incrassatum* عن طريق نقعها في ثلاثة مذيبات من مختلف الصفات: الماء والإيثانول والأسيتون. وتقدر النسب المئوية للغلال المتحصل عليه بـ 6.65 في المائة و11.5 في المائة و6.9 في المائة على التوالي.

وكشف الفحص الكيميائي النباتي الذي أجري على المستخلصات الثلاثة عن ثروتها في الفلافونويدات، كينون سكريات . وأظهر تقييم القوة المضادة للأكسدة في المختبر بواسطة الطريقتين DPPH و FRAP أن المستخلصات الخام من *B. incrassatum* لها خصائص مضادة للأكسدة. وأظهر المستخلص الهيدروسيتونيك نشاطا مضادا للجذرية تجاه جذرية DPPH ، ولكن المستخلص المائي هو الذي كان أفضل نشاطا للحد من الحديد.

ولذلك ، فإن هذه النتائج تشير إلى أن جذر الفاكهة *B. incrassatum* هو مصدر فعال للمركبات الفينولية ، مما يمنحه نشاطا هاما لمكافحة الأكسدة يسمح باستخدامه في صناعة المستحضرات الصيدلانية والغذائية.

الكلمات المفتاحية: *Bunium incrassatum* L، المستخلصات، Polyphenols، النشاط المضاد للأكسدة، FRAP، DPPH

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	1
Partie bibliographique.....	4
I. Le stress oxydatif et les antioxydants.....	5
I.1 Le stress oxydatif.....	5
I.2 Les radicaux libres et les espèces réactives d'oxygène.....	6
I.3 Les antioxydants.....	6
II. Les plantes médicinales.....	8
II.1 Généralités.....	8
II.2 Les métabolites secondaires.....	9
III. La plante <i>Bunium incrassatum</i>	14
III.1 Origine de la plante.....	14
III.2 Description botanique.....	14
III.3 Classification botanique de <i>Bunium incrassatum</i>	15
III.4 La composition chimique du <i>Bunium incrassatum</i>	15
III.5 Utilisation et usage thérapeutique.....	15
Matériel et Méthodes.....	17

I. Matériel végétal.....	18
II. Méthodes	19
II.1 Préparations des différents extraits de <i>Bunium incrassatum</i>	19
II.2 Le rendement des extraits secs	21
II.3 Screening phytochimiques	21
II.4 Evaluation de l'activité antioxydante.....	23
Résultats et discussion	26
I. Rendement des extraits de <i>Bunium incrassatum</i>	27
II. Screening phytochimiques	28
III. Evaluation de l'activité anti-oxydante	30
III.1 . Test de piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) .	30
III.2 Test de la réduction du fer « FRAP » (Ferric reducing antioxydant power) ..	33
Conclusion	34
Références bibliographiques.....	34
Annexes	34

Liste des abréviations

ADN: Acide désoxyribonucléique

CAT: Catalase

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle.

DPPHH: 2,2 Diphenyl 1 picryl hydrazine.

ERO: Espèces réactives à l'oxygène.

Fe²⁺ : Oxyde ferreux.

Fe³⁺ : Oxyde ferrique.

FeCl₃:chlorure de fer

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power Assay.

GPO: Glutathion Peroxydase

H₂SO₄:Acide sulfurique

I%: Pourcentage d'inhibition

IC₅₀: Concentration correspondante à 50% d'inhibition.

O₂: oxygène

RSA%: Radical Scavenger Activity

SOD: Super oxide dismutase

TPTZ: Le complexe de tripyridyltriazine

Liste des figures

Figure 1: Stress oxydatif	05
Figure 2: Subdivision entre antioxydants endogènes et exogènes.....	08
Figure 3: Structure des acides phénoliques.....	10
Figure 4: Structure de base des flavonoïdes les plus courants, avec des anneaux et des positions numérotées.....	11
Figure 5: Exemple de structures de tanins hydrolysable.....	12
Figure 6: Structure des stérols quantifiés.....	13
Figure 7: Etapes de préparation de la poudre de <i>Bunium incrassatum</i> (photo original)	18
Figure 8: Schéma de l'extraction aqueuse de tubercule de <i>Bunium incrassatum</i>	19
Figure 9: Schéma de l'extraction éthanolique de <i>Bunium incrassatum</i>	20
Figure 10: Schéma de l'extraction acétonique de fruit de <i>Bunium incrassatum</i>	20
Figure 11: Forme libre et réduite de DPPH•.....	23
Figure 12: Pourcentages d'inhibition de DPPH de l'acide ascorbique.....	30
Figure 13: Pourcentages d'inhibition de DPPH des extraits de <i>Bunium incrassatum</i> ...	31
Figure 14: Pouvoir réducteur des différents extraits de <i>Bunium incrassatum</i> comparé à l'acide ascorbique par le test de FRAP.....	34
Figure 15: Le pouvoir réducteur des différents extraits de <i>Bunium incrassatum</i> et de l'acide ascorbique testés par la méthode de FRAP à une concentration de 2,50 mg/ml.....	35

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification de <i>Bunium incrassatum</i>	15
Tableau 2: Rendements et caractéristiques des trois extraits secs du <i>Bunium incrassatum</i>	27
Tableau 3: Les résultats de caractérisation des composants chimiques recherchés dans les différents extraits de <i>Bunium incrassatum</i>	29
Tableau 4: Concentration inhibitrice IC50 (mg/ml) du radical DPPH des différents extraits de <i>B.incrassatum</i> et de l'acide ascorbique.....	32

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité et plus particulièrement pour la majorité des communautés démunies des pays en voie de développement qui en dépendent, pour la fourniture des médicaments traditionnels dans le système de soin de santé et aussi comme une source de nourriture pour la classe sociale aux faibles revenus et pour les communautés rurales (Bouzid et *al.*, 2017).

En se basant sur les usages traditionnels, de nombreux chercheurs ont tenté d'approfondir leurs connaissances sur les plantes médicinales et leur impact sur la santé humaine et animale (Chentouh et *al.*, 2018).

À cet égard, une grande attention a été accordée ces dernières années à des composés naturels, tels que les polyphénols, les caroténoïdes, les stérols, et leurs activités biologiques associées, telle que l'activité antioxydante (Baraka et *al.*, 2013).

En effet, la reconnaissance des propriétés antioxydantes de ces composés, leur abondance dans l'alimentation et leur rôle probable dans la prévention des maladies associées à un stress oxydant sont les principales raisons de cet engouement (Achat, 2013).

L'Algérie est un pays riche en plantes médicinales dont l'exploitation est d'un grand intérêt pour leur utilisation dans différents domaines pharmacologiques ou cliniques (Chentouh *et al.*, 2018). En effet, ces dernières années, plusieurs études ont été entreprises afin d'explorer ces plantes médicinales Algériennes (Benarba et *al.*, 2014).

Parmi ces plantes médicinales utilisées, surtout dans notre région d'Ain Témouchent située dans l'Ouest Algérien, la plante *Bunium incrassatum*, connue sous le nom de *Talghouda*. Cette plante est surtout utilisée par la population pour réduire les manifestations de dysthyroïdies.

Toutefois, en interrogeant la bibliographie, très peu d'études ont été menées concernant l'activité antioxydante de cette plante. C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de notre travail qui porte sur l'étude phytochimique et l'évaluation de l'activité anti-oxydante des extraits du tubercule de *Bunium incrassatum* d'Ain témouchent.

Introduction

Notre travail se divise en deux parties principales:

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique qui comporte des notions sur le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant, ainsi que sur les plantes médicinales et la description botanique de la plante *Bunium incrassatum*;
- La deuxième partie matériel et méthodes décrit le protocole expérimental en exposant les techniques utilisées dans la préparation des différents extraits de notre plante, la réalisation des tests phytochimiques ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante des différents extraits par la technique de piégeage du radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) , et celle du fer (Ferric reducing antioxydant power ou FRAP)
- La troisième partie résultats et discussion.
- Et enfin conclusion et perspectives.

Partie bibliographique

Partie Bibliographique

I. Le stress oxydatif et les antioxydants

I.1 Le stress oxydatif

I.1.1 Définition

Le stress oxydant est défini comme un déséquilibre entre la production des espèces réactives d'oxygène, ERO (pro-oxydants), et l'élimination de ces espèces par le mécanisme de défense antioxydant (Sarr *et al.*, 2015).

Ce déséquilibre peut avoir diverses origines : déficit nutritionnel en antioxydant, surproduction endogène d'origine inflammatoire ou l'exposition environnementale à des facteurs pro-oxydants (Favier, 1997 ; Favier, 2003).

Le stress oxydant peut être un facteur potentialisant l'apparition des maladies plurifactorielles telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires (Bidie *et al.*, 2011), suite à des dommages causés au niveau des composants cellulaires incluant les lipides, l'ADN, les glucides et les protéines (figure1) (Sarr *et al.*, 2015).

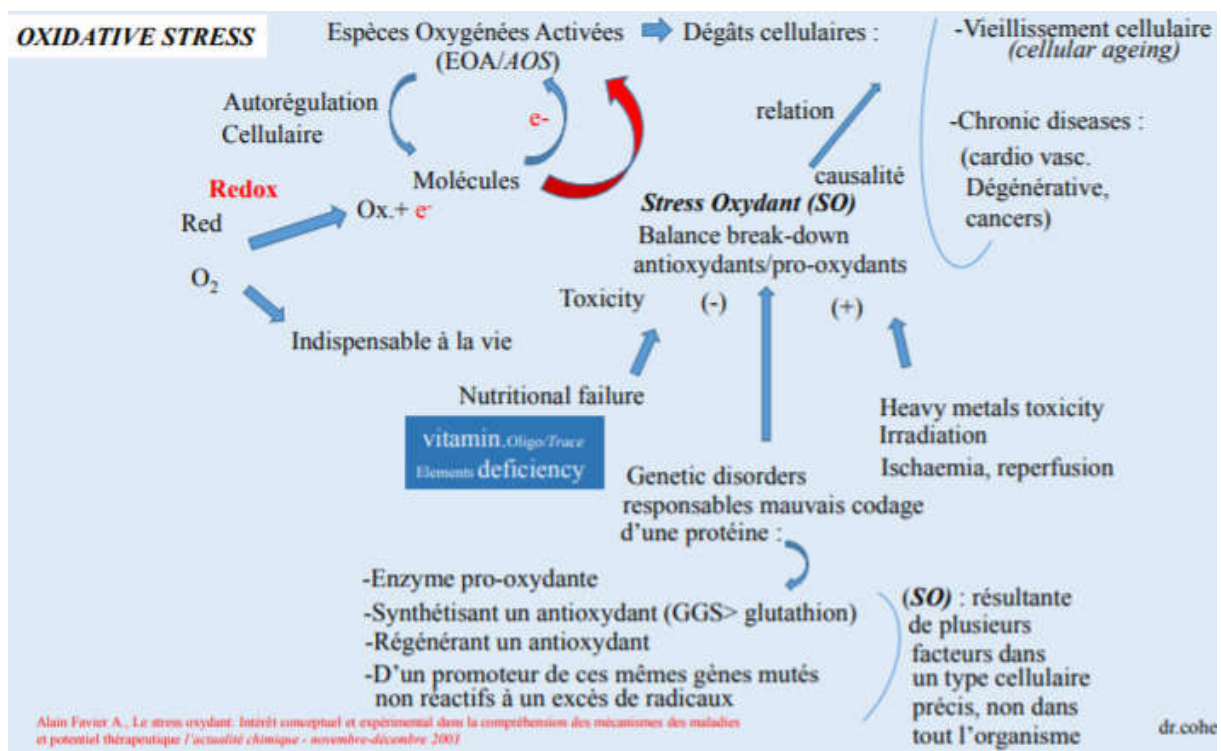


Figure 1 : Stress oxydatif (Cohen-Loro.,2019)

Partie Bibliographique

I.2 Les radicaux libres et les espèces réactives d'oxygène

I.2.1 Définition

Un radical libre est défini comme toute molécule ou atome possédant un ou plusieurs électrons non appariés, capables d'exister sous forme indépendante, contenant au moins un électron libre sur sa couche externe. Cela augmente considérablement sa réactivité par nécessité de se combiner avec un autre électron pour atteindre la stabilité selon un phénomène d'oxydation (Finaud et *al.*, 2006 ; Mac laren, 2007). L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (Favier, 2003).

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires qui dérivent de l'oxygène par des réductions à un électron tels l'anion superoxyde ($O_2^{\cdot-}$) et le radical hydroxyle ($\cdot OH$), ou de l'azote tel le monoxyde d'azote ($NO\cdot$). Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (Favier, 2003).

Ces radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable; mais la production peut devenir excessive ou résulter de phénomènes toxiques exogènes et l'organisme va devoir se protéger de ces excès par différents systèmes antioxydants (Favier, 2003).

I.3 Les antioxydants

Les antioxydants sont une famille de substances capables de neutraliser les radicaux libres et prévenir ainsi la survenue des maladies associées au stress oxydant (Kulawik et *al.*, 2013). Il existe deux types d'antioxydants : les antioxydants endogènes ou enzymatiques et les antioxydants exogènes ou d'origine alimentaire (Pincemail et Defraigne, 2003)

Partie Bibliographique

I.3.1 Les antioxydants endogènes

Afin de se protéger des effets toxiques de l'oxygène, l'organisme a développé des systèmes de défense antioxydants composés d'enzymes (à savoir la SOD (Superoxyde Dismutase), la GPO (Glutathion Peroxydase) et la Catalase), de protéines (la ferritine) et même d'un système secondaire de défense composé de phospholipases, d'ADN endonucléases et ligases et de macroxyprotéinases ; qui empêche l'accumulation de lipides, d'ADN et de protéines oxydés dans la cellule et participe à l'élimination de leurs fragments toxiques (Pincemail et *al.*, 2002). Ces systèmes enzymatiques nécessitent des cofacteurs d'origine alimentaire tels que le cuivre, le manganèse, le magnésium, le zinc et le sélénium ; mais aussi certaines vitamines (C, E, A) ou des molécules comme le glutathion (Pincemail et Defraigne, 2003; Gammoudi et *al.*, 2010).

I.3.2 Les antioxydants exogènes

Ce sont des composés naturels fournis par le biais d'aliments ou de suppléments, tels que la vitamine E (α -tocophérol), la vitamine C (acide ascorbique), les caroténoïdes, les oligo-métaux (sélénium, manganèse, zinc), les flavonoïdes, les acides gras oméga-3 et oméga-6, etc (figure 2) (Pham-Huy et *al.*, 2008; Gammoudi et *al.*, 2010).

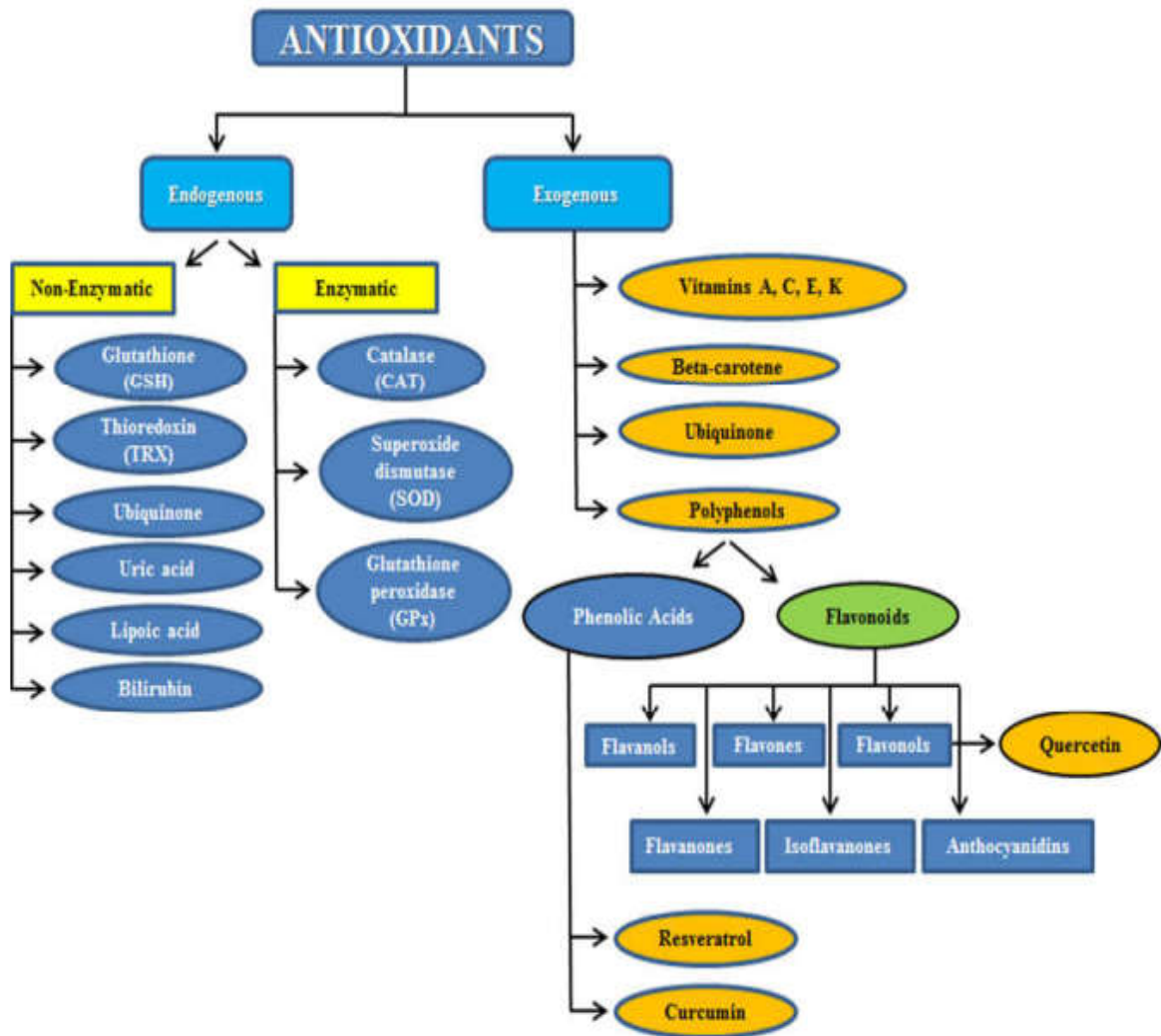


Figure 2: Subdivision entre antioxydants endogènes et exogènes (Simioni *et al.*, 2018).

II. Les plantes médicinales

II.1 Généralités

Les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la majorité des populations rurale et urbaine en Afrique (Hamel *et al.*, 2018). Elles représentent une source riche en molécules bioactives ayant des propriétés antimicrobienne et antioxydante (Bourgou *et al.*, 2016).

Les grandes civilisations (chinoise, égyptienne, babylonienne, grecque, romaine, etc.) ont eu recours aux plantes médicinales pour leurs propriétés thérapeutiques, cosmétiques,

Partie Bibliographique

chimiques, diététiques, pharmaceutiques, agro-alimentaires et industrielles (Lahsissene et *al.*, 2009).

L'Algérie constitue un véritable réservoir phylogénétique, avec environ 4000 espèces et sous-espèces des plantes vasculaires. Cependant, la flore médicinale Algérienne reste méconnue jusqu'à nos jours, car sur les quelques milliers d'espèces végétales, seules 146 sont dénombrées comme médicinales (Hamel et *al.*, 2018).

Parmi les composés bioactifs présents dans les plantes médicinales, on trouve les alcaloïdes et les composés phénoliques. Ces derniers constituent le principal groupe des métabolites secondaires ayant une forte capacité antioxydante (Bourgou et *al.*, 2016).

II.2 Les métabolites secondaires

On appelle métabolites secondaires les composés synthétisés naturellement par les végétaux mais qui ne participent pas directement au métabolisme végétal (Guillaume et Charrouf, 2005). Ils ont des intérêts multiples mis à profit en pharmacologie, dans l'industrie alimentaire et en cosmétologie. Parmi ces principes actifs, on retrouve les composés phénoliques, les coumarines, les alcaloïdes, les saponosides, les mucilages, les composés volatils, les stérols et les terpènes (Alain et *al.*, 2018).

II.2.1 Les composés phénoliques

Les polyphénols sont un groupe complexe et très varié de substances naturelles d'origine végétale, qui résultent des métabolites secondaires des plantes (Adriouch et *al.*, 2017).

Il a également été prouvé que ces biométabolites jouent un rôle indéniable dans la protection des plantes vis à vis de différents stress (Fadel et *al.*, 2011).

Ces composés sont reconnus pour leur forte bioactivité, qui se traduit au niveau de l'organisme par une large gamme de propriétés biologiques, notamment un impact positif sur la protection de la fonction vasculaire (Adriouch et *al.*, 2017). Parmi ces composés:

Partie Bibliographique

➤ Les acides phénoliques simples

Ce sont des dérivés en C6 du noyau benzénique, rares à l'état naturel et issus de la décarboxylation de l'acide shikimique. On trouve parmi les phénols simples l'hydroquinol, le pyrocatechol et le phloroglucinol (figure 3) (Chira et *al.*, 2008).

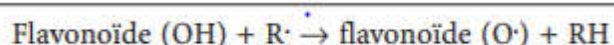


Figure 3 : Structure des acides phénoliques (Chira et *al.*, 2008).

➤ Les flavonoïdes

Les flavonoïdes ont été découverts au moyen d'un nouveau produit chimique isolé de l'orange (Jucá et *al.*, 2020). Ce sont des composés polyphénoliques comprenant 15 atomes de carbone formant une structure C6-C3-C6, soit deux noyaux aromatiques reliés par un pont de 3 carbones (Chira et *al.*, 2008). Leurs principales classes sont : les flavonols, les flavones, les flavanones, les anthocyanines, les isoflavones et les flavanols (Tapas et *al.*, 2008). Ces classes diffèrent par le niveau d'oxydation et le modèle de substitution du cycle C, tandis que les différents composés au sein de chaque classe diffèrent par les modèles de substitution des cycles A et B (Pietta, 2000).

La propriété des flavonoïdes la mieux décrite est leur activité antioxydante et leur capacité à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\text{OH}\cdot$), anions superoxydes ($\text{O}_2^{\cdot-}$) et les radicaux peroxylipidiques (Haleng et *al.*, 2007), selon la réaction suivante :



En effet, les flavonoïdes inactivent et stabilisent les radicaux libres grâce à leur groupement hydroxyle (C3-OH) fortement réactif (Cillard, 2006).

Partie Bibliographique

Ce sont également de bons chélateurs de fer, ce qui est un des mécanismes de leur activité antioxydante. Ces chélateurs forment des complexes ou des composés de coordination avec les métaux. Ils inhibent ainsi le cycle redox du métal ou forment des complexes métalliques insolubles (Cillard et Cillard, 2006).

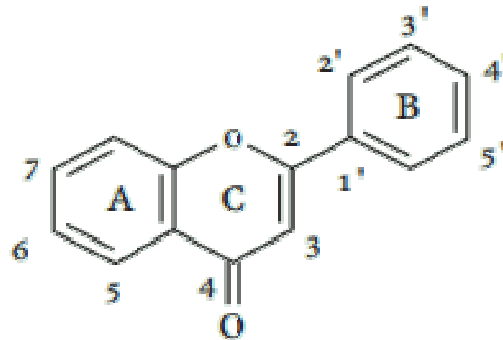


Figure 4 : Structure de base des flavonoïdes les plus courants (présents dans les aliments), avec des anneaux et des positions numérotées (Tapas et *al.*, 2008).

➤ Les Tanins

Selon la nature des assemblages moléculaires, les tanins sont classés en 2 groupes :

Les tanins hydrolysables, constitués par une molécule glucidique sur laquelle est estérifiée l'acide gallique ou un de ces dérivés (acide éllagique, acide m-digallique). Ils sont facilement hydrolysés par voie chimique ou enzymatique (figure 5) (Sereme et *al.*, 2011).

Les tannins condensés ou les proanthocyanidines sont des polymères constitués d'unités flavanes reliées par des liaisons entre les carbones (De Bruyne et *al.*, 1999; O'connell et Fox, 2001).

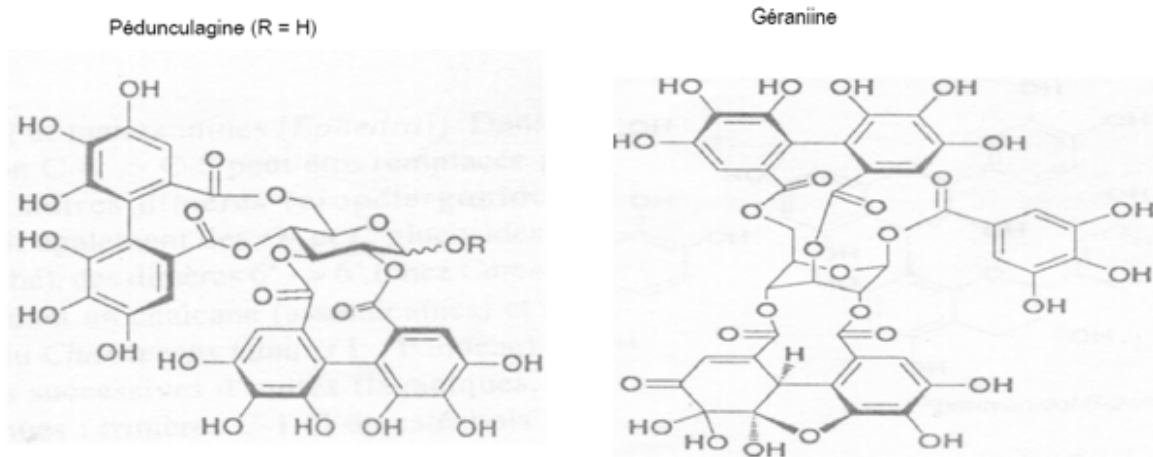


Figure 5: Exemple de structures de tanins hydrolysable (Sereme et *al.*, 2011).

II.2.2 Les saponosides

Présents dans de nombreuses espèces végétales, les saponines sont des molécules complexes composées d'aglycone non sucré couplé à des unités de la chaîne sucrière. Ils peuvent être divisés en deux groupes contenant du triterpène ou des aglycones stéroïdiens – sapogenines (Oleszek et Marston, 2013).

II.2.3 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes représentent un groupe de composés chimiques intéressants et complexes, produits par le métabolisme secondaire des organismes vivants dans différents biotopes (Aniszewski, 2007). Ces composés azotés ayant à faible dose des propriétés pharmacologiques marquées (Togola et *al.*, 2019). Ils ont été une source de médicaments conventionnels très efficaces pour le traitement de nombreuses formes de cancer (Cuendet et Pezzuto, 2007)

II.2.4 Les triterpènes

Les terpénoïdes se composent d'environ 25000 structures chimiques, avec des applications pratiques potentielles dans les industries de parfum, les industries pharmaceutiques et chimiques en particulier (Huang et *al.*, 2012). Selon leurs structures, les terpénoïdes sont composés de plusieurs sous-classes, les monoterpénoïdes, les

Partie Bibliographique

sesquiterpénoïdes, les diterpénoïdes, les triterpénoïdes et les tétraterpénoïdes (Huang et *al.*, 2012).

II.2.5 Stérols

Les stérols appartiennent à la famille des isoprénoïdes ou terpénoïdes (Chappell, 2002). Ce sont des alcools qui possèdent tous un noyau composé de plusieurs cycles de carbone appelé noyau cyclopentanophénanthrénique ou noyau stérol. Ce sont des composés cristallisés qui grâce à une estérification peuvent être présents sous forme lipidique (Callias, 2007).

Les stérols végétaux, appelés également phytostérols présentent la plus grande proportion de la fraction insaponifiable des lipides (Azadmard-Damirchi et Dutta, 2006; Cañabate-Díaz et *al.*, 2007).

Les phytostérols et leurs dérivés sont largement utilisés dans différents secteurs industriels (pharmaceutique, agro-alimentaire et cosmétique) en raison leurs activités biologiques spécifiques et de leurs propriétés physiques et chimiques (Xu et *al.*, 2005).

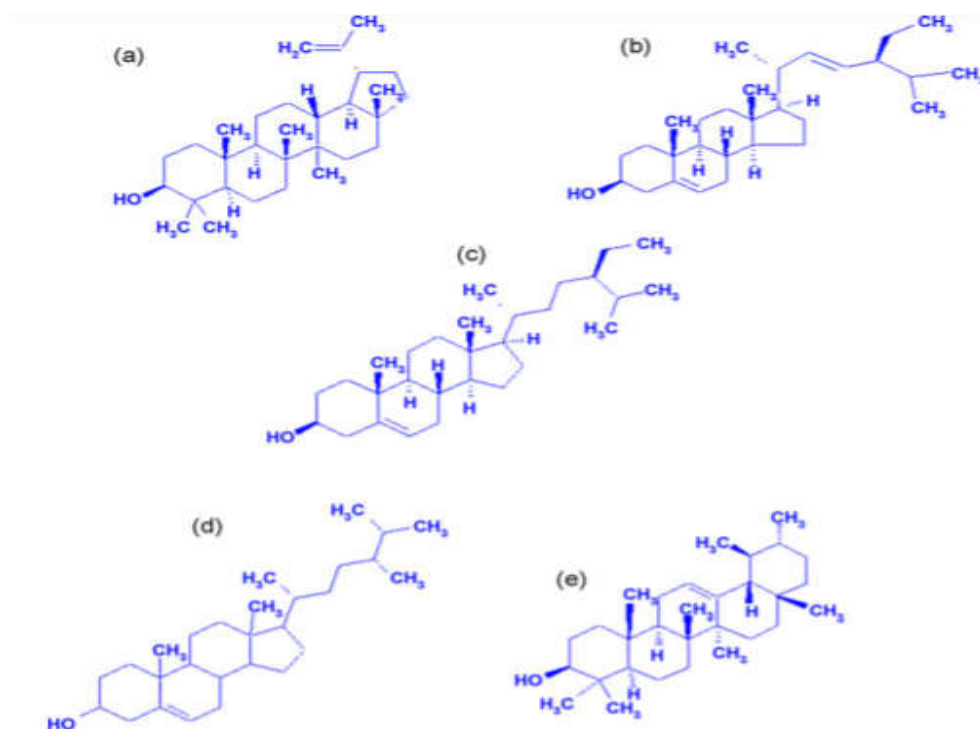


Figure 6: Structure des stérols quantifiés (b)stigmastérol, (c) sitostérol, (d) campestérol et des triterpènes (a) lupéol, (e) amyryne (Kpoviéssi et *al.*, 2008).

III. La plante *Bunium incrassatum*

III.1 Origine de la plante

Bunium incrassatum (Boiss.) Batt. & Trab est une plante médicinale, appartenant à la famille des Apiaceae (Quezel et Santa, 1963), largement répandue dans l'Est de l'Algérie et connue sous le nom de Talghouda, (ou glande de terre). Elle évoque pour certains une source alimentaire remarquable mais pour d'autre, un symbole de misère qui rappelle la famine des années de disette (Benkhalifa, 2018).

Le genre *Bunium* compte environ 50 espèces, distribuées en Asie, en Europe et dans le Nord de l'Afrique.

En Algérie, il est composé de sept espèces, dont quatre sont endémiques : *Bunium incrassatum* (Boiss.) Batt. Et Trab, *Bunium fontanesii* (Pers.), Maire, *Bunium chaberti* (Batt., *Bunium elatum* (Batt), *Bunium crassifolium* (Batt), *Bunium macuca* (Boiss), *Bunium alpinum* (Waldst et Kit.) (Quezel et Santa, 1963).

III.2 Description botanique

Bunium incrassatum, synonyme de *Carum incrassatum* (Boiss.), ou *Bulbocastanum incrassatum*, est une plante vivace de 40-60 cm, glabre, à racine grosse, globuleuse, et irrégulière. La tige est dressée sillonnée anguleuse au sommet. Les feuilles bipennatiséquées, à lanières linéaires. Les fleurs en Ombelles à 7-14 rayons inégaux de couleur blanche et les racines tubéreuses (tella botanica, 2011). Le tubercule ayant le volume et l'aspect d'une truffe de moyenne grosseur d'un brun noirâtre à l'extérieur, blanc à l'intérieur, en forme de rein, facilement déchiré (Laouedj, 2019).

Partie Bibliographique

III.3 Classification botanique de *Bunium incrassatum*

La position systématique de *Bunium incrassatum* selon Cronquist et Takhtadzhian (1981), est illustrée dans le tableau 1:

Tableau 1: Classification de *Bunium incrassatum* (Cronquist et Takhtadzhian, 1981)

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Rosida
Ordre	Apiales
Famille	Apiacées
Genre	<i>Bunium</i>
Espèce	<i>Bunium incrassatum</i> L

III.4 La composition chimique du *Bunium incrassatum*

L'étude de la composition chimique des graines de *B. incrassatum* a permis de mettre en évidence la présence de coumarines, de Beta-Sitostérol, de saccharose et de l'acide oléique (Chentouh et al., 2018).

III.5 Utilisation et usage thérapeutique

Bunium incrassatum est une plante médicinale d'une importance économique. Les racines de cette plante sont nutritives et généralement consommées comme pommes de terre (Bousetla et al., 2015).

Partie Bibliographique

Cependant, ces racines ont été utilisées en médecine traditionnelle, sous forme de poudre sèche, comme astringents et antidiarrhéique, et s'avère utile contre les hémorroïdes inflammatoires. En outre, cette plante est utilisée pour le traitement des bronchites et de la toux (Bousetla et *al.*, 2015). Elle est aussi connue pour ses vertus en cas de troubles thyroïdiens (Stambouli et Sebbagh, 2018).

Bunium bulbocastanum est utilisé à des fins comestibles depuis des années. Ses graines peuvent être utilisées crues ou cuites pour rehausser les saveurs des aliments ou en améliorant le goût (Clapham et coll., 1962).

Selon les tradipraticiens de la région d'Oum el Bouaghi (Nord Est de l'Algérie), la plante *Bunium incrassatum* est utilisée dans le but d'augmenter le poids et la sécrétion laitière de quelques animaux d'élevage (Chentouh et *al.*, 2018).

Matériel et Méthodes

Matériel et Méthodes

I. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des tubercules de la plante *Bunium Incrassatum* (talghouda) (figure 7), récoltée en mois d'Avril dans la région d'Ain Témouchent située dans l'Ouest Algérien.

La plante *Bunium Incrassatum* a été reconnue par Dr Amara M., maître de conférences classe A, à l'Université d'Ain Témouchent.

Les tubercules ont été lavés soigneusement avec de l'eau du robinet pour les débarrasser de toutes les impuretés, puis pelés et coupés en fines rondelles à l'aide d'un couteau. Ces dernières ont été séchées pendant 7 jours à l'abri de la lumière à température ambiante.

Une fois séché, le matériel végétal a été broyé en fine poudre à l'aide d'un broyeur électrique. Les poudres ainsi obtenues ont été conservées dans des bocaux hermétiquement scellés et à l'abri de la lumière (figure 7)



Figure 7: Etapes de préparation de la poudre de *Bunium incrassaium* (photo original)

II. Méthodes

II.1 Préparations des différents extraits de *Bunium incrassatum*

Afin d'évaluer l'activité anti-oxydante de *Bunium incrassatum*, trois extraits bruts ont été préparés : extrait aqueux, extrait eau-éthanol, extrait eau-acétone.

II.1.1 Extrait aqueux

20 g de poudre mises en contact avec 200 ml d'eau distillée froide. L'ensemble est laissé macérer durant 24 h sous agitation continue. Le mélange est ensuite filtré sous vide, puis évaporé à sec dans une étuve à une température de 45°C. Le produit est récupéré sous forme visqueuse de couleur jaune (Figure 8).

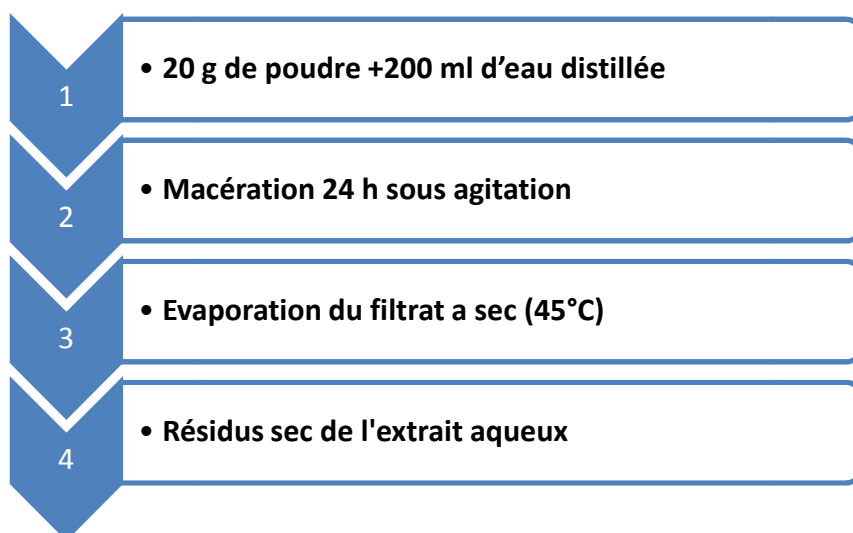


Figure 8: Schéma de l'extraction aqueuse du tubercule de *Bunium incrassatum*

II.1.2 Extrait éthanol-eau

20 g de la matière végétale en poudre sont mises en contact avec 200 ml de la solution éthanol-eau 70%(140 ml d'acétone+ 60 ml d'eau distillé). L'ensemble est laissé macérer durant 24 heures sous agitation continue. Le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre, puis évaporé à sec dans une étuve à 45°C. Le produit est récupéré sous forme visqueuse de couleur marron (Figure 9).

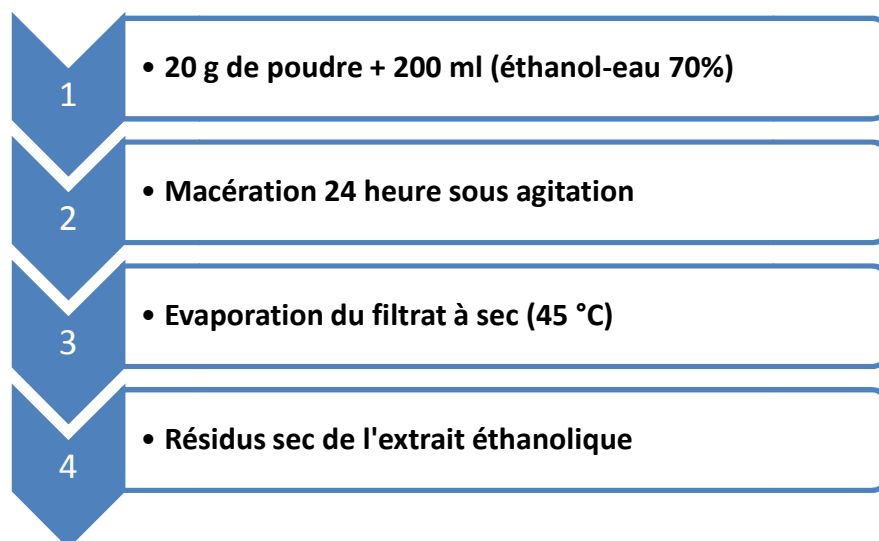


Figure 9: Schéma de l'extraction éthanolique de *Bunium incrassatum*.

II.1.3 Extrait Acétone-eau :

20 g de la matière végétale sèche ont macérés dans un volume de 200 ml de solvant acétone-eau à 70% (140 ml d'acétone+ 60 ml d'eau distillée) sous agitation continue pendant 24 h. Le mélange est ensuite filtré sur papier filtre Wattman, puis séché à sec dans l'étuve à 45°C. Le produit est récupéré sous forme visqueuse de couleur marron claire (figure 10)

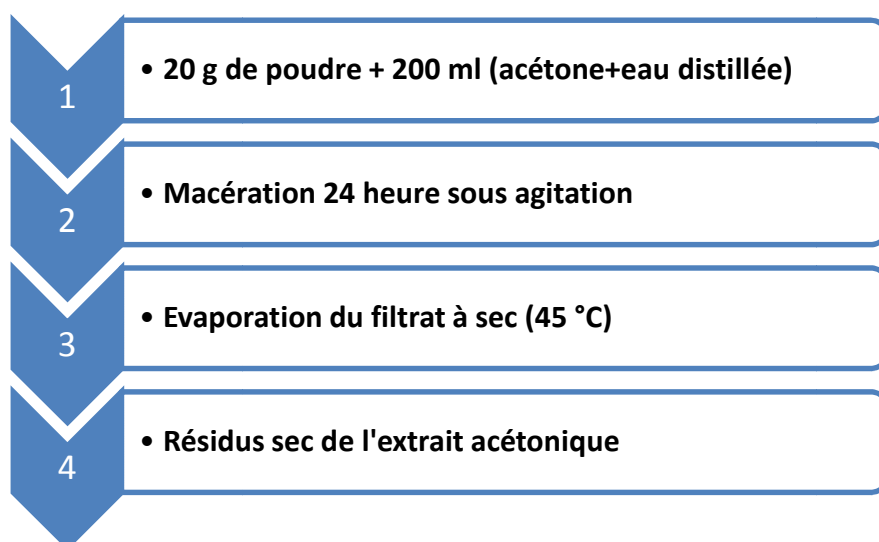


Figure 10: Schéma de l'extraction acétonique de *Bunium incrassatum*.

II.2 Le rendement des extraits secs

Nous avons déterminé le rendement en extrait sec, en calculant le rapport entre le poids de l'extrait sec (poudre) en gramme, et le poids du matériel végétal utilisé pour l'extraction en gramme ; selon l'équation suivante:

$$Rdt(\%) = \left[\frac{P1 - P2}{P3} \right] \times 100$$

P1 : poids du ballon après évaporation

P2 : poids du ballon avant évaporation

P3: poids de la matière végétale initial. (La poudre)

II.3 Screening phytochimiques Les tests phytochimiques ont été réalisés sur les extraits des tubercules de la plante *Bunim incrassatum* selon le protocole de Trease et Evans, (1987) ; Sofowora, (1993) ; Bruneton, (1999) ; Rizk, (1982)

➤ **Les sucres réducteurs**

On ajoute 2,5 ml du mélange des solutions de Fehling A+B à 1 ml des trois extraits. Après Ébullition pendant 2 min. Un test positif est indiqué par la formation d'un précipité rouge brique.

➤ **Les quinones**

Dans un tube, on ajoute 15ml d'éther de pétrole à 1g de poudre. Après agitation de 2min suivie d'une macération de 24heures. L'extrait est filtré puis séché dans l'étuve à 45 C. On ajoute ensuite quelques gouttes de NaOH(1/10). Un test positif est révélé par un virage de couleur au jaune-rouge ou violet.

Matériel et Méthodes

➤ **Les Coumarines**

Dans un tube on ajoute quelques gouttes d'eau distillée à 1g de poudre, puis on couvre le tube avec du papier imbibé de NaOH dilué, après ébullition pendant 7min on réalise un examen sous la lumière ultraviolette, l'apparition d'une fluorescence jaune indique la présence des coumarines.

➤ **Les anthraquinones**

À 5 ml de chaque extrait, on ajoute 5ml de KOH à 10%. Après agitation, un virage de la couleur au rouge indique la présence des anthraquinones.

➤ **Les saponosides**

On ajoute 10 ml d'eau distillée à 5 ml de l'extrait (éthanolique, acétonique et aqueux). Après agitation pendant 2 min, l'apparition d'une mousse persistante après 15min ou bien une émulsion formée après addition de l'huile d'olive, révélé la présence des saponosides.

➤ **Triterpènes et stérols**

A 2,5 ml de chaque extrait on ajoute 0,12 ml d'anhydride acétique, 0,12ml chloroforme et 0.5ml d'acide sulfurique H₂SO₄. Le test positif est révélé par la formation d'un anneau brunâtre-rouge ou violet à la surface (présence des stérols) ou l'apparition d'une coloration verte violette (présence des triterpènes)

➤ **Les tanins**

A 0,5ml de chaque extrait on ajoute 5 ml d'eau distillé et 2 gouttes de FeCl₃, l'apparition d'une coloration brune verdâtre indique la présence de tanins condensés. Si la coloration est bleu noire, cela indique la présence des tanins hydrolysables.

➤ **Flavonoïdes**

A chaque 5ml extrait, on ajoute 5ml d'un mélange de solution diluée (NH₃+H₂SO₄). La présence des flavonoïdes est indiquée par une coloration jaune qui disparaît après un moment.

Matériel et Méthodes

➤ Les alcaloïdes

On ajoute 5ml d'HCL aqueux 1% à 0.2 ml de nos extraits. Le mélange est agité dans un bain-marie pendant 15min et filtré. Puis on ajoute 3 gouttes de réactif de wagner à 1 ml de filtrat. Une précipitation ou une turbidité indique la présence des alcaloïdes.

II.4 Evaluation de l'activité antioxydante

II.4.1 Test de piégeage du radical libre DPPH. (2,2-diphenyl 1-picrylhydrazyl)

➤ Principe

Cette méthode repose sur la théorie qu'un donneur d'hydrogène est un antioxydant (Sarr *et al.* 2015). Le DPPH est un radical libre stable violet en solution, il présente une absorbance caractéristique dans un intervalle compris entre 512 et 517 nm (Fadili, *et al.*2017). En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH (2.2 diphenyl 1 picryl hydrazyl) de couleur violette se réduit en 2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazine de couleur jaune (figure 11) (Athamena *et al.*, 2010).



Figure 11: Forme libre et réduite de DPPH• (Molyneux, 2004)

➤ Mode opératoire

L'effet scavenger du DPPH de chaque extrait est mesuré par le procédé décrit par (Sanchez-Moreno *et al.*, 1998), avec quelques modifications.

Pour préparer la solution de DPPH, une quantité de 2,5 mg de DPPH en poudre est solubilisée dans 100 ml de d'éthanol. Un volume de 50 µl de différentes concentrations de chaque extrait et du standard acide ascorbique est ajouté à 1950 µl de la solution éthanolique du DPPH. Le contrôle négatif est préparé en parallèle en mélangeant 50 µl d'éthanol avec

Matériel et Méthodes

1950 µl de solution éthanolique de DPPH. Après incubation à l'obscurité pendant 30 min et à la température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

➤ **Expression des résultats**

L'activité réductrice est définie par l'indice de réduction de l'activité anti-radicalaire en pourcentage d'inhibition (I%) ou RSA% (Radical Scavenger Activity) (Jing *et al.*, 2011; Molyneux, 2004). Elle est déterminée par la relation suivante :

$$I\% = \left[\frac{AC - At}{Ac} \right] \times 100$$

(Ac) : l'absorbance du contrôle

(At) : l'absorbance de l'échantillon testé à différentes concentrations.

La concentration inhibitrice de 50 % de l'activité du DPPH (IC50) de chaque extrait a été par la suite calculée à partir de l'équation des courbes tracées qui déterminent le pourcentage d'inhibition en fonction des différentes concentrations. Elle a été exprimée en mg/ml et comparée avec celle de l'acide ascorbique (Andzi Barhé et Feuya Tchouya, 2015).

II.4.2 Réduction du fer : FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

➤ **Principe**

La méthode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) est fondée sur la réduction de l'ion ferrique (Fe^{+++}) en ion ferreux (Fe^{++}). Le complexe de tripyridyltriazine (TPTZ) ferreux à une couleur bleu intense mesuré par un spectrophotomètre (Soltani *et al.*, 2017) Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Hubert, 2006).

➤ **Mise en œuvre pratique**

Le protocole expérimental suivi est celui de Karagözler, *et al.* (2008). 1ml de l'échantillon à différentes concentrations (0,075 ; 0,15 ; 0,31 ; 0,62 ; 1,25 ; 2,5 ; 5 et 10 mg/ml) dilué dans l'eau distillée est mélangé avec 2,5 ml d'une solution tampon phosphate

Matériel et Méthodes

(0.2M ; pH 6.6) et 2,5 ml d'une solution de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%, puis on incube les tubes à 50°C pendant 20 minutes.

- Après refroidissement des tubes à température ambiante, nous ajoutons 2.5ml d'acide trichloracétique (TCA) à 10% pour stopper la réaction.
- Les tubes sont centrifugés à 3000 tours/min pendant 10 minutes.
- Prélever 2,5 ml du surnageant et ajouter 2.5ml d'eau distillée.
- On ajoute au mélange 500µl d'une solution de chlorure de fer ($FeCl_3, 6 H_2O$) à 0.1% fraîchement préparée.
- La lecture des absorbances se fait contre un blanc à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.
- Nous avons utilisé l'acide ascorbique comme contrôle positif dans cette expérience dans les mêmes conditions.

- **Expression des résultats**

Afin d'explorer les résultats obtenus, on trace les graphes des absorbances obtenues en fonctions des différentes concentrations utilisées pour les différents extraits de la plante étudiée. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés.

Résultats et discussion

Résultats et Discussion

I. Rendement des extraits de *Bunium incrassatum*

Les rendements des trois extraits de polarité différente: aqueux, hydro-éthanolique, hydro-acétonique obtenus à partir de la plante *Bunium incrassatum*; ainsi que les caractéristiques des extraits sont représentés dans le tableau 2

Tableau2: Rendements et caractéristiques des trois extraits secs du *Bunium incrassatum*.

Extrait sec	Hydro-éthanolique	Hydro-acétonique	Aqueux
La couleur	Marron	Marron claire	Jaune
L'aspect	Visqueux	Très visqueux	Visqueux
Rendement (%)	11,5	6,9	6,65

Le rendement, la couleur, et l'aspect des différents extraits obtenus à partir des plantes dépendent du solvant d'extraction utilisé (Charles et *al.*,2020).

Le résultat des rendements des trois extractions a montré que l'extrait hydro-éthanolique est le plus élevé (11,5%) suivi par l'extrait hydro-acétonique avec un taux estimé à 6,9%. Tandis que le rendement de l'extrait aqueux a été le plus faible avec un pourcentage de 6,65%.

Par comparaison aux autres études, le résultat obtenu concernant l'extrait éthanolique reste supérieur par rapport à celui obtenu dans l'étude (El koli et *al.*, 2017) sur les espèces *B. incrassatum* et *B. alpinum* (1,82% et 0,89% respectivement), qui ont utilisé le méthanol comme solvant d'extraction.

En revanche, l'étude de Dehimi et collaborateurs (2021) qui ont travaillé sur *Bunium incrassatum*, ont enregistré des valeurs beaucoup plus élevées pour l'extrait aqueux (24,48%) par rapport à celui obtenu pour notre extrait (6,65%).

Le rendement d'extraction augmente avec l'augmentation de la teneur en eau dans le système éthanol, acétone et méthanol. Cela peut être dû à la combinaison du solvant

Résultats et Discussion

organique avec l'eau qui facilite l'extraction de tous les composés qui étaient solubles à la fois dans l'eau et dans les solvants organiques (Do et *al.*, 2014).

En fait, il existe plusieurs paramètres influençant le rendement d'extraction, à savoir la méthode d'extraction utilisée, la plante étudiée ainsi que sa préparation (conservation, séchage et broyage) et le solvant utilisé et sa concentration (Da Silveira et *al.*, 2014 ; Ebadi et *al.*, 2015 ; Singh et *al.*, 2020).

II. Screening phytochimiques

Afin de mettre en évidence la présence ou l'absence de certains composés appartenant aux familles chimiques des métabolites secondaires de notre plante, nous avons réalisé des tests phytochimiques spécifiques fondés sur des réactions de coloration, de turbidité ou de précipitation (Haddouchi et *al.*, 2018).

Les résultats des tests phytochimiques effectués sur les trois extraits bruts de *Bunium incrassatum* sont présentés dans tableau 3.

Nous remarquons que les trois extraits bruts du tubercule de la plante talghouda sont fortement riches en saponosides, en flavonoïdes et en sucres réducteurs. Par contre, les stérols sont présents seulement dans l'extrait éthanolique et les antraquinones dans l'extrait acétonique. Les quinones sont faiblement présents dans la poudre de talghouda. Cependant, nous avons noté une absence totale de triterpènes, tanins, alcaloïdes et coumarines dans les trois extraits.

Résultats et Discussion

Tableau 3: Les résultats de caractérisation des composants chimiques recherchés dans les différents extraits de *Bunium incrassatum*

Extrait Tests	Aqueux	Ethanol/Eau	Acétone/Eau	La poudre
Saponosides	+++	+++	+++	
Triterpènes	-	-	-	
Stérols	-	+++	-	
Tanins	-	-	-	
Flavonoïdes	+++	+++	+++	
Alcaloïdes	-	-	-	
Anthraquinones	-	-	+	
Sucres réducteurs	+++	+++	+++	
coumarines	ND	ND	ND	-
Quinones	ND	ND	ND	+

+ : Présence en quantité faible, ++ : Présence en quantité moyenne, +++ : Présence en quantité abondante, - : Absence totale, ND : non déterminé

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par Dehimi *et al.*, (2021), qui ont travaillé sur la même espèce mais de région différente (wilaya de Msila) quant à la présence des flavonoïdes et des quinones. Cependant ils ont noté l'absence des saponosides et présence des tanins.

Les résultats de ce criblage phytochimique sont préliminaires et qualitatifs ; et la différence entre les autres travaux peut être due à plusieurs facteurs tels que la nature du solvant, la méthode d'extraction, la période de récolte ou aux facteurs génétiques, climatiques et édaphiques de la région de la récolte.

III. Evaluation de l'activité anti-oxydante

III.1 . Test de piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)

Le DPPH est un radical libre stable choisi pour évaluer l'activité antioxydante de nos extraits. Le test de piégeage du radical libre DPPH est simple, rapide et efficace à cause de la grande stabilité du radical (Bozin et *al.*, 2008).

Nous avons évalué l'activité antiradicalaire des différents extraits des tubercules de *B. incrassatum* spectrophotométriquement à 515 nm. Le standard utilisé était l'acide ascorbique.

Les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes qui montre la variation des pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations pour l'acide ascorbique représentée sur la figure 12 et pour les autres extraits représentées dans la figure 13.

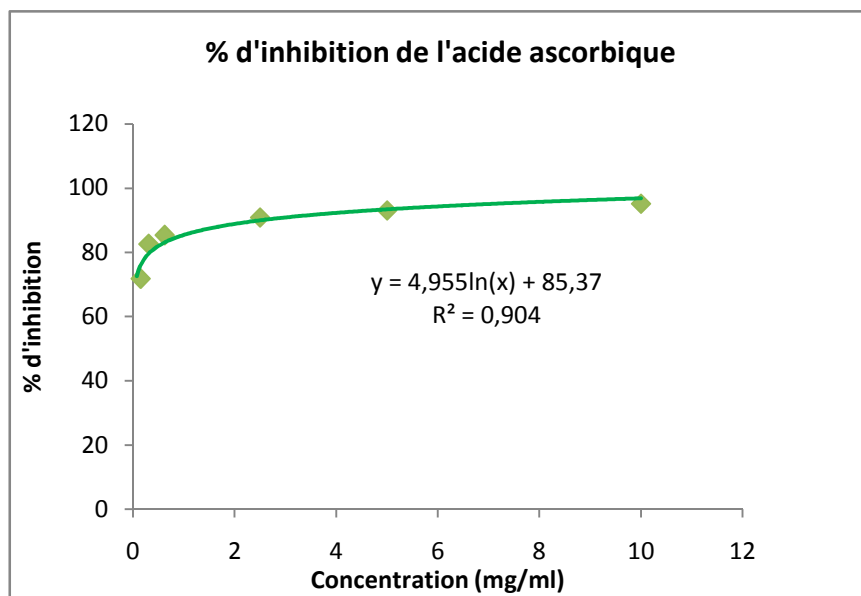


Figure12: Pourcentages d'inhibition du DPPH par l'acide ascorbique

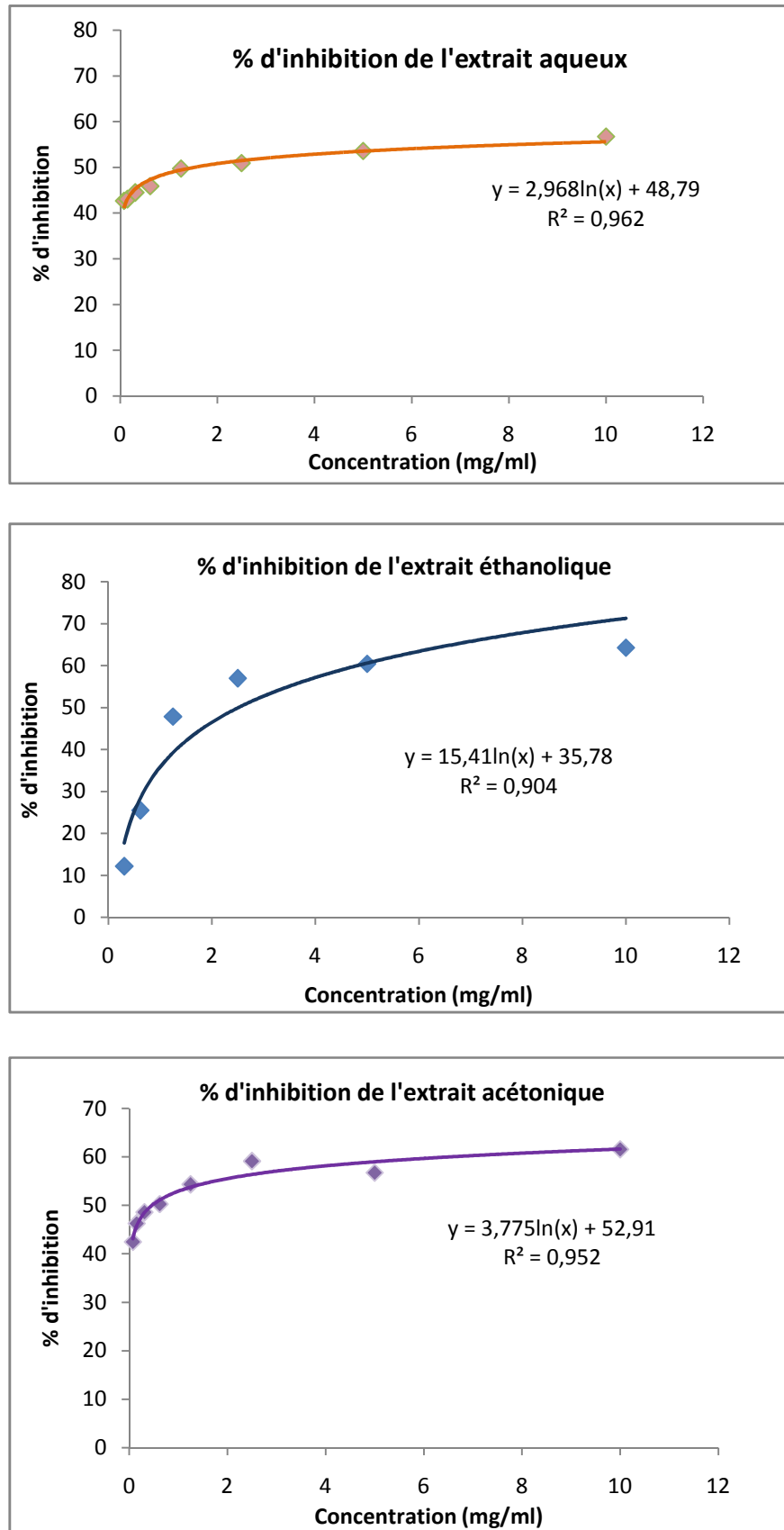


Figure 13: Pourcentages d'inhibition du DPPH par les extraits de *Bunium incrassatum*

Résultats et Discussion

D'après les courbes obtenues, nous avons remarqué que le pourcentage d'inhibition augmente avec l'augmentation des concentrations des extraits et de l'acide ascorbique.

Les deux extraits hydro-acétonique et hydro-éthanolique dépassent les 60% d'inhibition. Cependant, l'acide ascorbique a enregistré un pourcentage plus élevée de 95%.

Afin de mieux caractériser le pouvoir antioxydant, la concentration inhibitrice de 50% du radical DPPH• a été calculée à partir des graphes de pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration (tableau 4). Plus la valeur de l'IC₅₀ est petite, plus l'activité anti radicalaire de l'extrait est grande (Safdar et al., 2017).

Tableau 4: Concentration inhibitrice IC₅₀ (mg/ml) du radical DPPH des différents extraits des *B. incrassatum* et de l'acide ascorbique

Extraits	IC 50 (mg/ml)
Acide ascorbique	0.0008
Aqueux	1.5033
Hydro-éthanolique	2.5163
Hydro-acétonique	0.462

À partir des valeurs des IC₅₀, on constate que l'activité anti-radicalaire de l'extrait hydro-acétonique (0,462 mg/ml) est plus importante par rapport à celles de l'extrait aqueux (1,5033 mg/ml) et de l'extrait hydro-éthanolique (2,5163mg/ml), mais reste largement inférieure à celle de l'acide ascorbique (0,0008mg/ml).

Nos résultats sont différents de ceux obtenus par Dehimi et al., (2021) sur les tubercules de *Bunium incrassatum*, qui ont noté un faible effet scavenger égal à 24,65 mg/ml et 21,18mg/ml pour l'extrait acétonique et l'extrait méthanolique respectivement. D'après leur résultat, l'extrait aqueux n'a enregistré aucune activité.

Résultats et Discussion

Lefahal, et *al.*, (2017) dans leur étude menée sur les parties aériennes de la plante *Bunium alpinum* montre que l'activité anti-oxydante de l'extrait éthanolique est plus importante par rapport à l'extrait méthanolique avec une valeur d'IC50 égale respectivement à 0,00211mg/ml et 0,00289mg/ml.

En fait, le mécanisme de la réaction entre l'antioxydant et le DPPH dépend de la conformation structurale de l'antioxydant; c'est ce qui été rapporté dans l'étude de Li et Sun, (2017) qui ont montré que les polyphénols polymériques possèdent une activité antioxydante meilleure que les polyphénols oligomériques et que ses derniers agissent en tant qu'agents donateurs d'hydrogène ou d'électrons dans le milieu réactionnel (Ghafar et *al.*, 2010 ; Huang et *al.*, 2005).

En outre, Il a été prouvé que les composés phénoliques et plus particulièrement les flavonoïdes sont principalement responsables de l'effet scavenger des radicaux libres (Amessis-Ouchemoukh et *al.*, 2014; Zhang et Tsao, 2016), ce qui en accord avec le screening phytochimique effectué sur notre plante, qui a révélé la forte présence des flavonoïdes.

III.2 Test de la réduction du fer « FRAP » (Ferric reducing antioxydant power)

Le test de FRAP peut être utilisé pour mesurer l'activité antioxydante totale des extraits des plantes médicinales. Cependant les antioxydants ont la capacité de réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) à la forme ferreuse (Fe^{2+}) en donnant un électron, où l'intensité d'absorbance est proportionnelle à la capacité antioxydante (Dehimi et *al.*, 2021).

Il existe une corrélation directe entre les activités antioxydantes et le pouvoir réducteur de certains extraits de plantes (Duh et Yen, 1997).

Nous avons testé le pouvoir réducteur des trois extraits bruts de *Bunium incrassatum* et de l'acide ascorbique. La figure ci-dessous résume les valeurs des absorbances obtenues et qui ont permis de tracer des courbes pour chaque extrait. Nous avons utilisé l'acide ascorbique comme solution témoin, c'est un antioxydant puissant qui capte les radicaux libres et empêche les réactions en chaîne (Kurniawati et *al.*, 2017).

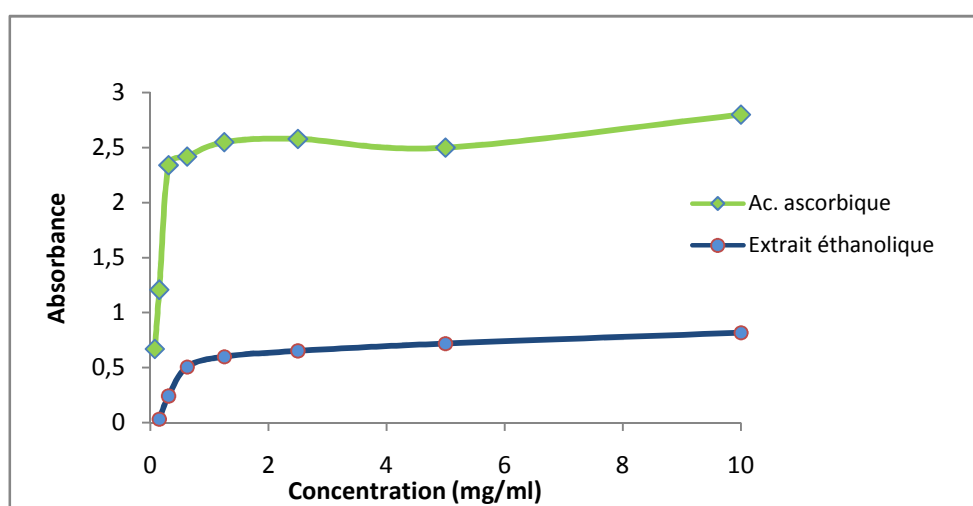
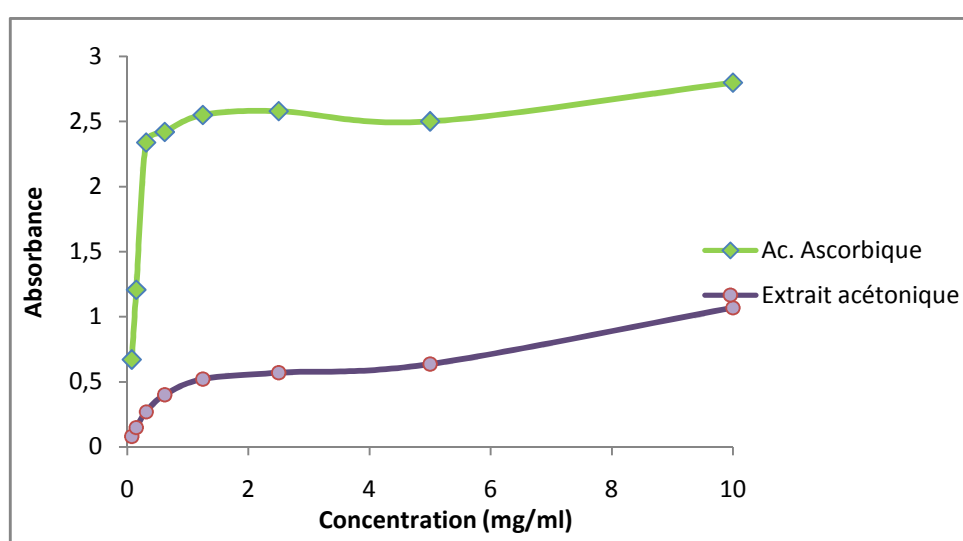
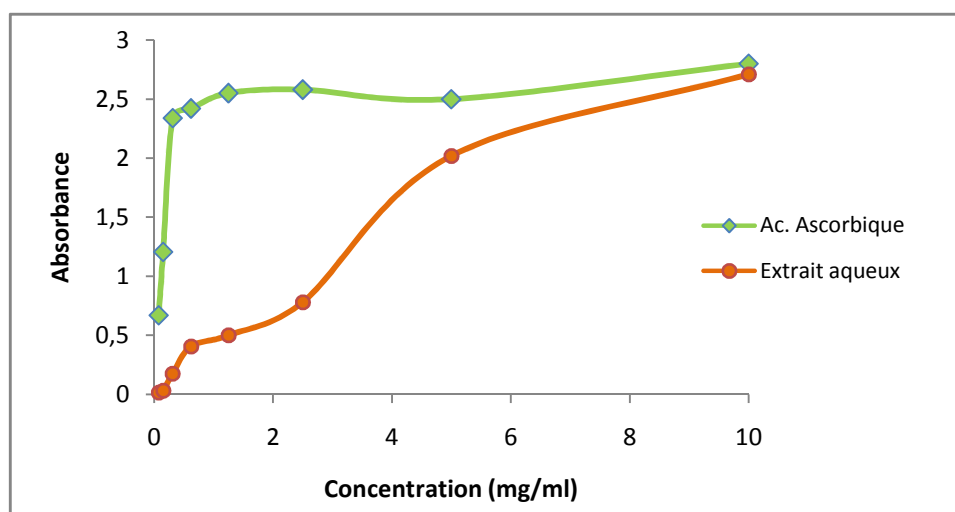


Figure 14: Pouvoir réducteur des différents extraits de *Bunium incrassatum* comparé à l'acide ascorbique par le test de FRAP.

Résultats et Discussion

Les résultats obtenus montrent que le pouvoir réducteur des extraits et de l'acide ascorbique augmentent avec l'augmentation de la concentration. En effet, une augmentation de l'absorbance signifie une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Ozturk et al., 2007).

Nous avons illustré dans la figure 15 l'effet réducteur des différents extraits de notre plante et celle de l'acide ascorbique à une concentration de 2,50 mg/ml.

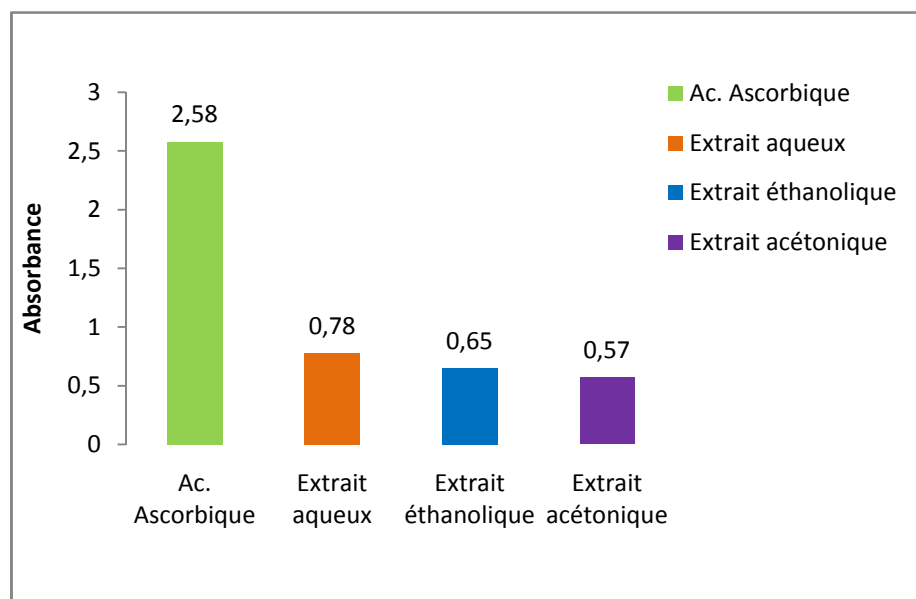


Figure 15: Le pouvoir réducteur des différents extraits de *Bunium incrassatum* et de l'acide ascorbique testés par la méthode de FRAP à une concentration de 2,50 mg/ml

En comparant le pouvoir réducteur des trois extraits par rapport à celui de l'acide ascorbique à la concentration de 2,50 mg/ml, nous remarquons que l'extrait aqueux a montré la meilleure activité réductrice du fer (0,78%) suivie par l'extrait éthanolique (0,65%) et l'extrait acétonique (0,57%). Cependant ce pouvoir réducteur reste inférieur à celui de l'acide ascorbique.

Nos résultats ne vont pas dans le même sens que ceux obtenus par Dehimi et al., (2021), puisque c'est l'extrait acétonique qui a présenté le meilleur pouvoir réducteur par rapport aux extraits méthanolique et aqueux.

D'après ces mêmes auteurs, l'augmentation de l'efficacité anti-oxydante dépend tout d'abord de la structure, la qualité et la concentration des composées phénoliques et leurs quantités dans les tissus des plantes. Ainsi qu'à la plante elle même, sa localisation et les

Résultats et Discussion

propriétés climatiques de chaque région, la méthode d'extraction et le solvant utilisé peuvent aussi influencer cette activité.

Conclusion

Conclusion

L'étude de la chimie des plantes est toujours d'actualité malgré son ancienneté et cela est dû à leur richesse en composés bioactifs.

Parmi ces plantes, *Bunium incrassatum* possède des propriétés thérapeutiques et pharmacologiques en plus de sa disponibilité dans notre région. Ce qui nous a poussé à faire un screening phytochimique afin de connaître les groupes chimiques présents dans cette plante ainsi que l'étude de l'activité antioxydante des extraits bruts préparés à partir de cette plante en utilisant deux méthodes DPPH et FRAP.

Parmi les différentes parties de *B. incrassatum*, seule le tubercule a été sélectionné dans notre étude pour son effet antioxydant très important. Le calcul des rendements après extraction a montré que les rapports les plus élevés ont été obtenus pour l'extrait hydroéthanolique et hydroacétonique estimés à 11,5% et 6,9% respectivement. Tandis que le rendement de l'extrait aqueux a été le plus faible égal à 6,65 %. Les tests phytochimiques ont mis en évidence la présence d'une grande variété de métabolites secondaires dans les différents extraits du tubercule de *B.incrasstum* notamment les flavonoïdes, les saponosides, les sucres réducteurs et les quinoneslibres.

L'étude de l'activité antioxydante par les deux méthodes DPPH et FRAP montre une grande capacité des différents extraits à réduire le fer et à neutraliser le radical DPPH. Cette activité est dépendante de la teneur en composés phénoliques. L'extrait hydroacétonique a présenté le pouvoir antioxydant le plus important par rapport aux autres extraits dans le test DPPH, ce dernier s'est montré inférieur à celui de l'acide ascorbique. Cependant, c'est l'extrait aqueux qui a montré le pouvoir antioxydant la plus important dans le test de FRAP.

Ces résultats restent préliminaires et nécessitent des études complémentaires approfondies à différents niveaux, à travers une caractérisation fine et poussée sur d'autres composés de *Bunium. incrassatum* par d'autres techniques.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- Achat, S. (2013). Polyphénols De l'alimentation : Extraction, Pouvoir Antioxydant Et Interactions Avec Des Ions Métalliques. Avignon.
- Adriouch, S., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., Touvier, M., & Fezeu, L. K. (2017). Association Entre Les Apports En Polyphénols Et Le Risque De Maladies Cardiovasculaires: Résultats d'une Etude Prospective Sur 84 000 Adultes Français. *Nutrition Clinique Et Métabolisme*, 31(3), 238.
- Alain, K. Y., Cokou, A. D. P., Diane, B., Reine, B. S., Alain, A. G., Felicien, A., & Dominique, S. C. K. (2018). Métabolites Secondaires Et Activités Biologiques Des Extraits De l'écorce De Tronc De *Khaya Senegalensis*, Une Plantea Usage Vétérinaire Récoltée Au Bénin. *International Journal Of Innovation And Applied Studies*, 23(4), 441-450.
- Amessis-Ouchemoukh N, Abou-Reidah I.M, Quirantes-Piné R, Rodriguez-Pérez C, Madani K, Fernández-Gutiérrez A, Segura-Carretero A (2014). Tentative Characterisation Of iridoids, Phenylithanoid Glucosides And Flavonoides Derivatives From *Globularia alypum* L. (*Globulariaceae*) Leaves By LC-ESI-QTOF-MS. *Phytochem Anal*, 25 (5), 389-98.
- Andzi Barhé, T., Feuya Tchouya, G.R. (2015). Comparative Study Of The Anti-Oxidant Activity Of The Total Polyphenols Extracted From *Hibiscus Sabdariffa* L., *Glycine Max* L. Merr., Yellow Tea And Red Wine Through Reaction With DPPH Free Radicals. *Arabian Journal Of Chemestr*, 2-8.
- Aniszewski, T. (2007). *Alkaloids-Secrets Of Life:: Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications And Ecological Role*. Elsevier.
- Athamena, S., Chalghem, I., Kassah-Laouar, A., Laroui, S., & Khebri, S. (2010). Activité Antioxydante Et Antimicrobienne d'extraits De *Cuminum Cyminum* L. *Lebanese Science Journal*, 11(1), 69-81.
- Azadmard-Damirchi, S. And P. C. Dutta (2006). "Novel Solid-Phase Extraction Method To Separate 4-Desmethyl-, 4-Monomethyl-, And 4, 4'-Dimethylsterols In Vegetable Oils." *Journal Of Chromatography A* 1108(2): 183-187.
- Baraka-Vidot, J., Guerin-Dubourg, A., Dubois, F., Payet, B., Bourdon, E., & Rondeau, P. (2013). New Insights Into Deleterious Impacts Of In Vivo Glycation On Albumin

Références bibliographique

- Antioxydant Activities. *Biochimica Et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1830(6), 3532-3541.
- Benarba, B., Meddah, B., & Hamdani, H. (2014). Cancer Incidence In North West Algeria (Mascara) 2000-2010: Results From A Population-Based Cancer Registry. *EXCLI Journal*, 13, 709.
 - Benkhalifa Atoumi. M., Et Berberi M.(2018),Laboratoire d'ethnobotanique Et Substances Naturelles, ENS El-Ibrahimikouba, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 3(2), 69-77,Alger,
 - Bentabet, N., Boucherit-Otmani, Z., & Boucherit, K. (2014). Composition Chimique Et Activité Antioxydante d'extraits Organiques Des Racines De *Fredolia Aretioides* De La Région De Béchar En Algérie. *Phytothérapie*, 12(6), 364-371.
 - Bidie, A. P., N'Guessan, B. B., Yapo, A. F., N'Guessan, J. D., & Djaman, A. J. (2011). Activités Antioxydantes De Dix Plantes Médicinales De La Pharmacopée Ivoirienne. *Sciences & Nature*, 8(1-2), 1-12.
 - Bourgou, S., Beji, R. S., Medini, F., & Ksouri, R. (2016). Effet Du Solvant Et De La Méthode d'extraction Sur La Teneur En Composés Phénoliques Et Les Potentialités Antioxydantes d'*Euphorbia Helioscopia*. *Journal Of New Sciences*, 28.
 - Bousetla, A., Zellagui, A., Derouiche, K., & Rhouati, S. (2015). Chemical Constituents Of The Roots Of Algerian *Bunium Incrassatum* And Evaluation Of Its Antimicrobial Activity. *Arabian Journal Of Chemistry*, 8(3), 313-316.
 - Bouzid, A., Chadli, R., & Bouzid, K. (2017). Étude Ethnobotanique De La Plante Médicinale *Arbutus Unedo* L. Dans La Région De Sidi Bel Abbés En Algérie Occidentale. *Phytothérapie*, 15(6), 373-378.
 - Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A. & Igetic, R. 2008. Phenolics As Antioxidants In Garlic (*Allium Sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry*, 111, 925-929.
 - BRUNETON, J. 1999. *Pharmacognosie Et Phytochimie Des Plantes Médicinales*, 3 Eme Edition, Lavoisier. Paris
 - Callias, C. (2007). Les Alicaments Dans La Lutte Contre l'hypercholestérolémie. *Bull Soc Ens Neuch Sci*, 30, 1-18.
 - Cañabate-Díaz, B., A. S. Carretero, Et Al. (2007). "Separation And Determination Of Sterols In Olive Oil By HPLC-MS." *Food Chemistry* 102(3): 593-598.

Références bibliographique

- Chappell, J. (2002). The Genetics And Molecular Genetics Of Terpene And Sterol Origami. *Current Opinion In Plant Biology*, 5(2), 151-157.
- Charles, E. S., Patrice, N. D. J., Alain, H., Angèle, N. P., Patrice, N. Z., Godwill, C., & Zachee, A. Évaluation Des Activités Antifongiques Des Extraits De Graines De *Thevetia Peruviana* Contre *Phytophthora Colocasiae* (Oomycètes) Agent Causal Du Mildiou Du Taro (*Colocasia Esculenta* (L.) Schott) Au Cameroun. *Journal Of Applied Biosciences*, 151, 15584-15597.
- Chentouh, S., Boulahbel, S., Adjal, F., Tolba, M., Alloula, N., Moumen, Y., & Bentayeb, Y. (2018). Effets Des Extraits Organiques De *Bunium Incrassatum* Sur Quelques Paramètres Hématologiques Chez Les Lapines De Population La Race Locale. *Revue Des Bio Ressources*, 8(2), 9-9.
- Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C., & Teissède, P. L. (2008). Les Polyphénols Du Raisin. *Phytothérapie*, 6(2), 75-82.
- Cillard, J. And P. Cillard (2006). "Mécanismes De La Peroxydation Lipidique Et Des Anti-Oxydations." *Oleagineux, Corps Gras, Lipides* 13(1): 24-29.
- Clapham, Tootin And Warburg (1962). *Flora Of The British Isles*. Cambridge University Press.
- Cohen-Loro, Y. (2019). Periodontal Disease: What Is New In 2019, 2020? *Phytarom*.
- Cronquist, A., & Takhtadzhian, A. L. (1981). *An Integrated System Of Classification Of Flowering Plants*. Columbia University Press.
- Cuendet, M., & Pezzuto, J. M. (2007). Antitumor Alkaloids In Clinical Use Or In Clinical Trials. *Modern Alkaloids: Structure, Isolation, Synthesis, And Biology*.
- Da Silveira, S. K., Luciano, F. B., Fronza, N., Jr, A. C., Scheurmann, G. N., Virira, C. R. W. (2014). Chemical Composition And Antibacterial Activity Of *Laurus Nobilis* Essential Oil Towards Food Borne Pathogens And Its Application In Fresh Tuscan Sausage Stored At 7 °C. *LWT - Food Science And Technology*, 59 : 86 – 93
- De Bruyne, T., Pieters, L., Deelstra, H., & Vlietinck, A. (1999). Condensed Vegetable Tannins: Biodiversity In Structure And Biological Activities. *Biochemical Systematics And Ecology*, 27(4), 445-459.
- Dhimi, K., ZOUINA, D., SALIHA, D., ANIS, B., ABD RAOUF, M. A. A. D. A. D. I., & SEDDIK, K. (2021). A Contribution To The Valorization Of Two Medicinal

Références bibliographique

- Plants: *Atriplex Halimus* Sub. Sp. *Schweinfurthii* And *Bunium Incrassatum*, Growing In The Region Of m'sila (North-East Algeria).
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect Of Extraction Solvent On Total Phenol Content, Total Flavonoid Content, And Antioxidant Activity Of *Limnophila Aromatica*. *Journal Of Food And Drug Analysis*, 22(3), 296–302
 - Duh, P. D., & Yen, G. C. (1997). Antioxidative Activity Of Three Herbal Water Extracts. *Food Chemistry*, 60(4), 639-645.
 - Ebadi, M. T., Azizi, M., Sefidkon, F., Ahmadi, N. (2015). Influence Of Different Drying Methods On Drying Period, Essential Oil Content And Composition Of *Lippia Citriodora* Kunth. *Journal Of Applied Research On Medicinal And Arom Atic Plants*, [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jarmap.2015.06.001](http://dx.doi.org/10.1016/J.Jarmap.2015.06.001).
 - El Kolli, H., Laouer, H., & El Kolli, M. (2017). CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF THE ESSENTIAL OIL SAND THE METHANOLIC EXTRAC OF *BUNIMUM INCRASSATUM* AND *BUNIMUM ALPINUM* FROM ALGERIA. *J. Chil. Chem. Soc*, 62 (1), 3335-3341.
 - Fadel, F., Fattouch, S., Tahrouch, S., Lahmar, R., Benddou, A., & Hatimi, A. (2011). The Phenolic Compounds Of *Ceratonia Siliqua* Pulps And Seeds (Les Composes Phénoliques Des Pulpes Et Des Graines De *Ceratonia Siliqua*). *Journal Of. Materials And Environemental Science*, 2, 285-292.
 - Fadili, K., Zerkani, H., Amalich, S., & Zair, T.(2017) ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET EVALUATION DE L'ACTIVITE.
 - Favier, A. (1997, February). The Oxidative Stress: Interest Of Its Monitoring In Clinical Chemistry And Problems Of The Choice Of An Appropriate Parameter. In *Annales De Biologie Clinique* (Vol. 55, No. 1, Pp. 9-16).
 - Favier, A. (2003). Le Stress Oxydant. *L'actualité Chimique*, 108(10), 863-832.
 - Finaud, J., Lac, G., & Filaire, E. (2006). Oxidative Stress. *Sports Medicine*, 36(4), 327-358.
 - Gammoudi, I., Khelil, S., Dandana, A., Jaidane, Z., Chalghoum, A., Noichri, Y., ... & Miled, A. (2010). Étude Des Marqueurs Du Stress Oxydatif Chez Les Coronariens Tabagiques Tunisiens. *Immuno-Analyse & Biologie Spécialisée*, 25(3), 135-139.

Références bibliographique

- Ghafar, M. F., Prasad, K. N., Weng, K. K., Ismail, A. (2010). Flavonoid, Hesperidine, Total Phenolic Contents And Antioxidant Activities From Citrus Species. *African Journal Of Biotechnology* Vol. 9(3), 326-330.
- Guillaume, D., & Charrouf, Z. (2005). Saponines Et Métabolites Secondaires De l'arganier (*Argania Spinosa*). *Cahiers Agricultures*, 14(6), 509-516.
- Haddouchi, F., Chaouche, T. M., & Halla, N. (2018). Screening Phytochimique, Activités Antioxydantes Et Pouvoir Hémolytique De Quatre Plantes Sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*, 16(S1), S254-S262.
- Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007). Le Stress Oxydant. *Revue Médicale De Liège*, 62(10), 628-38.
- Hamel, T., Sadou, N., Seridi, R., Sameh, B., & Boulemtafes, A. (2018). Pratique Traditionnelle d'utilisation Des Plantes Médicinales Dans La Population De La Péninsule De l'Edough (Nord-Est Algérien). *Ethnopharmacologia*, 59, 65-70.
- Huang, D., Ou, B., Prior, R. L. (2005). The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 53 (6), 1841-1856
- Huang, M., Lu, J. J., Huang, M. Q., Bao, J. L., Chen, X. P., & Wang, Y. T. (2012). Terpenoids: Natural Products For Cancer Therapy. *Expert Opinion On Investigational Drugs*, 21(12), 1801-1818.
- Hubert, J. (2006). Caractérisation Biochimique Et Propriétés Biologiques Des Micronutriments Du Germe De Soja: Etude Des Voies De Sa Valorisation En Nutrition Et Santé Humaines (Doctoral Dissertation).
- Jing, D., Wangyuan, C. H., Guangzhong, Y. (2011). A Novel Antioxidant Activity Index (AAU) For Natural Products Using The DPPH Assay. *Food Chemistry*, 125, 1430–1435.
- Jucá, M. M., Cysne Filho, F. M. S., De Almeida, J. C., Mesquita, D. D. S., Barriga, J. R. D. M., Dias, K. C. F., ... & Vasconcelos, S. M. M. (2020). Flavonoids: Biological Activities And Therapeutic Potential. *Natural Product Research*, 34(5), 692-705.
- Karagözler, A. A., Erdağ, B., Emek, Y. Ç., & Uygün, D. A. (2008). Antioxidant Activity And Proline Content Of Leaf Extracts From *Dorystoechas Hastata*. *Food Chemistry*, 111(2), 400-407.
- Kpoviéssi, D. S. S., Gbaguidi, F., Gbénou, J., Accrombessi, G., Moudachirou, M., Rozet, E., ... & Quetin-Leclercq, J. (2008). Validation Of A Method For The

Références bibliographique

- Determination Of Sterols And Triterpenes In The Aerial Part Of *Justicia Anselliana* (Nees) T. Anders By Capillary Gas Chromatography. *Journal Of Pharmaceutical And Biomedical Analysis*, 48(4), 1127-1135.
- Kulawik, P., ÖZogul, F., Glew, R., & ÖZogul, Y. (2013). Significance Of Antioxidants For Seafood Safety And Human Health. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 61(3), 475-491.
 - Kurniawati, P., Maulida, I. R., & Muhaimin. (2017, December). The Determination Of Antioxidant Activity Of Brazil-Cherry (*Eugenia Uniflora* L.) Leaves Extract Using FRAP Method. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1911, No. 1, P. 020019). AIP Publishing LLC.
 - Lahsissene, H., Kahouadji, A., & Hseini, S. (2009). Catalogue Des Plantes Médicinales Utilisées Dans La Région De Zaër (Maroc Occidental). *Lejeunia, Revue De Botanique*.
 - Le K, Chiu F, Ng K. (2007). Identification And Quantification Of Antioxidants In *Fructus Lycii*. *Food Chem*, 105, 353-363.
 - Lefahal, M., Zaabat, N., Djarri, L., Benahmed, M., Kamel, M., Laouer, H., & Akkal, S. (2017). Evaluation Of The Antioxidant Activity Of Extracts And Flavonoids Obtained From *Bunium Alpinum* Waldst. & Kit.(Apiaceae) And *Tamarix Gallica* L.(Tamaricaceae) *Curr. Issues Pharm. Med. Sci*, 30(1), 5-8.
 - Li, L. Sun, B. (2017). Grape And Wine Polymeric Polyphenols: Their Importance In Enology. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 1-18
 - Maclaren, D. (Ed.). (2007). *Nutrition And Sport*.
 - Molyneux, P. (2004). The Use Of The Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) For Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219.
 - Mustapha Laouedj, 2019. *Les Bienfaits Du Bunium ...Contre Le Goitre*. Herboriste Et Conseiller En Phytothérapie .Adresse : Hadjout-Tipaza- Algérie A Côté De La Daïra De Hadjout.
 - O'connell, J. E., & Fox, P. F. (2001). Significance And Applications Of Phenolic Compounds In The Production And Quality Of Milk And Dairy Products: A Review. *International Dairy Journal*, 11(3), 103-120.

Références bibliographique

- Oleszek, W. And A. Marston (2013). Saponins In Food, Feedstuffs And Medicinal Plants, Springer Science & Business Media.
- Ozturk, M., Aydogmus-Ozturk, F., Duru, M.E., Topçu, G. (2007). Antioxidant Activity Of Stem And Root Extracts Of Rhubarb (*Rheum Ribes*): An Edible Medicinal Plant, *Food Chemistry*, 103, 623-630. Rao, M.M., Lavie, D. (1974). The Constituents Of *Ecballium Elaterium*, Phenolics As Minor Components, *Tetrahedron*, 30, 3309-3313.
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free Radicals, Antioxidants In Disease And Health. *International Journal Of Biomedical Science: IJBS*, 4(2), 89.
- Pietta, P. G. (2000). Flavonoids As Antioxidants. *Journal Of Natural Products*, 63(7), 1035-1042.
- Pincemail, J., & Defraigne, J. O. (2003). Le Coenzyme Q10 Ou Ubiquinone: Un Antioxydant Particulier. *Vaisseaux, Cœur, Poumons*, 8, 55-60.
- Pincemail, J., Bonjean, K., Cayeux, K., & Defraigne, J. O. (2002). Mécanismes Physiologiques De La Défense Antioxydante. *Nutrition Clinique Et Métabolisme*, 16(4), 233-239.
- Quezel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle Flore De l'Algérie Et Des Régions Désertiques Méridionales* (No. 581.965 Q8).
- RIZK, A. 1982. Constituents Of Plants Growing In Qatar.: 1. A Chemical Survey Of Sixty Plants. *Fitoterapia*, 53, 35-44.
- Safdar, M. N., T. Kausar, Et Al. (2017). "Extraction And Quantification Of Polyphenols From Kinnow (*Citrus Reticulate L.*) Peel Using Ultrasound And Maceration Techniques." *Journal Of Food And Drug Analysis* 25(3): 488-500.
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998). A Procedure To Measure The Antiradical Efficiency Of Polyphenols. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 76(2), 270-276.
- Sarr, S. O., Fall, A. D., Gueye, R. Diop, A. Diatta, K. Diop, Y. M. (2015). Etude De l'activité Antioxydante Des Extraits Des Feuilles De *Vitex Doniana* (*Verbenacea*). *International Journal Of Biological And Chemical Sciences*, 9(3), 1263-1269.

Références bibliographique

- Sereme, A., Milogo-Rasolodimby, J., Guinko, S., & Nacro, M. (2011). Propriétés Thérapeutiques Des Plantes A Tanins Du Burkina Faso. *Pharmacopée Et Médecine Traditionnelle Africaine*, 15.
- Simioni, C., Zauli, G., Martelli, A. M., Vitale, M., Sacchetti, G., Gonelli, A., & Neri, L. M. (2018). Oxidative Stress: Role Of Physical Exercise And Antioxidant Nutraceuticals In Adulthood And Aging. *Oncotarget*, 9(24), 17181.
- Singh, B., Pal Singh, J., Kaur, A., Singh, N. (2020). Phenolic Composition, Antioxidant Potential And Health Benefits Of Citrus Peel. *Food Research International*
- SOFOWORA, A. 1993. Recent Trends In Research Into African Medicinal Plants. *Journal Of Ethnopharmacology*, 38, 197-208.
- Soltani, Y., Ali-Bouzidi, M., Toumi, F., & Benyamina, A. (2017). Activités Antioxydantes Des Extraits De Trois Organes De Juniperus Phoenicea L. De l'Ouest Algérien. *Phytothérapie*, 1-7.
- Stambouli, O. B., & Sebbagh, B. (2018). Toxidermie Induite Par Phytothérapie (La Châtaigne De Terre Ou Talghouda). *Revue Française d'Allergologie*, 58(3), 248-249.
- Tapas, A. R., Sakarkar, D. M., & Kakde, R. B. (2008). Flavonoids As Nutraceuticals: A Review. *Tropical Journal Of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1089-1099.
- Tela Botanica 2011. Projet De Numérisation De La Flore De L'Abbé Coste Par Le Réseau Tela Botanica <https://www.tela-botanica.org/Bdtfx-Nn-76459>
- Togola, I., Konaré, M. A., Diakité, M., Diarra, N., Tounkara, F., Sanogo, R., & Dembélé, D. (2019). Evaluation De La Teneur En Alcaloïdes Totaux A Différents Stades De Développement De Datura Innoxia Mill., Une Plante Utilisée Dans La Médecine Traditionnelle Au Mali.
- TREASE, G. & EVANS, W. 1987. A Text Book Of Pharmacognosy. ELNB/Bailliere Tindal. Oxford.
- Xu, W. L., Y. B. Huang, Et Al. (2005). "Separation And Purification Of Stigmasterol And B-Sitosterol From Phytosterol Mixtures By Solvent Crystallization Method." *Separation And Purification Technology* 41(2): 173-178.
- Zhang B.B, Zhao K, (2016). Dietary Polyphenols, Oxidative Stress And Antioxidant Anti-Inflammatory Effects. *Curr Opin Food Sci*, 8, 33-42.

Annexes

Annexe 1 : Test de piègeage du DPPH par l'acide ascorbique et des extraits du *Bunium incrassatum*



Annexe 2: Test de FRAP des différents extraits du *Bunium incrassatum*

