الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UniversitéAhmed zabana de RELIZANE
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Ecologie et environnement

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :

Ecologie

Intitulé

Valorisation de l'écorce de grenade *Punica granatum* L. variété Sefri d'Ain Chorfa wilaya de Mascara.

Etude biochimique et minérale

Présenté par :
Mlle : BACHIR ELEZAAR Manel

Mlle : BARKAT Safia

Devant les membres de jury :

Président : Mr BACHIR BOUIADJRA Mohammed El Amine	Maître de conférence (B)(U. Relizane)
Encadrante: Mr GHELLAI Malika	Maître de conférence (A)(U.Relizane)
Examinatrice : Mme HAMAD Hanane	Maître de conférence (B)(U. Relizane)

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Avant tout, nous adressons nos louanges et notre gratitude à Allah le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la patience et le courage nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à **Monsieur Bchir Bouiadjra Mohmmed El Amine, Maître de conférences B,** pour avoir accepté de présider ce jury.

Nos remerciements les plus profonds vont **à Madame Ghellai Malika, Maître de conférences A**, pour son encadrement, sa rigueur scientifique, ses conseils éclairés, sa disponibilité et la confiance qu'elle nous a témoignée tout au long de ce travail.

Nous remercions également **Madame Hamad Hanane, Maître de conférences B,** pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et pour ses remarques constructives.

Nous n'oublions pas de remercier l'ensemble de nos enseignants, qui ont contribué à notre formation. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profond respect et de notre reconnaissance pour leur disponibilité, leur engagement et leur soutien tout au long de notre parcours universitaire.

Dédicace

DU PROFOND DE MON CŒUR, JE DÉDIE CE TRAVAIL À TOUS QUI ME SONT CHERS.

À mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect. Mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tous 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 tant formulés. Le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé. Bonheur et longue vie.

Mama, reposez votre cœur, votre rêve est devenu réalité, enfin votre petite fille est devenue diplômée comme que tu as tant imaginée et désirée.

À mes merveilleuses sœurs, KHADOUMA, FATIMA, SARA

Chacun de vos sourires a illuminé mon chemin.

Chaque mot d'encouragement a nourri mes rêves.

À travers ce travail, je célèbre notre lien indéfectible.

Merci d'avoir été mes anges gardiens. Cette réussite est aussi la vôtre.

À mon cher frère YOUCEF,

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études,

À mes petits anges,

EMMA. MONCEF et SAMA

À mon cher binôme,

Pour son entente et sa sympathie.

À toute ma famille, À tous mes amis

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

BACHIR ELEZAAR Manel

Dédicace

JE DÉDIE CE MÉMOIRE À MES PARENTS,

Pour leur amour inconditionnel, leur soutien et leurs sacrifices tout au long de mon parcours.

À ma famille,

Qui m'a toujours encouragé dans mes études.

À tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Je dédie ce travail à mes enseignants et encadrants, pour leur patience, leur disponibilité et leur rigueur.

Merci à tous les professionnels rencontrés durant ce parcours, qui ont su éveiller ma curiosité et enrichir ma réflexion.

À [Ma sœur et mon frère] :

Pour ton amour, ta patience et ton soutien inébranlable tout au long de cette aventure. Ce mémoire est aussi le tien.

BARKAT Safia

Résumé :

Ce travail de recherche vise à valoriser l'écorces de grenade *Punica granatum* L., variété Sefri, cultivée dans la région d'Ain Chorfa, wilaya de Mascara, à travers l'analyse desa composition chimique. L'étude a porté principalement sur le dosage des composés phénoliques totaux, connus pour leurs propriétés antioxydantes, ainsi que sur le bilan minéral afin d'évaluer leur richesse en éléments nutritifs essentiels.

Les résultats ont révélé une teneur élevée en composés phénoliques tels que les composés phénoliques (22,35µg/ml), les flavonoïdes (189,58µg/ml), les tanins hydrolysables (211,51µg/ml), les Tanins condensés (691,76 µg/ml), soulignant le fort potentiel antioxydantde l'écorces de grenade. Le bilan minéral a également montré une concentration prononcée de plusieurs éléments bénéfiques pour la santé humaine (Ca > Na > Mg > Mn), ce qui renforce l'intérêt d'une valorisation agroalimentaire, pharmaceutique ou cosmétique de ces sous-produits végétaux.

Mots-clés : Ain Chorfa - Composés phénoliques –Écorce- minéral- *Punica granatum* L.– Sefri.

الملخص :

يهدف هذا العمل البحثي إلى تثمين قشور الرمان *Punica granatum* L. من صنف "سفري،" المزروع في منطقة عين شرفة، ولاية معسكر، من خلال تحليل تركيبتها الكيميائية. وقد ركزت الدراسة بشكل رئيسي على قياس المحتوى الكلي من المركبات الفينولية، المعروفة بخصائصها المضادة للأكسدة، بالإضافة إلى التحليل المعدني لتقييم غناها بالعناصر الغذائية الأساسية.

كشفت النتائج عن محتوى مرتفع من المركبات الفينولية مثل البوليفينولات (22.35 ميكروغرام/مل)، والفلافونويدات (189.58 ميكروغرام/مل)، والتانينات القابلة للتحلل (211.51 ميكروغرام/مل)، والتانينات المكثفة (691.76 ميكروغرام/مل)، مما يبرز الإمكانيات العالية لقشور الرمان كمضاد أكسدة قوي. كما أظهر التحليل المعدني تركيزاً ملحوظاً لعدة عناصر مفيدة لصحة الإنسان (الكالسيوم > الصوديوم > المغنيسيوم > المنغنيز)، مما يعزز من أهمية تثمين هذه المخلفات النباتية في المجال الغذائي، الصيدلاني أو التجميلي.

الكلمات المفتاحية: عين الشرفة -المركبات الفينولية -اللحاء المعدني -الرمان -الصفري.

Abstract:

This research aims to enhance the value of pomegranate peel *Punica granatum* L., Sefri variety, grown in the Ain Chorfa region, Mascara province, through the analysis of its chemical composition. The study focused primarily on the determination of total phenolic compounds, known for their antioxidant properties, as well as on the mineral balance to assess their richness in essential nutrients.

The results revealed a high content of phenolic compounds such as polyphenols (22.35 µg/ml), flavonoids (189.58 µg/ml), hydrolyzable tannins (211.51 µg/ml), and condensed tannins (691.76 µg/ml), highlighting the strong antioxidant potential of pomegranate peel. The mineral balance also showed a pronounced concentration of several elements beneficial to human health (Ca > Na > Mg Mn), which reinforces the interest in agri-food, pharmaceutical or cosmetic use of these plant by-products.

Keywords: Ain Chorfa - Phenolic compound-Bark- mineral-*Punica granatum* L. - Sefri.

La liste des tableaux

Tableau 1. La classification classique et phylogénétique de P.granatum L……..6

Tableau 2. Caractéristiques des principales variétés de grande dans quelque pays …… 10

Tableau 3. Les variétés de grenadier autorisées à commercialiser en Algérie ……... 12

La liste des figures

Fig 1. Réparation géographique de grenadier …….. 4
Fig 2. Réparation géographique mondiale du grenadier …….. 5
Fig 3. aspect général …… 7
Fig 4. Les fleurs …….. 7
Fig 5. Les feuilles …… 8
Fig 6. La baie …….. 9
Fig 7. Les graines …… 9
Fig 8. L'écorce ……. 10
Fig 9. Principales variétés de grenade dans le monde et en Algérie …….. 11
Fig 10. Production du grenadier dans le monde ……... 13
Fig 11. Production de grenade en Algérie …… 14
Fig 12. Usage du grenadier …….. 16
Fig 13. Teneur en composants phénoliques totaux des trois extraits de grenade étudies en comparaison avec quelque extraits méthanoliques d'argumes …….. 17
Fig 14. Acides phénoliques …… 18
Fig 15. Acide ellagique …….. 18
Fig 16. Acide gallique …… 18
Fig 17. Squelette de base de flavonoïde …… 19
Fig 18. Squelette de base de tanins condensés …….. 20
Fig 19. Squelette de base de tanins hydrolysables/ condensés …….. 20
Fig 20. Principaux effets fonctionnels et médicinaux de la grenade ……. 23
Fig 21. Station de récolte du grenadier …….. 24
Fig 22. Séchage de la matière végétale ……. 25
Fig 23. Le broyage manuel …… 25
Fig 24. Le broyage électrique …… 25
Fig 25. Le broyat obtenu …… 25
Fig 26. La teneur en composés phénoliques …….. 26
Fig 27. La teneur en flavonoïdes ……... 27
Fig 28. La teneur en tanins hydrolysables ……. 28
Fig 29. La teneur en les tanins condensés …….. 29
Fig 30. L'activité antioxydante …….. 30
Fig 31. Bilan minéral ……. 30
Fig 32. La teneur en composés phénoliques (µg/ml) des extraits méthanolique et éthanolique de l'écorce de grenade …… 31
Fig 33. La teneur en flavonoïdes (µg/ml) des extraits méthanolique et éthanolique de l'écorce de grenade ……... 33
Fig 34. la teneur en tanins hydrolysables (µg/ml) des extraits éthanolique et méthanolique de l'écorce de grenade …… 34
Fig 35. la teneur en tanins condensés (µg/ml) des extraits méthanolique et éthanolique de l'écorce de grenade …….. 34
Fig 36. La teneur en antioxydants (µg/ml) de l'extrait de l'écorce de grenade et de l'acide ascorbique ……. 36
Fig 37. La teneur en éléments minéraux (mg/100g MS) contenant dnsl'écorce de grenade ……. 38

La liste des abréviations

%: pourcentage.

µg: microgrammes

Ca : calcium.

g : grammes

Kg : kilogrammes

L : litre

Mg : magnésium.

mg : milligrammes

ml : millilitre

Mn : manganèse

Ms : Matière sèche

Na : sodium.

Ps : poids sec.

Sommaire

INTRODUCTION 1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 2
Partie I : généralité sur le grenadier 3
1-Présentation de l'espèce 3
2-Réparation géographique de l'espèce 4
3- Description botanique 5
3-1. classification 5
3-2. Les caractéristiques botaniques 6
a) Aspect général 6
b. Les fleurs 7
c. Les feuilles 7
d. Les fruits 8
-La baie 8
-les Graines 9
-L'écorce 9
4- Les principales variétés 10
4-1. Description de quelques variétés de Grenadier dans le monde 10
4-2.Variété de grenadier en Algérie 11
5-Aire de répartition de la culture 12
5-1. Réparation à l'échelle nationale 12
5-2. les conditions de culture 12
5-2-1.Climat 12
5-2-2. Sol 13
5-2-3.Eau 13
6-Production de grenadier 13
6-1 .dans le monde 13
6-2. Production de Grenadier en Algérie 14
7-Utilisations de *P.granatum* L 16
7-1. Utilisation médicinale 16
7-2. Utilisation agroalimentaire 16
7-3. Utilisation cosmétique 16
7-4.Valeur nutritionnelle de grenade 17
8-Composés phénolique au niveau de Grenadier 18
8-1. Acides phénoliques 19

8-2.Flavonoïdes 19
8-3. Les tanins 20
a-Tanins condensés 20
b-Tanins hydrolysables 21
8-4.Triterpénoides 22
8-5.Activité antioxydante 22
9-Toxicité de grenade 22
10-Activités biologique 23
MATÉRIEL ET MÉTHODES 23
1- la zone de recole de matériel végétale 24
2-Prépartion la matière végétale 24
a. Séchage 24
b. Broyage 25
3-1. La teneur en composés phénoliques 25
3-2. La teneur en flavonoïdes 26
3-3. La teneur en tanins hydrolysables 27
3-4. La teneur en tanins condensés 28
3-5. L'activité antioxydante 29
4- Etude bilan minéral 31
Résultats et Discussion 32
1-Etude des paramètres biochimique 32
1-1.La teneur en composés phénoliques 32
1-2. La teneur en flavonoïdes 33
1-3. La teneur en tanins 34
1-3-1. La teneur en tanins hydrolysables 34
1-3-2. La teneur en tanins condensés 35
1-4. L'activité antioxydante 37
2- Etude du bilan minéral 39
CONCLUSION 41
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 42

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, l'utilisation des plantes médicinales ou des préparations à base des plantes connaît un succès croissant, Ainsi, d'après les estimations, 80% de la population mondiale dépend principalement de la médecine traditionnelle (Ghnimi, 2015). En effet, les substances naturelles d'origine végétale sont douées de plusieurs activités biologiques comme l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, anticancéreuse, antimicrobienne... etc (Kada, 2018).

Dans le contexte de recherche des remèdes naturels dotés de certains pouvoirs préventifs et/ou curatifs présentant le moins d'effets indésirables possibles et dans le but de la valorisation de flore Algérienne, nous nous sommes intéressées à l'étude d'une plante médicinale connue pour son fruit mais méconnue pour ses vertus thérapeutiques (Alhijna et Bourich, 2017) ; les grenades ; le fruit du grenade *Punica granatum* L. ont été largement utilisées dans la médecine populaire de nombreuses cultures. C'est un fruit ancien avec une histoire médicale illustre et a fait l'objet de critiques classiques depuis plus de 100 ans (Alhijna et Bourich, 2017). Le fruit, son écorce et ses fleurs sont utilisés depuis très longtemps par différentes civilisations anciennes pour leurs différentes activités thérapeutiques (Douaouri, 2018). Plusieurs chercheurs ont rapporté que les utilisations modernes des produits dérivés de la grenade comprennent maintenant la prévention et le traitement de certains types de cancer tels que le cancer du poumon et le cancer de la prostate (Alhijna et Bourich, 2017). *P.granatum* L. est un arbre fruitier cultivé dans de nombreuses régions géographiques subtropicales et tropicales à travers le monde, est réputé pour ses propriétés médicinales, son fruit est plus connu sous le nom de fruit du pouvoir de la nature, connu à travers le monde pour son goût agréable et ses nombreux avantages pour la santé (Singh et *al.,* 2018). Ces dernières années, l'intérêt pour ce fruit en tant que produit nutritionnel ou médicinal a considérablement augmenté en raison de ses effets potentiellement positifs sur la santé, grâce à la présence d'antioxydants, qui peuvent préserver le corps humain des radicaux libres, des processus oxydatifs et de la progression de nombreuses maladies chroniques (Smaoui et *al.,* 2019). Cet arbre a été introduit en Algérie et cultivé dans plusieurs régions du pays, allant des zones du littorale et de la Mitidja jusqu'aux zones subarides, voir même au porte des zones arides se frayant une place parfois au niveau de certains oasis comme retrouvé à Bechar. D'un point de vue économique, une seule variété a été sélectionnée pour son goût sucré et agréable au palais avec la particularité de ne pas présenter de pépins, c'est la variété "Sefri" (Hassen et *al.,* 2021).

Dans ce contexte l'objectif de ce travail vise à valoriser les écorces de grenadier *P.granatum* L. variété Sefri de la région d'Ain Chorfa (wilaya de Mascara) en déterminant leur richesse en composés phénoliques totaux et en éléments minéraux, afin d'évaluer leur potentiel dans des domaines tels que la pharmacologie, l'agroalimentaire ou la cosmétique.

Notre document est reparti en quatre grands chapitres :

Le premier chapitre : Considération bibliographique consacrée pour la présentation de l'espèce *P.granatum* L.

Le second chapitre matériels et méthodes : étudiant les paramètres biochimiques tels que ; composes phénoliques, Les flavonoïdes, les tannins, l'activité antioxydantes, ainsi que le bilan minéral citant ; Na, Ca, Mg, et Mn.

Le troisième chapitre : est destiné pour l'interprétation et la discussion de nos résultats.

Et nous clôturons ce travail par une conclusion dans laquelle on récapitulera les connaissances acquises lors de ce travail suivie par des perspectives.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Partie I : généralité sur le grenadier

1-Présentation de l'espèce

Le *Punica granatum* L. également connu sous le nom de grenade, est un fruit périssable cultivé dans de nombreuses régions du monde. Originaire des zones méditerranéennes, cette plante se distingue par sa forme de petit arbre arbustif (Puneeth et Sharath, 2020), cet arbre est souvent utilisé comme haie, attirant des oiseaux bleus pendant les saisons hivernale et automnale (Pienaar, 2021). Bien que *P.granatum* soit une plante exotique, elle s'adapte aisément à diverses conditions climatiques et pousse avec succès là où elle est cultivée. Appartenant à la famille des Lythraceae (anciennement Punicaceae), cette plante a su trouver sa place dans de nombreuses zones (Ge et *al.*, 2021).

Grâce à sa position géographique, l'Algérie possède un riche patrimoine fruitier traditionnel issu d'une arboriculture extensive, jouant un rôle économique significatif dans l'approvisionnement en fruits frais et transformés. Cette espèce fruitière s'est répandue mondialement, et en Algérie, sa production atteint 847 653 tonnes sur 12 114 ha, répartis dans diverses wilayas, la Mitidja étant une région à fort potentiel avec 16 380 tonnes sur 87 ha , Sur le plan économique, le grenadier est valorisé pour ses fruits à haute valeur nutritive, comparable à celle d'autres fruits juteux (Hamid, 2013). La grenade offre un potentiel considérable pour l'industrie alimentaire (jus, additifs à partir de sous-produits) et est également étudiée pour ses propriétés antioxydants, antiprolifératives, anti-inflammatoires et antibactériennes, suggérant un rôle adjuvant possible dans la gestion de maladies cardiovasculaires, du diabète et de certains cancers, notamment celui de la prostate (Bidri et choay, 2017).

La grenade, en tant que fruit aux multiples vertus, occupe également une place stratégique dans le domaine de la médecine traditionnelle et de la recherche scientifique. Elle est reconnue pour ses propriétés antioxydants et ses bienfaits potentiels sur la santé, tout en jouant un rôle central dans l'innovation alimentaire et la commercialisation de produits naturels (Giesecke, 2023;

Ramsay et *al.*, 2023).

Le fruit se caractérise par sa teinte rouge distinctive et sa saveur aigre-douce, comprenant de nombreuses graines comestibles (arilles) enfermées dans une écorce dure et épaisse (Mandal et *al.*, 2021).

2-Réparation géographique de l'espèce

Grâce à sa grande capacité d'adaptation et à sa capacité à coloniser divers types de substrats, le grenadier est devenu une culture largement répandue à travers le monde. Sa propagation est facilitée par la dispersion de ses graines, qui se fait par l'homme, les oiseaux, ainsi que d'autres animaux. Cela a permis au grenadier de s'implanter dans une zone géographique étendue, couvrant de nombreux pays (Betioui, 2017). À l'échelle mondiale, la superficie consacrée à la culture du grenadier atteint environ 835 900 hectares, dont plus de 70% se trouve concentrée dans seulement trois pays majeurs : l'Inde, l'Iran et la Chine. L'Égypte, l'Azerbaïdjan et la Turquie occupent des surfaces respectives de 31 100, 28 000 et 25 000 hectares et figurent parmi les leaders dans le développement du secteur d'exportation ainsi que dans la sélection de nouvelles variétés (FAO, 2021). D'autres nations cultivent également cette plante, telles que les États-Unis, le Maroc, la Tunisie, l'Espagne, l'Afghanistan, le Pakistan, l'Arménie, la Géorgie, le Tadjikistan, la Jordanie, l'Italie, la Libye, le Liban, le Soudan, le Myanmar, le Bangladesh, la Mauritanie, Chypre et la Grèce.

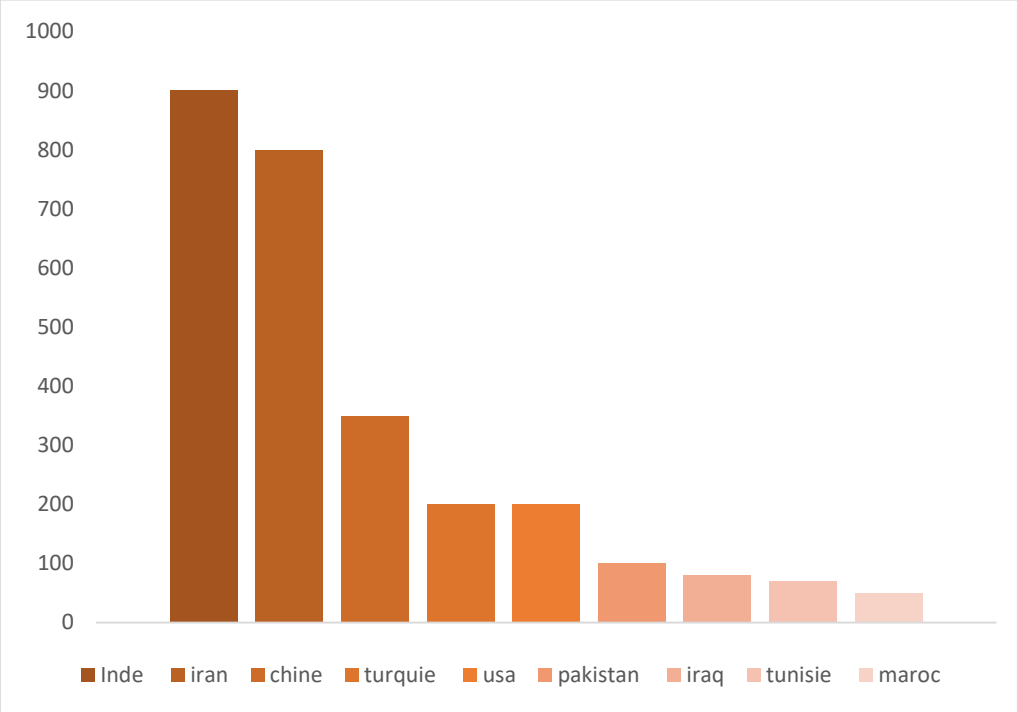

Fig-1. Réparation géographique de grenadier (Melgarejo and Valero, 2012).

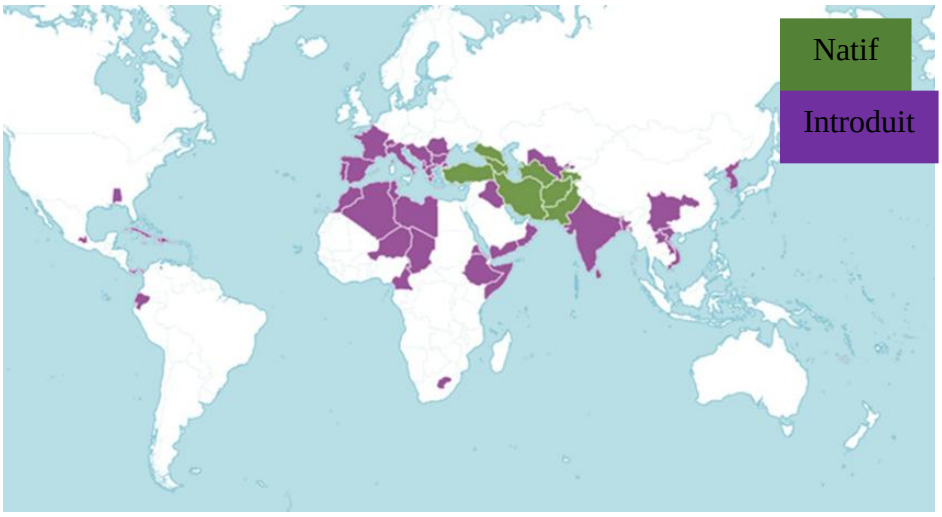

Fig -2. Réparation géographique mondiale du grenadier (Fahmy and Farag ,2022)

3- Description botanique

Nomenclature et dénominations dans chaque pays et selon les langues parlées, le nom vernaculaire de *Punica granatum* L. varie. Ainsi, le nom de cet arbre sera (Meziane-Kaci, 2018):

En anglais : Pomegranate ou Pome Granate.

En allemand : Granatapfelbaum, Granatbaum, Gemeine Granat, Balluster.

En espagnol : Granado coltivado, Mangrano.

En italien : Granato.

En chinois : Ngan Che Lieou, Shi Liu.

Pays arabe : Rommane.

Nom berbère : Thar'mant

En Algérie, la grenade est appelée communément romane (الرمان)

3-1. classification

La classification classique et phylogénétique de *P.granatum* L. a été établie quant à elle, elle est considérée comme la plus valable à ce jour (Meziane-Kaci, 2018) :

Tableau 1. La classification classique et phylogénétique de P.granatum L

Règne	Plantae
Sous-règne	Phanérogames
Division	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Lythraceae
Genre	Punica
Espèce	*Punica granatum* L

3-2. Les caractéristiques botaniques

a) Aspect général

La grenade provient d'un arbre adulte à feuilles caduques ou d'un arbuste à feuilles lancéolées. Ce dernier peut atteindre entre 5 et 10 mètres de hauteur et vivre jusqu'à 200 ans. Il est touffu, très ramifié depuis la base du tronc et plus ou moins épineux. Le tronc est tortueux, à écorce grisâtre qui se ramifie en branches irrégulières, légèrement épineuses au sommet (Ben yahkem et *al.*, 2018).

Fig-3.aspect général (Bachir elezaar et Barkat,2025)

b. Les fleurs

Ils sont d'un couleur jaune vif, charnu et régulier. Leur taille varie entre 5 et 7 centimètres. L'épicarpe est lisse et persistant, avec une peau fine mais robuste. Le fruit possède une cavité centrale remplie de graines nombreuses et petites (Cauchard, 2013).

Fig-4. Les fleurs (Bachir elezaar et Barkat,2025)

c. Les feuilles

Les premières pousses des feuilles de grenadier apparaissent généralement vers la fin avril, sur des branches à l'écorce beige argenté. Elles ont une forme oblongue, luisante et étroite, mesurant entre 3 et 7 centimètres de long pour 2 centimètres de large, variant selon les différentes variétés. À leurs débuts, les feuilles arborent une teinte rougeâtre, avant de devenir vertes et brillantes à maturité, pour prendre une teinte dorée à l'automne. En termes de disposition, la plupart des grenadiers présentent des feuilles disposées par paires en alternance à angle droit, mais certaines variétés peuvent afficher trois feuilles par nœud (disposées à 120°), voire quatre feuilles (deux opposées par nœud). (Ben Yahkem, 2018).

Fig-5. Les feuilles (Bachir elezaar et Barkat,2025)

d. Les fruits

La grenade, fruit du grenadier, en forme de pomme, passant avec le temps du vert au rouge-orange, doit être considérée comme un cas limite de baie délimitée par la peau, un péricarpe épais, à l'intérieur duquel sont contenus de nombreux arilles. Chacun est constitué d'une graine (ou pépin) entourée de jus translucide contenu par une très fine membrane. Les arilles sont rencontrés dans des loges séparées par de minces membranes qui s'étendent à l'intérieur du fruit, donnant au niveau du péricarpe et constituant ainsi une base pour l'attachement des arilles (Dallas, 2010). Le fruit donne donc naissance à trois parties bien distinctes : les graines (environ 3% du poids du fruit) qui contiennent eux-mêmes 20% d'huile, le jus (environ 30% du poids du fruit) et la peau qui comprend également les membranes intérieures, dont la composition phytochimique est détaillée dans les paragraphes suivants (Lansky, 2007).

-La baie

Le fruit du grenadier, utilisé principalement pour ses graines, est une baie ronde, mesurant entre 7 et 12 cm de diamètre et pesant entre 200 et 650 grammes. Il renferme en moyenne 600 graines entourées de pulpe. Ce fruit est attaché à l'arbre par une courte tige et possède une peau dure, typique des baies, avec une couronne de sépales en son sommet (Holland et *al.*, 2009).

Fig-6. La baie(Bachir elezaar et Barkat,2025)

-les Graines

Cette baie contient plusieurs graines, chacune logée dans une cavité distincte, séparée par des cloisons fines et membraneuses. Chacune de ces graines est entourée d'un mésocarpe épais et gélatineux, au goût à la fois acide et sucré, constituant ainsi la portion comestible du fruit (Bartels, 1998).

Fig-7. Les graines

-L'écorce

L’écorce du fruit de grenadier, aussi connue sous le nom de malicorium, présente une couleur allant du rouge au jaune beige et une épaisseur de 2 à 3 mm. Elle constitue la partie dure du fruit, souvent utilisée pour ses propriétés médicinales et thérapeutiques. Cette écorce se retrouve couramment sous forme séchée, avec une surface extérieure rougeâtre et luisante, tandis que sa face intérieure apparaît jaunâtre et concave, souvent marquée par l’empreinte des graines qui y étaient contenues. Sa saveur est amère et astringente, et elle est parfois exploitée dans des remèdes traditionnels pour ses effets purifiants (Wald, 2009).

Fig -8. L'écorce (Bachir elezaar et Barkat,2025)

4- Les principales variétés

4-1. Description de quelques variétés de Grenadier dans le monde

Divers variétés sont cultivées dans différents pays, en Tunisie on trouve les variétés : Zéri, Gabsi, Chelfi, Tounsi ou Tunsi, Maïki, Djelbi. Au Maroc on trouve la variété : Meknes (Wald, 2009).

Tableau 3. Caractéristiques des principales variétés de grande dans quelque pays (cauard ; 2013)

Zone géographique	**variété**	**Couleur externe**	**Couleur arilles**	**Gout des arilles**
U.S.A	Wonderful	Rouge foncé	Rouge	Doux/acide
Espagne	Mollarde elche	Rose/ Jaune	Rouge clair	doux
Palestine	herskowitzhershkovit**z**	Rouge foncé	Rouge clair	Acide
Inde	baghwa	Rouge clair	Rouge clair	doux
Turque	hicaz	Rouge	Rouge clair	Doux /acide
France	De jaffa	Rouge	Rouge	doux

Wonderful
Couleur : rouge foncé
Arilles : rouge- doux/acide

Mollar de elche
Couleur : rose- jaune
Arilles : rouge clair- doux

Acco
Couleur : rouge
Arilles : rouge foncé- doux

Variété de grenade

Hicaz
Couleur : rouge
Arilles : rouge clair – doux/ Acide

Kabylie
Couleur : rose
Arilles : violacée - Doux

Sefri
Couleur : jaune à rose
Arilles : rose clair –doux

Shani
Couleur : rouge
Arilles : rouge foncé - doux

Fig-9. Principales variétés de grenade dans le monde et en Algérie (Bachir elezaar et barkat, 2025)

4-2.Variété de grenadier en Algérie

Il existe une grande diversité de variétés de pommes, chacune ayant des qualités distinctes. Parmi celles les plus cultivées dans la région de l'Oranie, on trouve la variété Tendral (Molla), Blanca et Si Hueso Colorado. En Kabylie, plusieurs types de pommiers sont signalés dans de petits vergers, mais seules leurs appellations locales sont connues, comme Lahlou ou Elmouze. Actuellement, treize variétés de pommes sont officiellement autorisées

pour la production et la commercialisation, comme le stipule le rapport de l'INRAA (2006), et elles sont regroupées dans le tableau suivant.

Tableau 3. Les variétés de grenadier autorisées à commercialiser en Algérie (INRAA, 2006).

Variétés de grenadier commercialisées en Algérie		
Messaad	Corda trasita	Doux de Kolea
Gajin	Sefri	Zemdautomne
Spanish duoy	Chelfi	Moller huesso
Mélisse	Sulfani	
Espagne rouge	Papers shell	

5-Aire de répartition de la culture

5-1. Réparation à l'échelle nationale

La culture du grenadier en Algérie est une tradition ancienne qui se développe principalement dans les régions méditerranéennes du pays, telles que les wilayas de Tlemcen, Oran, Biskra, et El Oued. Le grenadier, un fruit aux multiples bienfaits, est apprécié pour son goût sucré et acidulé ainsi que pour ses propriétés médicinales. Cette culture s'adapte particulièrement bien au climat aride et semi-aride algérien, résistant à la chaleur et à la sécheresse (FAO, 2021).

5-2. les conditions de culture

5-2-1.Climat

D'après (Chougui, 2018), le grenadier peut prospérer dans une grande variété de climats, allant des zones tropicales aux régions tempérées chaudes. Cependant, il s'épanouit particulièrement dans des climats subtropicaux ou tropicaux, où les conditions sont idéales pour sa croissance. Les fruits de meilleure qualité sont récoltés dans les régions subtropicales, où la période de chaleur intense coïncide avec la maturation des grenades. Bien qu'il soit résistant à la sécheresse, cette dernière peut nuire à la qualité des fruits. Un climat chaud et sec peut être favorable au grenadier, à condition que ses racines disposent de suffisamment

d'eau. En dehors des zones subtropicales, il peut également croître dans les régions où la température ne chute pas en dessous de -15°C.

5-2-2. Sol

Le grenadier se montre relativement flexible quant à la nature du sol dans lequel il pousse. Il peut s'adapter à divers types de sols, qu'ils soient acides, alcalins ou même crayeux, et tolère des niveaux modérés de salinité. Cependant, il prospère particulièrement dans des sols profonds et riches, notamment les terres alluviales. Les sols alcalins et argilo-limoneux lui offrent des conditions idéales pour un développement optimal (Chougui, 2018).

5-2-3.Eau

Les arboriculteurs turcs et perses prétendent que le grenadier doit avoir les pieds dans l'eau et la tête au soleil. En effet, il est nécessaire que ses racines soient au frais et largement irriguées, afin d'obtenir des fruits de bonne qualité et en grande quantité (Chougui, 2018)

6-Production de grenadier

6-1 .dans le monde

La grenade est de plus en plus consommée dans le monde pour ses vertus antioxydants. Iran est le plus grand producteur de grenade devant la chine, les Etats-Unis et l'Espagne. L'Espagne exporte plus de 18 000 tonnes de grenade (70% de la production). Elle a maintenant de nombreux concurrents sérieux sur le marché européen et mondial comme l'Iran, l'Inde ou la Turquie (Melgarejo et Valero, 2012 ; Jacson, 2016).

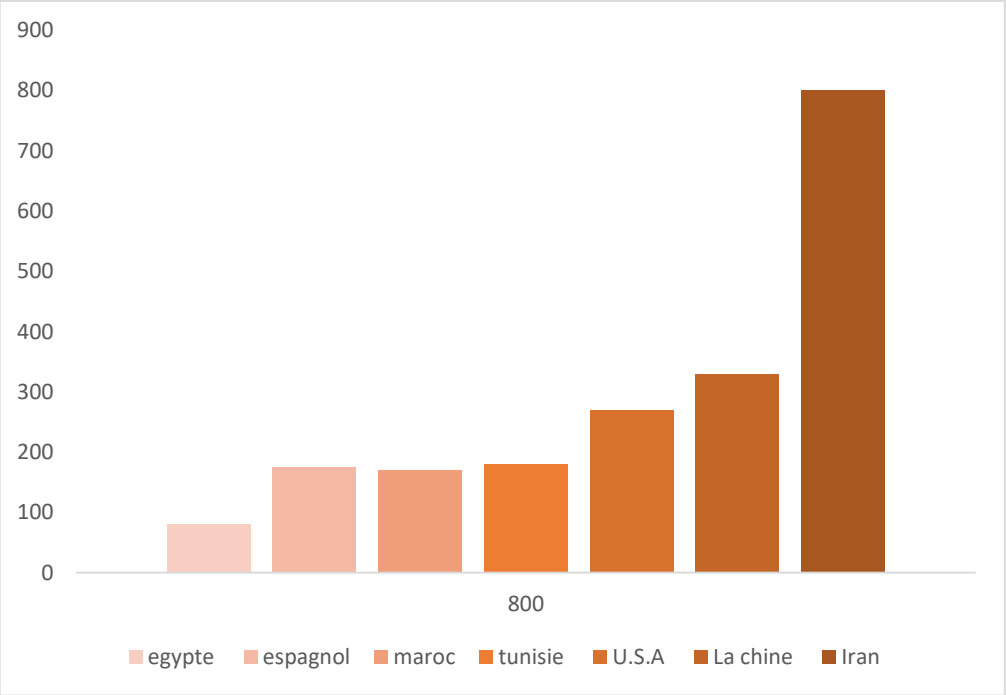

Fig-10. Production du grenadier dans le monde (Melgarejo et Valero, 2012)

6-2. Production de Grenadier en Algérie

La production totale de grenade en Algérie est 421136 quintaux (Qx), selon les données de DSA (direction des services agricoles) en 2018. Les données enregistrées des principales wilayas productrices de grenade en Algérie .La production de la grenade en 2018 est plus élevée dans la wilaya de Mostaganem avec une quantité de 186261Qx. La production augmente ainsi de la wilaya de Tlemcen, M'sila, Relizane à Djelfa avec une production respective de 1590, 31960, 90565 et 110760 Qx .Cette production est répartie sur une superficie plantée allant de 444 Ha dans la wilaya de Tlemcen à 1240 Ha à la wilaya de Djelfa. En effet Mostaganem utilise une superficie inférieure à celle utilisée à Djelfa avec un meilleur rendement de production (B).

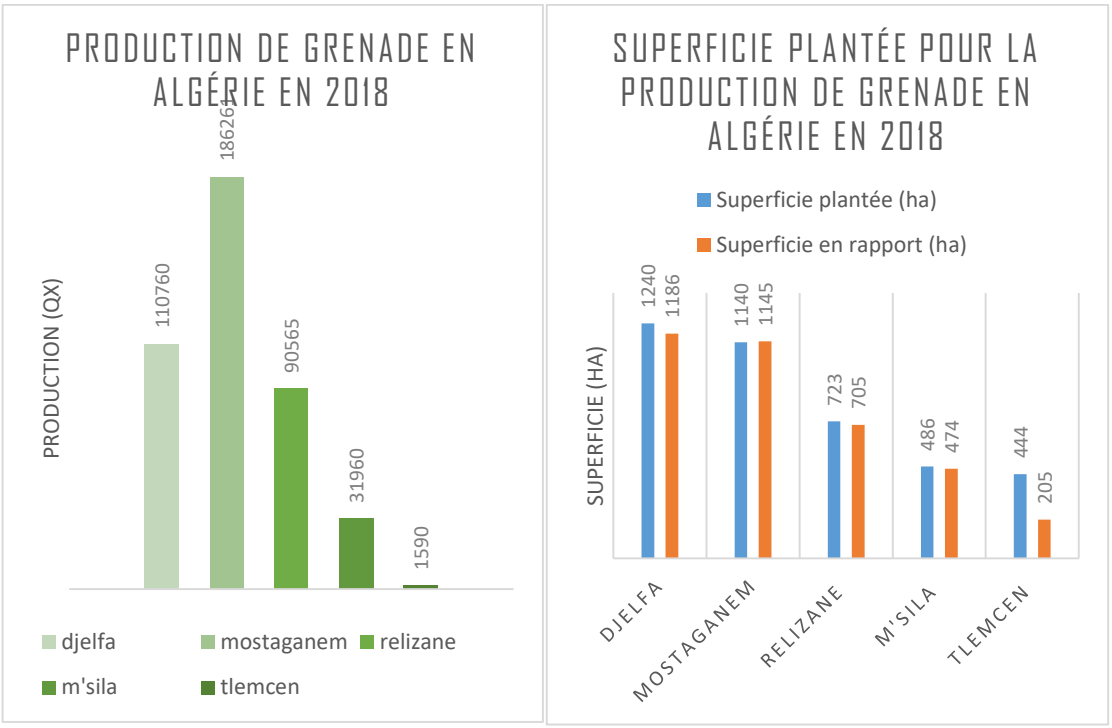

Fig-11. Production de grenade en Algérie (DSA, 2018)

En comparaison avec la production et la superficie dédiée à la plantation du grenadier dans les pays producteurs de la grenade dans le monde, la production en Algérie est moins importante. En effet, la surface mondiale dédiée à la culture du grenadier est de 300 000 Ha, dont 228 000 Ha sont répartis sur les cinq pays : Inde, Iran, Chine, Turquie et USA. La production en Indeest environ 900000tonnes en 2012, suivie par 800000, > 350000, > 200000 et 200000 tonnes en Iran, Chine, Turquie et USA, respectivement.

7-Utilisations de *P.granatum* L.

7-1. Utilisation médicinale

Le grenadier utilisé depuis des centaines d'années pour ses propriétés médicinales dans plusieurs régions dont il est originaire. Dans la pharmacopée française en 1818, la grenade avait comme premier usage un effet vermifuge ou agent ténicide (Lansky et Newman, 2007) pour soigner les affections parasitaires.

En médecine traditionnelle, elle a été utilisée pour traiter plusieurs maladies ; la diarrhée, pour arrêter les saignements, guérir les ulcères (Shama et Maity, 2010), contrôler l'inflammation et traiter les troubles du système digestif et les maladies gastro-intestinales (Moghaddam et *al.*, 2013). La décoction d'écorce de grenade est très efficace par voie orale et intravaginale pour prévenir la fertilité et l'avortement et pour améliorer divers problèmes (Mirdehghan et Rahemi, 2007).

7-2. Utilisation agroalimentaire

Dans l'industrie alimentaire et des boissons, la pelure de grenade a été utilisée pour l'enrichissement et la formulation de produits alimentaires tels que les barres de céréales, les boissons, les glaces et les yaourts afin d'améliorer leurs propriétés fonctionnelles (El-said et *al.*, 2014; Fawole et *al.*, 2012). Le fruit de grenade est savouré frais, et également consommé sous forme de jus qui est la base pour certaines limonades. Le jus peut être transformé en gelées par addition de pectine et de sucre.

L'addition de l'extrait d'écorce de grenade à la viande de poulet a montré une augmentation de la durée de sa conservation de deux à trois semaines pendant un stockage à froid (Kanatt et *al.*, 2010). Ce phénomène est dû à l'activité antimicrobienne contre les Staphylococcus aureus, Bacillus cereu effics et Pseudomonas et inhibition de la rancidité oxydative par la capacité antioxydant très efficace (Gonzalez et *al.*, 2015).

L'industrie des boissons s'intéresse de près à la grenade, avant tous pour son côté exotique et son goût nouveau.

7-3. Utilisation cosmétique

L'extrait de grenade est utilisé en cosmétique essentiellement pour ses propriétés antioxydantes. Nous le trouvons ainsi dans certains produits capillaires, des huiles corporelles comme l'huile Weleda qui contient de la grenade (Fawole et *al.*, 2012).

7-4.Valeur nutritionnelle de grenade

La grenade fournit en moyenne 68 k calories (285 k joules) pour 100 g de partie comestible. cette énergie est fournie surtout par les glucides constitués en proportions sensiblement égales du fructose et du glucose (le saccharose n'est présent qu' en très faible quantités), protéines, lipides, acides gras, essentiellement les triglycérides (88%), diacyl-glycérols (7%) et les phospholipides (3%), acide punique (65%), acide linoléique(7%) par contre les fibres sont constituées presque en totalité par les fibres insolubles formant le tégument des grains alors que dans la pulpe débarrassée des grains et caractéristique juteuse vient de son importante teneur en eau (Usda, 2006; l'officinal, 2011).

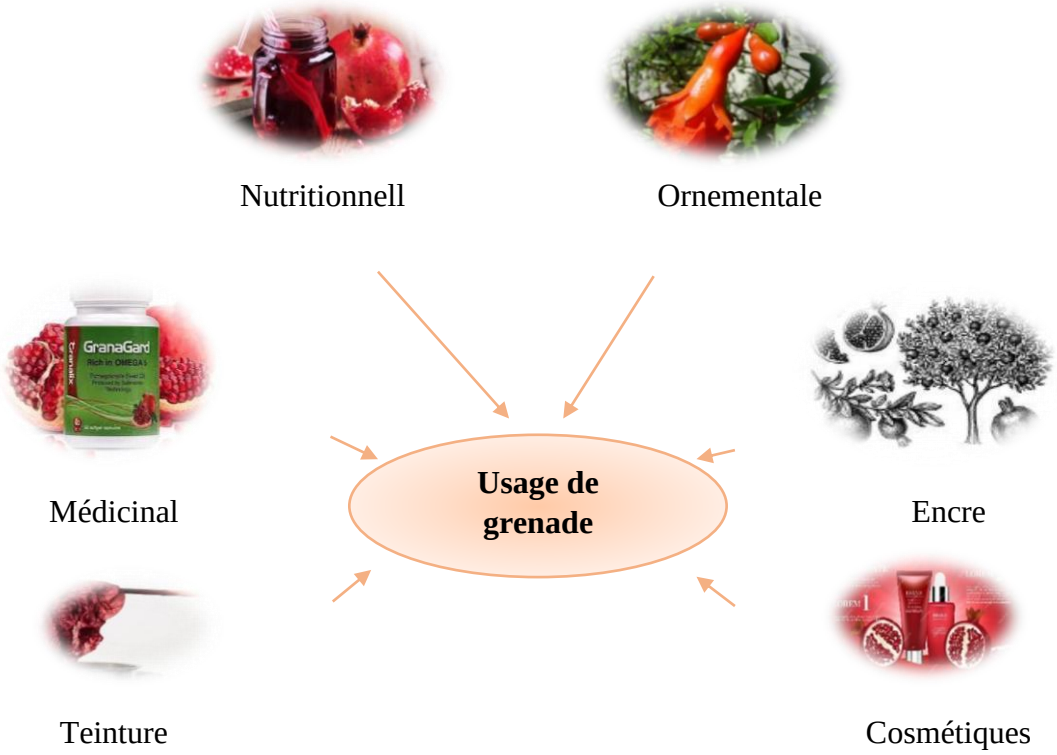

Fig-12. Usage du grenadier(Bachir elezaar et Barkat, 2025)

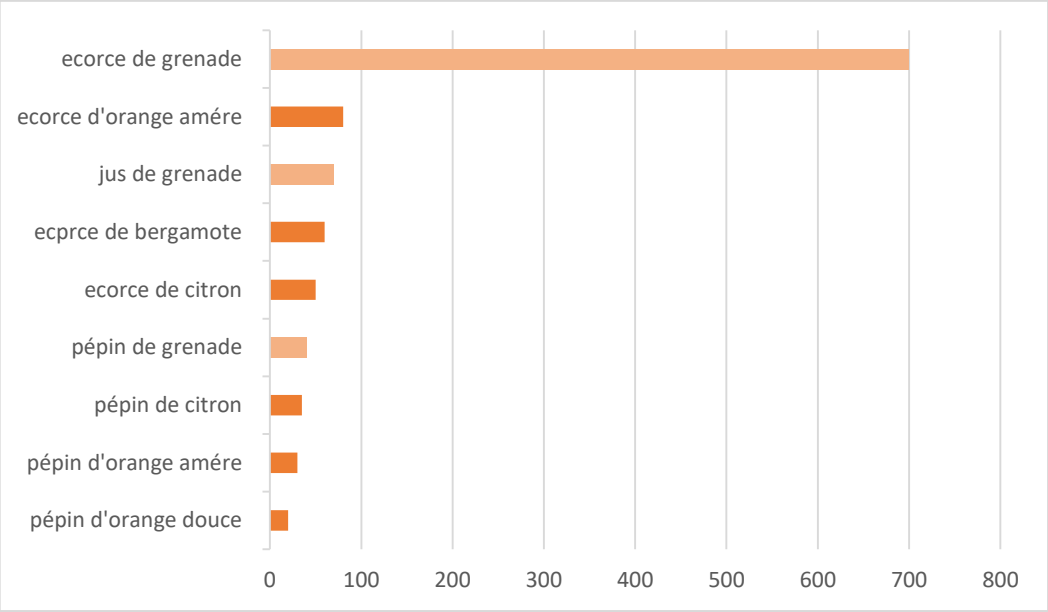

Fig-13. Teneur en composants phénoliques totaux des trois extraits de grenade étudies en comparaison avec quelque extraits méthanoliques d'argumes, source (Sarni-Manchado et chevrier, 2006)

8-Composés phénolique au niveau de Grenadier

les polyphénols ou « composés phénoliques » qui constituent le principe actif de plusieurs plantes médicinales (Sarni-manchado, 2006), sont retrouvés dans la plupart des organes végétaux consommés d'habitude par l'homme dans les grains (café, cacao, riz, soja, etc.), dans les fruits (grenade, raisin, olive, etc.), dans les feuilles (thé, nombreuses épices, etc.) et dans d'autres organes comme les bulbes de l'oignon et les tubercules de la patate douce (Macheix,2006). De ce fait, ce sont les antioxydants les plus abondants dans notre alimentation (Derbel, 2005).

La grenade est l'un des aliments les plus riches en antioxydants phénoliques (flavonoïdes, acides phénoliques et tannins hydrolysables), qui assurent la neutralisation des radicaux libres et la protection de l'organisme des maladies sévères, comme les maladies cardio-vasculaires et le cancer (Edea, 2010). Par ailleurs, le jus de grenade a le potentiel antioxydant le plus élevé comparativement à d'autres types de boissons riches en polyphénols, notamment le vin rouge et le thé vert. À cause de leurs bienfaits sur la santé, l'exploitation commerciale de la grenade et des produits dérivés, a connu une croissance remarquable, surtout durant ces dix dernières années (Edea, 2010).

8-1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont largement répandus chez les plantes. Ils dérivent principalement de l'acide benzoïque ou de l'acide cinnamique. Ils sont principalement présents dans la grenade par la présence de l'acide gallique et l'acide ellagique (Daas, 2009 ; Amakura et *al.*, 2000).

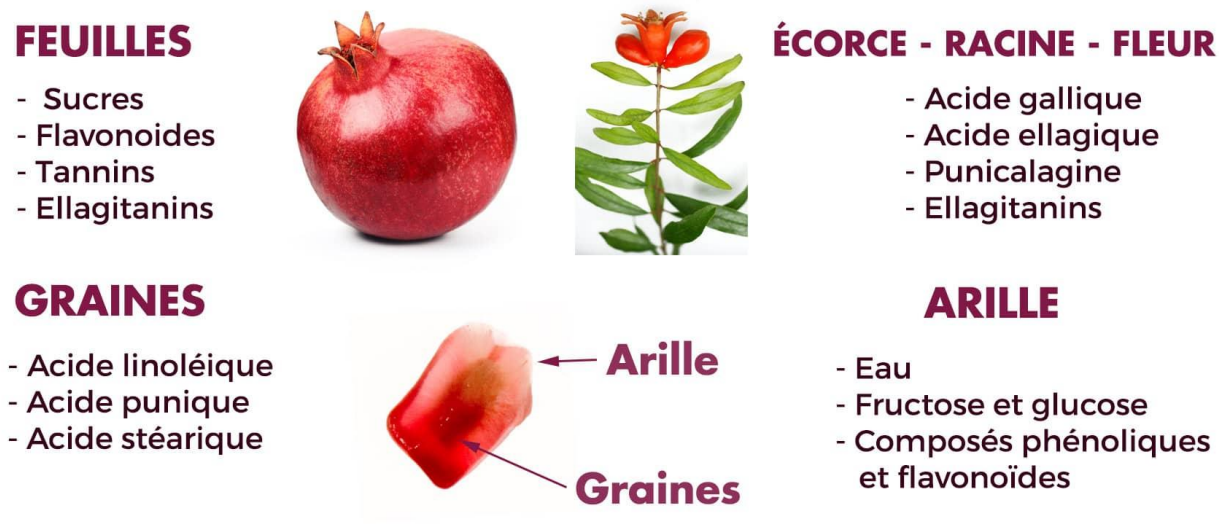

Fig-14. Acides phénoliques

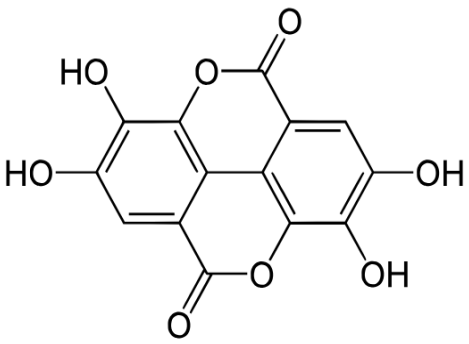

Fig-15. Acide ellagique (Daas, 2009 ; Amakura et al., 2000)

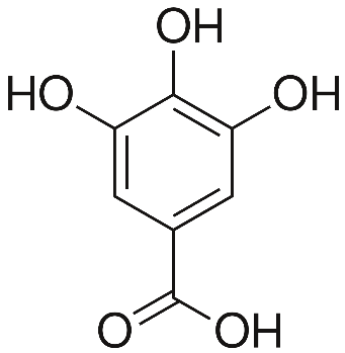

Fig-16. Acide gallique(Daas, 2009 ; Amakura et al., 2000).

8-2.Flavonoïdes

Un flavonoïde est un métabolite secondaire. Sa structure de base est constituée d'un squelette carboné en C6-C3-C6 de type phényl-2-benzopyrane qui se divise en plusieurs sous-familles dont les principales sont les flavonols, les flavones, les flavanonols, les flavanones, les flavanols et les anthocyanidines. La classification de ces familles s'organise autour du degré d'oxydation du cycle pyranique C et de la substitution des carbones C3 et C4 de cet hétérocycle.

Leurs rôles s'étendent de la pigmentation servant à attirer les insectes pollinisateurs, à la protection de la plante contre les ultraviolets, ou aux défenses contre les attaques de pathogènes et des insectes ravageurs (Liming, 2015).

Le grenadier est l'un des végétaux les plus riches en cette substance qui donne la coloration aux fleurs et dans certains cas aux feuilles. Ces substances peuvent être jaunes, rouges, bleus ou violettes (Gruffat, 2019).

Ils peuvent neutraliser les espèces réactives et aident à protéger l'ADN contre diverses dégradations à l'origine de nombreuses pathologies comme les maladies cardiovasculaires et les cancers (société française des antioxydants, 2018).

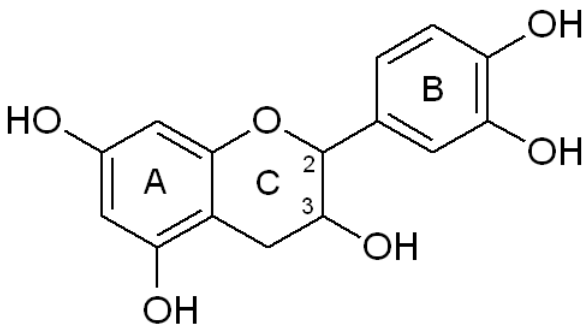

Fig-17. Squelette de base de flavonoïde (Liming, 2015).

8-3. Les tanins

Les tanins constituent un groupe chimique hétérogène, non azotés présente des cycles aromatiques greffés d'un ou plusieurs fonctions hydroxyles libres ou non (Kaci, 2018), avec structure moléculaire variée et complexe (Reguieg, 2019). Ils sont divisés en deux groupes :

Les tanins condensés, formés de proanthocyanidine (sous forme d'oligomères).

Les tanins hydrolysables, esters des acides-phénols et de glucose

a-Tanins condensés

Les tanins condensés, nommés aussi polyphénols ou proanthocyanidine, sont largement répandus dans l'alimentation humaine comme le fruit de grenade (Hmid, 2013).

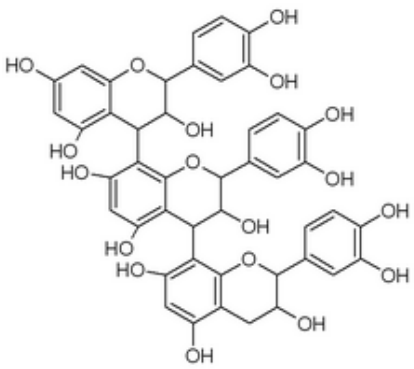

Fig-18.Squelette de base de tanins condensés (Hmid, 2013).

b-Tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables sont des esters de glucides ou d'acides-phénols, ou de dérivés d'acides-phénols (Hmid, 2013). La teneur en tanins est un facteur important pour l'acceptabilité des fruits par les consommateurs (Fernandes et *al.,* 2017).

Dans la grenade, plus de 60 tanins hydrolysables ont été identifiés, dont plus de 30 seraient présents dans l'écorce des fruits, le jus d'arille et les graines.

Dans les pelures de fruits de grenade, les isomères a et ß de la punicalagine sont la forme prédominante de tanins hydrolysables représentant plus de 85 des tanins totaux. Les autres principaux tanins hydrolysables présents dans les pelures de fruits comprennent la punicaline, l'acide ellagique, l'acide gallagique et glycosides de l'acide ellagique (Bar-Ya'akov et *al.,* 2019).

L'écorce de la grenade est riche en tanins hydrolysables, principalement en punicaline, pédunculagine et punicalagine. Le plus abondant de ces polyphénoles est la punicalagine (Yaritz et *al.,* 2022). La punicalagine est unique à la grenade et se trouve dans les graines, la peau et le jus (Wong et *al.,* 2020).

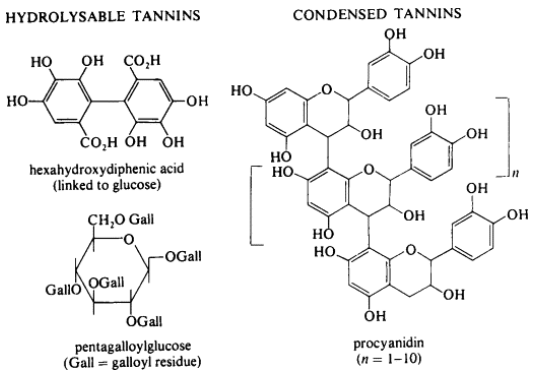

Fig-19. Squelette de base de tanins hydrolysables/ condensés (Wong et *al.,* 2020).

8-4.Triterpénoides

Les triterpenoides sont le précurseur biosynthétique des stéroïdes chez les végétaux (phytosterols) et les animaux (hormones stéroïdiennes). Des triterpénoides et des phytostérols ont été trouvés dans les graines, les écorces de fruits et les tissus de l'écorce de grenade (Wu et Tian, 2017).

La présence d'acide ursolique, l'un des composés triterpénique, a été déterminée dans différentes sections du plant de grenade. La quantité d'acide ursolique est au taux de 0,45% dans les feuilles et les fleurs lorsqu'il atteint 0,6% dans les écorces de fruits (Mohammad et kashani, 2012).

8-5.Activité antioxydante

Les réactions radicalaires sont omniprésentes chez les êtres vivants, et sont impliquées plus ou moins directement dans la reproduction, la modification des gènes et la défense contre les maladies. Les radicaux libres les plus courants possèdent un seul électron célibataire. Ils peuvent être formés depuis une espèce radicalaire qui subit une réaction d'oxydoréduction. II y a alors perte ou gain d'électron (Guilloty, 2016).

La présence de certains composants tels que l'acide ascorbique et les composés phénoliques, tels que la punicalagine, la punicaline, l'acide gallique, l'acide éllagique et les anthocyanes, explique l'activité antioxydante du fruit de la grenade. Les écorces de grenade sont riches en antioxydants, ce qui leur permet de capturer les radicaux libres et de préserver les cellules du stress oxydatif, Cette activité antioxydante peut aider à diminuer le risque de maladies chroniques et à ralentir le processus de vieillissement (Al-Gubory et *al.,* 2021; Mastrogiovanni et *al.,* 2021).

Il est possible qu'elles renferment de la vitamine C, aussi appelée acide ascorbique, qui peut jouer un rôle puissant en tant qu'antioxydant, soutenant la fonction immunitaire, la production de collagène et favorisant l'absorption biologique du fer. De plus, elle peut contribuer à la conservation en tant qu'antioxydant naturel dans les produits carnés (Gullón et *al.,* 2020).

9-Toxicité de grenade

Sur la base de la classification de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) de la toxicité de l'eau, l'extrait d'écorce de grenade a été classé comme sûr (non toxique), car seule une partie de la plante est toxique (les racines et l'écorce de tige) en raison de leur teneur en alcaloïdes (Indra et *al.,* 2018).

D'autre part, tandis que plusieurs fruits ont le pouvoir d'inhiber les activités du CYP3A dans le foie et la paroi intestinale et modifient ainsi la pharmacocinétique de certains médicaments. Les composants de la grenade pouvaient inhiber le métabolisme médicamenteux par le CYP3A (Hidaka et *al.*, 2005). Une autre étude a montré que le jusde grenade inhibe l'activité du CYP2C9 dans l'intestin grêle humain, puis des interactions peuvent se produire, similaires à celles observées dans le cas de CYP3A. De plus, le jus de grenade a augmenté la biodisponibilité de tolbutamide (substrat de CYPC9) donc il inhibe le métabolisme médicamenteux médié par le CYP2C9 chez les rats (Hanley et *al.*, 2012).

Une étude récente de toxicité aiguë par voie orale réalisée chez les poulets a montré que l'extraits bruts de *P.granatum* L. peut être utilisé en toute sécurité jusqu'à la dose de 2000 mg/ kg de poids corporel (Ahad et *al.*, 2018).

10-Activités biologique

Le grenadier est décrit comme remède naturel grâce à leurs différentes propriétés. Toutes les parties du fruit du grenadier semblent avoir des propriétés thérapeutiques et certaines études rapportent que l'écorce, les racines, les feuilles et le tronc ont aussi des effets médicinaux bénéfiques. Les recherches actuelles indiquent que les principaux constituants thérapeutiques du grenadier sont les ellagitannins (incluant les punicalagins), l'acide punique, les flavonoïdes, les anthocyanidines, les anthocyanines, les flavonols et les flavones (Jurenka, 2008).

En effet, les propriétés potentiellement thérapeutiques de la grenade sont très vastes, comprenant traitements et prévention contre plusieurs maladies. Voici à présent, de manière détaillé, les principaux résultats d'une révision bibliographique concernant la littérature scientifique, ou sont décrites les diverses activités biologiques de la grenade.

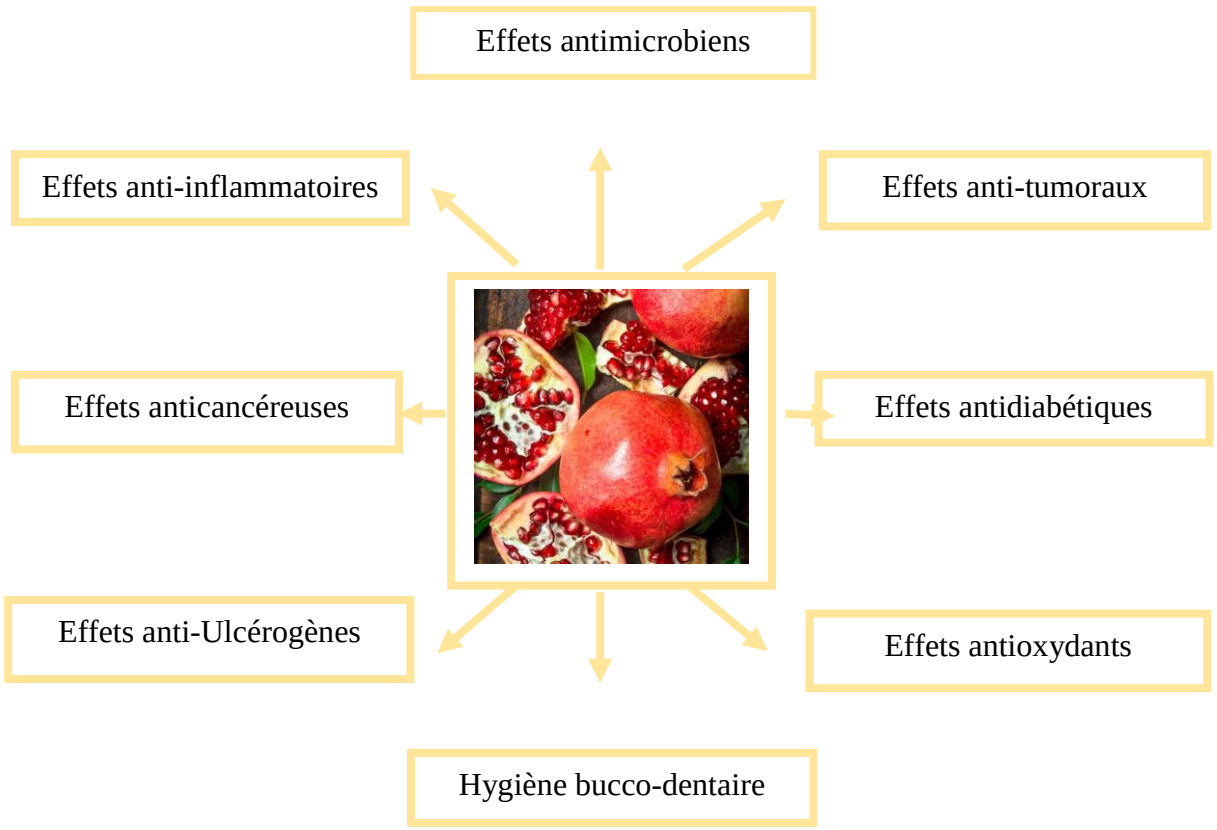

Fig-20. Principaux effets fonctionnels et médicinaux de la grenade (Kaci, 2018)

*P.granatum*L. renferment des quantités substantielles de polyphénols tels que les tanins, l'acide ellagique et l'acide gallique. Ces composés phytochimiques possèdent plus d'une bioactivité et plus d'une propriété antimicrobienne. Plusieurs expériences ont mis en évidence leurs activité antibactérienne contre les bactéries pathogènes et multi résistantes (Stephano et *al.*, 2020).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1- la zone de récole du matériel végétal

Ce travail, qui a été réalisé au niveau du laboratoire de biologie de la faculté des sciences de l'université de Relizane, a pour objectif l'extraction des composés phénoliques à partir de matière végétale récoltées de la wilaya de Mascara.

La plante utilise dans le cadre du travail est grenadier *Punica granatum* L. variété locale de Sefri récolté de la région Ain chorfa. La commune de Chorfa est située à l'ouest de Mascara à la limite avec la wilaya de Sig et Sidi Bel Abbes, à environ 63 km. Indiquée sur la fig-21.

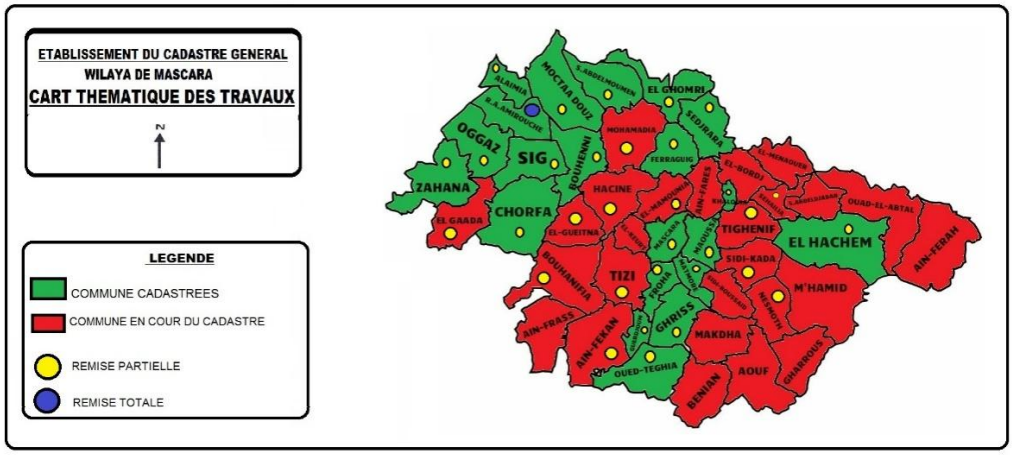

Fig-21. Station de récolte du grenadier (Google maps, 2018)

2-Préparation de matière végétale

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est l'écorce de grenade : Ce dernier est obtenu à partir des fruits de grenade récoltés dans région d'étude en plein période hivernale.

a. Séchage

Les écorces de grenade ont été séchées à l'abri de la lumière. Il existe diverses méthodes de conservation, les plus courantes et les plus simples étant le séchage à l'aire libre ou au four, ensuite conservées dans des sacs en plastique dans des endroits secs jusqu'à utilisation.

Fig -22. Séchage de la matière végétale

b. Broyage

Après séchage, la matière végétale utilisée est broyée dans un mortier en porcelaine (figure-23), puis broyé par la suite à d'un broyeur électrique (figure 24). Et le broyat obtenu est conservé dans des flacons, dans un endroit sec à l'abri de l'humidité et de la lumière jusqu'à Son utilisation (figure 25).

Fig-23. Le broyage manuel

Fig-24.Le broyage électrique

Fig-25. Le broyat obtenu

3. Etude des paramètres biochimiques

3-1. La teneur en composés phénoliques

Le dosage des composés phénoliques se base sur leurs capacités à être oxydés par un mélange d'acides phosphotungstique (H3 PW12 040) et phosphomolybdique (H3PM012040) appelé couramment réactif de Folin-Ciocalteu. Ces derniers sont réduits en oxydes de couleur

bleu dont le maximum d'absorption est à 760 nm. Cette réduction se fait en deux étapes ; une phase rapide de 30 min conduisant à la couleur bleu suivie d'une phase plus lente pendant laquelle la couleur évolue vers le bleu foncé. La concentration en composés phénoliques se détermine à la fin de la phase rapide et s'exprime en équivalent acide gallique. Une courbe d'étalonnage est préparée de la même façon à celle de l'échantillon, par la préparation de différentes concentrations de l'acide gallique dans l'éthanol-eau (50:50, v/v) allant de 0 à 250 mg/l (Singleton et Rossi, 1965).

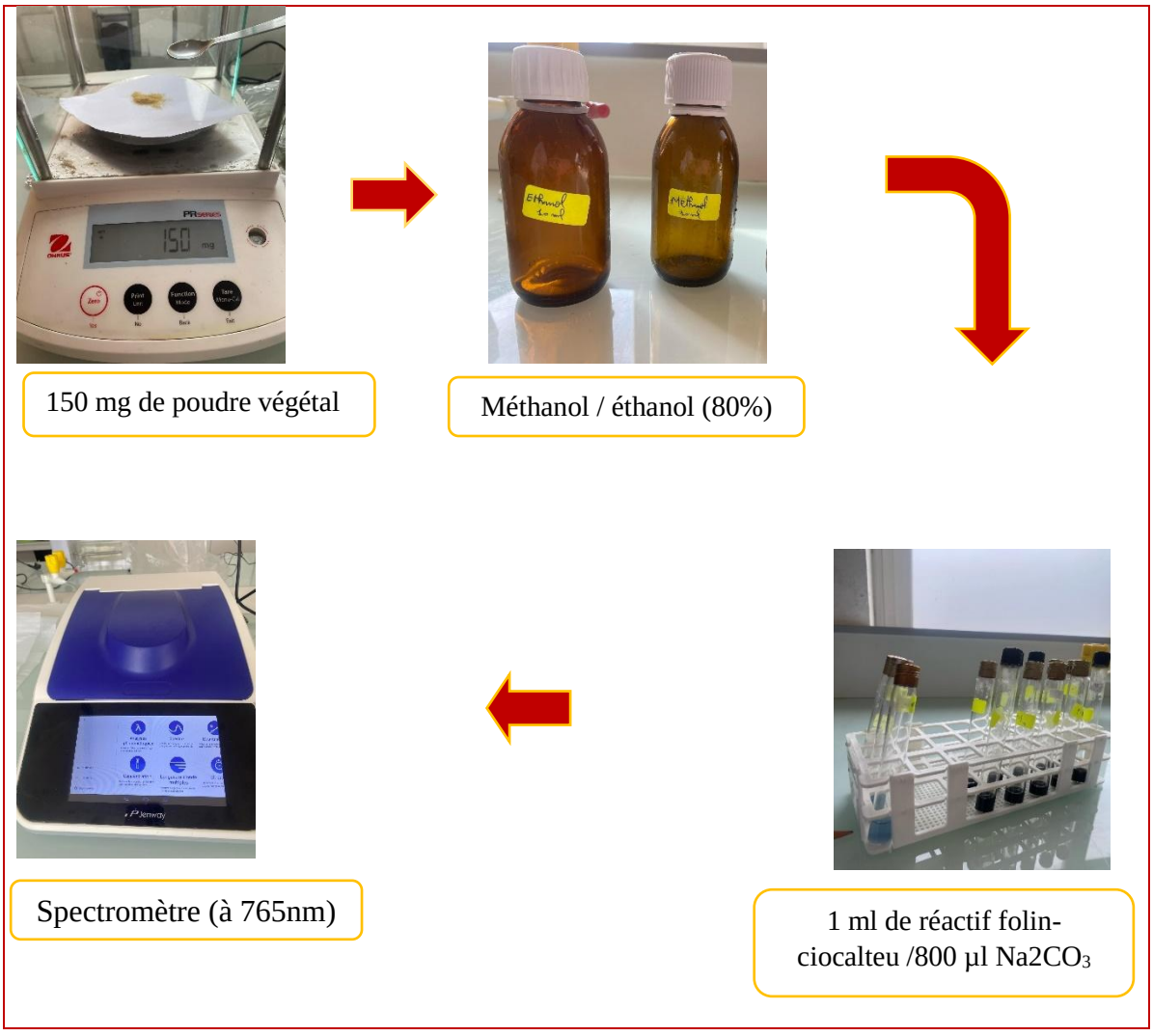

Fig-26. La teneur en composés phénoliques

3-2. La teneur en flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes s'effectue par la méthode adaptée par Zhishenet *al.*, (1999) avec le trichlorure d'aluminium (AlCl3) et la soude (NaOH). L'AlCl3 forme un complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe rose. L'absorbance est lu à 510nm. Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions en utilisant la catéchine comme contrôle positif.

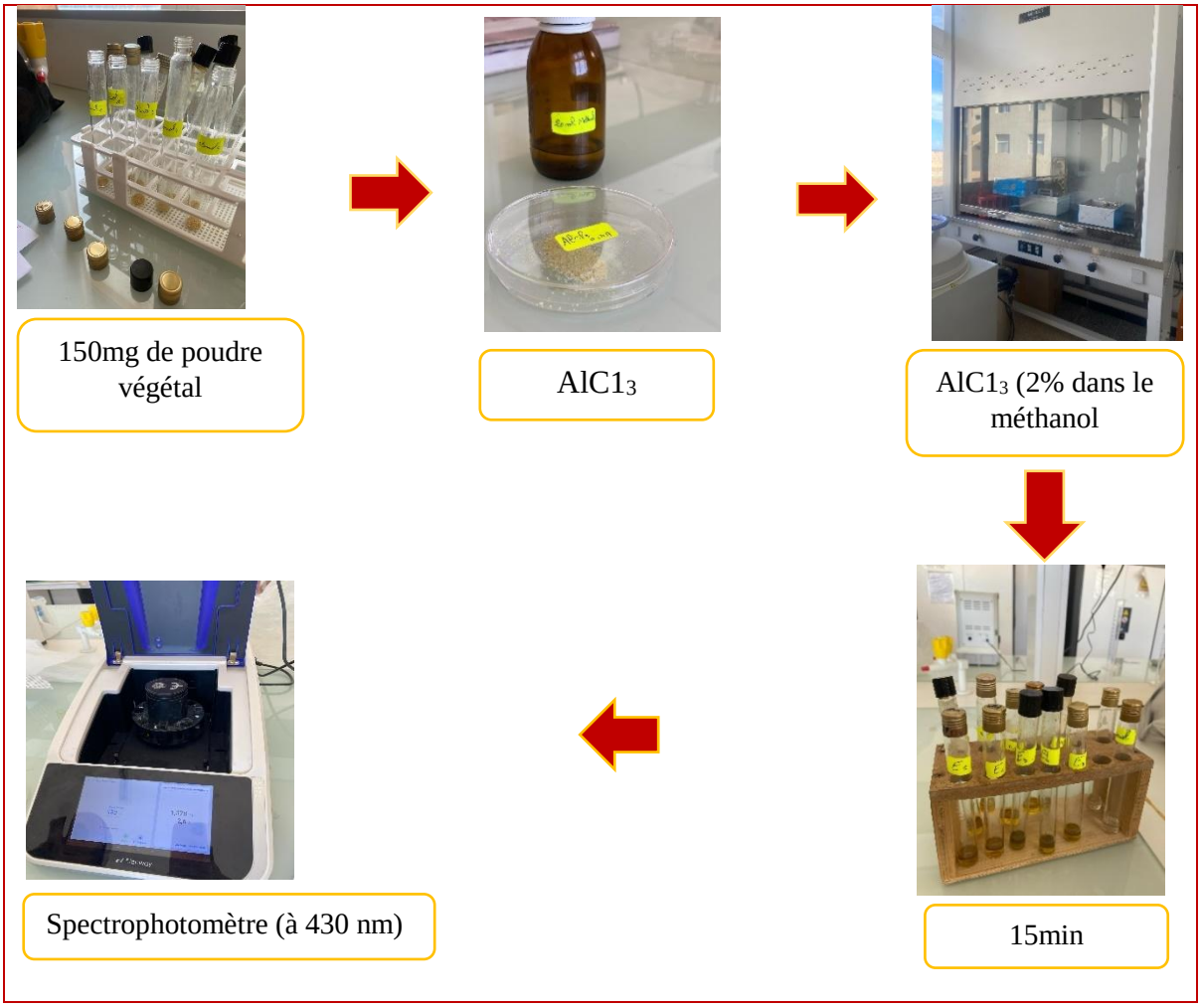

Fig-27. La teneur en flavonoïdes.

3-3. La teneur en tanins hydrolysables

Le dosage des tannins hydrolysables est réalisé selon le protocole de Mole et Waterman (1987) avec quelques modifications. Cette méthode est basée sur une réaction d'acide tannique avec le réactif du trichlorure ferrique ($FeCl_3$) provoque une coloration du complexe d'où la formation des ions de (Fe^{3+}) de couleur bleu absorbé à 660 nm.

Un volume 0,5 ml des extraits a été additionné à 1,75 ml d'une solution préparée à base de trichlorure ferrique ($FeCl_3$) 0,01 M dans l'acide chlorhydrique (HCl) 0,001 M. l'absorbance du mélange a été lue après quelque seconde à 660 nm.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires, en utilisant l'acide tannique comme standard à différentes concentrations (20 à 180 µg/ml d'acide tannique). La teneur des tannins est exprimée en milligramme d'équivalent d'acide tannique par gramme de matière végétale sèche (mg d'EAT/g Exs).

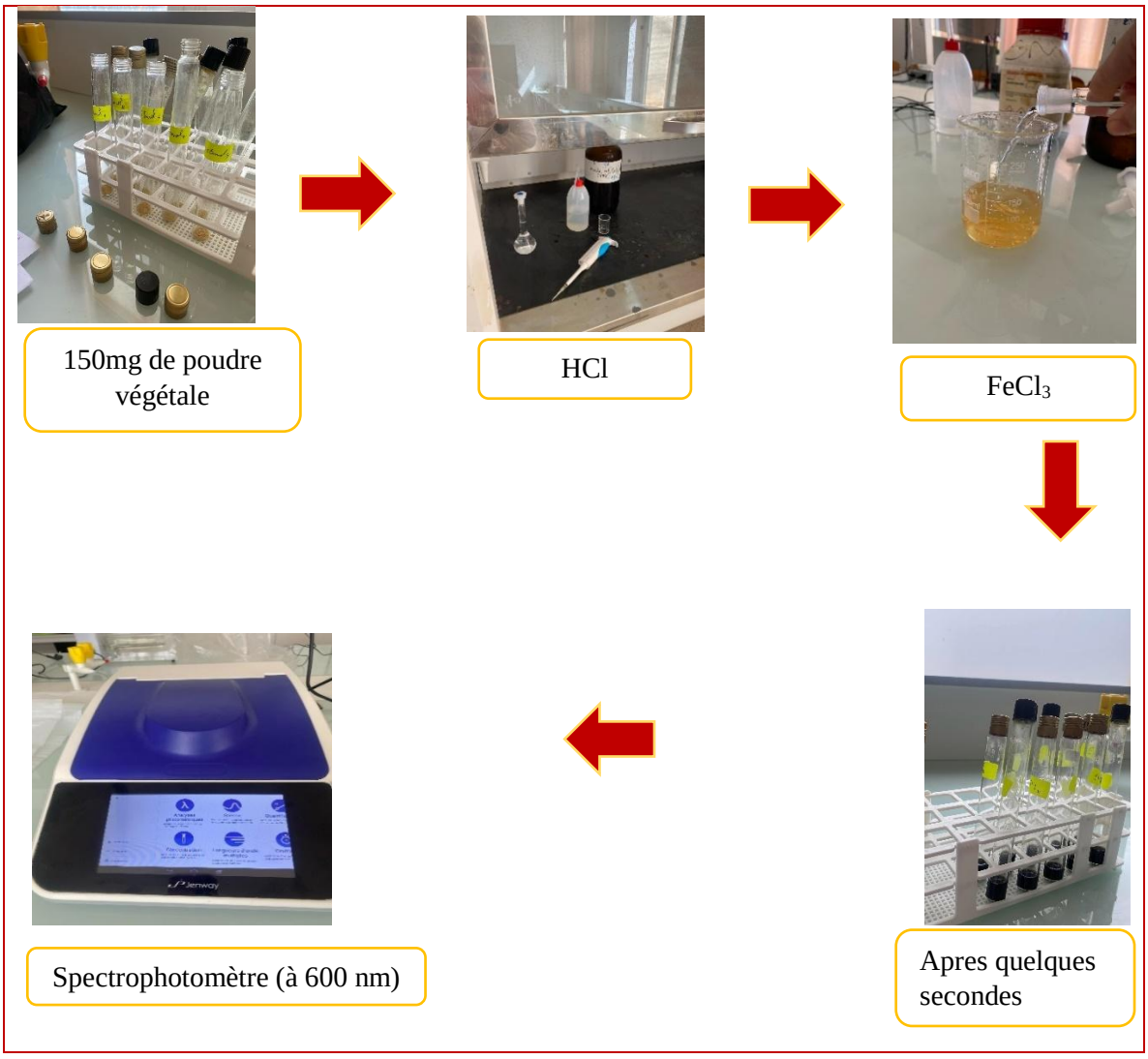

Fig-28. La teneur en tanins hydrolysables

3-4. La teneur en tanins condensés

La teneur en tanins condensés a été déterminée selon la méthode décrite par Julkunen-Titto (1985). Un volume de 500 µl de chaque extrait a été mélangé avec 750 µl de réactif de vanilline de 4% (préparé dans méthanol). Immédiatement après cela, 375 µl de HCl à 38% ont été ajouté. Le mélange est agité puis incubé à l'obscurité à 30 °C pendant 15 min. L'absorbance est mesurée à 500 nm par un spectrophotomètre UV.

Une gamme étalon à base d'acide tannique est également préparée à des concentrations allant de 20 à 180 µg/ml. La teneur en tanins condensés totaux est exprimée en milligramme d'équivalent d'acide tanique par gramme d'extrait (mg EAT/g Exs).

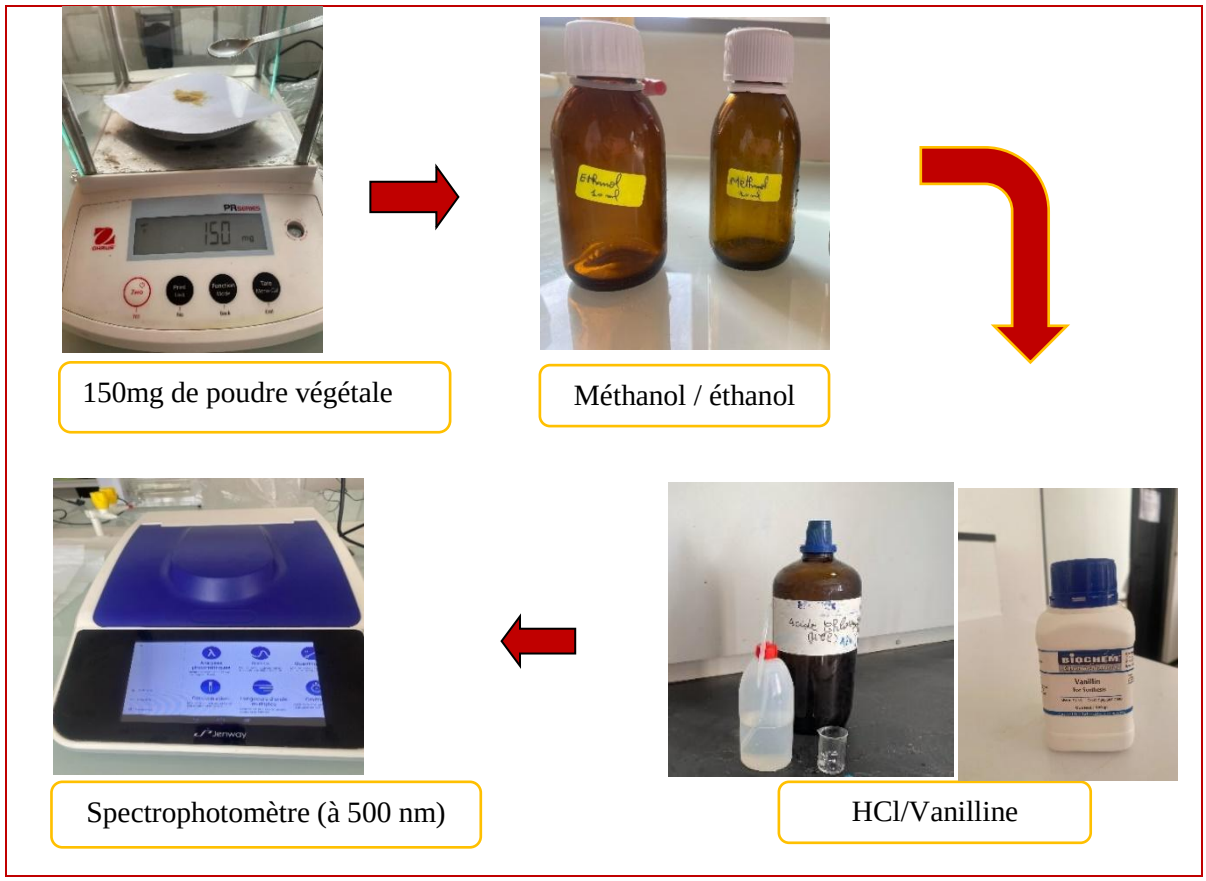

Fig-29. La teneur en les tanins condensés

3-5. L'activité antioxydante

Ce test est basé sur l'utilisation du DPPH (diphenyl picryl_hydrazyle) comme un radical libre relativement stable. Il consiste à une réaction de réduction du diphenyl picrylhydrazyle (DPPH) de sa forme radicalaire ayant une couleur violette en un composé jaune le diphenyl picryl-hydrazine (DPPH-H) où sa forme est non radicalaire, par les antioxydants (A-OH) donneurs d'hydrogène (Mansouri et al., 2005) présents dans les extraits .

Le protocole expérimental a été réalisé selon Sanchez-Moreno et *al.*, 1998. 1 mg de DPPH est dissous dans 25 ml du méthanol pure ; 50 µl de chaque extrait à différentes concentration a été mis en contactavec 1950 µl de Solution méthanolique de DPPH ; Un contrôle négatif a été préparé en mélangeant 50 µl de méthanol avec1950 µl de DPPH ; Une incubation à 30 min à température ambiante ; La lecture de l'absorbance a été effectuée contre un blanc à 517 nm.

Trois molécules de références l'acide ascorbique, la catéchine et la quercétine ont été réalisée dans les mêmes conditions opératoires comme un contrôle positif différentes concentrations croissantes.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du DPPH à l'égard de la moyenne des % de trois mesures issues pour chaque extrait de concentrations différentes,selon la formule suivante :

DPPH (%) = [(Do contrôle - Do échantillon) / Do contrôle] x 100

DPPH (%): pourcentage de réduction du DPPH

DO contrôle : Densité du tube contrôle négatif.

DO échantillon : Densité optique de l'échantillon.

la concentration inhibitrice CI 50 assure la valeur nécessaire pour réduire 50% duDPPH libre, déterminée sur les graphes tracés pour chaque extrait le pourcentage de réduction en fonction de différentes concentrations (Samarth et *al.*, 2008).

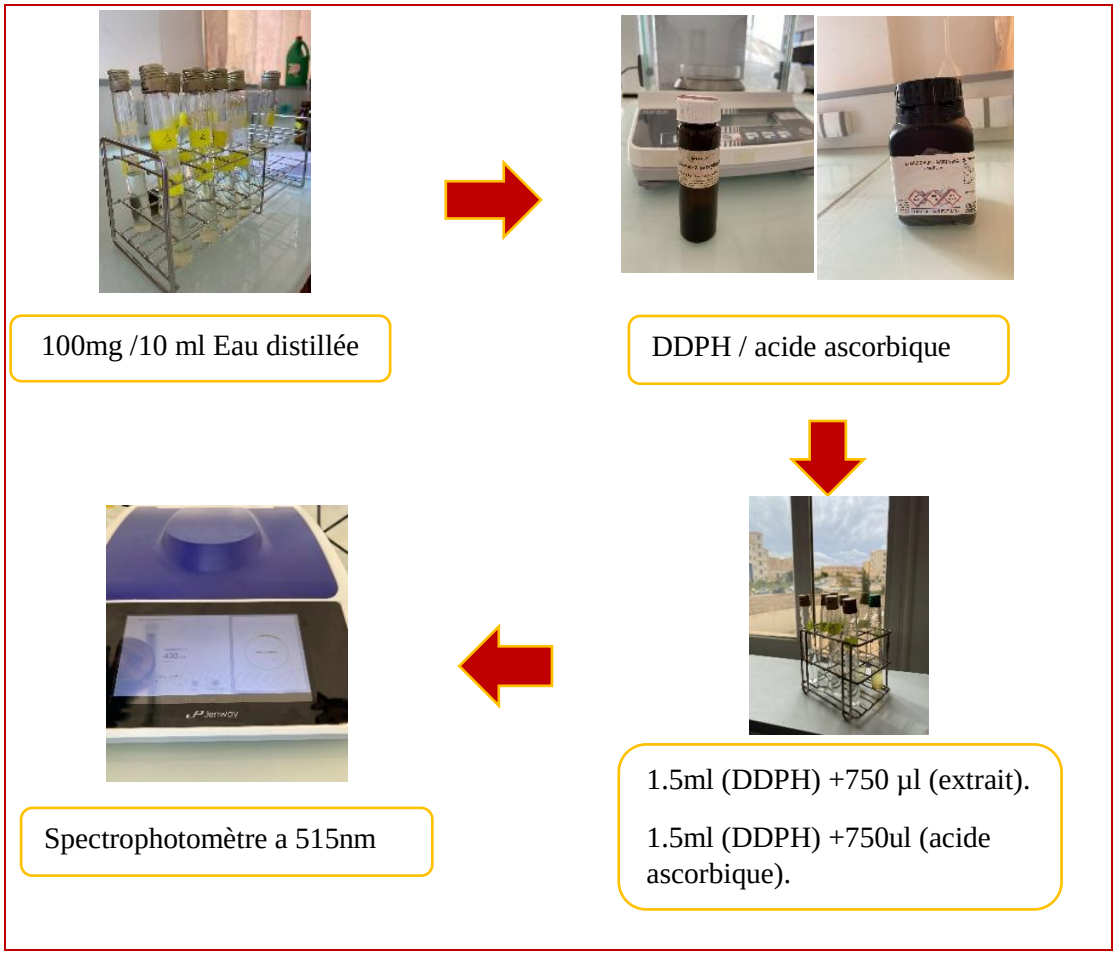

Fig-30. L'activité antioxydante

4. Etude du bilan minéral

100 mg de poudre végétale sont ajoutés à 2 ml d'acide nitrique, après 24h les échantillons sont incubés pendant deux heures à 80°C. Après refroidissement, on ajuste à un volume de 10 ml ; suite à cela l'échantillon est filtré.

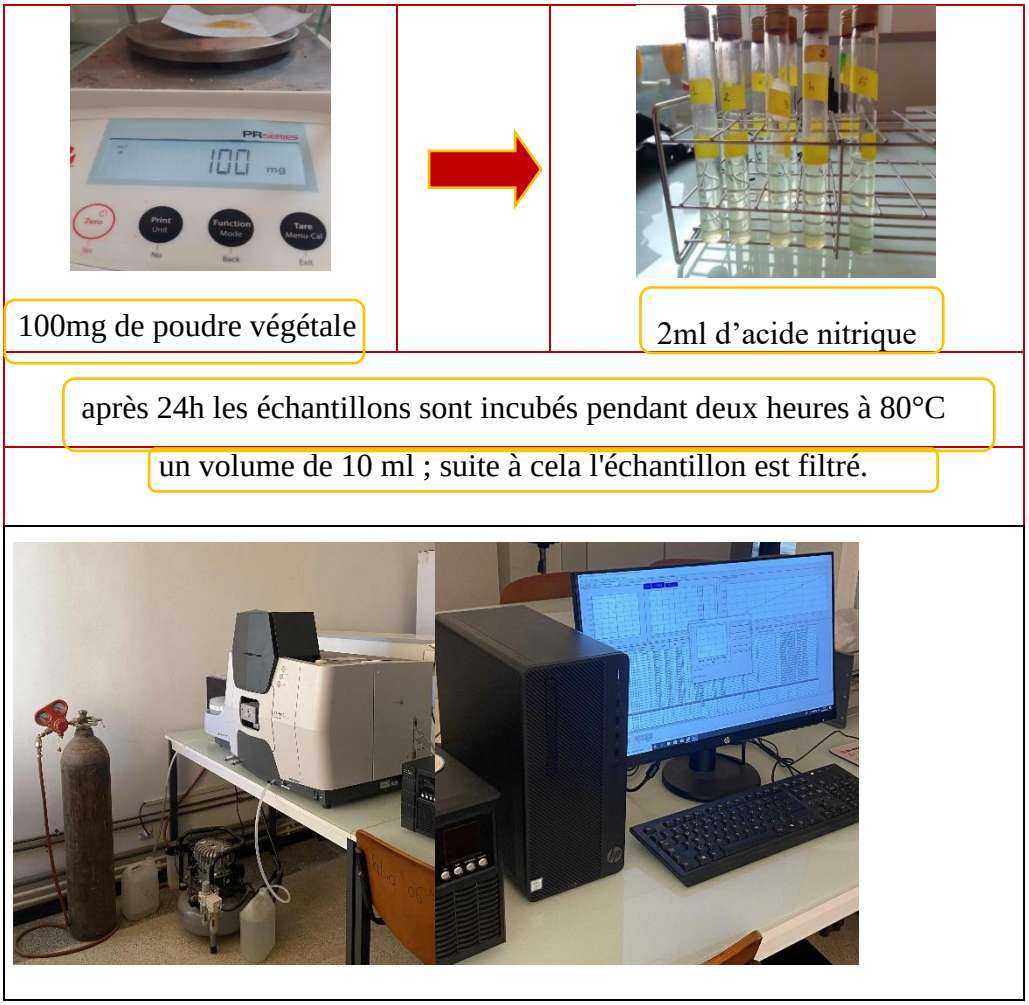

Fig-31. Etude du bilan minéral

Résultats et Discussion

1-Etude des paramètres biochimique

1-1.La teneur en composés phénoliques

Les résultats des teneurs en composes phénoliques des extraits de méthanol et éthanol de l'écorce du fruit de grenade *P.granatum* L. sont rassemblés dans la fig-32.

Le diagramme représente les teneurs en composés phénoliques (µg/ml) exprimées en mg équivalent acide gallique par gramme de la matière végétale sèche (mg GAE/g), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique (fig1 présentée dans l'annexe).

La teneur en composés phénoliques pour les deux extraits était proche, dont elle s'est enregistré une valeur importante de 22,35 ± 7 µg/ml pour l'extrait méthanolique, ainsi que pour l'extrait éthanolique, la valeur était de l'ordre de 21,67 ± 2,42 µg/ml.

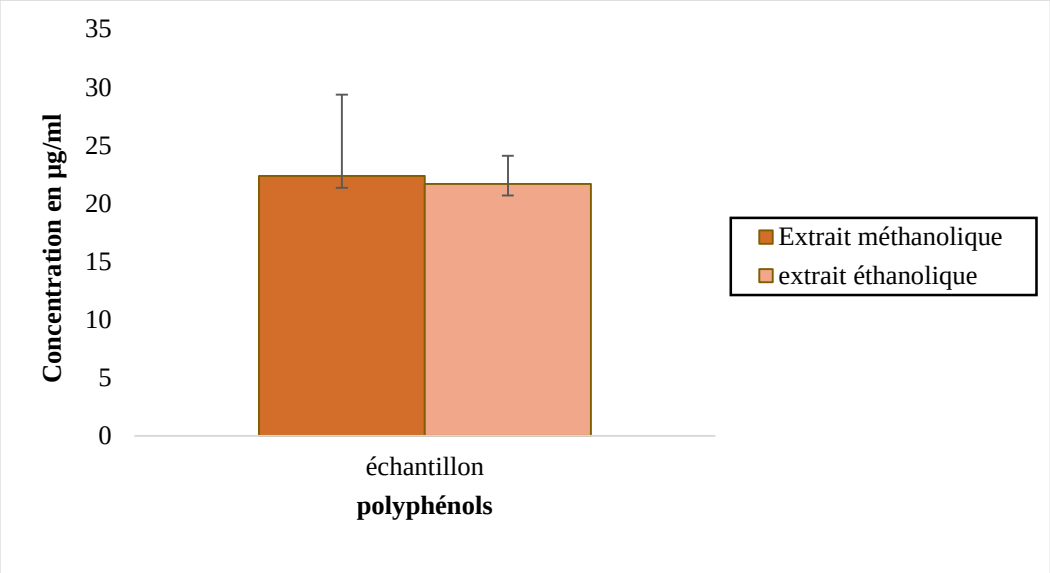

Fig-32. La teneur en composés phénoliques (µg/ml) des extraits méthanolique et éthanolique de l'écorce de grenade.

Selon l'extraction des composés phénoliques est régi par plusieurs facteurs qui influent directement sur les teneurs de ces molécules, parmi ces facteurs ; l'augmentation de la température de l'extraction, le temps de contact du matériel végétal avec le solvant d'extraction, ainsi que la diminution de la taille des particules pour augmenter le coefficient de diffusion du solvant. En générale, les composés phénoliques dans les plantes sont des composés polaires, qui sont souvent extraits avec des solvants polaires tels que l'éthanol et le méthanol, dont les profiles phénoliques différeraient également quand différents solvants sont utilisés (Kylli, 2011).Les niveaux de présence des différentes familles de métabolites secondaires dans la grenade diffèrent selon le type de solvant utilisé pour extraire ces

composés (Kaci-Meziane et *al.*, 2017). Le méthanol est un extracteur efficace pour une large gamme de polyphénols, et fréquemment utilisé à l'échelle du laboratoire et à l'échelle industrielle, sachant qu'il est facilement accessible et bon marché (Wang et *al.*, 2004).La présence des composés phénoliques dans la plante diffère selon plusieurs facteurs endogènes et exogènes comme les facteurs climatiques, génétiques, le stade de développement, le degré de maturation, la période de récolte et la méthode d'extraction utilisée (Aganga, 2001). La présence de ces différents phyto-constituants peut être responsable des propriétés thérapeutiquesde la grenade. L'extraction des composés phénoliques est une étape cruciale pour la valorisation de ses principes actifs. Elle dépend de la méthode et du solvant approprié qui préservent leurs propriétés biologiques, pour obtenir des fractions riches en composés phénoliques, il est préférable d'employer des mélanges du solvant organique approprié avec de l'eau (Mahmoudi et *al.,* 2013).En générale, les composés phénoliques dans les plantes sont des composés polaires, qui sont souvent extrait avec des solvants polaires tels que l'hydro-acétone et le méthanol. Les profils phénoliques différeraient également quand différents solvants sont utilisés et régit par plusieurs facteurs qui influent directement sur les teneurs de ces molécules. Parmi ces facteurs nous retrouvons : l'augmentation de la température de l'extraction et le temps de contact du matériel végétal avec le solvant d'extraction (Karmakaret*al.,* 2011; Kylli, 2011). Outre, il est mentionné que, la teneur en composés phénoliques diffère d'une étude à l'autre, et cela en fonction de procédé suivi pendant l'extraction et le dosage des composés phénoliques. De plus, d'autres paramètres pourraient influencer la composition en composés phénoliques, comme le degré de maturité de l'échantillon lors de sa collecte et son analyse. En fait, la teneur en poly-phénoliques totaux augmente au début de la croissance de la peau, mais diminue ensuite généralement au cours de la maturation (Elfalleh et *al*., 2012; Saad et *al*., 2012; Malviya et *al.*, 2014).

1-2. La teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes totaux de chaque extrait est calculée et exprimée en équivalent Quercetine en milligrammes par 1g de la matière végétale (mg/g). (fig-2 présentée dans l'annexe).

Les résultats des teneurs en flavonoïdes obtenus sont présentés dans le digramme sur la figure 33. Une différence remarquable de teneur en flavonoïdes dans l'écore de grenade, mentionnée avec une valeur 146,34 ± 24,96 µg/ml de MS pour l'extrait méthanolique et une valeur relativement faible 189,58 ± 31,23 µg/ml de MS pour l'extrait éthanolique.

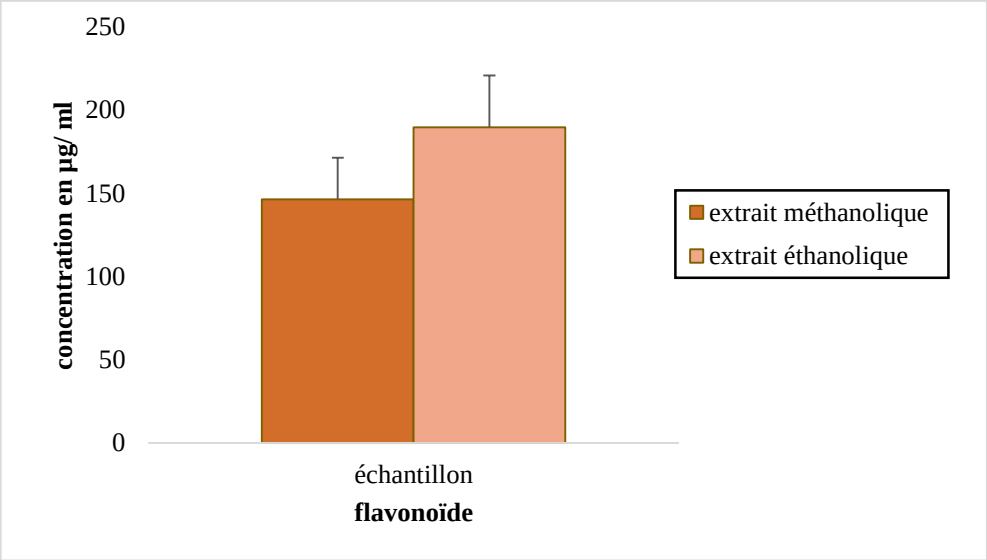

Fig-33. La teneur en flavonoïdes (µg/ml) des extraits méthanolique et éthanolique de l'écorce de grenade.

Nos résultats enregistrés ne concordent pas avec ceux obtenus par Achouche et Azouzi (2019) ; cette différence de la composition en composés phénoliques entre différents cultivars peut être expliquée par l'âge du grenadier, la quantité annuelle moyenne de la précipitation et les conditions agro-climatiques. L'exposition à la lumière et au soleil des fruits sélectionnés, semble être aussi un autre facteur influençant la synthèse des polyphénols et des flavonoïdes (Cardon, 2005; Borochov-Neori et *al*., 2009).D'autre part, nos résultats s'accordent avec ceux de Parashar et *al.,* (2014) rapportant que la concentration totale en polyphenols et flavonoïdes serait plus importante dans l'écorce du grenade, par rapport aux autres parties du même fruit. La même chose pour Mirdehghan et *al.,* (2007) qui a montré que l'écorce de grenade est plus riche en composées phénoliques que les graines.

1-3. La teneur en tanins

1-3-1. La teneur en tanins hydrolysables

La teneur en tanins est exprimée en milligramme d'équivalent d'acide tannique par gramme de matière végétale sèche (mg d'EAT g). .

Les résultats obtenus sont présentés dans le diagramme illustre sur la fig-34, dont on remarque une légère différence dans les teneurs en tanins hydrolysables est observée entre les extraits de l'écorce étudié variant entre 241,51 ± 153,66 µg/ml pour l'extrait méthanolique et 230 ± 108,5 µg/ml pour l'extrait éthanolique.

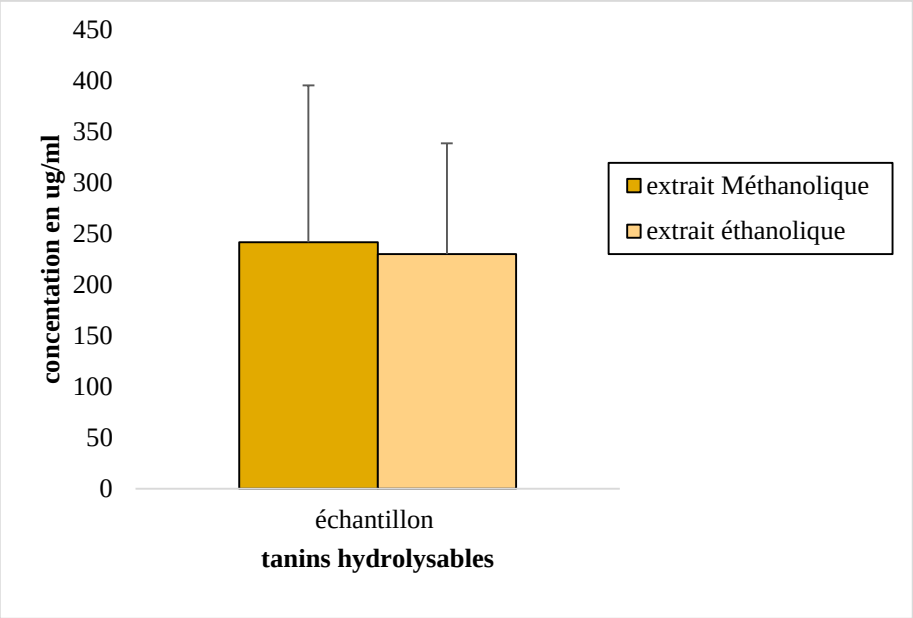

Fig-34.la teneur en tanins hydrolysables (µg/ml) des extraits éthanolique et méthanolique de l'écorce de grenade

1-3-2. La teneur en tanins condensés

La teneur en tannins condensés est exprimée en milligramme d'équivalent d'acide tannique par gramme de matière végétale sèche (mg d'EAT g). (fig-3 présentée dans l'annexe).

Les résultats de l'analyse quantitative par spectrophotomètre UV montrent que les extraits de l'écorce de grenade (extrait méthanolique et éthanolique), sont riches en tanins condensés. Ces teneurs enregistrées respectivement ; 691,76 ± 139,19 µg/ml ; 582,72 ± 103,61µg/ml pour l'extrait méthanolique et éthanolique (fig-35).

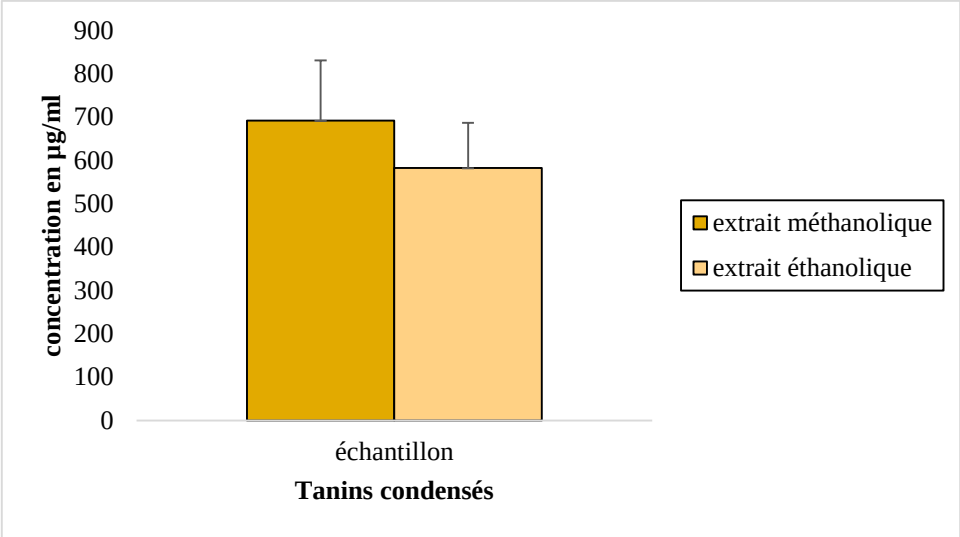

Fig-35. La teneur en tanins condensés (µg/ml) des extraits méthanolique et éthanolique de l'écorce de grenade.

Nos résultats sont en accord avec les résultats obtenus par Hagir et ses collaborateurs (2016), qui ont révélé la forte présence de tanins dans les différents extraits de l'écorce de fruit de *P.granatum*, à savoir l'extrait méthanolique et l'extrait éthanolique. Des résultats similaires ont été également rapportés par Bhandary et *al*. (2012); Hegde et *al*. (2012); Uma et *al*. (2012); Chebaibi et Filali (2013); Moorthy et *al*. (2013); Narasimha et *al*. (2015); Sajjad et *al*. (2015); Deore Leena et *al*. (2016);Kesur et *al*. (2016). Les tanins peuvent être classés en deux groupes : tanins hydrolysables et tanins condensés (également appelés tanins de catéchine ou proanthocyanidines) ; les tanins hydrolysables peuvent être ensuite divisés en gallotanins, qui fournissent du sucre et de l'acide gallique à l'hydrolyse, et les ellagitanins qui, par hydrolyse, ne donnent pas seulement du sucre et de l'acide gallique, mais aussi de l'acide ellagique (Lamy et *al.,* 2016).L'écorce de grenade est riche en tanins hydrolysables, principalement punicalin, pédonculagine et punicalagine (Seeram et *al.,* 2005), qui différent des proanthocyanidines dans leurs structures chimiques. En plus des tanins hydrolysables, les écorces de grenade contiennent des acides hydroxybenzoïques tels que les glycosides gallagiques (Amakura et *al.,* 2000). Notre étude montre que le dosage des tanins hydrolysables enregistre des teneurs relativement proches pour les deux extraits de l'écorce de grenade, et qui sont plus ou moins importantes par rapport à celles trouvées par El Falleh et *al*. (2012) des épicarpes de grenade tunisienne extraits dans les deux solvants (méthanol et éthanol) qui sont respectivement ; 139,63 et 62,71 mg EAT/g, et proches des teneurs signalées par Çam et Hişil (2010) dans l'extrait méthanolique et éthanolique des écorces de grenade turque (260,2 ± 12,6 mg EAT/g pour l'EM et 82,6 ± 5,6 mg/g successivement). La présente

étude nous a permis d'évaluer les teneurs en tanins condenses étant très importantes quelques soit pour les deux extraits, et en particulier pour l'extrait méthanolique (691,76 ± 139,19 µg/ml) comparativement avec celles enregistrées par ; Saad (3,2 à 7,7 mg EC/g)(2013); Li et *al*,(10,9 mg EC/g MS) (2006) et Çam et Hişil (3,7 à 9,5 mg EC/g MS)(2010), ce qui donne la particularité de notre variété sefri. En comparant entre les valeurs obtenues dans ces analyses, nous pouvons faire la distinction entre la fraction des tanins condensés dans les écorces du fruit de grenadier qui est plus importante que celle des tanins hydrolysables. Saad (2013) signalent également cette fluctuation entre les teneurs en les deux types des tanins dans les écorces des grenades des différents cultivars tunisiens ; cela a été justifié par les différences génétiques et environnementales, d'autre part, il l'a justifié par la distinction de l'épaisseur de l'écorce de l'échantillon étudié.

1-4. L'activité antioxydante

Dans le graphique sur la fig-36 montre une comparaison entre l'activité antioxydante de l'extrait de l'écorce de grenade et l'acide ascorbique, cela nous permet de déterminer l'extrait qui a une activité antioxydante 0,0727 ± 0,037 µg/ml désignée comme élevée par rapport a celle de l'acide ascorbique 0,047 ± 0,037 µg/ml. Cela signifie que l'extrait est plus efficace pour neutraliser les radicaux libres que l'acide ascorbique.

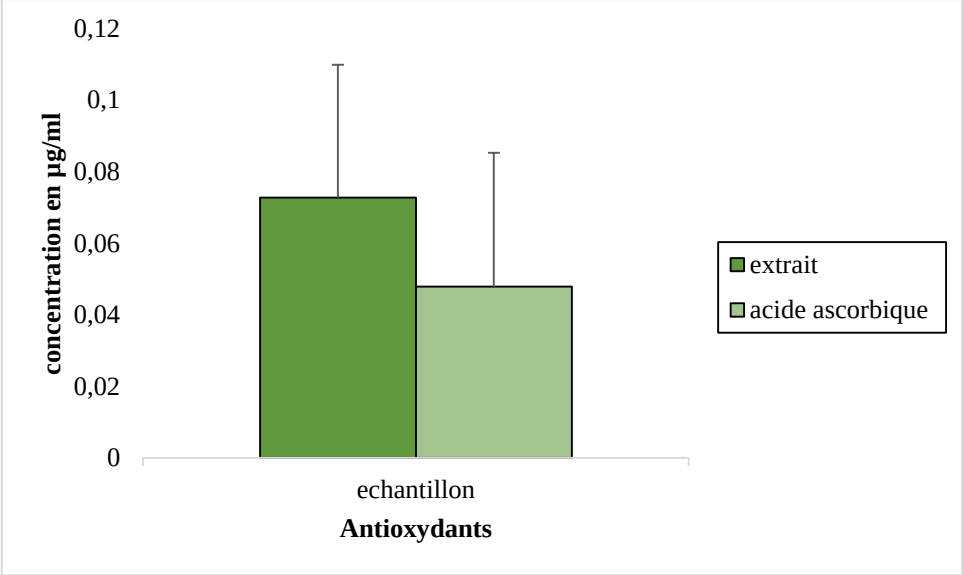

Fig-36. L'activité antioxydants (µg/ml) de l'extrait de l'écorce de grenade et de l'acide ascorbique.

L'activité antioxydante est une mesure de la capacité d'une substance à neutraliser les radicaux libres, qui sont des molécules instables qui peuvent endommager les cellules. Dans ce même contexte, Li et *al*, (2006); Aderkani et *al*, (2011) considèrent qu'une combinaison de

différents solvants peut être plus efficace pour extraire les antioxydants parce que les antioxydants peuvent différer par leur solubilité dans les différents solvants. Nos résultats sont en accord avec ceux de Negi et Jayaparakasha (2003), qui ont rapporté que l'extrait de l'écorce de grenade présente une forte activité antioxydante pour le test de DPPH. D'après Wang et *al*, (2011), il existe une forte corrélation entre l'activité antioxydante estimée par le test de DPPH et la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes de la peau de grenade avec un facteur de corrélation R2 = 0,98.L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation (Popovici et *al.,* 2009). Cette réaction est favorisée par multiples facteurs en produisant des radicaux libres et perturbant le fonctionnement des cellules (Sarni - Manchado et Chevrier, 2006). Cette activité est due à des substances dites ; antioxydants. Les antioxydants synthétiques, vu leur efficacité, leur faible coût et leur disponibilité, sont largement utilisés dans l'industrie agroalimentaire comme additifs dans le but de prévenir la rancidité. Plusieurs antioxydants synthétiques comme le TBHQ, le THBP, le DTHMP, le PG, l'OG et I'NDGA, notamment le Butylhydroxytoluene (B.H.T) et le Butylhydroxyanisole (B.H.A), qui sont actuellement utilisés dans les cosmétiques et les huiles végétales, cependant ces composés ne seraient pas dépourvus de toxicité(Guo et *al.,* 2006).Ces antioxydants sont fortement lipophiles, insolubles dans l'eau, assez thermostables (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006), hautement actifs, et volatils, qui agissent en inhibant la chaîne de réactions d'initiation et en réduisant la peroxydation des acides gras insaturés (Xiang et *al.,* 2007).La valorisation des ressources naturelles telles que des extraits végétaux et produits du métabolisme secondaire de plantes, est notée d'un grand intérêt, en raison de leur potentiel d'antioxydants naturels et composés biologiquement actifs notamment de nature polyphenolique. Si bien qu'ils sont devenus des molécules préférées des nutritionnistes, des épidémiologistes, des industriels de l'agroalimentaire et des laboratoires pharmaceutiques et cosmétiques (Melgarejo et Valero, 2012), ces antioxydants naturels regroupent une grande variété de composés comprenant entre autres les flavonoïdes qui sont de puissants antioxydants vis-à-vis des radicaux libres et des inhibiteurs d'enzymes (antidiabetiques). Parmi les antioxydants naturels les plus largement répandus dans la nature, les Tocopherols (E 307) plus particulièrement le D-a-tocopherol (Vitamine E). Ils sont considérés comme de bons antioxydants alimentaires, surtout pour leur rôle physiologique chez l'homme, aussi bien pour lutter contre le stress oxydant ou comme protecteurs des structures membranaires et des LDL. En se basant sur le mécanisme d'action des antioxydants naturels en particulier celui des tocopherols, ainsi que les BHA et BHT synthétiques utilisés comme standards de référence, on peut supposer que les principes actifs du fruit de grenadier ont le même mécanisme antiradicalaire que ces derniers,

ce qui implique que ceux sont des donneurs d'hydrogènes et leur potentiel antioxydant est probablement du à un transfert de proton (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006). Cette hypothèse peut être confortée par Chung et *al*, (2006), qui ont rapporté que l'activité par les extraits peut être accordée à la présence d'un groupement hydroxyle, dans la structure moléculaire du composé, à la disponibilité de l'hydrogène phénolique, et à la possibilité de la stabilisation du radical formé résultant d'un donneur d'hydrogène. Elle pourrait également être due aux effets synergiques entre diverses classes d'antioxydants présents dans l'extrait (composés phénoliques, flavonoïdes, caroténoïdes ...).D'après la quantification des composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes) et l'évaluation de l'activité antioxydante par les différentes méthodes, il est constaté que l'extrait d'épluchure testé est celui qui a donné la quantité la plus élevée des composés phénoliques ainsi que la meilleure activité anti-radicalaire, cela laisse a penser qu'il existe une relation entre la présence des composés phénoliques et l'activité antioxydante, cette relation établie une corrélation linéaire entre les composés phénoliques et la capacité antioxydante, autrement dit, plus la molécule phénolique est riche en groupement hydroxyle plus son pouvoir antioxydant est supérieur (Curtay, 2014). Pour étayer cette hypothèse citant le cas du punicalagin, qui est parmi les composés les plus importants responsables de l'activité biologique dans l'écorce de grenade, par la présence dans sa structure de 16 groupes OH dissociables (Reddy et *al.*, 2007).

2- Etude du bilan minéral

La fig-37 présente le diagramme de la concentration en certains éléments minéraux présents dans l'écorce de grenade, vis-à-vis le Manganèse (Mn^{2+}), le Magnésium (Mg^{2+}), le Calcium (Ca^{2+}) et le Sodium (Na^{+}), calcules en mg/100g de matière végétale sèche (MS).

On remarque que le Mn^{2+} est présent sous forme de traces dans l'écorce de grenade, avec une concentration très faible presque négligeable de 0,1 mg/100g MS comparativement avec les autres éléments minéraux analyses, puis une l'apparition du Mg en une concentration d'environ 20 mg/100g MS, ce qui montre une présence modérée dans l'écorce. L'écorce concentre le Na^{+} avec une valeur de 50 mg/100g MS, ainsi que Ca^{2+} avec une bonne focalisation estimée de 70 mg/100g MS.

D'après notre analyse faite sur les teneurs de l'écorce de grenade en éléments minéraux, on peut établir le gradient de concentration suivant ; Ca > Na>Mg >Mn

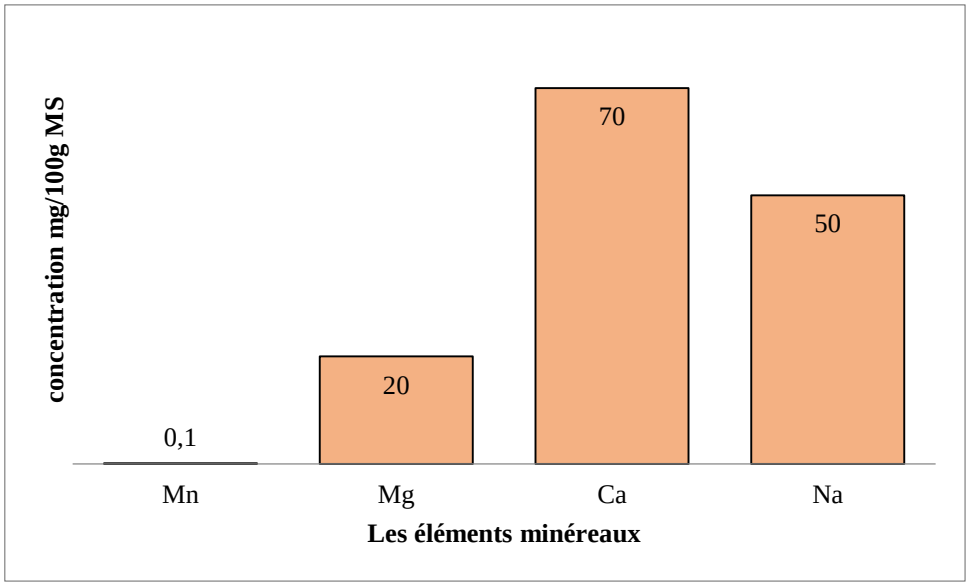

Fig-37. Etude du bilan minéral (mg/100g MS) contenant dans l'écorce de grenade.

L'écorce de grenade est une riche source des minéraux essentiels à la nutrition et à la santé humaine. La composition minérale de l'écorce de grenade a été analysée dans le cadre de plusieurs études, révélant la présence de macro et de micro-éléments. Parmi les principaux minéraux identifiés ; Calcium est un minéral ayant une importance non négligeable dans la vie quotidienne des êtres vivant, et l'être humain en particulier, et le plus abondant dans l'écorce de grenade. Le magnésium et le sodium sont également présents en quantités importantes, contribuant à la production d'énergie, à la fonction nerveuse et à la contraction musculaire (Abbas et *al.*, 2025). Le manganèse ainsi que d'autres éléments tels que le fer et le zinc destines comme oligo-éléments ayant un rôle dans la fonction immunitaire, la défense antioxydante et l'activité enzymatique, présentant dans l'écorce de grenade en quantités mesurables (Loukhmas et *al.*, 2020). Par rapport à la variabilité de la teneur en minéraux, la composition minérale de l'écorce de grenade peut varier en fonction de facteurs tels que le cultivar, la situation géographique et les conditions environnementales ; citant des études sur les cultivars de grenade marocains ont montré des différences significatives en termes de teneur en minéraux, certains cultivars présentant des niveaux plus élevés d'iode, de calcium et de magnésium (Loukhmas et *al.*, 2020).

CONCLUSION

Le grenadier, *Punica granatum* L., est une espèce mystérieuse très ancienne originaire du proche Orient (Iran et régions voisines). Cet arbre est très prisé dans tout le bassin méditerranéen depuis des siècles. En Algérie, il est cultivé dans plusieurs wilayas notamment Mostaganem, Mascara, Tlemcen, M'sila, Relizane et Djelfa. En effet, la variété Sefri de la wilaya de Mascara est une marque déposée de renommée mondiale, sur le double plan de la qualité du goût et de la multitude de ses variétés.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des ressources naturelles qui existent en Algérie et plus précisément dans la wilaya de Mascara. Dans ce contexte, on s'est intéressé à étudier l'extraction des composés phénoliques bilan minérale à partir de la plante de grenade et modélisation cinétique des composés phénoliques présents dans l'écorce de grenade.

Les résultats obtenus ont mis en évidence une concentration prononcée de composés antioxydants, notamment les polyphénols ; flavonoïdes et tanins, ce qui confirme le potentiel bioactif de cette partie souvent négligée du fruit. Par ailleurs, l'analyse minérale a révélé une teneur non négligeable en éléments essentiels, susceptibles de contribuer à une utilisation nutritionnelle ou thérapeutique.

Ces données confirment que l'écorce de grenade représente une ressource naturelle prometteuse, à la fois pour les industries pharmaceutique, cosmétique et agroalimentaire. La valorisation de ce sous-produit pourrait ainsi répondre à une double finalité : réduire les déchets issus de la transformation du fruit et exploiter un matériau à haute valeur ajoutée.

Cependant, des études complémentaires s'avèrent nécessaires pour approfondir la caractérisation des composés identifiés, évaluer leur stabilité et leur biodisponibilité, ainsi que pour tester leur efficacité dans des applications concrètes. La poursuite de ce type de recherche contribuera sans doute à une meilleure intégration de ces ressources locales dans une démarche de développement durable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-Ahad, MA, Tripathi, G. et Agarwal, P (2018).. Analyse de l'apprentissage pour un modèle éducatif basé sur l'IoE utilisant des techniques d'apprentissage profond : architecture, défis et applications. Smart Learn. Environ. 5 , 7 https://doi.org/10.1186/s40561-018-0057-y

-Al-Gubory, K. H., Laher, I., Garrel, C. J. J. o. t. S. o. F., & Agriculture. (2021). Pomegranate peel attenuates dextran sulfate sodium-induced lipid peroxidation in rat small intestine by enhancing the glutathione/glutathione disulfide redox potential. 101(10), 4278-4287.

-Alhijna D., Bourich E.,(2017) : Grenade de Beni Snous étude et caractérisation chimique des extraits de pépins, évaluation de l'activité microbiologique. Thése de doctorat Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen-P1,P15.

Amakura Y., Okada M., Tsuji S., Tonogai Y., (2000). Determination of Phenolic Acids in Fruit Juices by Isocratic Column Liquid Chromatography. Journal of Chromatography A, vol. 891, no.1, p. 183-188.and phytochemical screening of aqueous and methanolic extracts of pomegranate (*Punica granatum* Linn.) peel against bacterial wilt of tomato. International Journal of Agriculture Innovations and Research, vol 3, no 6, p. 1786-1792.

-Anissa, H., & Mohamed, B. (2021). INFLUENCE DE LA NATURE DU SOL SUR LA QUALITÉ PHYTOCHIMIQUE DU FRUIT DU GRENADIER (PUNICA GRANATUM L.).

Anonyme, (2016). Ministéré de l'Agriculture et le développement Rural. Bulletin de statistiques Series B. phytogénétiques. Importance-Préservation-Utilisation. Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, 12 (1): 43-69.

Bärtels A(.1998). Guide des plantes du bassin méditerranéen. Editions Ulmer. 400 pp.

-Bar-Ya'akov I., Tian L., Amir R. & Holland D.(2019). Prmary methabolites, anthcyanins, and hydrolysable tannins in the pomegranate fruit. Frontiers in plant science, 10, 620.

-Ben Abbes., F. (2011). Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques d'extraits de dattes << Phoenixdactylifera L. Thèse de magister Université Ferhat Abbas - Setif, p: 22-26.

Ben Yahkem M.L, Hadjadj S, Others., (2018) : Contribution à l'étude de l'activité antioxydante des extraits phénoliques des trois espèces : Punicagranatum L.(Grenadier); Zeamays L.(Maïs) et Lawsoniainermis L.(Henné)., Thesis de doctorat.

-Ben Yahkem M.L, Hadjadj S, Others., (2018) : Contribution à l'étude de l'activité antioxydante des extraits phénoliques des trois espèces : *Punica granatum* L.(Grenadier); Zeamays L.(Maïs) et Lawsoniainermis L.(Henné)., Thesis de doctorat.

Betioui, M. (2017). Etude de la possibilité d'amélioration de la culture et de la production du Grenadier commun, Punica granatum L. dans la région de Tlemcen. Université de Tlemcen. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers. Département Agronomie.

Bidri M. et Choay P. (2017). Regain d'intérêt pour la grenade, un fruit majestueux aux multiples propriétés. Phytothérapie. 15(2): 91-10.

Bruno, G. (2016). Chapter 14 – Pomegranate juice and extract. In R. R. Watson & V. R. Preedy (Eds.), Fruits, Vegetables, and Herbs (pp. 293-312), Academic Press.

Carbonell-Barrachina A.A., CalinSanchez A., Bagatar, B., Harnàndez F., Legua P., Martinez-Font R., Melgarejo P. (2012). Potential of Spanish sour-Sweet pomegranates (cultivar c25) for the juice industry. Food science and technology international, 18(1), 129-138.

Cauchard Pierre. (2013). La grenade : Organisation de la filière, opportunités et contraintes pour son développement. Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques

-Daas Amiour S. (2009). Etude quantitative des composes phénoliques des extraits de trois variétés de dattes (Phoenix dactylifera L.) et evaluation in vitro de leur activité biologique. Mémoire Présenté Pour l'obtention de diplôme de Magister en Biologie Option Biochimie appliquée. Université El-Hadj Lakhdar, Batna, Alger.

Dallas,S.L L.F., (2010):Bonewald, Dynamics of the transition from osteoblast to osteocyte, Annals of the New York Academy of Sciences. 1192,437.

Derbel, S. et Ghedira, A., (2005). Les phytonutriments et leur impact sur la santé, Phytothérapie, n° 1, 28 - 34.

-Djahra A.B. (2015). Cours Phytochimie II, UniversitéEchahidHamma Lakhdar, El Oued, Alger. II 2éme Année Master

-DOUAOURI N, (2018). Contribution à une étude phytothérapeutique, anti-inflammatoire et antioxydante du grenadier *Punica granatum* L. Etude in vivo. Thése de doctorat Université de Mostaganem P1.

Edea, M. (2010). Polyphenols et jus de grenade, Phytothérapie, V. 8, 16-20.

El-Saide M.M., Haggag H.F., EL-DinA H. M. F., Gad A.S. & Farhat A.M. (2014). Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. Annals of Agricultural sciences, 59(2), 207-21.

FAO, 2021. "Food and Agriculture Organization" "Food and Nutrition Paper" 52 Add. 9

Fawole O.A., Makunga N.P. & Opara U.L. (2012).antibacterial, antioxidant and tyrosinase-inhbition activities of pomegranate fruit peel methanolic extract. BMC complement and Alternative medicine, 12

-Fernandes L., Pereira J.A., Lopéz-Cortés 1., Salazar D.M., Gonzàlez-àlvarez J. & RamalhosaE. (2017). Physicochemical composition and antioxidant activity of several pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. European Food Research and Technology, 243(10), 1799-1814.

Fleurs et fruits du Grenadier (Punica granatum)(Flora von Deutschland and Schweiz. 1885).

-GHNIMI W, (2015): Etude phytochimique des extraits de deux Euphorbiacées: Ricinus communis et Jatropha curcas Evaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action sur l'activité cetylcholinesterase thése de doctorat université de lorrane (franse) et université de carthage (tunisie) P2

Giesecke, A., (2023). A cultural history of plants in antiquity. Bloomsbury Publishing, 288 pp.

Giesecke, A., (2023). A cultural history of plants in antiquity. Bloomsbury Publishing, 288 pp.

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M., et Kader, A.A., Antioxidant capacity of pomegranate juice and its relationshipwith phenolic composition and processing, J. Agric. Food Chem, V. 48, n°10, (2000), 4581-4589.

Gonzàlez-Sarrias A., Garcia-Villalba R., Nunez-Sànchez M.A., Tomé-cameiro J., Zafrilla P., Mulero J. & Espin J. C. (2015). Identifying the limits for ellagic acide bioavilability: a crossover pharmacokinetic study in healthy volunteers after consumption of pomegranate extracts. Journal of functional foods, V.19, 225-235.

-Guillouty A., (2016): Plantes médicinales et antioxydants, PhD Thesis, Université Toulouse III-Paul Sabatier.

-Gullón, P., Astray, G., Gullón, B., Tomasevic, I., & Lorenzo, J. M. J. M. (2020). Pomegranate peel as suitable source of high-added value bioactives: Tailored functionalized meat products. 25(12), 2859.

-H.R. Puneeth, S.P. (2020). Sharath Chandra, A review on potential therapeutic properties of Pomegranate (Punica granatum L.), Plant Sci. Today 7 (1) 9-16,

-Hanley, M. J., Masse, G., Harmatz, J. S., Court, M. H., & Greenblatt, D. J. (2012). Pomegranate juice and pomegranate extract do not impair oral clearance of flurbiprofen in human volunteers: Divergence from in vitro results. Clinical Pharmacology and Therapeutics, 92(5), 651-657.

-Hidaka, M., Okumura, M., Fujita, K. I, Ogikubo, T., Yamasaki, K., Iwakiri, T., Setoguchi, N., & Arimori, K. (2005). Effects of pomegranate juice on human cytochrome p450 3A (CYP3A) and carbamazepine pharmacokinetics in rats. Drug Metabolism and Disposition: The Biological Fate of Chemicals, 33(5), 644-648.

Hmid I. (2013). Contribution à la valorisation alimentaire de la grenade marocaine (*Punica granatum* L.): Caractérisation physicochimique, biochimique et stabilité de leur jus frais. Thèse Doc. Sci. Agro., France, pp177.

Holland D., Hatib, K. & Bar-Ya'akov, I. (2009). Pomegranate botany, horticulture,Breeding.Agricultural Research Organization PO Box 1021Ramat Yishay, 30095.

-Indra, V. (2018) Nursing Theories: A Review. Int. J. of Advances in Nur. Management. ; 6(3) : 271-274. doi : 10.5958/2454-2652.2018.00061.6

-INRAA. (2006). Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

-Isabelle C. (2018). Grenadier Gerbeaud, conseil de jardinage et jardin facile .https://www.gerbeaud.com.

Jacson, A.C. (2016). La culture de la grenade en plein boum grâce à ses vertus pour la santé. Repéré dans : http://wikiagri.fr/articles/la-culture-de-la-grenade-en-pleine-boum-grace-a-ses-vertus-pour-la-sante/8237

-**Jurenka, J. (2008).** Therapeutic applications of pomegranate (Punica granatum L.): A review. Alternative medicine review, 13(2).

-**Kaci Zoubida Meziane, (2018).** Volisation de l'ecorce trois culs tivars de fruit de la grenade (punica granatum) de la plaine de mitidja (Algrie) par l'obtention d'un extrait riche en

polyphénols a usage alimentaire et pharmaceutique. These et nutriti et transformation des aliments. Saad dahleb-Blidal, 237page.

-KADA S, (2018).Recherche d'extraits de plantes médicinales doués d'activités biologiques. Thése de doctorat Université Ferhat Abbas Sétif 1 P1

Khan G.N., Gorin M.A., Rosenthal D., Pan Q., Bao L.W., Wu Z.F., Newman R.A., Pawlus A.D., Yang P, Lansky E.P. et Merajver S.D. (2009). Pomegranate fruit extract impairs invasion and motility in human breast cancer Integr Cancer Ther 8 : 242.53

-L. Pienaar, (2021). The economic contribution of south africa's pomegranate industry, Div. Macro Resour. Econ. (Issue March)

-Lairini, S., Bouslamti, R., Zerrouq, F., & Farah, A. (2014). Valorisation de l'extrait aqueux de l'écorce de fruit de Punica granatum par l'étude de ses activités antimicrobienne et antioxydante (Enhancement of the aqueous extract of the bark of Punica granatum fruit through the study of its antimicrobial and antioxidant activities). Journal of Materials and Environmental Science, 5, 2314-2318.

Lansky E.P, Newman R.A., (2007): *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer, Journal of Ethnopharmacology. 109,177-206.

Lansky R. P. and Newman R. A. (2007).*punica granatum* (Pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. Journal of ethnopharmacology, 109(2), 177-206(1) ,200

-Lansky, E. P., & Newman, R. A. J. J. o. e. (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. 109(2), 177-206.

-Liming Z. (10 décembre 2015). Étude de la composition macromoléculaire du raisin et des vins : impact sur la qualité sensorielle L'UNIVERSITÉ DE BORDEAU Français.)https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01443274.

Localisation des composés polyphénoliques dans la grenade (*Punica Granatum* L) (Bruno, 2016)

-Loukhmas, S., Kerak, E., Outaki, M., Belaqziz, M., et Harrak, H. (2020). Évaluation des minéraux, des composés bioactifs et de l'activité antioxydante de dix cultivars de grenade marocains. Journal of Food Quality, 2020, p. 1-10.

Macheix, J. J., Fleuriet, A. et Jay-Allemand, C.,(2005). Les composes phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importances économiques, Collection biologie, Presses polytech. Ed universitaires Romandes, (2005), 192p.

Macheix. J.J., Fleuriet, A., Jay-Allemand. C. (2005). Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universities romandes, pp 121216.

-Mahmoudi Souhila, KHALI Mustapha et Mahmoudi Nacéra. (04 Février 2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (Cynara scolymus L.).Université Saâd DAHLAB, Faculté des sciences Agro- vétérinaires, Département des sciences agronomiques, route de Soumaâ, BP 270-9000, Blida, Algérie. Revue << Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques, nº 09. Pages 35 à 40

-Mandal, D., Wermund, U., Phavaphutanon, L., Cronje, R., (2021). Temperate fruits: production, processing, and marketing. CRC Press. http://dx.doi.org/10.1201/9781003045861

Mandal, D., Wermund, U., Phavaphutanon, L., Cronje, R., (2021). Temperate fruits : production, processing, and marketing. CRC Press.

-Mastrogiovanni, F., Romani, A., Santi, L., Lacetera, N., & Bernini, R. J. N. P. R. (2021). Anti-proliferative effect of pomegranate peel extracts on bovine peripheral blood mononuclear cells (PBMCs). 35(10), 1696-1701.

Mirdehghan S.H. & Rahemi. (2007). Saeonal changes of mineral nutrients and phenolic in pomegranate (punica granatuuimL).Fruit, Sientia Horticulture, 111(2), 120-127.

Moghaddam G., Sarifazadeh M., Hassanzadeh G., khanavi M. & Hajimahmoodi M. (2013). Ant-ulcer genic activity of the pomegranate peel (punica granatium) methanol extrat Food and Nutrition sciences, 4(10), 43

-**Mohammad S.M., Kashani H.H. (2012).** Composition chimique de la plante *punica granatum* L. (Grenade) et son effet sur le coeur et le cancer. Journal de recherche sur les plantes médicinales, 6 (40), 5306-5310.

-**Nacoulma-Ouédraogo O. (1996).** Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso: cas du Plateau central, Journal of Applied Biosciences,88:8194-8210.

-**Narasimha M. K., Fazilath U., Soumya K., Srinivas C., 2015**. Antibacterial activity

-nematology.r,Mirdehghan. S.H., et Rahemi. M. (2007). Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (Punica granatum L.) fruit. Sci. Hortic, 111.120-127.

-NKHILI, E. (2009). Polyphenols de l'alimentation : extraction, interaction avec les ions de ferET du cuivre, oxydationETpouvoirantioxydant. Thèsedoctorat universités CADI AYYAD Semlalia-Marrakech.

-Ozkal, N, Dinc S., (1994). Evaluation of the pomegranate (Punica granatum L.) peels from the standpoint of pharmacy. Ankara University Eczacilik Fak Derg, vol 22, p.21-29.

Pienaar L., (2021). The economic contribution of South Africa's pomegranate industry, Div. Macro Resour. Econ. (Issue March).

Puneeth H.R, Sharath Chandra S.P., (**2020)**. A review on potential therapeutic properties of Pomegranate (*Punicagranatum* L.), Plant Sci. Today 7 (1) 9-16, https://doi.org/10.14719/PST.2020.7.1.619.

-Ramsay, J., Walshaw, S., Hansen-Speer, K., (2023). Plants as Staple Foods. In: Giesecke, A. (Ed.) Cultural History of Plants in Antiquity, pp. 19-44. Bloomsbury Publishing,

Ramsay, J., Walshaw, S., Hansen-Speer, K., (2023). Plants as Staple Foods. In: Giesecke, A. (Ed.) Cultural History of Plants in Antiquity, pp. 19-44. Bloomsbury Publishing,

-S. Ge, L. Duo, J. Wang, Yang GegenZhula, J, Z. Li, Y. Tu, (2021). A unique understanding of traditional medicine of pomegranate, Punica granatum L. and its current research status, J. Ethnopharmacol. 271 (27) .113877, https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113877.

S. Ge, L. Duo, J. Wang, Yang GegenZhula, J, Z. Li, Y. Tu, A unique understanding of traditional medicine of pomegranate, Punica granatum L. and its current research status, J. Ethnopharmacol. 271 (27) (2021), 113877, https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113877.

-Saad, SK (2013). Défis contemporains de la planification des ressources humaines dans les organisations du tourisme et de l'hôtellerie : un modèle conceptuel. Journal of Human Resources in Hospitality & Tourism, 12, 333-354.https://doi.org/10.1080/15332845.2013.790246

Sarni-Manchado, P. et Cheynier, V., Les polyphenols en agroalimentaire, Ed Tec et Doc, Paris, (2006), 258p.

-Seeram N.P., Lee R., Hardy M., Heber D., (2005). Rapid large-scale purification of ellagitannins from pomegranate husk, a by-product of the commercial juice industry. Sepration and Purification Technology, vol 41, p. 49-55

Seeram, N. P., Aviram, M., Zhang, Y., Henning, S. M., Feng, L., Dreher, M., et Heber, D., Comparison of Antioxidant Potency of Commonly Consumed Polyphenol-Rich Beverages in the UnitedStates, J. Agric. Food Chem, V. 56, (2008), 1415-1422.

-Serquén, L. M., Mantilla, M. C. M., & Osores, S. A. I. (2020). Susceptibilidad de" candida albicans" a extracto etanólico de cáscara de" punica granatum". Medicina naturista, 14(1), 59-64.

Sharma J. & MaityA. (2010). pomegranate pytochimicales: Nutraceuticaland therapeutique values.Fruit vegetable and creal science biothehnology, V, 4(2), 56-76

-Smaoui, S., Hlima, H. B., Mtibaa, A. C., Fourati, M., Sellem, I., Elhadef, K., Mellouli, L. J. M. s. (2019). Pomegranate peel as phenolic compounds source: Advanced analytical strategies and practical use in meat products. 158, 107914.

-Société française des antioxydants. (2018).les polyphenols de grenadier http://www.sfa-site.com/?q=node/235.

-Suyundikov, U., Atkhamova, S., Dodayev, Q., Eshmatov, F., Fayzullaeva, N., Shomaksudova, K., Uzakova, S. et Zokirov, K. (nd). Détermination des composés bioactifs de l'écorce de grenade à incorporer comme ingrédient alimentaire fonctionnel dans la production alimentaire. BIO Web de conférences.

-Uma C, Gomathi D, Ravikumar G, Kalaiselvi M, Palaniswamy M.,(2012). Production and properties of invertase from a Cladosporium cladosporioides in SmF using pomegranate peel waste as a substrate. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, vol 2, no 2, p. S605-S611.

unexplored pomegranate cultivars for physicochemical characteristics and antioxydant activity. Jornal des sciences et technolodies alimentaires, 54(9),2973-2979.

Viyar A., Qadri R., Iqbal A., Nisar N., Kahan I., Bashir M. & Shah F. (2017). Evaluation of

Wald E, (2009). Le grenadier punica granatum plante historique et evolution thérapeutique récentes (Doctoral dissertation UHP- Université Henri Poincare), page 159.

Wald, E., 2009. Le grenadier (Punica granatum L.) : plante historique et évolutions thérapeutiques récentes. Thèse. Doc. Fac. Phar., Univ. Henri Poincaré-Nancy, 147 p.

-Wang R., Kashinath K., Mustafa M., Albert A. et YU R. (2020). Towards physics-informed deep learningfor turbulent flow prediction. In proceedings of the 26th ACM SIGKDD Internationl Conference on Knowledge Discovery & Data Mining, p. 14577-1466.

-Wang Z., Pan Z., Ma H., Atungulu .G.G. (2011). Extract of phenolicsfrompomegranatepeels. The Open Food Science Journal, 5. 17-25. Doi:http://dx.doi.org/10.2174/1874256401105010017.

-Wang, Z., Pan, Z., Ma, H., Atungulu G. G., (2011). Extract of Phenolics From Pomegranate Peels. The Open Food Science Journal, 5: 17-25.

-Wu, Y., Zhu, C.-p., Zhang, Y., Li, Y., & Sun, J.-r. J. I. j. o. b. m. (2019). Immunomodulatory and antioxidant effects of pomegranate peel polysaccharides on immunosuppressed mice. 137, 504-511.

ANNEXE

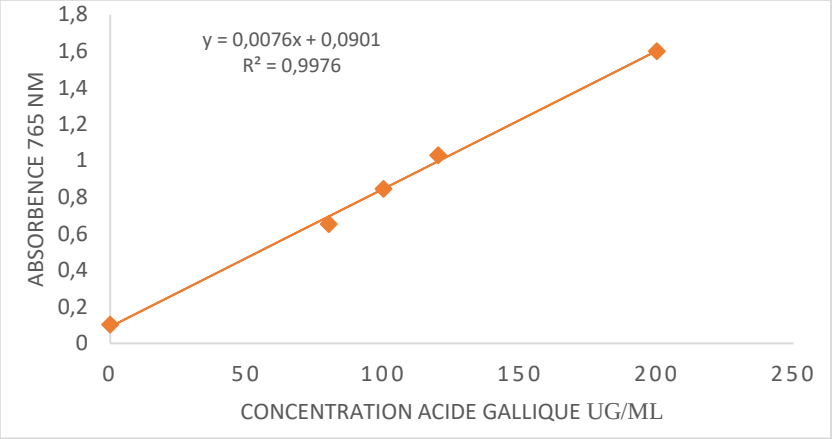

Fig-1. Courbe d'étalonnage d'acide gallique

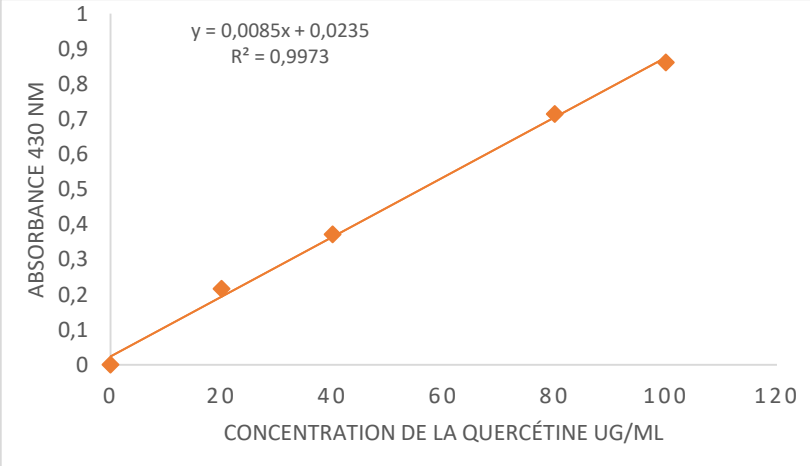

Fig-2. Courbe d'étalonnage de Quercetine

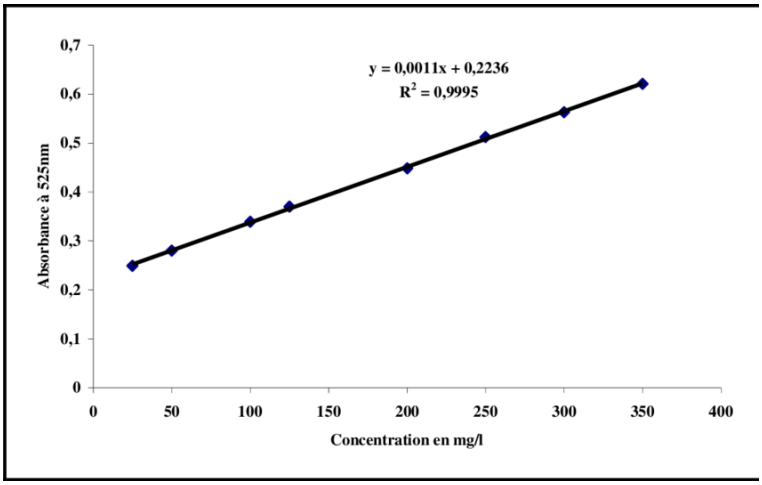

Fig-3. Courbe d'étalonnage de l'acide tannique