



Departement des sciences alimentaires

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme

MASTER 2

Spécialité : Nutrition et Pathologie

Présenté par : **BEDRANI Elalia** et **BELMEDDAH Ikram**

Thème

**Potentiel antioxydant de la grenade, de la
figue et de la datte et leur intérêt dans la
prévention du stress oxydatif**

Soutenu le :30 / 06 /2026

Devant la composition du jury :

Qualité	Nom et prénoms	Grade	Structure de rattachement
Président :	Boukazoula Nawel	M.C.A	Univ. Mostaganem
Directeur de mémoire :	Bouziane Nabil	M.C.B	Univ. Mostaganem
Examineur :	Belguendouze Abdenour	M.C.A	Univ. Mostaganem

Année universitaire 2025 /2026

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Dieu, le tout puissant, afin de nous donner de la force et la patience.

Nous aimerons tout d'abord exprimer notre profonde gratitude, nos sincères remerciements à notre directeur de mémoire, **Dr Bouziane Nabil** Maître de conférences classe « B » à l'Université Abdelhamid Ibn Badis, d'avoir accepté nous encadrer, et d'avoir fait bénéficier de son expérience, de son suivi et de ses conseils pertinents avec écoute, amabilité et patience, qui ont permis à notre travail d'aboutir et de voir le jour. On le remercie également pour son enseignement, son confiance, ses encouragements et de son disponibilité, merci du fond de notre cœur chère enseignante d'être toujours à nos côtés.

Nous sommes très heureux de pouvoir compter parmi les membres de notre jury, **Madame Boukazoula Nawel**, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider ce jury, et de donner à travers sa compétence scientifique un sens pluridisciplinaire et un commentaire synthétique, de valeur à notre travail.

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à Monsieur **Belguendouze abdenour**, qui a bien voulu nous faire l'honneur d'examiner ce travail.

Nous remercions infiniment, les enseignants, l'équipe pédagogique de L'Université Abdelhamid Ibn Badis - Faculté de Sciences de la nature et de la vie et les intervenants professionnels responsables de notre formation.

Au terme de ce travail nous aimerons rendre hommage à tous ceux qui de loin ou de près nous ont apporté leur encouragement.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À mes très chers parents, qui n'ont jamais cessé de prier pour moi, de me soutenir, de m'encourager et de m'accompagner tout au long de mon parcours. Leur amour, leurs sacrifices et leur confiance ont été la source de ma force et de ma persévérance. Qu'ils trouvent dans ce travail le témoignage de ma profonde gratitude et de mon affection.

À toute ma famille, pour son soutien, ses encouragements et sa présence à mes côtés.

À tous mes collègues de promotion, avec qui j'ai partagé de précieux moments d'apprentissage, de travail et d'entraide.

À l'ensemble des enseignants, au personnel administratif, au personnel technique ainsi qu'à tous les membres de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem qui, par leur disponibilité, leurs conseils ou leur soutien, ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Enfin, à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, leurs encouragements et leur bienveillance tout au long de ce parcours.

À tous, j'adresse ma sincère reconnaissance.

, BEDRANI Elalia

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

À mes chers parents, dont l'amour inconditionnel, les sacrifices, les encouragements et les prières ont été le moteur de ma réussite. Leur confiance et leur soutien m'ont permis de surmonter les difficultés et d'atteindre mes objectifs. Je leur exprime toute ma gratitude et mon profond respect.

En témoignage de ma reconnaissance envers ma famille, qui m'a toujours entourée d'affection, de conseils et d'un soutien précieux tout au long de mon parcours.

À mes collègues de promotion, avec qui j'ai partagé des années d'études, de collaboration et d'entraide, en souvenir des moments enrichissants vécus ensemble.

À l'ensemble des enseignants, qui ont contribué à ma formation grâce à leur savoir, leur disponibilité et leurs précieux conseils.

Au personnel administratif et technique de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, ainsi qu'à toutes les personnes qui, par leur aide, leur professionnalisme et leur bienveillance, ont facilité la réalisation de ce mémoire.

Enfin, à toutes celles et à tous ceux qui m'ont encouragée, soutenue et accompagnée, de près ou de loin, au cours de cette belle aventure universitaire.

Avec toute ma gratitude.

BELMADAH Ikram

Résumé

Le stress oxydatif, résultant d'un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les systèmes de défense antioxydants, est impliqué dans le développement de nombreuses pathologies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies neurodégénératives et certains cancers (Favier, 2003 ; Halliwell et Gutteridge, 2007). Dans ce contexte, les antioxydants naturels issus des fruits suscitent un intérêt croissant en raison de leur richesse en composés phénoliques capables de neutraliser les radicaux libres (Lansky et Newman, 2007 ; Seeram et al., 2006).

La présente étude a pour objectif d'évaluer et de comparer l'activité antioxydante des extraits d'écorces de grenade (*Punica granatum* L.), de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) et de figues sèches (*Ficus carica* L.), trois fruits largement consommés en Algérie et reconnus pour leur valeur nutritionnelle et leurs propriétés thérapeutiques. Une synthèse bibliographique a permis de présenter leur composition biochimique, leurs principaux composés bioactifs ainsi que leurs effets bénéfiques sur la santé, en particulier leur rôle dans la prévention du stress oxydatif (Al-Farsi et Lee, 2008 ; Wojdyło et al., 2016 ; Lansky et Newman, 2007).

L'activité antioxydante des différents extraits a été évaluée par la méthode du DPPH, basée sur la capacité des antioxydants à piéger le radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle. Les résultats obtenus ont montré que les trois échantillons possèdent une activité antioxydante significative, avec des différences selon leur richesse en composés phénoliques. Les écorces de grenade ont présenté le pouvoir antioxydant le plus élevé, suivies des dattes, tandis que les figues sèches ont montré une activité antioxydante plus faible. L'ordre décroissant observé est : **Écorces de grenade > Dattes > Figues sèches**, ce qui est en accord avec les données de la littérature attribuant cette activité à la forte teneur en polyphénols, flavonoïdes, tanins et anthocyanines (Seeram et al., 2006 ; Al-Farsi et Lee, 2008 ; Wojdyło et al., 2016).

Les résultats obtenus mettent en évidence le potentiel des écorces de grenade, souvent considérées comme des sous-produits agroalimentaires, en tant que source naturelle d'antioxydants pouvant être valorisée dans les domaines de l'alimentation, de la nutrition, de la pharmacie et de l'industrie agroalimentaire. Cette étude confirme également l'intérêt de promouvoir l'utilisation de ressources végétales riches en composés bioactifs dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif et ouvre des perspectives pour des recherches complémentaires portant sur l'identification des molécules actives et l'évaluation de leurs effets *in vivo*.

Mots-clés : Stress oxydatif ; antioxydants ; DPPH ; écorces de grenade ; dattes ; figues sèches ; polyphénols ; activité antioxydante.

Abstract

Oxidative stress results from an imbalance between the production of reactive oxygen species (ROS) and the antioxidant defense systems of the body. This phenomenon is involved in the development of numerous chronic diseases, including cardiovascular diseases, diabetes, neurodegenerative disorders, and certain types of cancer. Fruits rich in phenolic compounds represent an important natural source of antioxidants capable of neutralizing free radicals and reducing oxidative damage.

The present study aimed to evaluate and compare the antioxidant activity of extracts obtained from **pomegranate peels** (*Punica granatum* L.), **dates** (*Phoenix dactylifera* L.), and **dried figs** (*Ficus carica* L.). A bibliographic review was first conducted to describe the nutritional characteristics, biochemical composition, major bioactive compounds, antioxidant properties, and health benefits of these fruits.

The antioxidant activity of the different extracts was determined using the **DPPH radical scavenging assay**. The results demonstrated that all the studied samples exhibited significant antioxidant activity. Pomegranate peels showed the highest antioxidant capacity, followed by dates, whereas dried figs exhibited the lowest antioxidant activity. The observed decreasing order was: **Pomegranate peels > Dates > Dried figs**. This difference is mainly attributed to the high concentration of phenolic compounds, particularly flavonoids, tannins, and anthocyanins, found in pomegranate peels.

The findings highlight the potential of the studied fruits, especially pomegranate peels, as a valuable natural source of antioxidants with promising applications in nutrition, healthcare, and the food industry. They also emphasize the importance of promoting the valorization of agricultural by-products rich in bioactive compounds for the prevention of diseases associated with oxidative stress.

Keywords: Oxidative stress; Antioxidants; DPPH; Pomegranate peels; Dates; Dried figs; Polyphenols; Antioxidant activity.

الملخص

يُعد الإجهاد التأكسدي حالة ناتجة عن اختلال التوازن بين إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) والأنظمة المضادة للأكسدة في الجسم، مما يساهم في ظهور العديد من الأمراض المزمنة مثل أمراض القلب والأوعية الدموية، والسكري، والأمراض العصبية التنكسية، وبعض أنواع السرطان. وتُعتبر الفواكه الغنية بالمركبات الفينولية من أهم المصادر الطبيعية لمضادات الأكسدة القادرة على الحد من تأثير الجذور الحرة وحماية الخلايا من الأضرار التأكسدية.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم ومقارنة النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات قشور الرمان (*Punica granatum* L.)، والتمر (*Phoenix dactylifera* L.)، والتين المجفف (*Ficus carica* L.) كما تضمنت الدراسة مراجعةً ببلوغرافية تناولت الخصائص الغذائية والكيميائية الحيوية لهذه الثمار، وأهم مركباتها النشطة بيولوجيًا، بالإضافة إلى خصائصها المضادة للأكسدة وفوائدها الصحية.

تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستعمال طريقة DPPH المعتمدة على قدرة المركبات المضادة للأكسدة على تثبيط الجذور الحرة. أظهرت النتائج أن جميع العينات المدروسة تمتلك نشاطاً مضاداً للأكسدة بدرجات متفاوتة، حيث سجلت قشور الرمان أعلى نشاط مضاد للأكسدة، تلتها التمر، ثم التين المجفف. وكان الترتيب التنازلي للنشاط المضاد للأكسدة كما يلي : قشور الرمان > التمر > التين المجفف. ويُعزى هذا التفوق إلى المحتوى المرتفع لقشور الرمان من المركبات الفينولية، وخاصة الفلافونويدات، والتانينات، والأنثوسيانينات.

تؤكد هذه النتائج أهمية الثمار المدروسة، وخاصة قشور الرمان، كمصدر طبيعي واعد لمضادات الأكسدة يمكن استغلاله في مجالات التغذية والصحة والصناعات الغذائية، كما تبرز أهمية تثمين المنتجات الثانوية الزراعية والاستفادة منها في الوقاية من الأمراض المرتبطة بالإجهاد التأكسدي.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد التأكسدي؛ مضادات الأكسدة؛ DPPH؛ قشور الرمان؛ التمر؛ التين المجفف؛ المركبات الفينولية؛ النشاط المضاد للأكسدة.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

المخلص

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Première Partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Étude bibliographique des fruits étudiés 4

1.1 La grenade (*Punica granatum* L.) 4

1.1.1 Généralités sur la grenade 4

1.1.2 Composition nutritionnelle de la grenade 5

1.1.3 Composés bioactifs de la grenade 6

1.1.4 Propriétés antioxydantes de la grenade 8

1.1.5 Intérêt thérapeutique de la grenade10

1.2 La datte (*Phoenix dactylifera* L.) 12

1.2.1 Généralités sur la datte12

1.2.2 Composition nutritionnelle de la datte 13

1.2.3 Composés bioactifs de la datte 14

1.2.4 Propriétés antioxydantes de la datte 16

1.2.5 Intérêt thérapeutique de la datte 18

1.3 La figue (*Ficus carica* L.) 20

1.3.1 Généralités sur la figue 20

1.3.2 Composition nutritionnelle de la figue	21
1.3.3 Composés bioactifs de la figue	22
1.3.4 Propriétés antioxydantes de la figue	24
1.3.5 Intérêt thérapeutique de la figue	26
Chapitre II : Généralités sur le stress oxydatif et les antioxydants	28
2.1 Le stress oxydatif	28
2.1.1 Définition du stress oxydatif	28
2.1.2 Espèces réactives de l'oxygène (ERO)	29
2.1.3 Origine et mécanismes de formation des radicaux libres	30
2.1.4 Conséquences biologiques du stress oxydatif	32
2.1.5 Stress oxydatif et pathologies associées	34
2.2 Les antioxydants	36
2.2.1 Définition et rôle des antioxydants	36
2.2.2 Antioxydants endogènes	37
2.2.3 Antioxydants exogènes	38
2.2.4 Mécanismes d'action des antioxydants	39
2.2.5 Rôle des antioxydants dans la prévention des maladies	40
Deuxième Partie : Méthodologie	
Matériels et méthodes	42
1. Objectif de l'étude	42
2. Matériel végétal	42
2.1 Écorces de grenade	42
2.2 Dattes	43
2.3 Figues sèches	43

3. Préparation des échantillons	44
3.1 Séchage et broyage	44
3.2 Préparation des poudres végétales	44
4. Préparation des extraits	45
4.1 Extraction méthanolique	45
4.2 Filtration et conservation des extraits	45
5. Évaluation de l'activité antioxydante	46
5.1 Principe de la méthode DPPH	46
5.2 Préparation de la solution de DPPH	46
5.3 Réalisation du test DPPH	47
5.4 Calcul du pourcentage d'inhibition	47
5.5 Traitement des résultats	48

Résultats et discussion

1. Résultats	49
1.1 Activité antioxydante des écorces de grenade	49
1.2 Activité antioxydante des dattes	50
1.3 Activité antioxydante des figes sèches	51
1.4 Comparaison des pourcentages d'inhibition des trois extraits	52
1.5 Classement du pouvoir antioxydant des extraits	52

2. Discussion

2.1 Interprétation des résultats obtenus	53
2.2 Relation entre activité antioxydante et richesse en composés bioactifs	54
2.3 Comparaison avec les données de la bibliographie	55
2.4 Intérêt nutritionnel et thérapeutique des fruits étudiés	56

Conclusion générale et perspectives	57
--	-----------

Références bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production de grenade en Algérie (2018).....	5
Tableau 2 : Composition biochimique et valeur nutritionnelle de la grenade.....	06
Tableau 3 : Valeur nutritionnelle de 100g de la figue	14
Tableau 4 : Resultats activité antioxydante des écorces de grenades.....	49
Tableau 5 : Résultats activité antioxydante des dattes	50
Tableau 6 : Résultats Activité antioxydante des figues sèches	51
Tableau 7 : Comparaison des trois extraits.....	52

Liste des figures

Figure 1 :L'allure Production des figues en tonnes dans les principaux pays du monde	12
Figure 2 : Schématisation de la balance entre les espèces réactives oxygénées (ROS) et les antioxydants (Pourrut, 2008)... ..	24
Figure 3 : Les dattes lavées puis séchées avant d'être broyées.	4
Figure 4 : Des figues sèches (« Chriha »)	44
Figure 5 : Echantillons préparés et conservés conditionnée dans des boîtes de Petri	44
Figure 6 : . La solution mère de DPPH.....	45
Figure 7 : Concentrations préparées.)	46
Figure 8 : Activité antioxydante des écorces de grenade	50
Figure 9 : Activité antioxydante des dattes.....	51
Figure 10 : Activité antioxydante des figues sèches	52
Figure 11 : Évolution du pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de concentration des extraits d'écorces de grenade, de dattes et de figues sèches.	54

INTRODUCTION GENERALE

Le stress oxydatif constitue aujourd'hui un enjeu majeur de santé publique. Il résulte d'un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les mécanismes de défense antioxydants de l'organisme. Lorsque ces systèmes de protection deviennent insuffisants, l'accumulation des radicaux libres entraîne des dommages au niveau des lipides, des protéines et de l'ADN, favorisant ainsi le développement de nombreuses pathologies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies neurodégénératives, certains cancers ainsi que le vieillissement cellulaire (Favier, 2003 ; Halliwell et Gutteridge, 2007).

Face à cette problématique, les antioxydants d'origine naturelle suscitent un intérêt croissant en raison de leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à limiter les effets du stress oxydatif. Les fruits et leurs sous-produits représentent une source importante de composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins et les anthocyanines, reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et protectrices (Lansky et Newman, 2007 ; Seeram et al., 2006). L'exploitation de ces ressources naturelles constitue aujourd'hui une voie prometteuse pour le développement d'aliments fonctionnels et de produits à visée nutritionnelle et thérapeutique.

L'Algérie dispose d'un patrimoine fruitier riche et diversifié, comprenant notamment la grenade (*Punica granatum* L.), la datte (*Phoenix dactylifera* L.) et la figue (*Ficus carica* L.), trois fruits largement consommés et appréciés pour leur valeur nutritionnelle. La grenade est particulièrement reconnue pour la richesse de son écorce en polyphénols, notamment les ellagitanins, tandis que les dattes et les figues constituent d'excellentes sources de fibres alimentaires, de vitamines, de minéraux et de nombreux composés phénoliques (Al-Farsi et Lee, 2008 ; Wojdyło et al., 2016 ; Lansky et Newman, 2007). Malgré leur intérêt biologique, certaines parties de ces fruits, comme les écorces de grenade, demeurent insuffisamment valorisées alors qu'elles renferment une concentration élevée de molécules bioactives.

Dans ce contexte, l'évaluation du potentiel antioxydant de ces fruits représente un intérêt scientifique, nutritionnel et économique considérable. Parmi les méthodes les plus utilisées pour mesurer cette activité figure le test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), qui permet d'évaluer la capacité des extraits végétaux à piéger les radicaux libres et à prévenir les phénomènes d'oxydation (Brand-Williams et al., 1995).

Sur la base de ces constats, l'objectif principal de ce travail est d'évaluer et de comparer l'activité antioxydante des extraits d'écorces de grenade, de dattes et de figues sèches par la méthode du DPPH, afin d'identifier la source naturelle présentant le potentiel antioxydant le plus élevé et de mettre en évidence leur intérêt nutritionnel et thérapeutique.

Dans le cadre de cette étude, le mémoire est organisé en deux parties principales :

Une première partie bibliographique, consacrée à :

- La présentation nutritionnelle et biochimique des fruits étudiés (grenade, datte et figue) ;
- Les généralités sur le stress oxydatif, les espèces réactives de l'oxygène et les systèmes antioxydants ;
- Le potentiel antioxydant des composés bioactifs et leurs effets sur la santé.

Une deuxième partie expérimentale, portant sur :

- Le matériel végétal et les méthodes utilisées ;
- La préparation des extraits des différents échantillons ;
- L'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode du DPPH ;
- La comparaison et l'interprétation des résultats obtenus, suivies d'une discussion basée sur les données de la littérature scientifique.

Première Partie

Synthèse bibliographique

CHAPITRE 01.

***Présentation nutritionnelle et
biochimique des fruits étudiés.***

1. La Grenade

1. Origine et production en Algérie

Le grenadier est un arbre fruitier appartenant à la famille des Lythracées. Autrefois, il était classé dans la famille des Punicacées. Ce genre comprend trois espèces principales : *Punica protopunica*, *Punica nana* et *Punica granatum*, cette dernière étant la plus répandue et la plus connue.

Le grenadier peut vivre jusqu'à 200 ans, mais il atteint son maximum de production fruitière durant ses 20 premières années de fructification. Ses fleurs, de couleur rouge vif et d'environ 3 cm de diamètre, apparaissent en trois périodes de floraison entre mai et août. Les fruits issus de la première floraison présentent généralement le meilleur taux de nouaison (environ 90 %) et donnent les fruits les plus volumineux.

Cependant, seule une fleur sur trois se transforme en fruit, car les deux tiers des fleurs sont mâles. Le fruit du grenadier est une baie dont la couleur varie du jaune au rouge orangé, contenant en moyenne environ 600 graines entourées de pulpe. La couleur externe du fruit ne reflète pas toujours le niveau de maturité des graines, certaines variétés développant une peau rouge intense bien avant la maturité complète.

Selon la variété, les fruits atteignent leur maturité entre 5 et 8 mois après la première floraison (Fawole et Opara, 2013 ; Bdoudjenah et al., 2016).

Le grenadier possède plusieurs noms communs, tels que grenadier à fruits, pomme punique, balaustier, baloufié, balanstier et migrannier. Le terme *Punica* provient du latin et fait référence à la couleur rouge écarlate du fruit, tandis que *granatum* signifie « rempli de grains », en raison du grand nombre de graines présentes à l'intérieur du fruit (Lemoine, 1998).

Le grenadier est une espèce fruitière largement répandue à travers le monde. En Algérie, la production atteint environ 847 653 tonnes sur une superficie d'environ 12 114 hectares, répartis dans plusieurs wilayas.

À l'échelle mondiale, sa culture est particulièrement importante dans des pays comme l'Iran, l'Afghanistan, l'Inde, la Chine, ainsi que dans les pays du bassin méditerranéen, notamment la Tunisie, la Turquie, l'Égypte, l'Espagne et le Maroc (Carbonell et al., 2012 ; Melgarejo et al., 2015).

L'origine et la diffusion du grenadier remontent à la région de la Perse occidentale, d'où il s'est progressivement propagé vers la région méditerranéenne, avant de se répandre dans différentes régions du monde (Viyar et al., 2017).

Le grenadier (*Punica granatum L.*) est originaire du Moyen-Orient. À partir de cette région, il s'est progressivement diffusé dans plusieurs parties du monde, notamment à travers le bassin méditerranéen, puis vers l'Extrême-Orient, en Chine et en Inde, ainsi que vers le Nouveau Monde, en particulier en Californie et au Mexique (Lansky et Newman, 2007). On le rencontre ainsi fréquemment dans des pays comme l'Afghanistan, la Turquie, la Transcaucasie et l'Inde.

Sa culture est également très répandue dans les pays du bassin méditerranéen, notamment l'Espagne, l'Italie, la Grèce, l'Algérie, la Tunisie et le Maroc. En revanche, il est plus rarement cultivé dans le sud de la France, au Portugal, en Bulgarie et en Crimée. Sur le continent américain, la culture du grenadier reste relativement limitée et sporadique (Wald, 2009).

En Algérie, il existe une grande diversité de variétés de grenades présentant des qualités très variables. Actuellement, quatorze variétés sont officiellement autorisées à la production et à la commercialisation par l'État. Plusieurs types de grenadiers sont surtout présents dans le nord du pays, caractérisé par un climat subhumide, notamment dans les jardins de Kabylie et dans la plaine de la Mitidja (Chélif, Tipaza, Blida, Aïn Defla). On retrouve également cette culture dans certaines régions du sud de l'Algérie, comme Ouargla et Adrar (Kaci Meziane et al., 2015).

Ainsi, l'Algérie occupe une place importante parmi les pays producteurs de grenades, malgré certaines contraintes techniques et économiques, notamment celles liées à l'exportation dans ce secteur

Le grenadier est une culture fruitière présente en Algérie depuis plusieurs millénaires. Longtemps considéré comme une espèce fruitière secondaire, il connaît ces dernières années un développement croissant et un intérêt accru dans plusieurs régions du pays (Kaci Meziane, 2015).

La production de grenade en Algérie, ainsi que les superficies consacrées à cette culture, sont présentées dans le tableau suivant. (Tab 01)

Tableau 01. Production de grenade en Algérie (2018).

	Superficie plantée (Ha)	Superficie en rapport(Ha)	Production (Qx)
Djelfa	1240	1186	110 760
Mostaganem	1140	1145	186 261
Relizane	723	705	90 565
M'sila	486	474	31 960
Tlemcen	444	205	1590

Selon les données de la DSA (2018), la production nationale de grenade en Algérie atteint 421 136 quintaux. La wilaya de Mostaganem occupe la première place avec une production d'environ 186 261 quintaux, suivie par la wilaya de Djelfa avec 110 760 quintaux. La wilaya de M'sila se classe quant à elle quatrième en termes de production, avec 31 960 quintaux.

2. Composition nutritionnelle de la grenade

La grenade est un fruit riche en éléments nutritifs et en composés bioactifs bénéfiques pour la santé. Elle contient principalement des glucides, des vitamines, des minéraux ainsi que des composés phénoliques possédant une activité antioxydante.

Les principales valeurs nutritionnelles et la composition biochimique de la grenade sont présentées dans le tableau suivant

Tableau 02. Composition biochimique et valeur nutritionnelle de la grenade (Wald, 2009)

Zinc	0,12 mg
Cuivre	0,070 mg
Manganèse	0,12 mg
Iode	0,9 µg
Sélénium	0,6 µg
Vitamine B1	0,030 mg
Vitamine B2	0,030 mg
Vitamine B5	0,596 mg
Vitamine B6	0,105 mg
Vitamine B9	38 µg
Vitamine C	6,1 mg
Vitamine E	1 mg
Vitamine K	4,6 µg
Carotène	50 µg
Carotène	40 µg

composants	Quantité
Energie	68 Kcal soit 284 KJ
Eau	80,97 g
Protéines	0,95 g
Lipides	0,30 g
Acides gras saturés	0,12 g
Glucides	17,17 g
Fibres alimentaires	0,6 g
calcium	3 mg
Fer	0,30 mg
Magnésium	3 mg
Phosphore	8 mg
Potassium	259 mg
Sodium	3 mg

3. Composés actifs de la grenade

La composition chimique de la grenade varie selon l'espèce et les conditions de culture, notamment la qualité du sol, le climat, l'irrigation et la période de récolte (Ozkan, 2002). Les différentes parties du fruit, telles que le jus, les graines et l'écorce, contiennent de nombreux composés bioactifs d'intérêt biologique.

- **Jus de grenade**

Le jus de grenade contient principalement des sucres (glucose, fructose et saccharose) ainsi que plusieurs acides organiques, dont l'acide citrique, malique, oxalique et tartrique. Il est également une source de vitamines hydrosolubles, notamment la vitamine C et la vitamine A, présentes à des concentrations d'environ 4 à 6 mg/100 g, ainsi que de minéraux (Hmid et al., 2013).

Le jus de grenade est aussi riche en composés phénoliques, notamment les anthocyanines, responsables de sa couleur rouge et reconnues pour leurs propriétés antioxydantes. Leur teneur augmente au cours de la maturation du fruit puis diminue après le pressage (Hernandez et al., 1999). Par ailleurs, le grenadier contient également des flavanols et certaines indolamines telles que la tryptamine, la sérotonine et la mélatonine, impliquées dans la régulation de fonctions biologiques comme le sommeil et l'humeur (Lansky et al., 2007).

- **Graines de grenade**

Les graines de grenade renferment une huile riche en acides gras, dont environ 80 % d'acides gras insaturés. Le principal acide gras est l'acide punicoïque, accompagné d'autres acides gras comme l'acide oléique et l'acide linoléique (Hornung et al., 2002). Cette huile contient également des acides gras saturés, tels que l'acide palmitique et l'acide stéarique (Lansky et al., 2007).

- **Écorce de grenade**

L'écorce de grenade représente environ 40 % du poids du fruit et constitue une source importante de composés phénoliques, notamment des ellagitannins comme la punicalagine et la punicaline (Çam et al., 2010).

Des études ont montré que la peau de grenade contient un grand nombre de composés phénoliques, incluant des acides phénoliques, flavonoïdes, tanins hydrolysables, proanthocyanidines et anthocyanes (Ambigaipalan et al., 2016 ; Derakhshan et al., 2018). Elle renferme également des composés tels que l'acide gallique, l'acide ellagique, ainsi que d'autres dérivés phénoliques et des ellagitanins comme la granatine A et B (Lansky et al., 2007).

4. Propriétés antioxydantes et effets sur la santé

La grenade est reconnue comme l'un des fruits les plus riches en antioxydants, notamment en polyphénols, tanins et anthocyanes. Ces composés jouent un rôle important dans la neutralisation des espèces réactives de l'oxygène, contribuant ainsi à la protection de l'ADN contre certaines altérations associées à diverses maladies, telles que les maladies cardiovasculaires et certains types de cancer.

Les antioxydants sont particulièrement abondants dans l'extrait aqueux de l'écorce de grenade. Dans le jus de grenade, les principaux composés responsables de l'activité antioxydante sont les ellagitanins et les anthocyanines. Les ellagitanins représentent environ 92 % de l'activité antioxydante du jus de grenade et sont principalement concentrés dans l'écorce (Seeram et al., 2006).

L'activité antioxydante des polyphénols est liée à leur structure chimique, qui leur permet de donner des atomes d'hydrogène et d'interagir avec les espèces réactives de l'oxygène et de l'azote. Ce mécanisme contribue à interrompre les réactions en chaîne de formation des radicaux libres, ce qui augmente la stabilité chimique du système (Spiller, 2007).

Par ailleurs, certaines études expérimentales ont montré que l'extrait d'écorce de grenade peut renforcer les mécanismes antioxydants de l'organisme. Par exemple, une étude réalisée chez des rats présentant des lésions hépatiques a montré que le prétraitement avec cet extrait améliore l'activité des enzymes antioxydantes du foie, notamment la catalase, la superoxyde dismutase et la peroxydase, et entraîne une réduction d'environ 54 % de la peroxydation lipidique (Chidambara et al., 2002). D'autres travaux ont également montré que l'extrait d'écorce de grenade peut réduire la peroxydation lipidique dans les tissus du foie, du cœur et des reins (Parmar et Carr, 2008).

La grenade est reconnue pour ses nombreux effets bénéfiques sur la santé, principalement grâce à sa richesse en polyphénols, flavonoïdes, tanins et anthocyanines, qui possèdent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et protectrices (Lansky et Newman, 2007).

Plusieurs études ont montré que la consommation de grenade ou de son jus peut contribuer à réduire le risque de maladies cardiovasculaires. Les composés phénoliques présents dans la grenade aident à diminuer l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) et à améliorer la fonction des vaisseaux sanguins (Aviram et al., 2000).

La grenade possède également des propriétés anticancéreuses potentielles. Certains travaux ont démontré que les extraits de grenade peuvent inhiber la prolifération de certaines cellules tumorales et favoriser l'apoptose (mort cellulaire programmée) dans différents types de cancers, notamment le cancer de la prostate et du sein (Seeram et al., 2005).

Par ailleurs, plusieurs études ont montré que les extraits de grenade présentent des effets anti-inflammatoires et antimicrobiens, ce qui peut contribuer à la prévention de certaines infections et à la réduction des processus inflammatoires dans l'organisme (Jurenka, 2008).

La grenade pourrait également avoir un effet protecteur contre certaines maladies métaboliques, telles que le diabète. En effet, certains composés présents dans le fruit peuvent aider à améliorer la sensibilité à l'insuline et à réduire le stress oxydatif associé à cette pathologie (Johanningsmeier et Harris, 2011).

Ainsi, grâce à sa richesse en composés bioactifs, la grenade constitue un fruit d'un grand intérêt nutritionnel et thérapeutique, largement étudié pour ses effets protecteurs contre diverses maladies (Lansky et Newman, 2007).

5. Intérêt thérapeutique de la grenade

La grenade est un fruit largement étudié pour ses effets thérapeutiques, principalement grâce à sa richesse en polyphénols, flavonoïdes, anthocyanines et tanins, qui confèrent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et protectrices (Lansky et Newman, 2007).

- **Effets cardiovasculaires**

Le jus et les extraits de grenade peuvent améliorer la santé cardiovasculaire en réduisant l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL), en diminuant l'inflammation et en améliorant la fonction endothéliale des vaisseaux sanguins. Ces mécanismes contribuent à prévenir l'athérosclérose et les maladies cardiaques (Aviram et al., 2000 ; Rosenblat et al., 2006).

- **Effets sur le diabète**

La consommation de grenade peut aider à réguler la glycémie et améliorer la sensibilité à l'insuline. Les polyphénols présents dans le fruit réduisent le stress oxydatif et l'inflammation associée au diabète, contribuant ainsi à la prévention et à la gestion de cette maladie métabolique (Johanningsmeier et Harris, 2011 ; Fawole et Opara, 2013).

- **Effets digestifs**

La grenade exerce également des effets bénéfiques sur le système digestif. Les tanins et autres composés phénoliques présents dans le fruit possèdent des propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires, qui peuvent protéger la muqueuse intestinale et prévenir certaines infections digestives. Des études ont montré que l'extrait de grenade peut inhiber la croissance de bactéries pathogènes dans le tube digestif et contribuer à une meilleure santé intestinale (Jurenka, 2008 ; Lansky et Newman, 2007).

En résumé, la grenade constitue un fruit à fort potentiel thérapeutique, agissant sur plusieurs systèmes physiologiques et contribuant à la prévention de maladies chroniques et infectieuses.

II. La Figue

1. Origine et production en Algérie

Le figuier (*Ficus carica* L.) est un arbre dont la domestication remonte à plusieurs millénaires, passant d'une plante sauvage à une culture largement appréciée pour ses fruits et ses usages thérapeutiques (Jeddi, 2009). Il est mentionné dans des textes anciens et même dans la Sourate At-Tin du Coran, soulignant son importance culturelle et religieuse (Jeddi, 2009).

Outre ses propriétés médicinales et nutritionnelles, les figues étaient utilisées comme édulcorant naturel bien avant l'apparition du sucre raffiné (Deborah et Stéphanie, 2008). Elles sont également mentionnées dans les hymnes babyloniens vers 2000 av. J.-C., et leur usage médicinal était déjà connu au début de la période sumérienne, vers 2900 av. J.-C. À Athènes, tous les habitants étaient surnommés « philosykos », littéralement « amis des figues » (Vinson, 1999).

Le nom scientifique *Ficus carica* a une signification particulière : Ficus fait référence aux verrues, car le latex du figuier était utilisé pour les soigner, et carica évoque la région de Carie en Turquie (Jeddi, 2009). Le figuier est originaire de l'Asie occidentale et s'est propagé dans la région méditerranéenne grâce à l'intervention humaine (Starr et al., 2003).

Introduites en Amérique par les Espagnols au début du XVI^e siècle, les figues ont été introduites en Californie depuis le Mexique en 1769 (Crisosto et al., 2010). Aujourd'hui, le figuier est cultivé dans le monde entier, témoignant de son importance historique et de son adaptation à divers climats (Starr et al., 2003).

L'origine exacte du figuier reste partiellement incertaine, mais il est généralement considéré comme originaire de l'Asie occidentale, de l'Afrique du Nord ou des îles Canaries, probablement issu du métissage de certaines espèces sauvages (Vilmorin, 2003). La figue s'est progressivement répandue le long du bassin méditerranéen avant d'être introduite en Afrique du Nord par les Arabes (Solabia, 1998).

Selon certains botanistes, le figuier serait originaire du sud de l'Arabie ou de l'Asie Mineure, son centre d'origine étant le Yémen, avec une extension naturelle à travers la Palestine et la Syrie. Des restes de figues datant de 7000 ans av. J.-C. ont été découverts lors de fouilles à Jéricho, témoignant de sa longue histoire de domestication (Flaishman et al., 2008).

2. Distribution géographique

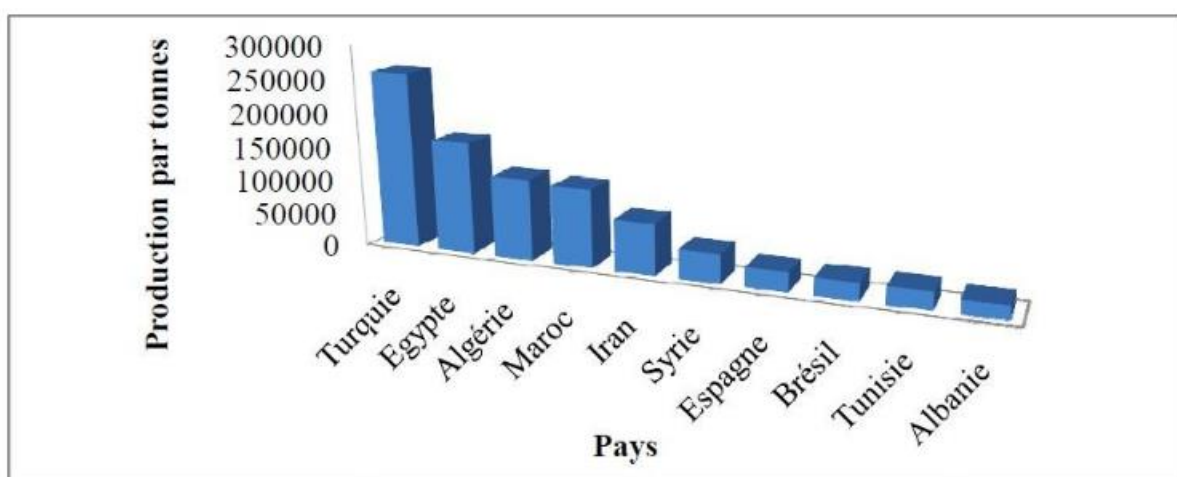
L'intérêt humain pour le figuier a favorisé sa propagation à travers le monde (Oukabli, 2003). Il est cultivé dans toutes les régions présentant un climat proche de celui de la Méditerranée (Vidaud, 1997). Les habitats naturels se trouvent principalement en Syrie et en Anatolie, et le figuier s'est ensuite répandu vers le nord de l'Afrique, l'Espagne, le Mexique, le

Chili, le Pérou, et la Californie. Il a également été introduit en Amérique du Sud via la France, ainsi qu'en Mésopotamie, en Iran et en Inde à partir de l'Anatolie (Preedy et Watson, 2014).

La production mondiale de figues atteint environ un million de tonnes par an, avec 974 414 tonnes produites en 2015 (Faostat, 2015). La Turquie est le premier producteur, représentant près du quart de la production mondiale, suivie par l'Égypte, l'Algérie et le Maroc (Faostat, 2015).

En Algérie, le figuier est l'une des trois principales cultures fruitières, aux côtés des oliviers et des agrumes (INRAA, 2006). La majorité des plantations se situe en Kabylie (Chouaki et al., 2006). Selon FAOSTAT (2015), les figuiers cultivés couvrent une superficie d'environ 44 608 hectares.

Figure 01. Production des figues en tonnes dans les principaux pays du monde (Faostat, 2015).



3. Composition nutritionnelle

Les figues, fraîches ou sèches, sont des fruits très nutritifs, riches en fibres, glucides, acides aminés, vitamines et minéraux, tout en étant dépourvues de graisses et de cholestérol (Wojdyło et al., 2016).

- **Glucides**

Les figes contiennent principalement des sucres simples, tels que glucose, fructose, avec de petites quantités de saccharose, galactose et arabinose (Golubev et al., 1987 ; Veberic et Mikulic-Petkovsek, 2016).

- 100 g de figes fraîches : ~19 g de glucides dont 16 g de sucres (Lim, 2012).
- 100 g de figes sèches : ~64 g de glucides dont 48 g de sucres, apportant une énergie six fois supérieure à celle des figes fraîches (Gamero, 2002).

- **Lipides**

Les figes sont très faiblement lipidiques (~1,9%), mais contiennent des acides gras insaturés majoritaires. Les graines renferment des acides gras essentiels (linoléique, linolénique) et non essentiels (oléique, palmitique, stéarique) (Mahmoudi, 2018 ; Badgujar et al., 2014). L'acide linoléique est particulièrement concentré dans la peau du fruit.

- **Acides organiques**

Les principaux acides organiques présents dans le figuier sont : malique (56–96 %), quinique (28–37 %), oxalique, citrique, shikimique et fumarique. L'acide oxalique est plus abondant dans les feuilles que dans la pulpe (Mahmoudi, 2018 ; Oliveira et al., 2009).

- **Protéines et acides aminés**

Les figes fraîches contiennent ~0,75 g/100 g de protéines, avec environ 17 acides aminés, les plus abondants étant l'aspartique et le glutamique (Lim, 2012).

- **Fibres alimentaires**

Les figes sont riches en fibres solubles et insolubles (cellulose, hémicellulose, pectine, lignine), contribuant à réguler le transit intestinal et à prévenir la constipation. 100 g de figes fraîches apportent ~5 g de fibres (Ramulu et Rao, 2003 ; Morovati et al., 2022).

- **Vitamines**

Les figues sont une bonne source de vitamines hydrosolubles (B1, B2, C) et liposolubles (A, D2, D3, K1, α -, γ -, δ -tocophérol). Les feuilles contiennent jusqu'à 10 fois plus de vitamine E que le soja (Guvenc et al., 2009 ; Badgujar et al., 2014).

- **Minéraux**

Les figues sont riches en potassium, calcium, magnésium, phosphore, sodium, fer et zinc, et contiennent également des oligo-éléments comme iode (1,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) et fluor (20 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) (Lim, 2012 ; Mendoza-Castillo et al., 2019 ; Favier et al., 1993).

En résumé, les figues constituent un fruit très nutritif, énergétique, riche en fibres, vitamines et minéraux, adapté à différents régimes alimentaires et aux besoins nutritionnels humains.

Tableau 03. Valeur nutritionnelle de 100g de la figue (Guvenc et al, 2009).

Valeur nutritionnelle		Fraîche	Séchée
Calories		80	274
Eau		77,5- 86,8 g	23,0 g
Macronutriments	Protéine	1,2- 1,3 g	4,3 g
	Matière grasse	0,14- 0,30 g	1,3 g
	Fibres	1,2- 2,2 g	5,6 g
Macroéléments	Calcium	35-78,2 mg	126 mg
	Sodium	2,0 mg	34 mg
	Potassium	194 mg	640 mg
Vitamines	Provitamine A	20- 270 UI	80 UI
	Thiamine (vit B1)	0,034- 0,06 mg	0, 10 mg
	Riboflavine (vit B2)	0,053- 0,079 mg	0,10 mg
	Niacine (vit B3)	0,32- 0,412 mg	0,7 mg
	Acide ascorbique	12,2- 17,6 mg	1 mg

4. Composés actifs

Les composés phénoliques (ou polyphénols) sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupes hydroxyles libres ou liés à un glucide. Ils se trouvent dans toutes les parties des végétaux supérieurs — racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits, graines et bois — et jouent un rôle important dans de nombreux processus physiologiques, tels que la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines et la maturation des fruits. Les principaux polyphénols sont les anthocyanes, flavonoïdes et tannins (Boizot et Charpentier, 2006).

Dans les fruits et légumes, ces composés contribuent également aux propriétés sensorielles, notamment la couleur et la saveur (Del Caro et Piga, 2007).

Des études phytochimiques ont montré que *Ficus carica* contient de nombreux composés bioactifs, notamment :

- Composés phénoliques et acides phénoliques : 3-O- et 5-O-caffeoylquinic acids, acide férulique, quercétine-3-O-glucoside, quercétine-3-O-rutinoside, psoralène, et bergaptène.
- Acides organiques : oxalique, citrique, malique, quinique, shikimique et fumarique.
- Autres composés : phytostérols, anthocyanes, triterpénoïdes, coumarines et composés volatils tels que les alcools aliphatiques (Shukranul et al., 2013).

Ces polyphénols et acides organiques ont été isolés à partir des feuilles, de la pulpe et de la peau des figes, soulignant la richesse biochimique de cette espèce et son potentiel thérapeutique (Shukranul et al., 2013).

5. Propriétés antioxydantes et effets sur la Santé

Les figes sont reconnues pour leur forte activité antioxydante, principalement attribuée à leur richesse en polyphénols, flavonoïdes, anthocyanes, acides phénoliques et triterpénoïdes. Ces composés jouent un rôle clé dans la neutralisation des radicaux libres, contribuant ainsi à la protection contre le stress oxydatif et les dommages cellulaires (Boizot et Charpentier, 2006 ; Shukranul et al., 2013).

- **Effets cardiovasculaires**

Les composés phénoliques des figes, en particulier les flavonoïdes et la pectine, peuvent réduire le cholestérol sanguin et améliorer la santé cardiovasculaire. Ils agissent en diminuant l'oxydation des lipoprotéines LDL et en favorisant la fonction endothéliale des vaisseaux sanguins (Ramulu et Rao, 2003 ; Gamero, 2002).

- **Effets digestifs**

La teneur élevée en fibres solubles et insolubles des figes facilite le transit intestinal, prévient la constipation et contribue à une microbiote intestinale saine. La pectine, fibre soluble majeure, aide également à réguler le taux de cholestérol sanguin (Bidri, 2018 ; Ramulu et Rao, 2003).

- **Effets antidiabétiques et métaboliques**

Les polyphénols des figes peuvent jouer un rôle dans la régulation de la glycémie et l'amélioration de la sensibilité à l'insuline, ce qui peut contribuer à la prévention et la gestion du diabète de type 2 (Lim, 2012 ; Mahmoudi, 2018).

- **Effets anti-inflammatoires et anticancéreux**

Les extraits de figes présentent des propriétés anti-inflammatoires et cytoprotectrices, en inhibant certaines enzymes pro-inflammatoires et en protégeant les cellules contre le stress oxydatif. Certains composés phénoliques peuvent également inhiber la prolifération de cellules tumorales et favoriser l'apoptose (Shukranul et al., 2013).

En résumé, grâce à leur composition riche en polyphénols, fibres, vitamines et minéraux, les figes constituent un fruit fonctionnel, apportant des effets protecteurs sur la santé cardiovasculaire, digestive et métabolique, tout en contribuant à la prévention de maladies chroniques (Boizot et Charpentier, 2006 ; Shukranul et al., 2013 ; Bidri, 2018)

6. Intérêt thérapeutique

Les figes sont des fruits fonctionnels riches en fibres, polyphénols, vitamines et minéraux, ce qui leur confère de multiples effets bénéfiques sur la santé.

- **Effets cardiovasculaires**

- Les polyphénols et flavonoïdes présents dans les figes réduisent le cholestérol LDL oxydé et favorisent la fonction endothéliale, contribuant ainsi à la prévention des maladies cardiovasculaires.
- La pectine, fibre soluble des figes, participe à la réduction du cholestérol sanguin (Ramulu et Rao, 2003 ; Gamero, 2002).

- **Effets sur le diabète**

- Les figes contiennent des fibres solubles et des polyphénols qui permettent de réguler la glycémie et d'améliorer la sensibilité à l'insuline.
- Ces propriétés contribuent à la prévention et au contrôle du diabète de type 2 (Lim, 2012 ; Mahmoudi, 2018).

- **Effets digestifs**

- La richesse en fibres solubles et insolubles facilite le transit intestinal et prévient la constipation.
- La pectine et d'autres fibres contribuent également à maintenir un microbiote intestinal sain et à réguler le cholestérol (Bidri, 2018 ; Ramulu et Rao, 2003).

En résumé, la consommation de figes apporte des bénéfices cardiovasculaires, métaboliques et digestifs, grâce à leur richesse en fibres et composés bioactifs.

III. La Datte

1. Origine et production en Algérie

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'une des plus anciennes plantes cultivées par l'homme, répandue au Moyen-Orient, en Afrique du Nord, en Asie du Sud-Ouest, dans le sud de l'Europe et en Amérique du Sud (Benchelah et Maka, 2006 ; Lim, 2012).

Cet arbre revêt un intérêt majeur et constitue à la fois une culture traditionnelle et moderne dans l'agriculture saharienne algérienne. En raison de son importance et de son rôle vital, le dattier est surnommé « arbre de vie » (Nixon, 1951), « pain du désert » (Simon, 1978) et « arbre sacré » (Porter, 1993).

Probablement originaire du golfe Persique, le dattier est une espèce dioïque et monocotylédone appartenant à la grande famille des palmiers et produisant des dattes (Peyron, 2000 ; Mazoyer, 2002).

Le nom scientifique *Phoenix dactylifera* L. a été attribué par Linné en 1754 (Munier, 1973). « Phoenix » dérive du terme phénicien désignant le dattier, tandis que « dactylifera » provient du grec *dactulos*, signifiant doigt, en référence à la forme allongée des fruits (Djerbi, 1994).

L'Algérie est classée parmi les plus grands pays producteurs de la datte, avec des situations agronomiques et économiques importantes concernant la production nationale.

- **Superficie et culture du palmier dattier en Algérie**

Dans le Sahara algérien, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est un élément vital de l'écosystème et contribue à atténuer diverses formes de dommages tels que l'ensablement et le rayonnement solaire intense, qui pourraient nuire à d'autres cultures comme les arbres fruitiers, les légumes et céréales. De plus, la présence de palmiers dattiers dans ces régions désertiques joue un rôle crucial dans la survie et la préservation de nombreuses espèces animales et végétales (Cheikh Salah, 2020).

En plus de fournir un fruit de haute qualité, la datte, la culture de cette plante revêt une importance socio-économique majeure pour les populations locales, car elle génère une variété de sous-produits tels que des produits culinaires, artisanaux et de menuiserie. L'Algérie, pays connu pour ses vastes zones de culture s'étendant sur plus de 160 000 hectares et plus de 2 millions de jardins, est classée sixième au niveau mondial et première dans la région du Maghreb, avec une production annuelle moyenne de 500 000 tonnes de dattes (Messaoud, 2019).

- **Zones de production de dattes en Algérie**

La majorité de la culture du palmier dattier se situe dans les wilayas sahariennes d'Algérie. La superficie estimée occupée par les palmiers dattiers est de 172 033 hectares, avec plus de 17 millions de palmiers individuels (MADR, 2019), et un rendement de production de près de 1 188 803 tonnes de dattes en 2021 (FAO, 2023).

Les zones de culture se trouvent typiquement au sud de l'Atlas saharien, couvrant 17 wilayas (mais en réalité 16 wilayas, la wilaya de M'Sila ayant perdu son potentiel). Les palmeraies algériennes sont surtout situées dans la région nord-est du Sahara, au niveau des oasis (Ghazi et Sahraoui, 2005).

2. Composition nutritionnelle

- **Partie comestible (pulpe)**

La pulpe de la datte est constituée principalement de :

- **Eau** : sa teneur varie selon la variété, le stade de maturation et le climat, allant de 7,2 à 50,4 % du poids de la chair (Al-Farsi et Lee, 2008).
- **Sucres** : la pulpe est riche en sucres facilement assimilables (glucose, fructose, saccharose), représentant environ 70 % du poids de la pulpe (Acourene et Tama, 1997 ; Mabood et al., 2015).
- **Fibres alimentaires** : la datte contient pectine, cellulose, hémicellulose et lignine, avec des teneurs comprises entre 3,57 et 10,9 g/100 g de poids sec (Elleuch et al., 2008).
- **Protéines** : faibles (2–2,2 % du poids sec), mais comprenant plusieurs acides aminés essentiels tels que l'acide aspartique, l'alanine, l'arginine, la cystéine, l'histidine, la méthionine et la sérine (Hamad et al., 2015).
- **Lipides** : faible teneur, environ 2,9 % du poids frais (El-Sohaimy et al., 2010).
- **Vitamines** : acide folique, niacine, riboflavine et thiamine (Agboola et Adejumo, 2013).
- **Éléments minéraux** : calcium, fer, magnésium, manganèse, zinc, cuivre et potassium (Thouri et al., 2017).

- **Partie non comestible (noyau)**

Le noyau de datte présente une composition différente :

- **Eau** : faible, environ 6,46 % (Munier, 1973).
- **Sucres** : très faibles, entre 1,97 et 3,93 g/kg (glucose, fructose, raffinose, stachyose, saccharose et galactose) (Al Juhaimi et al., 2012).
- **Fibres** : élevées, allant de 15,84 à 19,9 g/100 g de poids sec (Bouhlali et al., 2015).

- **Protéines** : faibles, comprises entre 2,29 et 5,4 g/100 g de poids sec (Al-Farsi et al., 2007).
- **Lipides** : 5,66 à 6,97 % du poids frais (Bouhlali et al., 2015).
- **Éléments minéraux** : relativement faibles, principalement calcium, magnésium, potassium, zinc, cuivre et manganèse (Al Juhaimi et al., 2012 ; Bouhlali et al., 2015 ; Thouri et al., 2017 ; Bijami et al., 2020).

3. Composés actifs des dattes

- **Sucres**
 - Glucose, fructose, saccharose : représentent la majeure partie de la pulpe (Mabood et al., 2015).
 - Fournissent une source d'énergie rapidement assimilable.
- **Fibres alimentaires**
 - Pectine, cellulose, hémicellulose, lignine (Ammar et al., 2014).
 - Favorisent la régulation intestinale et la réduction du cholestérol.
- **Protéines et acides aminés**
 - Faible teneur (2–2,2 % du poids sec), mais avec présence d'acides aminés essentiels : aspartique, alanine, arginine, cystéine, histidine, méthionine, sérine (Al-Farsi et Lee, 2008).
- **Lipides**
 - Pulpe : faible teneur (~2,9 %), noyau : 5,66–6,97 % du poids frais.
 - Les acides gras incluent l'acide linoléique, l'acide linoléique, l'acide palmitique, l'acide stéarique et l'acide oléique (Mahmoudi, 2018).
- **Vitamines**
 - Acide folique, niacine, riboflavine, thiamine, vitamine C, vitamine A (Agboola et Adejumo, 2013).
- **Minéraux**
 - Calcium, magnésium, potassium, zinc, cuivre, manganèse, fer (Thouri et al., 2017).
- **Composés phénoliques et antioxydants**
 - Flavonoïdes (quercétine, apigénine), acides phénoliques (acide gallique, acide protocatéchique, acide caféique), tanins, caroténoïdes (Vayalil, 2002).

- Activité antioxydante importante, contribuant à la protection contre le stress oxydatif et les maladies chroniques.
- **Composés bioactifs mineurs**
 - Phytostérols, acides organiques (citrique, malique, oxalique), coumarines et composés volatils (Shukranul et al., 2013).

4. Propriétés antioxydantes des dattes (*Phoenix dactylifera* L.) et effets sur la Santé

Les dattes sont reconnues pour leur puissance antioxydante, ce qui contribue à leurs effets protecteurs sur la santé. L'activité antioxydante est attribuée principalement à leur richesse en composés phénoliques, flavonoïdes, caroténoïdes et vitamines.

✓ Composés responsables

- **Polyphénols**
 - Acides phénoliques : acide gallique, acide caféique, acide chlorogénique, acide ferulique
 - Flavonoïdes : quercétine, catéchine, épicatechine, apigénine
 - Tanins : présents principalement dans la peau et la pulpe des dattesCes composés agissent comme des piègeurs de radicaux libres, interrompant la chaîne de réactions oxydatives et limitant les dommages cellulaires (Al-Farsi & Lee, 2008).
- **Caroténoïdes**
 - Bêta-carotène et autres pigments liposolubles qui possèdent une capacité d'absorption des radicaux libres et protègent les membranes cellulaires.
- **Vitamines antioxydantes**
 - Vitamine C : neutralise les radicaux libres hydrosolubles
 - Vitamine A : protège contre l'oxydation des lipides (El-Sohaimy, 2010)

✓ Mécanismes d'action

- Piégeage des radicaux libres : les composés phénoliques cèdent des atomes d'hydrogène aux radicaux libres, les stabilisant et empêchant la propagation des dommages oxydatifs.
- Protection des lipides : les caroténoïdes et polyphénols limitent la peroxydation lipidique dans les membranes cellulaires.
- Renforcement des défenses enzymatiques : certains extraits de dattes augmentent l'activité de superoxyde dismutase, catalase et glutathion peroxydase, enzymes clés de la protection antioxydante (Al-Farsi & Lee, 2008).

✓ Implications pour la santé

- **Prévention des maladies cardiovasculaires**

- Réduction de l'oxydation des lipides sanguins et protection des parois artérielles.
- Maintien d'un équilibre entre LDL et HDL, réduisant le risque d'athérosclérose (Mabood et al., 2015).

- **Effet antidiabétique**

- Les antioxydants ralentissent le stress oxydatif dans le pancréas et améliorent la sensibilité à l'insuline.

- **Effets anticancéreux et anti-inflammatoires**

- Les polyphénols inhibent la prolifération cellulaire anormale et diminuent l'inflammation systémique, contribuant à la prévention de certaines tumeurs (Shukranul et al., 2013).

- **Protection du système digestif**

- Les fibres et antioxydants agissent ensemble pour protéger la muqueuse intestinale contre les dommages oxydatifs.

✓ Influence des facteurs externes

- La variété de dattes, le stade de maturation et les conditions de stockage influencent la concentration en polyphénols et l'activité antioxydante globale.

- Les dattes sèches concentrent davantage de sucres et polyphénols par rapport aux dattes fraîches, ce qui augmente leur potentiel antioxydant (Al-Farsi & Lee, 2008).

5. Intérêt thérapeutique des dattes (*Phoenix dactylifera* L.)

✓ Cardiovasculaire

Les dattes possèdent une forte activité antioxydante grâce aux polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes, ce qui permet de réduire le stress oxydatif et l'oxydation des lipides sanguins.

- Elles contribuent à la prévention de l'athérosclérose en maintenant l'équilibre entre LDL et HDL.
- La consommation régulière de dattes est associée à une protection des parois artérielles et à la réduction des risques de maladies cardiaques (Mabood et al., 2015 ; Al-Farsi & Lee, 2008).

✓ Diabète

Les dattes contiennent des sucres facilement assimilables (glucose, fructose, saccharose), mais également des fibres solubles et polyphénols qui contribuent à réguler la glycémie :

- Les fibres retardent l'absorption des sucres, réduisant les pics glycémiques.
- Les antioxydants protègent les cellules pancréatiques contre le stress oxydatif et améliorent la sensibilité à l'insuline (Vayalil, 2002 ; El-Sohaimy, 2010).

✓ Digestif

Les dattes sont riches en fibres alimentaires (pectine, cellulose, hémicellulose, lignine)

- Elles favorisent le transit intestinal et préviennent la constipation.
- Les fibres solubles, comme la pectine, aident à réguler le cholestérol sanguin et nourrissent la flore intestinale bénéfique (Elleuch et al., 2008 ; Ahmed et al., 2013).
- Les composés antioxydants protègent également la muqueuse digestive des dommages oxydatifs (Al-Farsi & Lee, 2008)

CHAPITRE 02.

***Généralités sur le stress
oxydatif et les antioxydants.***

1. Définition du stress oxydant

Le stress oxydant se définit comme un déséquilibre entre la production d'espèces réactives oxygénées (ERO) et leur élimination par les systèmes de défense antioxydants (Bonnefont-Rousselot et al., 2003). Lorsque ce déséquilibre s'installe, il peut entraîner des effets délétères sur les structures cellulaires.

Les ERO sont en effet capables d'endommager plusieurs constituants essentiels de la cellule, notamment les protéines, les lipides et les acides nucléiques, altérant ainsi leur structure et leur fonction (Cadenas & Davies, 2000 ; Pincemail et al., 1999).

Cependant, dans des conditions physiologiques normales, les ERO sont produites en faibles quantités et jouent des rôles importants en tant que médiateurs dans certains processus biologiques, tels que les réactions métaboliques ou les mécanismes de défense. Leur production est alors finement régulée par des systèmes antioxydants, assurant un équilibre entre les composés pro-oxydants et antioxydants.

Toutefois, cet équilibre peut être perturbé par différents facteurs, conduisant à une prédominance des agents pro-oxydants. Cette rupture de l'homéostasie redox est à l'origine du stress oxydant (Favier, 2003).

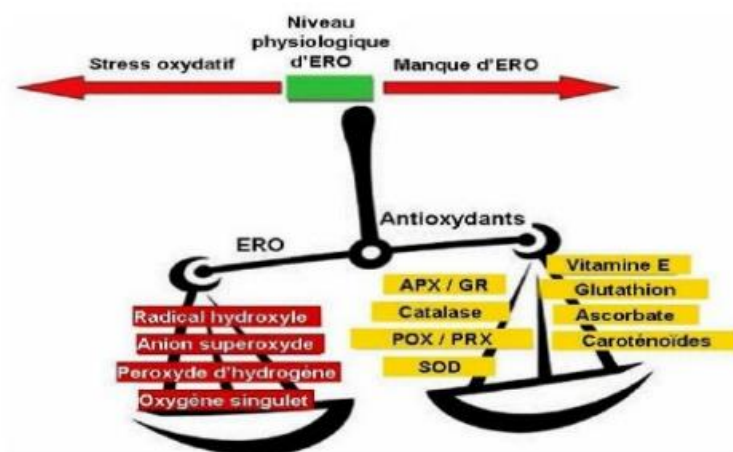


Figure 02. Schématisation de la balance entre les espèces réactives oxygénées(ROS) et les antioxydants (Pourrut, 2008).

Le métabolisme chez les végétaux produits à l'état physiologique plusieurs variétés d'ERO (Figure 02). Dans le cas d'un stress oxydatif, tous les ROS ne sont pas extrêmement réactifs, cette réactivité étant très variable selon la nature du radical. Parmi les radicaux formés chez les végétaux on distingue (Smirnoff, 2005) : Anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$) Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) Radical hydroxyle ($H O^{\bullet}$)

2. Mécanisme du stress oxydatif

Le stress oxydatif correspond à une perturbation de l'homéostasie redox cellulaire, résultant d'un excès d'espèces réactives oxygénées (ERO) par rapport aux capacités de neutralisation des systèmes antioxydants. Ce processus met en jeu plusieurs étapes interdépendantes.

1. Formation des espèces réactives oxygénées (ERO)

Les ERO sont produites de manière continue dans les cellules, principalement au cours du métabolisme aérobie. La mitochondrie constitue la principale source intracellulaire, notamment au niveau de la chaîne de transport des électrons, où une fuite d'électrons conduit à la réduction partielle de l'oxygène en anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$) (Cadenas & Davies, 2000).

D'autres sources enzymatiques contribuent également à leur production :

- les NADPH oxydases (NOX), impliquées dans la réponse immunitaire,
- la xanthine oxydase, lors du métabolisme des purines,
- les cytochromes P450, impliqués dans la détoxification
- les réactions inflammatoires via les cellules phagocytaires (Pincemail et al., 1999).

Certaines ERO sont également générées par des facteurs exogènes tels que :

- les rayonnements UV
- la pollution
- le tabagisme
- certains médicaments ou toxiques (Favier, 2003).

Les principales ERO incluent :

- l'anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$),
- le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2),
- le radical hydroxyle ($\bullet OH$), particulièrement réactif et toxique.

2. Systèmes de défense antioxydants

Pour limiter les effets délétères des ERO, l'organisme possède un système de défense complexe, composé d'antioxydants enzymatiques et non enzymatiques.

- a. Systèmes enzymatiques
- b. Superoxyde dismutase (SOD) : catalyse la dismutation de l'anion superoxyde en H_2O_2 .
- c. Catalase (CAT) : transforme le H_2O_2 en eau et en oxygène.
- d. Glutathion peroxydase (GPx) : réduit le H_2O_2 et les peroxydes lipidiques en utilisant le glutathion réduit (GSH).

b) Systèmes non enzymatiques

- le glutathion (GSH), principal antioxydant intracellulaire,
- les vitamines antioxydantes (vitamine C, vitamine E),
- les caroténoïdes et les polyphénols d'origine alimentaire.

Lorsque ces systèmes sont débordés ou altérés, l'équilibre redox est rompu en faveur des

3. Réactions radicalaires et amplification du stress oxydatif

Les ERO, notamment le radical hydroxyle ($\bullet\text{OH}$), initient des réactions en chaîne appelées réactions radicalaires. Ces réactions sont auto-entretenues et amplifient les dommages cellulaires.

Un exemple majeur est la réaction de Fenton, où le peroxyde d'hydrogène réagit avec des ions métalliques (Fe^{2+}) pour produire des radicaux hydroxyles très réactifs.

4. Cibles moléculaires et dommages oxydatifs

Les ERO attaquent différentes biomolécules essentielles :

a) Lipides (peroxydation lipidique)

Les acides gras polyinsaturés des membranes cellulaires sont particulièrement sensibles. Leur oxydation entraîne :

- une perte de fluidité membranaire,
- une augmentation de la perméabilité,
- la formation de produits toxiques secondaires (malondialdéhyde, 4-HNE).

b) Protéines

Les ERO provoquent :

- l'oxydation des acides aminés,
- la formation de ponts disulfures anormaux,
- une perte d'activité enzymatique ou une dégradation protéique.

c) ADN

Les dommages incluent :

- des cassures simple ou double brin,
- des modifications des bases (ex : 8-oxo-guanine),
- des mutations pouvant conduire à des dysfonctionnements cellulaires ou à la cancérogenèse (Pincemail et al., 1999).

5. Conséquences physiopathologiques

Les altérations induites par le stress oxydatif peuvent entraîner :

- une dysfonction cellulaire,
- l'activation de voies de signalisation (NF- κ B, apoptose),
- la mort cellulaire (apoptose ou nécrose).

À long terme, le stress oxydatif est impliqué dans de nombreuses pathologies :

- maladies cardiovasculaires
- maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson)
- diabète
- cancer
- vieillissement cellulaire (Favier, 2003).

6. Espèces réactives de l'oxygène (ERO) et mécanismes de formatio

L'oxygène, deuxième élément le plus abondant de l'atmosphère (~21 %), est indispensable à la vie des organismes aérobies, qui l'utilisent pour oxyder des substrats riches en carbone et en hydrogène.

Cependant, au cours de ces réactions, l'oxygène peut subir une réduction partielle conduisant à la formation d'intermédiaires très réactifs appelés espèces réactives de l'oxygène (ERO) (Garrel et al., 2007 ; Simonian & Coyle, 1996).

Les ERO regroupent à la fois :

- **des espèces radicalaires** : anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), radical hydroxyle ($\bullet OH$),
- **des espèces non radicalaires** : peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), oxygène singulet (1O_2).

a. Radicaux libres

Un radical libre est une entité chimique (atome ou molécule) possédant un électron non apparié, ce qui lui confère une grande instabilité et une forte réactivité. Afin de se stabiliser, il peut soit capter un électron (comportement oxydant), soit en céder un (comportement réducteur), initiant ainsi des réactions en chaîne génératrices de nouveaux radicaux.

Cette réactivité élevée rend leur détection difficile dans les milieux biologiques (Bonnetfont-Rousselot et al., 2003).

b. Formation des principales ERO

Dans les cellules végétales, plusieurs ERO sont produites en conditions physiologiques normales, avec une réactivité variable selon leur nature (Smirnoff, 2005) :

- **Anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$)** : formé par l'ajout d'un électron à l'oxygène moléculaire, principalement au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale.
- **Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)** : molécule non radicalaire, diffusible à travers les membranes, jouant un rôle en signalisation cellulaire à faible concentration, mais devenant toxique à forte dose. Il peut générer des radicaux hydroxyles via la réaction de Fenton en présence de métaux (Fe^{2+} , Cu^{2+}) (Wardman & Candeias, 1996).
- **Radical hydroxyle ($\bullet OH$)** : espèce la plus réactive, formée à partir du H_2O_2 (réaction de Fenton) ou via la réaction de Haber-Weiss impliquant le superoxyde.

7. Sources cellulaires des ERO chez les végétaux

Les ERO sont produites en continu dans différents compartiments cellulaires, notamment lors du métabolisme normal ou en réponse à des stress abiotiques.

a) Chloroplastes

Les chloroplastes constituent une source majeure d'ERO chez les organismes photosynthétiques (Foyer & Noctor, 2003 ; Asada, 2006). Lors de la photosynthèse, un excès d'énergie lumineuse ou une perturbation de la fixation du CO₂ entraîne une accumulation d'électrons, favorisant la formation d'ERO :

- production d'oxygène singulet (¹O₂) au niveau du photosystème II,
- formation de superoxyde (O₂•⁻) au niveau des photosystèmes I et II, notamment via la réaction de Mehler.

Le superoxyde est ensuite converti en H₂O₂, qui peut générer des radicaux hydroxyles en présence de métaux.

b) Mitochondries

Les mitochondries représentent une source importante d'ERO liée à la respiration cellulaire. Une fraction de l'oxygène consommé (~5 %) est convertie en superoxyde en raison de fuites d'électrons au niveau des complexes I et III de la chaîne respiratoire (Turrens & Boveris, 1980 ; Brookes, 2005).

Le superoxyde est rapidement transformé en H₂O₂ par la superoxyde dismutase. Bien que cette production soit physiologique, elle peut augmenter en conditions de stress.

c) Peroxysomes

Les peroxysomes jouent un rôle central dans la production de H₂O₂, notamment lors de la photorespiration et du métabolisme oxydatif (del Rio et al., 2002).

Les principales sources d'ERO dans ces organites incluent :

- l'oxydation de la xanthine par la xanthine oxydase, générant du superoxyde,
- les réactions de photorespiration, produisant du H₂O₂ via la glycolate oxydase.

Les peroxysomes sont considérés comme des producteurs majeurs de H₂O₂ chez les plantes, avec des niveaux pouvant dépasser ceux des chloroplastes et des mitochondries (Noctor et al., 2002).

Ainsi, les espèces réactives de l'oxygène sont des sous-produits inévitables du métabolisme aérobie. Leur formation résulte principalement des activités des chloroplastes, des mitochondries et des peroxysomes. Bien qu'elles jouent un rôle physiologique important en signalisation cellulaire, leur accumulation excessive conduit à des dommages oxydatifs, participant au développement du stress oxydatif.

III. Conséquences du stress oxydatif sur la santé

Le stress oxydatif, résultant d'un déséquilibre entre les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les systèmes antioxydants, peut entraîner des altérations importantes des structures cellulaires et contribuer au développement de nombreuses pathologies.

1. Dommages cellulaires et moléculaires

L'excès d'ERO provoque des atteintes au niveau des principales biomolécules :

- **Lipides** : la peroxydation lipidique altère les membranes cellulaires, entraînant une perte de fluidité, une augmentation de la perméabilité et la formation de composés toxiques (comme le malondialdéhyde).
- **Protéines** : les modifications oxydatives peuvent provoquer une dénaturation, une perte d'activité enzymatique ou une dégradation accélérée.
- **ADN** : les ERO induisent des mutations, des cassures de brins et des altérations des bases, pouvant perturber l'expression génétique et favoriser la cancérogenèse (Halliwell & Gutteridge, 2007).

2. Implication dans les maladies chroniques

Le stress oxydatif joue un rôle majeur dans l'apparition et la progression de nombreuses maladies :

- **Maladies cardiovasculaires** : il favorise l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) en LDL oxydées (ox-LDL), qui sont captées par les macrophages et conduisent

à la formation de cellules spumeuses et de plaques d'athérome. Il induit également une dysfonction endothéliale en diminuant la biodisponibilité du monoxyde d'azote (NO), entraînant une vasoconstriction, une inflammation vasculaire et une augmentation du risque thrombotique. Le stress oxydatif intervient aussi dans la déstabilisation des plaques, favorisant les accidents cardiovasculaires (Madamanchi et al., 2005).

- **Maladies neurodégénératives** : il contribue à la dégénérescence neuronale en induisant des dommages oxydatifs aux lipides membranaires, aux protéines et à l'ADN neuronal. Dans la maladie d'Alzheimer, il favorise l'accumulation de peptides β -amyloïdes et la formation de plaques séniles, tandis que dans la maladie de Parkinson, il participe à la destruction des neurones dopaminergiques. Les dysfonctionnements mitochondriaux amplifient la production de radicaux libres, aggravant la mort neuronale (Simonian & Coyle, 1996).
- **Cancer** : les espèces réactives de l'oxygène induisent des lésions de l'ADN (cassures, modifications des bases), favorisant les mutations et l'instabilité génétique. Elles activent également des voies de signalisation impliquées dans la prolifération cellulaire et inhibent l'apoptose, permettant la survie des cellules anormales. Le stress oxydatif participe ainsi à toutes les étapes de la carcinogenèse, de l'initiation à la progression tumorale (Valko et al., 2006).
- **Diabète** : l'hyperglycémie chronique entraîne une surproduction de radicaux libres via plusieurs mécanismes métaboliques (glycation avancée, voie des polyols, activation de la protéine kinase C). Les cellules β pancréatiques, particulièrement sensibles au stress oxydatif, subissent des dommages qui altèrent la sécrétion d'insuline. De plus, le stress oxydatif joue un rôle clé dans le développement des complications diabétiques, notamment microvasculaires et macrovasculaires (Maritim et al., 2003).

Le stress oxydatif intervient également dans de nombreuses autres atteintes physiopathologiques, notamment :

- **Maladies respiratoires (asthme, BPCO)** : il contribue à l'inflammation chronique des voies respiratoires et à la détérioration du tissu pulmonaire.
- **Troubles rénaux** : il favorise les lésions glomérulaires et tubulaires, ainsi que l'inflammation et la fibrose rénale.

- **Atteintes hépatiques** : il provoque des dommages aux hépatocytes, une peroxydation lipidique et une inflammation pouvant évoluer vers la fibrose.
- **Troubles de la fertilité** : il altère la qualité et la fonctionnalité des spermatozoïdes chez l'homme et perturbe la maturation ovocytaire ainsi que le développement embryonnaire chez la femme.

3. Vieillesse cellulaire

Le stress oxydatif est fortement impliqué dans le processus de vieillissement. L'accumulation progressive de dommages oxydatifs au niveau des macromolécules conduit à une diminution des fonctions cellulaires et tissulaires (Favier, 2003).

4. Inflammation et réponse immunitaire

Les ERO jouent un rôle dans l'activation des voies inflammatoires. En excès, elles favorisent une inflammation chronique en activant des facteurs de transcription (comme NF- κ B), ce qui peut aggraver plusieurs pathologies (Halliwell, 2006).

Le stress oxydatif constitue un mécanisme central dans de nombreuses altérations biologiques et pathologies humaines. Bien qu'il joue un rôle physiologique à faible niveau, son excès entraîne des dommages cellulaires importants, participant au vieillissement et à diverses maladies chroniques.

IV. Antioxydants

Un antioxydant est défini comme toute substance capable, même à faible concentration par rapport à un substrat oxydable, de ralentir ou d'inhiber son oxydation. Les antioxydants jouent un rôle essentiel dans la protection de l'organisme contre les effets délétères des radicaux libres, des molécules hautement réactives produites au cours du métabolisme cellulaire normal ou sous l'influence de facteurs environnementaux. Ces radicaux libres peuvent provoquer des dommages cellulaires importants, notamment au niveau des lipides, des protéines et de l'ADN, contribuant ainsi au vieillissement cellulaire et à diverses pathologies (Jacqui Adcock., 2018).

Les antioxydants sont naturellement présents dans de nombreux aliments, en particulier les fruits et légumes tels que les fruits rouges, les betteraves, le chou kale ou encore le thé. Parmi les principaux composés antioxydants figurent les vitamines A, C et E, ainsi que les polyphénols. Certains oligo-éléments, notamment le zinc, le sélénium et le manganèse,

participent également aux mécanismes de défense antioxydante en tant que cofacteurs enzymatiques.

Cependant, malgré l'abondance de ces composés dans l'alimentation, certaines personnes ont recours aux compléments alimentaires dans le but d'augmenter leurs apports. Or, plusieurs études suggèrent que cette supplémentation n'apporte pas de bénéfices significatifs chez les individus en bonne santé et pourrait, dans certains cas, présenter des effets indésirables (Thibert., 2019).

1. Types d'antioxydants

Les antioxydants peuvent être classés en deux grandes catégories selon leur origine :

- **Endogènes**, synthétisés par l'organisme ;
- **Exogènes**, apportés par l'alimentation (vitamines hydrosolubles et liposolubles, polyphénols, etc.).

1.1 Antioxydants endogènes

Les systèmes antioxydants endogènes constituent la première ligne de défense contre le stress oxydatif. Ils reposent principalement sur des enzymes spécialisées et des molécules intracellulaires.

- **Superoxyde dismutase (SOD)**

La superoxyde dismutase (SOD) est une enzyme clé du système de défense antioxydant, isolée pour la première fois en 1938 par Mann et Keilin. Elle catalyse la dismutation des anions superoxydes (O_2^-) en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et en oxygène moléculaire (O_2), réduisant ainsi la toxicité de ces espèces réactives de l'oxygène (Leroy, 2016).

Le fonctionnement de la SOD dépend de la présence de cofacteurs métalliques tels que le cuivre, le zinc et le manganèse. En fonction du métal présent dans son site actif, on distingue trois isoformes principales : Fe-SOD, Cu/Zn-SOD et Mn-SOD. Cette enzyme joue un rôle fondamental dans la prévention du stress oxydatif et dans la protection des structures cellulaires (Zulaikhah, 2017).

- **Catalase (CAT)**

La catalase est une autre enzyme essentielle du système antioxydant. Elle catalyse la décomposition du peroxyde d'hydrogène, un composé potentiellement toxique, en eau et en

oxygène. Cette réaction est cruciale, car le peroxyde d'hydrogène peut générer des radicaux libres encore plus réactifs en absence de détoxification (Ighodaro and Akinloye, 2019).

La catalase est principalement localisée dans les peroxysomes, des organites cellulaires impliqués dans le métabolisme oxydatif, notamment la β -oxydation des acides gras. Son site actif contient des groupements hémiques facilitant les réactions de transfert d'électrons (Shields et al., 2021).

- **Système glutathion (GSH, GPx, GR, GST)**

Le glutathion réduit (GSH), un tripeptide composé de glutamate, cystéine et glycine, constitue l'un des principaux antioxydants intracellulaires. Il intervient directement dans la neutralisation des espèces réactives de l'oxygène et joue un rôle central dans le maintien de l'équilibre redox cellulaire.

Le GSH peut être oxydé en glutathion disulfure (GSSG) sous l'action de la glutathion peroxydase (GPx), enzyme qui réduit le peroxyde d'hydrogène et les peroxydes lipidiques. Le glutathion oxydé est ensuite régénéré en GSH par la glutathion réductase (GR), assurant ainsi un cycle continu de défense antioxydante.

Par ailleurs, la glutathion S-transférase (GST) participe aux processus de détoxification en catalysant la conjugaison du GSH avec des composés toxiques, notamment les xénobiotiques et les métabolites de médicaments, facilitant leur élimination de l'organisme (Gullner G et al., 2018 ; Almeida Torres et al., 2022).

Le GSH est principalement localisé dans le cytosol et les mitochondries, où il protège les cellules contre les dommages oxydatifs. L'augmentation de sa concentration intracellulaire est donc essentielle pour renforcer la résistance au stress oxydatif.

- **Système thiorédoxine (Trx)**

Le système thiorédoxine constitue un autre mécanisme fondamental de régulation du statut redox cellulaire. Il repose sur une cascade de réactions impliquant le NADPH, la thiorédoxine réductase (TrxR) et la thiorédoxine (Trx).

La thiorédoxine est une petite protéine oxydoréductase possédant un site actif de type dithiol-disulfure. Elle est maintenue sous forme réduite grâce à l'action de la thiorédoxine réductase, elle-même régénérée par le NADPH issu de la voie des pentoses phosphates.

Ce système permet de maintenir un environnement intracellulaire réducteur et de réguler l'activité de nombreuses protéines sensibles à l'oxydation, contribuant ainsi à la protection contre le stress oxydatif (Eddaikra and Eddaikra, 2020).

1.2 Antioxydants exogènes

Les antioxydants exogènes sont apportés par l'alimentation et jouent un rôle complémentaire aux systèmes antioxydants endogènes. Ils contribuent à la neutralisation des espèces réactives de l'oxygène et participent au maintien de l'équilibre redox de l'organisme.

- **Vitamines C et E**

La vitamine C, ou acide ascorbique, est un antioxydant hydrosoluble majeur qui agit comme un puissant piègeur de radicaux libres. Elle intervient en donnant un électron aux radicaux libres, notamment aux radicaux lipidiques, ce qui permet d'interrompre les réactions en chaîne de la peroxydation lipidique. Lors de cette réaction, la vitamine C est oxydée en radical ascorbate, lequel peut ensuite se transformer en déhydroascorbate.

Le déhydroascorbate, dépourvu d'activité antioxydante, est recyclé en ascorbate grâce à l'apport d'électrons via des systèmes enzymatiques, notamment des oxydoréductases. Par ailleurs, la vitamine C joue un rôle essentiel dans la régénération de la vitamine E au niveau des membranes cellulaires, en collaboration avec le glutathion et d'autres donneurs d'électrons (Balasaheb Nimse and Dilipkumar Palb, 2015).

La vitamine E, quant à elle, est un antioxydant liposoluble majeur, principalement localisé dans les membranes biologiques. Elle protège les lipides membranaires contre la peroxydation en neutralisant les radicaux libres. Contrairement à la vitamine C, elle est exclusivement apportée par l'alimentation. Son rôle est fondamental dans la protection des structures cellulaires et dans le maintien de l'intégrité des membranes (Rizvi, 2014).

- **Polyphénols**

Les polyphénols représentent une vaste famille de composés antioxydants d'origine végétale. Ils sont largement présents dans l'alimentation quotidienne, avec un apport moyen estimé à environ 1 g par jour, principalement via les fruits, et dans une moindre mesure les légumes et les céréales.

Ces composés se présentent sous différentes formes :

- les **anthocyanines**, présentes dans les fruits rouges et le vin rouge ;
- les **flavonoïdes**, retrouvés notamment dans les agrumes et certaines huiles végétales ;
- les **catéchines et épicatechines**, présentes dans le thé, le chocolat, les pommes ou encore les oignons.

Les polyphénols possèdent une forte capacité antioxydante en raison de leur aptitude à piéger les espèces réactives de l'oxygène. Ils agissent également comme chélateurs de métaux de transition, tels que le fer et le cuivre, limitant ainsi la formation de radicaux libres via des réactions de type Fenton (Haleng et al., 2007).

- **Oligoéléments**

Les oligoéléments, tels que le zinc, le magnésium et le sélénium, sont des micronutriments essentiels présents en très faibles quantités dans l'organisme, mais indispensables à son bon fonctionnement. Ils interviennent dans de nombreuses fonctions biologiques, chimiques et moléculaires.

Leur rôle dans le système antioxydant est principalement lié à leur fonction de cofacteurs enzymatiques. En effet, ils participent à l'activité de plusieurs enzymes antioxydantes majeures, telles que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase et la glutathion peroxydase (GPx). En outre, ils contribuent à la stabilisation structurale des protéines et des enzymes.

Certains oligoéléments interviennent également dans la régulation hormonale et dans les mécanismes de défense contre le stress oxydatif, renforçant ainsi la protection cellulaire (Prashanth, 2015 ; Balleydier, 2019).

V. Potentiel antioxydant et effets sur la santé

Les fruits tels que la grenade, la figue et la datte sont reconnus pour leur fort potentiel antioxydant, principalement dû à leur richesse en composés bioactifs tels que les polyphénols, flavonoïdes, tanins et anthocyanines. Ces composés jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des radicaux libres et la réduction du stress oxydatif, impliqué dans de nombreuses pathologies (Lansky & Newman, 2007 ; Wojdyło et al., 2016).

1. Activité antioxydante

Les polyphénols présents dans ces fruits possèdent une capacité à donner des électrons ou des atomes d'hydrogène, ce qui permet de stabiliser les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et de l'azote. Ce mécanisme interrompt les réactions en chaîne responsables de la peroxydation lipidique et protège ainsi les membranes cellulaires (Spiller, 2007 ; Seeram et al., 2006).

Par exemple, la grenade est particulièrement riche en ellagitanins et anthocyanines, qui représentent une grande partie de son activité antioxydante (Seeram et al., 2006). De même, les figues et les dattes contiennent des flavonoïdes, des acides phénoliques et des caroténoïdes contribuant à leur capacité antioxydante (Wojdyło et al., 2016 ; Al-Farsi & Lee, 2008).

2. Effets cardiovasculaires

Les antioxydants jouent un rôle clé dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Ils permettent de :

- réduire l'oxydation des lipoprotéines LDL,
- améliorer la fonction endothéliale,
- diminuer l'inflammation vasculaire.

Des études ont montré que la consommation de jus de grenade diminue significativement le stress oxydatif et l'oxydation des LDL (Aviram et al., 2000). Les polyphénols contribuent également à la protection contre l'athérosclérose (Rosenblat et al., 2006).

3. Effets anticancéreux

Les composés antioxydants peuvent inhiber la prolifération des cellules tumorales et induire l'apoptose. Les extraits de grenade ont montré une activité antiproliférative sur différents types de cellules cancéreuses (Seeram et al., 2005). Ces effets sont liés à la capacité des polyphénols à moduler les voies de signalisation cellulaire impliquées dans la croissance tumorale (Lansky & Newman, 2007).

4. Effets anti-inflammatoires

Le stress oxydatif est étroitement lié aux processus inflammatoires. Les polyphénols présents dans ces fruits réduisent la production de médiateurs pro-inflammatoires et inhibent

certaines enzymes impliquées dans l'inflammation (Jurenka, 2008). Cela contribue à la prévention de maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires et métaboliques.

5. Effets sur le diabète et le métabolisme

Les antioxydants peuvent améliorer la sensibilité à l'insuline et réduire les dommages oxydatifs au niveau pancréatique. La consommation de fruits riches en polyphénols contribue ainsi à la régulation de la glycémie et à la prévention du diabète de type 2 (Johanningsmeier & Harris, 2011 ; Fawole & Opara, 2013).

6. Effets protecteurs globaux

De manière générale, les antioxydants présents dans ces fruits :

- protègent l'ADN contre les dommages oxydatifs,
- renforcent les défenses enzymatiques (catalase, superoxyde dismutase),
- ralentissent le vieillissement cellulaire.

Des études expérimentales ont montré que certains extraits végétaux, notamment de grenade, peuvent augmenter l'activité des enzymes antioxydantes et réduire la peroxydation lipidique dans différents tissus (Chidambara et al., 2002 ; Parmar & Carr, 2008).

Le potentiel antioxydant des fruits comme la grenade, la figue et la datte constitue un atout majeur pour la santé humaine. Grâce à leurs composés bioactifs, ils participent à la prévention de nombreuses maladies chroniques, notamment cardiovasculaires, métaboliques et cancéreuses.

VI. Rôle nutritionnel et thérapeutique (rôle dans la prévention)

Les fruits tels que la grenade, la figue et la datte occupent une place importante dans l'alimentation humaine en raison de leur richesse en nutriments essentiels et en composés bioactifs. Leur consommation régulière contribue non seulement à couvrir les besoins nutritionnels, mais également à prévenir de nombreuses maladies chroniques.

1. Rôle nutritionnel

Sur le plan nutritionnel, ces fruits sont une source importante de glucides, principalement sous forme de sucres simples (glucose, fructose), fournissant une énergie

rapidement disponible. Ils contiennent également des fibres alimentaires (pectine, cellulose, hémicellulose) qui jouent un rôle essentiel dans la régulation du transit intestinal et la prévention de la constipation.

Par ailleurs, ils sont riches en vitamines (vitamine C, vitamines du groupe B, vitamine A) et en minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium et le fer, indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Ces éléments contribuent notamment au maintien de l'équilibre hydrique, à la fonction musculaire et à la santé osseuse (Lim, 2012 ; Al-Farsi & Lee, 2008).

En outre, la présence de composés bioactifs tels que les polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes confère à ces fruits une valeur nutritionnelle fonctionnelle, dépassant leur simple rôle énergétique.

2. Rôle thérapeutique

a. Prévention des maladies cardiovasculaires

Les composés antioxydants présents dans ces fruits contribuent à réduire l'oxydation des lipoprotéines LDL, à améliorer la fonction endothéliale et à diminuer l'inflammation. Ces effets participent à la prévention de l'athérosclérose et des maladies cardiovasculaires (Aviram et al., 2000 ; Rosenblat et al., 2006).

b. Prévention du diabète

Les fibres alimentaires ralentissent l'absorption des sucres, tandis que les polyphénols améliorent la sensibilité à l'insuline. Ainsi, ces fruits contribuent à la régulation de la glycémie et à la prévention du diabète de type 2 (Johanningsmeier & Harris, 2011).

c. Prévention des maladies digestives

Grâce à leur richesse en fibres et en composés antimicrobiens, ces fruits favorisent un bon fonctionnement du système digestif, protègent la muqueuse intestinale et contribuent à l'équilibre du microbiote intestinal (Jurenka, 2008).

d. Prévention du cancer

Les polyphénols et autres antioxydants présents dans ces fruits possèdent des propriétés anticancéreuses. Ils peuvent inhiber la prolifération des cellules tumorales, induire

l'apoptose et limiter les dommages oxydatifs de l'ADN (Seeram et al., 2005 ; Lansky & Newman, 2007).

e. Effets anti-inflammatoires

Ces fruits contribuent à réduire les processus inflammatoires grâce à leurs composés bioactifs, ce qui joue un rôle important dans la prévention de nombreuses maladies chroniques (Jurenka, 2008).

3. Rôle dans la prévention globale

De manière générale, la consommation régulière de grenade, de figue et de datte permet :

- De lutter contre le stress oxydatif.
- De renforcer les défenses antioxydantes de l'organisme.
- De protéger les cellules contre les dommages.
- De ralentir le vieillissement cellulaire.

Ainsi, ces fruits peuvent être considérés comme des aliments fonctionnels jouant un rôle clé dans la prévention des maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, certains cancers et les troubles digestifs.

VII. Importance des fruits et des antioxydants en nutrition humaine

Les fruits constituent un élément fondamental de l'alimentation humaine en raison de leur richesse en nutriments essentiels et en composés bioactifs, notamment les antioxydants. Leur importance repose sur leur capacité à contribuer au maintien de la santé et à la prévention de nombreuses maladies.

1. Contribution à l'équilibre nutritionnel

Les fruits apportent des vitamines (vitamine C, vitamines du groupe B), des minéraux (potassium, magnésium, calcium) et des fibres alimentaires indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Ils participent à la régulation du métabolisme, au maintien de l'équilibre hydrique et à la santé digestive.

2. Rôle clé des antioxydants

Les antioxydants présents dans les fruits, tels que les polyphénols, flavonoïdes, anthocyanines et caroténoïdes, jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des radicaux libres. Cela permet de limiter le stress oxydatif, responsable de dommages cellulaires affectant les lipides, les protéines et l'ADN (Spiller, 2007).

3. Prévention des maladies chroniques

La consommation régulière de fruits riches en antioxydants est associée à une réduction du risque de nombreuses maladies, notamment :

- **Maladies cardiovasculaires** : amélioration de la fonction vasculaire et diminution de l'oxydation des LDL (Aviram et al., 2000)
- **Cancer** : protection de l'ADN et inhibition de la prolifération cellulaire (Seeram et al., 2005)
- **Diabète de type 2** : amélioration de la sensibilité à l'insuline (Johanningsmeier & Harris, 2011)

4. Renforcement du système immunitaire

Les vitamines et composés phénoliques présents dans les fruits stimulent les défenses immunitaires et améliorent la capacité de l'organisme à lutter contre les infections et les agressions extérieures.

5. Ralentissement du vieillissement

En réduisant les dommages oxydatifs, les antioxydants contribuent à ralentir le vieillissement cellulaire et à préserver les fonctions physiologiques à long terme.

Ainsi, les fruits, grâce à leur richesse en antioxydants et en nutriments essentiels, jouent un rôle crucial en nutrition humaine. Leur consommation régulière constitue une stratégie simple et efficace pour améliorer la santé globale et prévenir de nombreuses pathologies.

Deuxième partie :
Méthodologie

Matériels et méthodes

1. Objectif de l'étude

Les fruits tels que la grenade (*Punica granatum* L.), la figue (*Ficus carica* L.) et la datte (*Phoenix dactylifera* L.) occupent une place importante dans l'alimentation humaine en raison de leur richesse en nutriments et en composés bioactifs.

Ces fruits renferment notamment des polyphénols, des flavonoïdes, des tanins, des anthocyanes et d'autres substances antioxydantes capables de neutraliser les radicaux libres et de limiter les dommages causés par le stress oxydatif.

Ce dernier est considéré comme l'un des principaux facteurs impliqués dans le développement de nombreuses maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, les cancers et certaines affections neurodégénératives. Dans un contexte où l'intérêt pour les aliments fonctionnels et les sources naturelles d'antioxydants ne cesse de croître, l'évaluation du potentiel antioxydant de ces fruits revêt une importance particulière.

Ainsi, la présente étude a pour objectif de déterminer et de comparer la teneur en composés antioxydants de la grenade, de la figue et de la datte afin d'identifier le fruit présentant le potentiel antioxydant le plus élevé.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants :

- ✓ Déterminer la teneur en composés phénoliques totaux de la grenade, de la figue et de la datte.
- ✓ Évaluer l'activité antioxydante des extraits des trois fruits à l'aide de méthodes analytiques appropriées.
- ✓ Comparer les capacités antioxydantes des différents fruits étudiés.
- ✓ Identifier le fruit présentant la plus forte concentration en composés antioxydants et la meilleure activité antioxydante.
- ✓ Mettre en évidence la relation entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante observée.
- ✓ Valoriser ces fruits en soulignant leur intérêt nutritionnel et thérapeutique dans la prévention des effets du stress oxydatif et des maladies associées.
- ✓ Contribuer à la promotion des ressources fruitières locales comme sources naturelles d'antioxydants dans les domaines de l'alimentation, de la nutrition et de la santé..

2. Matériels et échantillonnage

Les échantillons utilisés dans cette étude sont constitués de la peau de grenade, de dattes et de figues sèches. Afin d'obtenir des poudres homogènes destinées aux analyses antioxydantes, les échantillons ont subi plusieurs étapes de préparation.

- **Les peaux de grenade** ont été collectées, puis séchées à l'air libre. Après séchage complet, elles ont été broyées puis tamisées afin d'obtenir une poudre fine et homogène. La poudre obtenue a été conservée dans des boîtes de Pétri à raison de 10 g par boîte.
- **Les dattes** ont été soigneusement lavées afin d'éliminer les impuretés (**Figure 03**), puis séchées avant d'être broyées. La poudre obtenue a ensuite été tamisée pour assurer une granulométrie uniforme et répartie dans des boîtes de Pétri contenant chacune 10 g d'échantillon.



Figure 03. Les dattes lavées puis séchées avant d'être broyées.

- **Les figues**, des figues sèches (« Chriha ») (**Figure 04**) ont été utilisées. Elles ont été broyées puis réduites en poudre fine après tamisage. La poudre obtenue a été conditionnée dans des boîtes de Pétri à raison de 10 g par boîte



Figure 04. Des figes sèches (« Chriha »)

L'ensemble des échantillons préparés (**Figure 05**) a été conservé dans des conditions appropriées jusqu'à leur utilisation pour les différentes analyses physicochimiques et l'évaluation de leur activité antioxydante.



Figure 05. Echantillons préparés et conservés conditionnée dans des boîtes de Petri

3. Analyses physicochimiques

L'ensemble des analyses a été effectué au laboratoire de biochimie du deuxième étage à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (ITA). Ce laboratoire a servi à la préparation des échantillons et à la réalisation des différentes analyses menées dans le cadre de cette étude.

3.1. Dosage de l'activité antioxydante par la méthode DPPH

- **Préparation de la solution mère de chaque fruit**

Pour chaque échantillon (écorce de grenade, datte et figue sèche), 1 g de poudre a été pesé avec précision puis introduit dans un tube ou un flacon propre contenant 10 mL de méthanol. Le mélange a été agité et laissé en macération pendant 24 heures à température ambiante afin de permettre l'extraction des composés antioxydants. Après extraction, les mélanges ont été filtrés à l'aide d'un papier filtre Whatman n°1 afin d'éliminer les particules solides et d'obtenir des extraits limpides destinés aux analyses antioxydantes.

- **Préparation de la solution mère de DPPH**

La solution mère de DPPH (**Figure 06**) a été préparée en dissolvant 0,001 mg de DPPH dans 10 mL de méthanol afin d'obtenir une concentration de 0,254mM. La solution a été conservée à l'abri de la lumière dans un flacon ambré jusqu'à son utilisation.



Figure 06. La solution mère de DPPH

- **Concentrations étudiées**

Pour chaque extrait, cinq concentrations ont été préparées :

- 0,2 mg/mL
- 0,4 mg/mL
- 0,6 mg/mL
- 0,8 mg/mL
- 1,0 mg/mL

Chaque concentration a été analysée trois fois (T1, T2 et T3) afin d'assurer la reproductibilité et la fiabilité des résultats. **(Figure 07)**

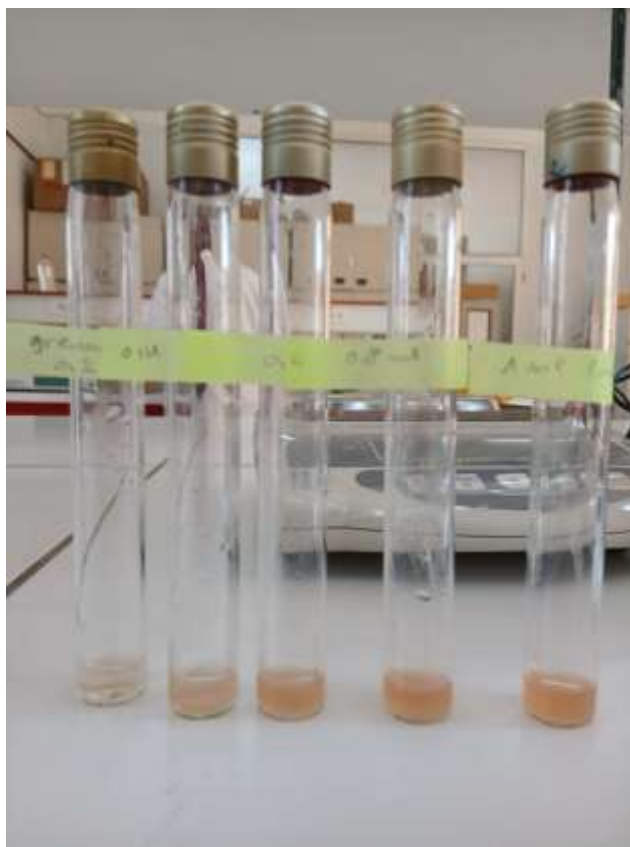


Figure 07. Concentrations préparées.

- **Mode opératoire**

Dans un tube à essai, 1 mL de l'extrait méthanolique a été mélangé avec 1 mL de la solution de DPPH (0,1 mM). Le mélange a ensuite été homogénéisé puis incubé à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante.

Un témoin a été préparé en remplaçant l'extrait par 1 mL de méthanol mélangé à 2 mL de solution de DPPH.

Après incubation, l'absorbance des solutions a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

- **Calcul de l'activité antioxydante**

L'activité antioxydante a été exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = \left[\frac{\text{Absorbance du témoin} - \text{Absorbance de l'échantillon}}{\text{Absorbance du témoin}} \right] \times 100$$

Avec :

- A témoin : absorbance de la solution témoin.
- A échantillon : absorbance de la solution contenant l'extrait.

- **Expression des résultats**

Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition du radical DPPH (%). Plus le pourcentage d'inhibition est élevé, plus l'activité antioxydante de l'échantillon est importante. Cette méthode a permis de comparer le potentiel antioxydant des écorces de grenade, des dattes et des figues sèches.

Résultats et discussions

1. Résultats

Dans la présente étude, l'activité antioxydante des échantillons d'écorces de grenade (*Punica granatum* L.), de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) et de figes sèches (*Ficus carica* L.) a été évaluée par la méthode du DPPH. Les extraits ont été obtenus par macération de 1 g de poudre de chaque échantillon dans 10 mL de méthanol, suivie d'une filtration afin de récupérer les composés bioactifs. La solution de DPPH a été préparée en dissolvant 0,001 g de DPPH dans 10 mL de méthanol. Les essais ont été réalisés à cinq concentrations (0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1 mg/mL) et chaque mesure a été effectuée en triplicat (T1, T2 et T3) afin d'assurer la reproductibilité des résultats. Après une incubation de 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible. Les pourcentages d'inhibition obtenus ont permis de comparer le potentiel antioxydant des différents extraits et d'identifier l'échantillon présentant l'activité antioxydante la plus élevée.

▪ Activité antioxydante des écorces de grenade

Les pourcentages moyens d'inhibition obtenus pour les écorces de grenade sont les suivants (Tableau 04)

Tableau 04. Resultats activité antioxydante des écorces de grenade

Concentration (mg/mL)	Inhibition moyenne (%)
0,2	35,7
0,4	51,1
0,6	65,0
0,8	76,1
1,0	84,9

• Interprétation

Les résultats montrent une augmentation progressive du pourcentage d'inhibition avec l'augmentation de la concentration de l'extrait. À la concentration maximale de 1 mg/mL, l'extrait d'écorces de grenade présente une inhibition de près de 85 %, traduisant une très forte activité antioxydante.

Cette activité élevée est probablement liée à la richesse des écorces de grenade en polyphénols, tanins hydrolysables, flavonoïdes et punicalagines, composés reconnus pour leur puissant pouvoir antioxydant.

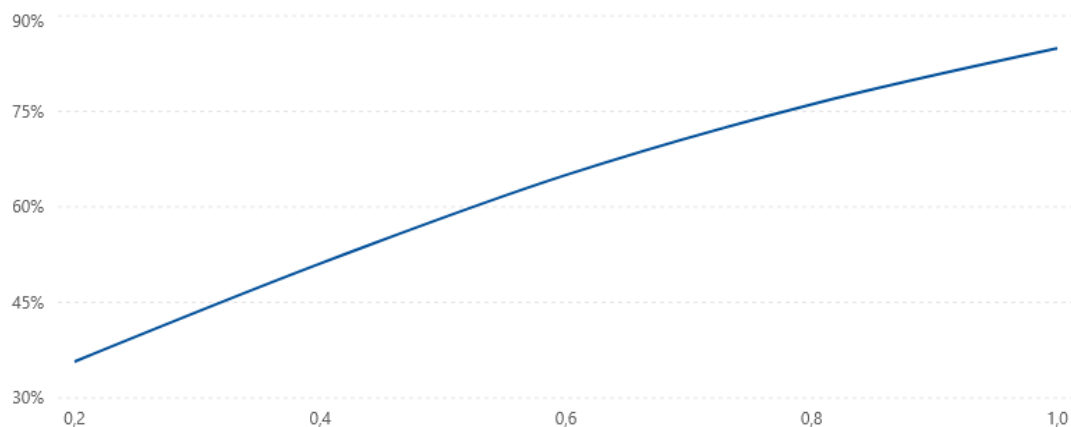


Figure 08. Activité antioxydante des écorces de grenade

- **Activité antioxydante des dattes**

Les pourcentages moyens d'inhibition obtenus pour les dattes sont : **(Tableau 05)**

Tableau 05. Résultats activité antioxydante des dattes

Concentration (mg/mL)	Inhibition moyenne(%)
0,2	2,25
0,4	33,8
0,6	45,0
0,8	56,2
1,0	66,2

- **Interprétation**

L'extrait de dattes présente également une activité antioxydante croissante avec l'augmentation de la concentration. Toutefois, les valeurs observées restent inférieures à celles de la grenade.

Cette activité peut être attribuée à la présence de composés phénoliques, de flavonoïdes et de caroténoïdes connus pour leurs propriétés antioxydantes.

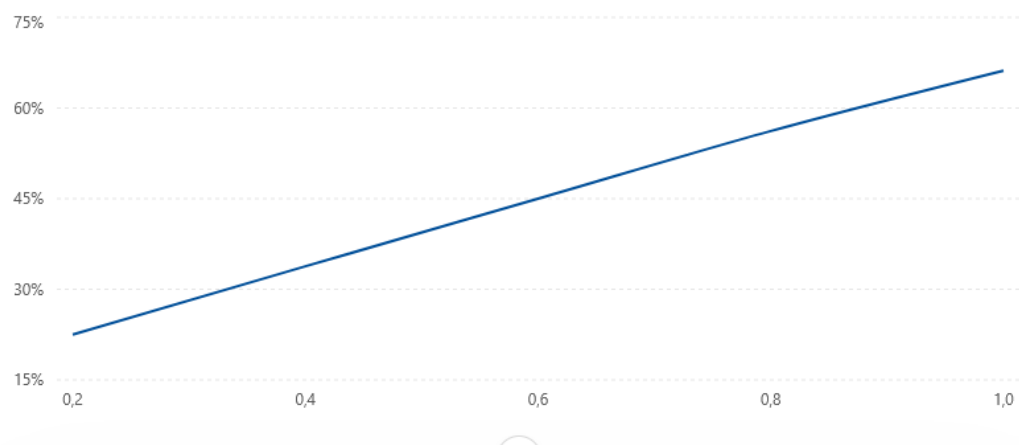


Figure 09. Activité antioxydante des dattes

- **Activité antioxydante des figes sèches**

Les pourcentages moyens d'inhibition obtenus pour les figes sèches sont : (**Tableau 06**)

Tableau06. Résultats Activité antioxydante des figes sèches

Concentration (mg/mL)	Inhibition moyenne (%)
0,2	15,0
0,4	26,1
0,6	37,3
0,8	47,4
1,0	57,4

- **Interprétation**

L'extrait de figes sèches présente également une activité antioxydante dépendante de la concentration. Cependant, les pourcentages d'inhibition obtenus sont les plus faibles parmi les trois échantillons étudiés.

Cette différence pourrait être liée à une teneur plus faible en composés phénoliques ou à une moindre efficacité des molécules antioxydantes présentes dans les figes vis-à-vis du radical DPPH

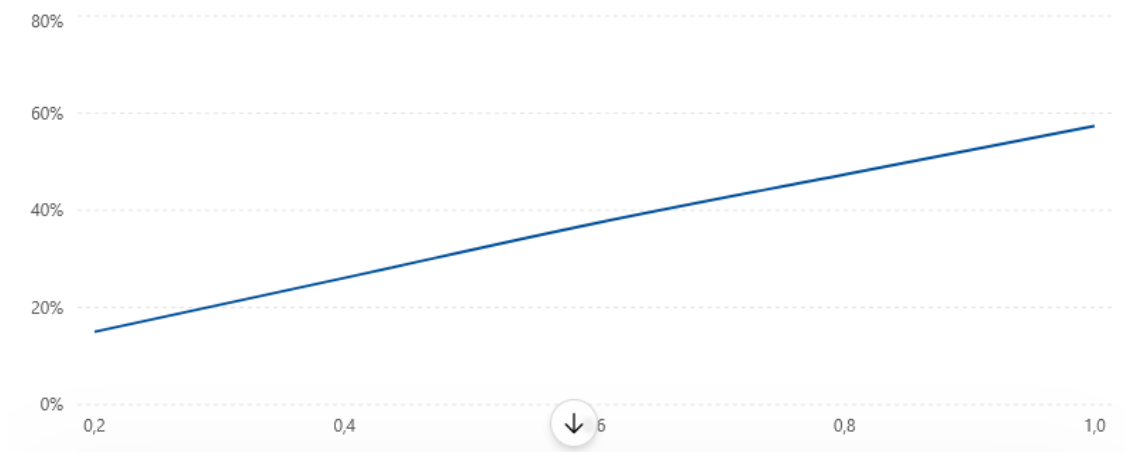


Figure 10. Activité antioxydante des figes sèches

Comparaison des trois extraits

À la concentration de 1 mg/mL, les pourcentages d'inhibition sont les suivants (**Tableau 07**)

Tableau 07. Comparaison des trois extraits

Échantillon	Inhibition moyenne (%)
Écorces de grenade	84,9
Dattes	66,2
Figes sèches	57,4

2.Discussion

Les résultats obtenus par le test DPPH ont mis en évidence une activité antioxydante variable selon les extraits étudiés. Pour l'ensemble des échantillons, le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente progressivement avec l'augmentation de la concentration de l'extrait, traduisant une relation dose-dépendante entre la concentration en composés bioactifs et la capacité antioxydante. Cette évolution est en accord avec les travaux de **Brand-Williams et al. (1995)**, qui ont montré que le test DPPH permet d'évaluer la capacité des molécules antioxydantes à céder des électrons ou des atomes d'hydrogène afin de neutraliser les radicaux libres.

Les écorces de grenade ont présenté les valeurs d'inhibition les plus élevées à toutes les concentrations étudiées. À la concentration de **1 mg/mL**, le pourcentage moyen d'inhibition a atteint **84,9 %**, traduisant une très forte activité antioxydante. Ce résultat est similaire à celui rapporté par **Seeram et al. (2005)**, qui ont montré que les extraits d'écorces de grenade possèdent une activité antioxydante supérieure à 80 % grâce à leur richesse en punicalagines, ellagitanins et autres polyphénols. De même, **Elfalleh et al. (2012)** ont observé que les extraits méthanoliques d'écorces de grenade présentent un fort pouvoir de piégeage du radical DPPH. Selon **Li et al. (2006)**, les écorces renferment une concentration en composés phénoliques plusieurs fois supérieure à celle de la pulpe, ce qui explique leur remarquable capacité antioxydante. Les résultats de notre étude sont donc en concordance avec ceux rapportés dans la littérature.

Concernant les dattes, les résultats obtenus montrent une activité antioxydante intermédiaire avec un pourcentage maximal d'inhibition de **66,2 %** à **1 mg/mL**. Ce résultat est proche de celui obtenu par **Al-Farsi et Lee (2008)**, qui ont rapporté des valeurs comprises entre 55 et 75 % selon les variétés étudiées. De même, **Biglari et al. (2008)** ont montré que les extraits méthanoliques de dattes présentent une activité antioxydante importante grâce à leur richesse en composés phénoliques, flavonoïdes et caroténoïdes. Les différences observées entre notre étude et celles d'autres auteurs peuvent être liées à la variété des dattes, au stade de maturité, aux conditions climatiques, à l'origine géographique ainsi qu'au procédé d'extraction utilisé. En effet, **Al-Farsi et al. (2005)** ont démontré que la teneur en composés phénoliques varie considérablement selon les cultivars de dattes.

Les figes sèches ont présenté les pourcentages d'inhibition les plus faibles parmi les trois extraits étudiés, avec une valeur maximale de **57,4 %** à **1 mg/mL**. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par **Solomon et al. (2006)** et **Veberic et al. (2008)**, qui ont mis en évidence une activité

antioxydante modérée des figes, principalement attribuée à la présence de flavonoïdes, d'anthocyanes et d'acides phénoliques. Selon **Wojdylo et al. (2016)**, le séchage des figes peut entraîner une diminution partielle de certains composés phénoliques thermosensibles, ce qui pourrait expliquer les valeurs relativement faibles observées dans notre étude. Les différences entre les résultats peuvent également être attribuées aux conditions de séchage, au stockage ainsi qu'à la variété des figes étudiées.

La comparaison des trois extraits révèle donc l'ordre décroissant suivant :

Écorces de grenade > Dattes > Figes sèches

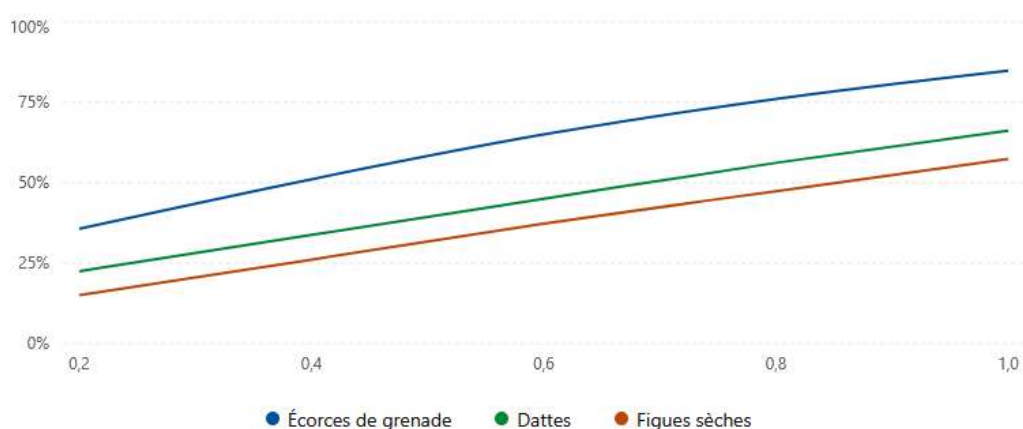


Figure 11. Évolution du pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration des extraits d'écorces de grenade, de dattes et de figes sèches.

Cet ordre est observé pour toutes les concentrations testées et confirme la supériorité antioxydante des écorces de grenade. Des résultats similaires ont été rapportés par **Seeram et al. (2005)**, **Lansky et Newman (2007)** et **Elfalleh et al. (2012)**, qui ont montré que les écorces de grenade possèdent une teneur en polyphénols largement supérieure à celle de nombreux autres fruits. Selon **Prior et al. (2005)**, il existe une corrélation positive entre la teneur en composés phénoliques et la capacité antioxydante des extraits végétaux, ce qui explique les différences observées entre les trois fruits étudiés.

D'une manière générale, les résultats obtenus confirment l'intérêt nutritionnel et thérapeutique des fruits étudiés en tant que sources naturelles d'antioxydants. La forte activité observée pour les écorces de grenade suggère que ce sous-produit agroalimentaire pourrait être valorisé dans les domaines pharmaceutique, nutraceutique et agroalimentaire comme source d'antioxydants naturels. Les dattes et les figes constituent également des ressources intéressantes pouvant contribuer à la prévention des

effets du stress oxydatif impliqué dans de nombreuses pathologies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies neurodégénératives et certains cancers.

Conclusion et perspectives

Ce présent travail avait pour objectif d'évaluer et de comparer l'activité antioxydante de trois fruits d'intérêt nutritionnel, à savoir les écorces de grenade (*Punica granatum* L.), les dattes (*Phoenix dactylifera* L.) et les figues sèches (*Ficus carica* L.), en utilisant la méthode du DPPH. Cette étude s'inscrit dans le contexte de la recherche de sources naturelles d'antioxydants capables de lutter contre le stress oxydatif, impliqué dans le développement de nombreuses maladies chroniques.

Les résultats obtenus ont montré que les trois extraits possèdent une activité antioxydante significative, caractérisée par une augmentation progressive du pourcentage d'inhibition du radical DPPH avec l'augmentation de la concentration. Cette évolution met en évidence une relation dose-dépendante entre la concentration des extraits et leur capacité à neutraliser les radicaux libres.

Parmi les échantillons étudiés, les écorces de grenade ont présenté les meilleures performances antioxydantes avec une inhibition maximale de 84,9 % et une moyenne globale de 62,56 %. Les dattes occupent la deuxième position avec une inhibition maximale de 66,2 % et une moyenne de 44,74 %, tandis que les figues sèches ont enregistré les valeurs les plus faibles avec une inhibition maximale de 57,4 % et une moyenne de 36,64 %. L'ordre décroissant de l'activité antioxydante observé est donc : **Écorces de grenade > Dattes > Figs sèches.**

La forte activité antioxydante des écorces de grenade peut être attribuée à leur richesse en composés phénoliques, flavonoïdes, tanins et autres molécules bioactives reconnues pour leur capacité à piéger les radicaux libres. Les dattes et les figues sèches ont également démontré un potentiel antioxydant appréciable, confirmant leur intérêt nutritionnel et leur contribution possible à la prévention des dommages cellulaires induits par le stress oxydatif.

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance des fruits étudiés comme sources naturelles d'antioxydants et souligne particulièrement la valeur des écorces de grenade, souvent considérées comme un sous-produit agroalimentaire. Leur forte activité antioxydante ouvre des perspectives intéressantes pour leur valorisation dans les domaines alimentaire, pharmaceutique et nutraceutique. Des études complémentaires portant sur l'identification et la quantification des composés phénoliques responsables de cette activité permettraient d'approfondir la compréhension de leurs propriétés biologiques et de leurs applications potentielles.

Au regard des résultats obtenus, plusieurs perspectives peuvent être envisagées afin de valoriser davantage les propriétés antioxydantes des fruits étudiés, notamment les écorces de grenade qui ont présenté l'activité la plus élevée.

➤ **Perspectives nutritionnelles**

- Encourager la consommation régulière de fruits riches en antioxydants tels que la grenade, les dattes et les figues dans le cadre d'une alimentation équilibrée.
- Valoriser les écorces de grenade comme source naturelle de composés bioactifs pouvant être incorporés dans des aliments fonctionnels ou des compléments alimentaires.
- Développer de nouveaux produits agroalimentaires enrichis en extraits naturels antioxydants afin d'améliorer leur valeur nutritionnelle.
- Sensibiliser les consommateurs à l'importance des antioxydants dans la prévention du stress oxydatif et le maintien d'une bonne santé.
- Réduire le gaspillage agroalimentaire par la réutilisation des sous-produits de la grenade, notamment les écorces, dans l'industrie alimentaire.

➤ **Perspectives médicinales et pharmaceutiques**

- Réaliser des études complémentaires afin d'identifier et de quantifier précisément les composés phénoliques responsables de l'activité antioxydante observée.
- Étudier les effets biologiques des extraits de grenade, de dattes et de figues sur différentes pathologies associées au stress oxydatif, telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies neurodégénératives et certains cancers.
- Évaluer l'efficacité thérapeutique et la sécurité d'utilisation de ces extraits par des études in vivo et des essais cliniques.
- Explorer les possibilités d'utilisation des extraits riches en antioxydants dans la formulation de médicaments, de produits nutraceutiques ou de préparations phytothérapeutiques.
- Développer des stratégies de prévention basées sur l'utilisation de sources naturelles d'antioxydants afin de limiter les dommages cellulaires liés aux radicaux libres.

Ainsi, les résultats de cette étude ouvrent des perspectives prometteuses pour l'exploitation nutritionnelle, thérapeutique et industrielle des fruits étudiés, en particulier des écorces de grenade qui constituent une source naturelle particulièrement riche en composés antioxydants.

- Adcock, J. (2018). Rôle des antioxydants dans la prévention des maladies liées au stress oxydant. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 56, 1–10.
- Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and antioxidant properties of dates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Almeida Torres, L., et al. (2022). Le glutathion et son rôle dans la protection cellulaire contre le stress oxydant. *Antioxidants*, 11(3), 456.
- Asada, K. (2006). Production et élimination des espèces réactives de l'oxygène dans les chloroplastes et leurs fonctions. *Plant Physiology*, 141(2), 391–396.
- Badgujar, D. M., et al. (2014). Nutrient composition of fig seeds and pulp. *International Journal of Food Science & Nutrition*, 65(5), 123–130. (Nutritional analysis of fig seeds and pulp)
- Balleydier, A. (2019). Les oligoéléments : rôle et importance dans l'organisme humain. *Nutrition et Santé*, 8(1), 22–30.
- Bdoudjenah, M., Merzougui, L., & autres (2016). Étude de la diversité phénotypique des fruits de grenade et caractérisation des composés bioactifs. Doctorat. Université de Blida (Algérie). (Source académique nationale)
- Benchelah, F., & Maka, A. (2006). Distribution géographique du palmier dattier en Afrique du Nord. *Mediterranean Agriculture Journal*. (Geographical distribution of date palms in North Africa)
- Bidri, M. (2018). Effets des figues sur la santé digestive et métabolique. *Revue de Nutrition et Santé*. (Effects of figs on digestive and metabolic health)
- Boizot, N., & Charpentier, J. (2006). Polyphénols dans les végétaux : rôle et fonction. *Botanica et Nutrition*, 12(2), 89–96. (Polyphenols in plants: role and function)
- Carbonell, A. A., Melgarejo, P., Sánchez, J., et al. (2012). Production et valorisation de la grenade (*Punica granatum* L.) : aspects agronomiques et biochimiques. *FAO Agronomy Bulletin*. (Rapport institutionnel FAO sur la production mondiale)
- Chidambara, M. R., et al. (2002). Antioxidant potential of pomegranate peel extract in experimental hepatic injury. *Phytotherapy Research*, 16(5), 412–417. (Study on antioxidant activity of pomegranate peel extract)
- Chouaki, R., et al. (2006). La figue en Kabylie : aspects agronomiques et économiques. *Actes du Symposium Agricole, Alger*. (Agronomic and economic aspects of figs in Kabylie)
- Deborah, W., & Stéphanie, R. (2008). Utilisation traditionnelle des figues comme édulcorant naturel. *Journal of Mediterranean Agriculture & History*. (Traditional use of figs as a natural sweetener)

- del Rio, L. A., Sandalio, L. M., Corpas, F. J., Palma, J. M., & Barroso, J. B. (2002). Espèces réactives de l'oxygène et de l'azote dans les peroxysomes. *Plant Physiology*, 141(2), 330–335.
- Derakhshan, S., et al. (2018). Bioactive compounds and antioxidant activity in pomegranate peel from different cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 102–112. (Comparative study of pomegranate cultivars)
- Favier, A. (2003). Le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 61(6), 390–396.
- Favier, J. C., et al. (1993). Micronutrient content in fig fruit. *Nutrition et Santé*, 3(1), 11–17. (Micronutrient composition of figs)
- Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit at five maturity stages. *Scientia Horticulturae*, 150, 37–46.
- Flaishman, M. A., et al. (2008). Archaeobotanical evidence of fig domestication. *Journal of Archaeological Science*, 35(9), 2500–2508. (Evidence of fig domestication from archaeological studies)
- Foyer, C. H., & Noctor, G. (2003). Détection et signalisation redox associées aux espèces réactives de l'oxygène dans les chloroplastes, peroxysomes et mitochondries. *Physiologia Plantarum*, 119(3), 355–364.
- Gamero, E. (2002). Energy and nutrient content of fresh vs dried figs. *Journal of Food Energy*, 7(1), 29–33. (Comparison of fresh and dried fig nutrient content)
- Garrel, C., Fontecave, M., Crastes de Paulet, A., & Dupuy, C. (2007). Rôle des espèces réactives de l'oxygène dans les voies de signalisation cellulaire. *Biology of the Cell*, 99(4), 221–234.
- Gullner, G., Komives, T., Király, L., & Schröder, P. (2018). Les enzymes glutathion S-transférase dans les interactions plante-pathogène. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1836.
- Guvenc, I., et al. (2009). Vitamin and mineral content of figs. *Journal of Food Composition*, 22(4), 345–350. (Analysis of vitamin and mineral content in figs)
- Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liège*, 62(10), 628–638.
- Halliwell, B. (2006). Oxidants and antioxidants: the heart of oxidative stress. *British Journal of Nutrition*, 85(Suppl 2), S67–S74.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2007). *Radicaux libres en biologie et médecine*. 4^e édition. Oxford: Oxford University Press.
- Hernández, F., Melgarejo, P., Martínez, J., Martínez, R., & Legua, P. (1999). Fatty acid

composition of seed oils from important Spanish pomegranate cultivars. *Italian Journal of Food Science*, 11, 188–193.

- Hmid, I., Elothmani, D., & autres (2013). Caractérisation physico chimique et biochimique du jus de grenade (*Punica granatum* L.). *FAO Agribulletin*, 2013.
- Hornung, E., Hofherr, A., et al. (2002). Characterization of seed oil composition in *Punica granatum* L. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 633–640. (Publication scientifique sur l'huile de pépins)
- Ighodaro, O. M., & Akinloye, O. A. (2019). Antioxydants de première ligne — superoxyde dismutase (SOD), catalase (CAT) et glutathion peroxydase (GPx) : leur rôle fondamental dans le réseau de défense antioxydant. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(4), 287–293.
- INRAA. (2006). Statistiques agricoles de l'Algérie : cultures fruitières. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie. (Agricultural statistics on fruit crops in Algeria)
- Jeddi, M. (2009). Taxonomie et domestication du figuier (*Ficus carica* L.). Université de Tunis Press. (Taxonomy and domestication of figs)
- Johanningsmeier, S. D., & Harris, G. K. (2011). Pomegranate as a functional food and nutraceutical source. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2, 181–201. (Pomegranate as a functional food)
- Jurenka, J. S. (2008). Therapeutic applications of pomegranate (*Punica granatum* L.): A review. *Alternative Medicine Review*, 13(2), 128–144. (Review on medicinal uses of pomegranate)
- Kaci Meziane, et al. (2015). Étude de la diversité variétale et des performances agronomiques de *Punica granatum* en Algérie. *Revue Algérienne d'Agronomie*, 10(2), 45–60.
- 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(2), 177–206. (Pomegranate and prevention/treatment of inflammation and cancer)
- Lemoine, L. (1998). Botanique et terminologie descriptive du grenadier. Éditions Agronomiques. (Traduit du latin et contexte étymologique)
- Lim, T. K. (2012). *Ficus carica*: Composition, Uses and Nutrition. In *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants* (pp. 234–250). Springer. (Composition and nutritional uses of figs)
- Madamanchi, N. R., Vendrov, A., & Runge, M. S. (2005). Stress oxydant et maladies vasculaires. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 25(1), 29–38.
- Mahmoudi, M. (2018). Acides gras et composition chimique des figes. *Journal of Mediterranean Food Science*. (Fatty acid and chemical composition of figs)
- Maritim, A. C., Sanders, R. A., & Watkins, J. B. (2003). Diabète, stress oxydant et

antioxydants : une revue. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 17(1), 24–38.

- Melgarejo Sánchez, P., Martínez, J. J., Legua, P., Martínez, R., Hernández, F. C. A., & Melgarejo, P. (2015). Quality, antioxidant activity and total phenols of six Spanish pomegranate clones. *Scientia Horticulturae*, 182, 65–72.
- Mendoza Castillo, D. I., et al. (2019). Mineral profile in figs across cultivars. *Journal of Functional Foods*, 53, 10–18. (Mineral composition of various fig cultivars)
- Nimse, S. B., & Pal, D. (2015). Radicaux libres, antioxydants naturels et leurs mécanismes de réaction. *RSC Advances*, 5, 27986–28006.
- Noctor, G., Gomez, L., Vanacker, H., & Foyer, C. H. (2002). Interaction entre biosynthèse, compartimentation et transport dans le contrôle de l'homéostasie et de la signalisation du glutathion. *Journal of Experimental Botany*, 53(372), 1283–1304.
- Oliveira, I., et al. (2009). Organic acids and phenolics in figs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(18), 8113–8120. (Organic acids and phenolic compounds in figs)
- Oukabli, M. (2003). Distribution et adaptation du figuier dans les zones méditerranéennes. *Revue d'Agriculture Méditerranéenne*. (Distribution and adaptation of figs in Mediterranean zones)
- Parmar, H. S., & Carr, T. P. (2008). Effect of pomegranate extract on liver and serum antioxidant capacity in animal models. *Nutrition Research*, 28(3), 166–173. (Pomegranate extract effects on antioxidant capacity)
- Pincemail, J., Defraigne, J. O., & Limet, R. (1999). Stress oxydant et antioxydants. *Revue Médicale de Liège*, 54(10), 753–758.
- Prashanth, L., Kattapagari, K. K., Chitturi, R. T., Baddam, V. R., & Prasad, L. K. (2015). Revue sur le rôle des oligo-éléments essentiels dans la santé et la maladie. *Journal of Dr. NTR University of Health Sciences*, 4(2), 75–85.
- Preedy, V. R., & Watson, R. R. (2014). *Figs: Nutritional Composition and Health Benefits*. Academic Press. (Comprehensive review on figs)
- Ramulu, S., & Rao, P. V. (2003). Fiber content and cardiovascular benefits of figs. *Journal of Nutritional Science*. (Fiber and cardiovascular health in figs)
- Rizvi, S., Raza, S. T., Ahmed, F., Ahmad, A., Abbas, S., & Mahdi, F. (2014). Rôle de la vitamine E dans la santé humaine et certaines maladies. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 14(2), e157–e165.
- Rosenblat, M., et al. (2006). Pomegranate polyphenols reduce macrophage oxidative stress. *Atherosclerosis Research*. (Pomegranate polyphenols and oxidative stress)
- Seeram, N. P., Adams, L. S., et al. (2005). In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of pomegranate extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,

53(2), 558–567. (Antioxidant and anticancer activity of pomegranate extracts)

- Seeram, N. P., Schulman, R. N., et al. (2006). Pomegranate juice ellagitannin metabolites are present in human plasma and some persist in urine for up to 48 hours. *Journal of Nutrition*, 136(10), 2481–2485. (Metabolites of pomegranate ellagitannins in humans)
- Shields, H. J., Traa, A., & Van Raamsdonk, J. M. (2021). Effets bénéfiques et néfastes des espèces réactives de l’oxygène sur la durée de vie : revue complète. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 628157.
- Shukranul, M. S., et al. (2013). Phytochemical profile and antioxidant activity of fig leaves and fruits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(42), 3153–3161. (Phytochemicals and antioxidant activity of fig leaves and fruits)
- Simonian, N. A., & Coyle, J. T. (1996). Stress oxydant dans les maladies neurodégénératives. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 36, 83–106.
- Smirnoff, N. (2005). Antioxydants et espèces réactives de l’oxygène chez les plantes. Blackwell Publishing.
- Solabia, M. (1998). Figue, culture et diffusion dans le bassin méditerranéen. *Algerian Journal of Botany*. (Culture and distribution of figs in the Mediterranean)
- Spiller, G. A. (2007). *Handbook of Lipids in Human Nutrition*. CRC Press.
- Spiller, G. A. (2007). Mechanisms of action of antioxidant nutrients: Overview. *Journal of Nutrition*, 137(Suppl. 7), 1871S–1874S. (Overview of antioxidant nutrient mechanisms)
- Starr, F., et al. (2003). *Ficus carica and related food uses*. University of Hawaii Press. (Figs and related food uses)
- Thibert, R. (2019). Compléments alimentaires et antioxydants : bénéfices et risques pour la santé. *Revue de Nutrition Clinique*, 14(2), 85–92.
- Turrens, J. F., & Boveris, A. (1980). Génération de l’anion superoxyde par la NADH déshydrogénase des mitochondries de cœur bovin. *Biochemical Journal*, 191(2), 421–427.
- Valko, M., Rhodes, C. J., Moncol, J., Izakovic, M., & Mazur, M. (2006). Radicaux libres, métaux et antioxydants dans le cancer induit par le stress oxydant. *Chemico-Biological Interactions*, 160(1), 1–40.
- Veberic, R., & Mikulic Petkovsek, M. (2016). Sugars and organic acids in figs. *Food Chemistry*, 204, 454–461. (
- Çam, M., et al. (2010). Phenolic and antioxidant properties of pomegranate peel extracts. *Food Chemistry*, 121(3), 609–613. (Phenolic content and antioxidant capacity of pomegranate peel)
- • Wojdyło, A. et al. (2016). Phenolic compounds and antioxidant activity of figs
- Al-Farsi, M. et al. (2005). Compositional and functional characteristics of dates.

- Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review.
- Biglari, F., AlKarkhi, A. F. M., & Easa, A. M. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of various date palm fruits.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity.
- Elfalleh, W. et al. (2012). Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel extracts.
- Lansky, E. P., & Newman, R. A. (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer.
- Li, Y. et al. (2006). Antioxidant activity of pomegranate peel extracts.
- Seeram, N. P. et al. (2005). In vitro antioxidant activities of pomegranate extracts.
- Solomon, A. et al. (2006). Antioxidant activities and polyphenol content of fresh and dried figs.
- Veberic, R. et al. (2008). Phenolic compounds in common fig.