



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج  
Université Mohammed El Bachir El Ibrahim B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

## Intitulé :

Etude bibliographique du *Ficus carica* L.

### Présenté par:

ADJEKHIANE Fouzia & BRAHIMI Nesrine & TIET Amira

Soutenu le 14/06/2023, Devant le Jury :

<b>Président :</b>	M. TOUATI Nouredine	MCA	Université de Bordj Bou Arreridj
<b>Encadrante :</b>	Mme. BENOUDAH Zohra	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
<b>Examinatrice :</b>	Mme. FATMI Widad	MCA	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2022/2023

## ***Dédicace***

*Nous dédions ce modeste travail :*

*À nos chers parents*

*À nos chers frères et sœurs*

*À tous les membres de nos familles **Adjekhiane, Brahimi et Tiet***

*À tous nos amis*

*À toute personne qui occupe une place dans nos cœurs*

*À tous ceux qui ont participé à notre réussite*

***Fouzia, Nesrine et Amira***



## *Remerciements*

*À l'issue de ce travail, on veut d'abord remercier Allah Tout-Puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la santé pour le faire.*

*Nous tenons à remercier vivement le président de jury Dr TOUATI Noureddine de nous avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Nous tenons également à remercier Dr FATMI Widad d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos sincères remerciements vont à notre promotrice Dr BENOUADAH Zohra pour ses précieux conseils, ses orientations, sa gentillesse et sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Enfin, nous remercions profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Fouzia, Nesrine et Amira*

## *Table des matières*

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Résumés**

**Introduction..... 1**

### **Chapitre I:      Présentation de *Ficus carica* L**

I.1. Historique.....	3
I.2. Position systématique .....	3
I.3. Noms vernaculaires .....	4
I.4. Origine et distribution géographique.....	4
I.4.1. Origine du figuier .....	4
I.4.2. Distribution géographique .....	4
I.5. Description botanique du figuier.....	5
I.5.1. Arbre.....	5
I.5.2. Rameaux fructifères.....	6
I.5.3. Bourgeons .....	7
I.5.4. Feuilles.....	7
I.5.5. Inflorescence .....	8
I.5.6. Fruits.....	8
I.5.7. Racines.....	9
I.5.8. Latex .....	9
I.6. Utilisation de <i>Ficus carica</i> L .....	10
I.6.1. Utilisation thérapeutique.....	10

I.6.2. Utilisation agro-alimentaire .....	11
I.6.2.1. Figue sèche.....	11
I.6.2.2. Lait fermenté enrichi de figues.....	13
I.6.2.3. Sirop de la figue.....	13
I.7. Toxicité.....	13

## **Chapitre II :           Composition phytochimique de *Ficus carica* L**

II.1. Métabolites primaires.....	15
II.1.1. Glucides.....	16
II.1.2. Lipides.....	16
II.1.3. Acides organiques .....	17
II.1.4. Protéines et acides aminés .....	17
II.1.5. Fibres alimentaires.....	18
II.1.6. Vitamines.....	18
II.1.7. Minéraux.....	19
II.2. Métabolites secondaires .....	19
II.2.1. Phytochimie d'écorce, racine et de la tige.....	20
II.2.2. Phytochimie des feuilles.....	21
II.2.2.1. Furanocoumarines.....	22
II.2.2.2. Flavonoïdes.....	23
II.2.2.3. Acides phénoliques .....	24
II.2.2.4. Tanins .....	24
II.2.2.5. Terpènes.....	24
II.2.2.6. Alcaloïdes.....	24
II.2.3. Phytochimie de fruit .....	24
II.2.4. Phytochimie du latex .....	27
II.2.4.1. Profil enzymatique du latex .....	27

## Chapitre III:            Activité biologiques de *Ficus carica* L

III.1. Activité antitumorale .....	28
III.1.1. Cancer du sein .....	31
III.1.2. Cancer de colon .....	31
III.1.3. Cancer hépatique .....	31
III.2. Activité antioxydante .....	32
III.3. Activité hépatoprotectrice .....	35
III.4. Activité cardioprotectrice .....	36
III.5. Activité hypoglycémiante .....	37
III.6. Activité anti-inflammatoire .....	39
III.7. Activité hypolipidémiante .....	40
III.8. Activité antimicrobienne .....	41
III.9. Activité antivirale .....	41
III.10. Activité anti-verrues.....	42
III-11-Activité antispasmodique et antiplaquettaire .....	42
III.12. Activité laxative .....	42
III.13. Activité antipyrétique.....	43
III.14. Activité antianémique .....	43
<b>Conclusion .....</b>	<b>44</b>

### Références bibliographiques

### *Liste des abréviations*

**ANREF** : Apports nutritionnels de référence

**USDA** : Département de l'agriculture des Etats-Unis

**BPH** : Bonnes pratiques d'hygiène

**ROS** : Espèces réactives d'oxygène

**AJR** : Apports journaliers recommandés

**HPTLC** : Chromatographie sur couche mince à haute performance

**PUVA** : Psoralène plus rayonnement ultraviolet-A

**5-CQA** : Acide 5-O- caféoylquinique

**3-CQA** : Acide 3-O- caféoylquinique

**Q-3-Glu** : Quercétine 3-O- glucoside

**Q-3- Rut** : Quercétine 3-O- rutinoside

**Mg GAE / g de MS** : mg d'équivalent quercétine / g de matière sèche

**HPLC** : Chromatographie en phase liquide à haute performance

**HUVEC** : Cellules endothéliales de la veine ombilicale humaine

**Bax** : Protéine X associée à Bcl-2

**Bcl-2** : Protéine de lymphome de cellules B2

**APAF** : Facteur d'activation de la protéase apoptotique

**PARP** : Poly ADP ribose polymérase

**MCF-7** : Fondation du cancer du Michigan-7

**Caspases** : Protéases clivant la cysteinyl-aspartate

**HCC** : Carcinome hépatocellulaire

**SOD** : Superoxyde dismutase

**CAT** : Catalase

**GPx** : Glutathion peroxydase

**<sup>1</sup>O<sub>2</sub>** : Oxygène singulet

**DPPH** : 2,2- diphényl-1-picrylhydrazyle

**ORAC** : Capacité d'absorption des radicaux oxygène

**μmol TE/ μmol** : Micromoles équivalent Trolox pour 100g de matière sèche

**CI 50** : Concentration de l'échantillon nécessaire pour neutraliser 50% des radicaux libres

**C3R** : Cyanidine-3- rutinoside

**OH°** : Radical hydroxyle

**CCL<sub>4</sub>** : Tétrachlorure de carbone

**AST** : Aspartate aminotransférase

**ALT** : Alanine aminotransférase

**SGPT** : Glutamate pyruvate transaminase sérique

**SGOT** : Glutamate transaminase sérique

**GLUT** : Transporteur de glucose

**PI3K** : Phosphoinositide 3-kinase

**AMPK** : Protéine kinase activée par l'AMP

**PGE<sub>2</sub>** : Prostaglandine E<sub>2</sub>

**TNF** : Facteur de nécrose tumorale

**COX 2**: Cyclooxygénase

**TG**: Triglycérides

**CT**: cholestérol total

**LDL-c**: Cholestérol LDL

**VLDL-c**: Cholestérol VLDL

**HDL-c**: Cholestérol HDL

**HMG-CoA réductase**: Hydroxyméthylglutaryl-CoA réductase

**HSV-1**: Virus Herpès simplex



**ECV11:** Echovirus

**ADV:** Adénovirus

**LC (50) :** Concentration létale 50

**CMI :** Concentration minimale inhibitrice

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Production des figes en tonnes dans les principaux pays du monde.....	5
<b>Figure 2</b> : Morphologie de figuier ( <i>Ficus caria</i> L).....	6
<b>Figure 3</b> : Jeune rameau de l'année.....	6
<b>Figure 4</b> : Bourgeon terminal du figuier .....	7
<b>Figure 5</b> : Feuille du figuier .....	8
<b>Figure 6</b> : Fleurs à l'intérieur du figuier .....	8
<b>Figure 7</b> : Coupe transversale du fruit du figuier .....	9
<b>Figure 8</b> : Latex du figuier .....	10
<b>Figure 9</b> : Figes à maturité optimale.....	12
<b>Figure 10</b> : Produit final (figes séchées) .....	13
<b>Figure 11</b> : Symptômes d'une photodermatite causée par les feuilles de <i>F.carica</i> ...	14
<b>Figure 12</b> : Composés bioactifs de diverses parties de <i>F.carica</i> .....	20
<b>Figure 13</b> : Structure chimique de psoralène (A), de bergaptène (B).....	23
<b>Figure 14</b> : Structure chimique de quercétine (A), lutéoline (B).....	23
<b>Figure 15</b> : Structure de quercétine 3-O- glucoside (C), quercétine 3-O- rutinoside (D) .....	23
<b>Figure 16</b> : Divers composés bioactifs de fruit de <i>F.carica</i> .....	26
<b>Figure 17</b> : Structure des principaux anthocyanidines de fruit de <i>F. carica</i> .....	27
<b>Figure 18</b> : Différentes biomolécules et activités biologiques de <i>F.carica</i> .....	28
<b>Figure 19</b> : Propriétés anticancéreuses de <i>F. carica</i> basées sur les voies moléculaires .....	30
<b>Figure 20</b> : Propriétés anticancéreuses de <i>F.carica in vivo</i> et <i>in vitro</i> .....	32
<b>Figure 21</b> : phytoconstituants de <i>F.carica</i> participant à l'activité antioxydante.....	35
<b>Figure 22</b> : Action de l'extrait éthanolique de fruit de <i>F.carica</i> sur l'inhibition enzymatique.....	37
<b>Figure 23</b> : Mécanisme d'action des extraits de figes dans l'activité antidiabétique....	38
<b>Figure 24</b> : Voies proposées impliquées dans l'inflammation et des sites de l'action inhibitrice des flavonoïdes.....	40

### *Liste des tableaux*

<b>Tableau I :</b> Classification botanique du figuier .....	3
<b>Tableau II :</b> Valeur nutritionnelle de 100g de la figue.....	15
<b>Tableau III :</b> Composition en acides aminés des figes fraîches et sèches .....	18

## ملخص

في هذا العمل ، تم إجراء بحث على نبات معروف باسم "شجرة التين" وهو نبات عشبي ينتمي الى عائلة الماركسيات ، يبلغ طول شجرة التين عادة 1.5 الى 5 أمتار ، لبن الشجرة أبيض حليبي ويحتوي على انزيم "الفيسين" ، والأوراق عريضة مع ما يقرب من 3-5 فصوص. تختلف الثمار في الحجم واللون

التين الطازج والمجفف غني بالعناصر الغذائية مثل المغذيات الدقيقة والكربوهيدرات والبروتينات والألياف والأحماض العضوية، وتعتبر الأجزاء المختلفة من شجرة التين مصدرًا مهمًا للمواد النشطة بيولوجيًا مثل التربينويدات والمركبات الفينولية

تستخدم شجرة التين تقليدياً لخصائصها الطبية كعلاج للأمراض القلبية والتنفسية ، ملين وكذلك كدواء للأمراض الجلدية المختلفة. تعتبر شجرة التين ذات أهمية علمية واجتماعية واقتصادية ويزداد استخدامها في الصناعات الغذائية ومستحضرات التجميل والأدوية. لقد أصبحت موضوعاً بحثياً مهماً نظراً لخصائصها البيولوجية العديدة ، مثل مضادات الأكسدة ومضادات السرطان ومضادات السكر ومضادات البكتيريا

**الكلمات المفتاحية :** شجرة التين، الماركسيات، التين، المركبات الفينولية، النشاط البيولوجي

## Résumé

Dans ce travail, une recherche bibliographique a été réalisée sur une plante appelée *Ficus carica*, communément nommée "figuier". C'est une plante herbacée appartenant à la famille des Moraceae, l'arbre de *Ficus carica* mesure généralement de 1,5 à 5 mètres de long, le latex est blanc laiteux et contient de l'enzyme "la ficine", les feuilles sont larges avec presque 3- 5 lobes. Les fruits varient en taille et en couleur.

Les figes fraîches et séchées sont riches en éléments nutritifs tels que les oligo-éléments, les glucides, les protéines, les fibres et les acides organiques. Les différentes parties du figuier sont une source importante en substances bioactives tels que les terpénoïdes et les composés phénoliques.

*Ficus carica* est traditionnellement utilisé pour ses vertus médicinales en tant que remède pour les maladies cardiovasculaires et respiratoires, laxatif, ainsi comme un traitement de diverses affections dermatologiques. Le figuier revêt une importance scientifique et socio- économique et son utilisation dans les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques se développe. Il devient un sujet de recherche important en raison de ses nombreuses propriétés biologiques, telles que les activités antioxydantes, anticancéreuses, antidiabétiques et antibactériennes.

**Mots clés :** *Ficus carica*, Moraceae, figue, composés phénoliques, activité biologique

# Introduction



### Introduction

La médecine traditionnelle a formé la base des soins de santé mondiaux depuis l'aube de l'homme et est encore largement utilisée et d'une importance considérable dans le commerce international. L'organisation mondiale de la santé estime que la demande annuelle actuelle de plantes médicinales est environ 14 milliards de dollars et atteindra environ 5000 milliards de dollars d'ici 2050 (Jain et *al.*, 2011).

La popularité de la phytothérapie s'explique par son faible coût, son accessibilité, sa compatibilité avec les valeurs culturelles et religieuses des patients, son efficacité et sa sécurité due à sa faible toxicité, et déception face à la médecine moderne (Johnny et *al.*, 2022).

À cet égard, des recherches montrent que 25 % des médicaments modernes sont dérivés d'extraits de plantes médicinales (Robert et John, 1983). La Banque mondiale rapporte que le commerce des plantes médicinales, des produits pharmaceutiques à base de plantes connaît un taux de croissance annuel compris entre 5 et 15% (Jain et *al.*, 2011).

En ce sens, nous avons tendance à étudier le figuier (*Ficus carica L.*), étant un arbre à feuilles caduques de la famille des Moraceae, est l'un des premiers arbres fruitiers cultivés (Oliveira et *al.*, 2009). C'est une espèce tempérée originaire d'Asie du Sud –Ouest et la Méditerranée, actuellement il est largement cultivé dans le monde entier (Badgajar et *al.*, 2014).

Les diverses parties du *Ficus carica* à savoir les feuilles, l'écorce, la pulpe, les graines et le latex sont utilisés dans le traitement ethnométrical des maladies du système endocrinien (diabète), système respiratoire (asthme, toux, bronchite), digestives (ulcère, vomissements, constipation), infectieuses (maladies de la peau, gale, gonorrhée) et de nombreuses autres maladies (Badgajar et *al.*, 2014).

Les figes fraîches ou séchées, sont particulièrement riches en fibres, en acides aminés, de vitamines, minéraux, polyphénols antioxydants, anthocyanines, des glucides et des acides organiques (Wojdyło et *al.*, 2016).

Des recherches récentes se sont concentrées sur l'évaluation des propriétés antibactérienne, anticancéreuse, antifongique, antioxydante, vermifuge, antiinflammatoire, antipyrétique,

## Introduction

---

antispasmodique, antiplaquettaire, antivirale, hépatoprotective, hypoglycémiant et hypolipidémiant de *Ficus carica* (Badgujar et al., 2014).

Le figuier attire l'attention des chercheurs du monde entier pour ses activités biologiques, et fait l'objet de nombreuses recherches et des études pharmacologiques approfondies, afin d'identifier qualitativement et quantitativement les substances bioactives présentes chez cette espèce et évaluer leurs mécanismes d'action.

L'objectif de ce travail est focalisé sur la collecte et l'étude attentive de ces recherches afin de fournir une synthèse générale contenant les propriétés phytochimiques ainsi que les principaux effets thérapeutiques de *Ficus carica*.

Dans le cadre de cette recherche, ce mémoire est composé de trois parties : une première partie correspond à une présentation générale du figuier, une seconde partie présentant leur profil phytochimique, et une troisième montrant ses activités biologiques.



# Chapitre I

## Présentation de *Ficus carica* L.



## I. Présentation de *Ficus carica* L

### I.1. Historique

Le figuier (*Ficus carica* L.) a évolué à travers les âges, d'une plante sauvage à un arbre cultivé très apprécié. Il est souvent évoqué dans les textes anciens mais aussi dans la -Sourate Attinell du Coran (Jeddi, 2009). Plus de ses propriétés thérapeutiques et nutritionnelles, les figues étaient utilisées comme édulcorant bien avant que le sucre ne soit connu (Deborah et Stéphanie, 2008). Les figues sont mentionnées dans les hymnes babyloniens d'environ 2000 avant J.-C. Dès 2900 avant J.-C, au début de la période sumérienne, l'usage médicinal des figues a déjà été souligné. Tous les habitants d'Athènes étaient des «philosykos », qui se traduisent littéralement par «ami des figues» (Vinson, 1999).

*Ficus carica* a un qualificatif générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le lait du figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie (Jeddi, 2009). La figue est présumée à l'origine de l'Asie Occidentale et propagée vers la région méditerranéenne par l'homme (Starr et al., 2003). Les figues ont été apportées en Amérique par les Espagnols en 1520 et introduites en Californie depuis le Mexique en 1769 (Crisosto et al., 2010). Aujourd'hui, elle est cultivée dans toutes les régions du monde (Starr et al., 2003).

### I.2. Position systématique

Selon les botanistes, l'origine du figuier remonte au caprifiguier, son ancêtre sauvage. Le figuier comprend plus de 1000 espèces (Starr et al., 2003). regroupées en 40 genres dont le genre *Ficus* décrit par Linné (Ghada et al., 2009).

Systématiquement, selon Linné 1753, le figuier est classifié comme suit (**Tableau I**)

**Tableau I:** Classification botanique du figuier (**Chawla et al., 2012**).

<b>Règne</b>	Végétal
<b>Super-embranchement</b>	Spermatophyte
<b>Embranchement</b>	Phanérogames
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous classe</b>	Hamamélidées
<b>Ordre</b>	Urticales
<b>Famille</b>	Moracées
<b>Genre</b>	<i>Ficus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Ficus carica</i> L.

### I.3. Noms vernaculaires

*Ficus carica* est la plante la plus populaire du genre *Ficus*, connue sous plus de 135 noms dans différentes parties du monde, tels que :

Figuier (français), fig (anglais), feige (allemand), anjir (hindi), fico (italienne), Incir (turque), teen (arabe) (Badgujar et *al.*, 2014).

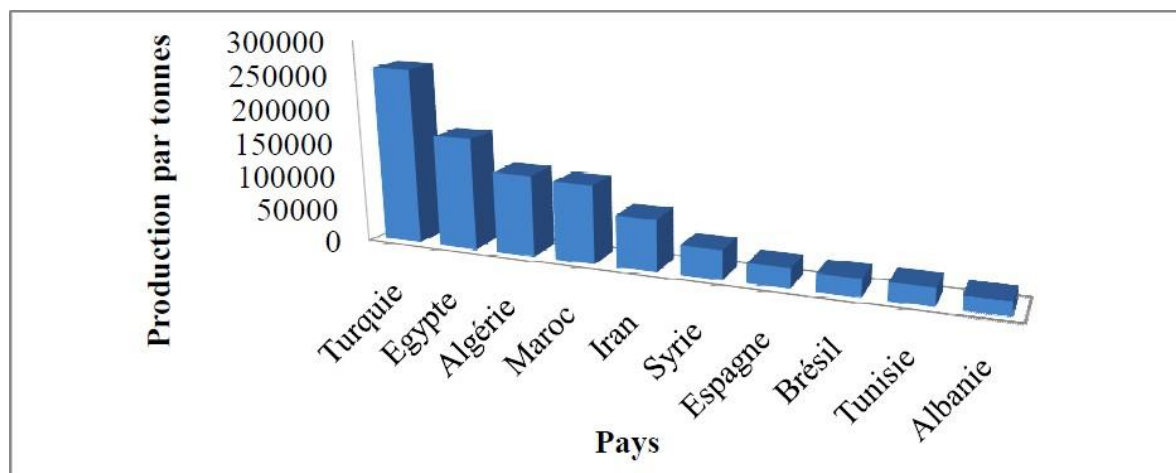
### I.4. Origine et distribution géographique

#### I.4.1. Origine du figuier

L'origine du figuier reste quelque peu obscure. Originaire d'Asie occidentale, d'Afrique du Nord ou des îles Canaries. Probablement le résultat du métissage de certaines espèces sauvages (Vilmorin, 2003). La figue, s'est répandue progressivement le long de la côte méditerranéenne avant d'être introduite en Afrique du nord par les arabes (Solabia, 1998). L'arbre est très probablement originaire du sud de l'Arabie ou de l'Asie Mineure, et certains botanistes disent que la plante est originaire du Moyen-Orient. Son centre d'origine est le Yémen, qui s'étend à travers la Palestine, en Syrie, il a été retrouvé plus tard des restes de fruits datant de 7000 ans avant J-C dans tout le bassin méditerranéen lors de fouilles à Jéricho (Flaishman et *al.*, 2008).

#### I.4.2. Distribution géographique

L'intérêt humain pour le figuier a entraîné sa propagation dans plusieurs parties du monde (Oukabli, 2003). Les figuiers sont cultivés partout où règne un climat très proche de celui de la Méditerranée (Vidaud, 1997). La Syrie et l'Anatolie sont les habitats naturels du figuier, et de là, il a été transféré au nord d'Afrique, Espagne, Mexique, Chili, Pérou et Californie. Il a également été transporté en Amérique du Sud via la France et en Mésopotamie, l'Iran et l'Inde d'Anatolie (Preedy et Watson, 2014). Environ un million de tonnes de figues sont produites dans le monde chaque année, soit en totale 974414 tonnes en 2015 (Faostat, 2015). La Turquie est en première position près du quart de la production mondiale, suivi par l'Égypte, l'Algérie et le Maroc (Faostat, 2015) (figure 1).



**Figure 1 :** Production des figes en tonnes dans les principaux pays du monde (Faostat, 2015).

En Algérie, le figuier est l'une des trois principales cultures fruitières, oliviers et agrumes (Inraa, 2006). La plupart des plantations se trouvent en Kabylie (Chouaki et *al.*, 2006). Les figuiers cultivés occupent une superficie de 44 608 ha selon Faostat (2015).

## I.5. Description botanique du figuier

### I.5.1. Arbre

Les figuiers cultivés sont des arbres touffus, atteignant des hauteurs de 1,5 à 5 mètres, mais à croissance libre pouvant dépasser les 10 mètres, facilement reconnaissables à leurs ports évasés et rugueux, et courts à plusieurs branches étalées à la base du trône (Leroy, 1968) (figure2). L'écorce des rameaux est grise plus ou moins rugueuse, portant des bourgeons peu ou pas velus constitués de deux stipules couvrant une dizaine d'ébauches de feuilles (Vidaud, 1997). Le système racinaire est généralement assez étendu, mais peu profond. Les feuilles sont vertes foncées, caduques, alternes sur les branches et ont des pétioles de 5 à 12 cm de long. Les limbes des feuilles se présentent sous une variété de formes et de tailles, principalement ovales, ils sont non divisés (une seule feuille) ou plus ou moins profondément palmés (3 à 5 lobes) avec un contour denté ondulé ou irrégulier. La face supérieure est modérément poilue, tandis que la face inférieure est poilue sur les nervures latérales (Starr et *al.*, 2003). Le fruit du figuier, « *Ficus carica* », pousse à l'aisselle des feuilles, seul ou par paires, sur sessiles ou sur des tiges (jusqu'à 3 cm de long) et se présente sous une variété de formes et de tailles (Lim, 2012).



**Figure 2 :** Morphologie de figuier (*Ficus carica L*) (Hussain et al., 2021).

### I.5.2. Rameaux fructifères

Le rameau est constitué d'un ensemble d'entre nœuds, chaque nœud constitue le point d'insertion d'une feuille et des bourgeons axillaires. Leur disposition alternée rarement opposée sur le rameau, est une spécificité de la famille des Moracées (Vidaud, 1997) (figure 3).



**Figure 3 :** Jeune rameau de l'année (Vidaud, 1997)

### I.5.3. Bourgeons

L'extrémité de la tige entière représente le méristème terminal, qui contient tous les éléments de la future tige et le tissu méristématique terminal, qui assure la production de nouveaux segments de tige (Vidaud, 1997). Chaque feuille a un bourgeon appelé latéral ou axillaire dans l'aisselle, ou cicatrice qui reste après sa chute. Une inspection plus minutieuse révèle qu'il y a en fait deux Bourgeon: L'un est pointu et a un destin végétal, l'autre est arrondi et floral. Parfois, deux bourgeons ronds présents de part et d'autre du bourgeon végétatif (Vidaud, 1997) (figure 4).



**Figure 4 :** Bourgeon terminal du figuier (Vidaud, 1997).

### I.5.4. Feuilles

Les feuilles de figuier sont vertes, alternes, palmées et inodores (Chawla et *al.*, 2012). Grandes, ovales ou rondes (Patil et Patil, 2011). Généralement à 3-5 lobes (Joseph et Justin, 2011). La face supérieure est rugueuse et la face inférieure est poilue, avec des veines qui transportent les jus bruts et reçoivent les jus transformés (Chawla et *al.*, 2012) (figure 5).



**Figure 5 : Feuille du figuier (Vidaud, 1997)**

### **I.5.5. Inflorescence**

Les inflorescences du figuier sont très particulières. Les fleurs de figuier ne sont pas visibles et sont regroupées à l'intérieur du fruit (figure 6).

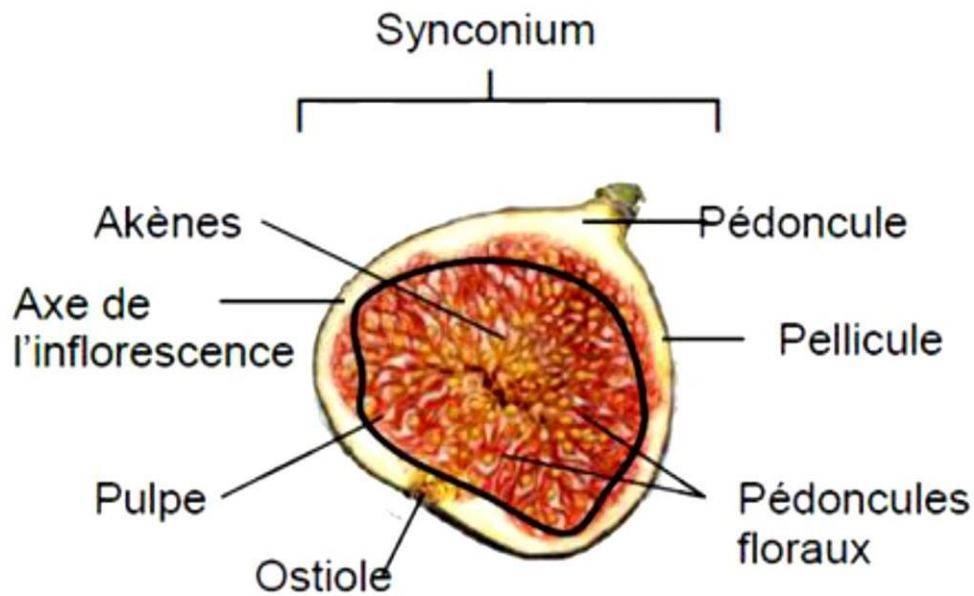


**Figure 6 : Fleurs à l'intérieur du figuier (Vidaud, 1997).**

### **I.5.6. Fruits**

La figue n'est pas un vrai fruit, mais un contenant charnu (cinconium) qui abrite de nombreuses fleurs. Une fois la fécondation effectuée, les vaisseaux sanguins gonflent et la fleur se transforme en minuscules graines (akènes) qui forment le fruit (Haesslein et Oreiller, 2008). La figue pèse entre 30 et 65 g selon les variétés (Ouaouich et Chimi, 2005). Elle se

compose d'une peau externe pigmentée (vert pur, marron, violet ou noir) (Chawla et *al.*, 2012). D'une partie interne blanche contenant de nombreux boutons (Joseph et Justin Raj, 2011). De pores (cils ou opercules), et tige (Haesslein et Oreiller, 2008) (figure 7).



**Figure 7 :** Coupe transversale du fruit du figier (Déborah et Stéphanie, 2008).

### I.5.7. Racines

Les racines actives sont l'une des forces écologiques du figier. Outre son développement important, rappelant sa parenté avec le figier tropical, dont les racines sont aériennes et parfois étouffantes, l'extraordinaire densité des poils absorbants lui permet de tirer la meilleure partie de l'eau disponible dans le sol en augmentation. Ceci explique bien sa pertinence dans certains sols (Vidaud, 1997).

### I.5.8. Latex

*Ficus carica* est riche en sève laiteuse qui s'appelle « latex », elle est de couleur blanche, sort lorsque les feuilles et les tiges sont brisées (Hussain et *al.*, 2021). Le latex de cette plante contient principalement de la ficine, une enzyme protéolytique qui irrite la peau (Badgujar et *al.*, 2014) (figure 8).





**Figure 8 :** Latex du figuier (Vidaud, 1997).

## I.6. Utilisation de *Ficus carica L*.

### I.6.1. Utilisation thérapeutique

*Ficus carica L.* a été identifié pour soigner les troubles du système endocrinien (diabète), du tractus gastro-intestinal (ulcère et vomissements), du système respiratoire (asthme et toux) et des maladies infectieuses (maladies de la peau, gale et gonorrhée). Les produits à base de figes sont utilisés pour traiter un certain nombre de maux, y compris les troubles cutanés, et ses extraits soulagent efficacement les symptômes de la dermatite atopique et peuvent être utilisés en place de cortisone (Hajam et H, 2022).

*Ficus carica L* est utilisé comme laxatif doux, expectorant, diurétique. Il est également utilisé pour traiter les troubles du foie et de la rate en tant qu'agent désobstruant et anti-inflammatoire. Il peut être utilisé en combinaison avec une autre plante médicinale (*Laurus nobilis L.*) et avec des aliments naturels comme le miel et le lait (Shamkant et *al.*, 2014).

Les parties végétales et les extraits du figuier sont traditionnellement utilisés pour les applications internes et externes. Par exemple, les cataplasmes à base de figes fraîches ou séchées, de feuilles de figuier, de latex de tiges et de feuilles ont été utilisés comme remèdes populaires pour soigner de nombreuses affections (Veberic et Mikulic-Petkovsek, 2016).

- Le fruit : utilisé pour la lèpre et les saignements de nez, comme antipyrétique, dissolvant de calculs, nutriment capillaire, émollient, laxatif, efficace contre la diarrhée et l'indigestion et pour diverses inflammations, paralysie, douleurs thoraciques et les hémorroïdes (Shamkant et *al.*, 2014).

- Les feuilles : connues pour leurs effets antidiabétiques et vermifuges. La consommation de thé de feuilles de figuier a été utilisée pour traiter la dépression et la fièvre. La décoction de feuilles de figuier a été administrée contre les hémorroïdes, les furoncles, les verrues et l'onychomycose (Son et *al.*, 2017).
- Le latex : utilisé comme expectorant, diurétique, vermifuge et pour améliorer l'anémie.
- Les graines : transformées en huiles comestibles et lubrifiantes.
- La racine : utilisée comme tonique dans le traitement du vertige et de la teigne (Veberic et Mikulic-Petkovsek, 2016).

### **I.6.2. Utilisations agro-alimentaires**

Les figues constituent une part importante du régime méditerranéen, qu'elles soient fraîches ou séchées, les fruits pelés ou non peuvent être préparés de différentes manières, comme les tartes aux figues, les gâteaux ou d'autres produits de boulangeries. Les producteurs locaux conservent le fruit entier dans du sirop de sucre ou le préparent sous forme de confiture, de marmelade ou de pâte (Veberic et Mikulic-Petkovsek, 2016). La pâte de fruit est utilisée comme édulcorant naturel par rapport au sirop de maïs et au saccharose (Hajam et H, 2022).

Les feuilles de figuier sont également utilisées comme fourrage pour le bétail, le latex est séché en poudre et utilisé pour coaguler le lait, les cultures de cellules de figue ont également été évaluées comme source de protéases.

Les figues fraîches sont jetées en raison de leur détérioration, d'une mauvaise maturation ou d'une surmaturité. Ces biorésidus représentent une réelle perte économique car ils sont riches en composés bioactifs tels que les anthocyanes et les pectines, qui peuvent être extraits et utilisés comme produits de valeur, en particulier pour l'industrie alimentaire en tant que colorants fonctionnels, émulsifiants et additifs fonctionnels (Ayuso et *al.*, 2022).

#### **I.6.2.1. Figue sèche**

Les figues peuvent être consommées fraîches ou séchées, la plupart de la production commerciale se fait sous forme séchée ou transformée, car le fruit mûr ne résiste pas bien à

l'expédition pendant la récolte. Selon l'International Nut and Dried Fruit Council Foundation, la consommation de figes séchées en 2020/2021 a atteint 148400 tonnes, et les plus gros consommateurs sont l'Iran, les États-Unis d'Amérique, l'Allemagne, la France, l'Inde et l'Italie (Ayuso et *al.*, 2022).

D'après les apports nutritionnels de référence (ANREF) et les données nutritionnelles publiées par le département de l'agriculture des Etats-Unis (USDA), les figes séchées présentent le meilleur score nutritionnel parmi les fruits séchés, ils sont les plus riches en fibres et contiennent d'importants minéraux et vitamines. Dans une étude, la consommation de 40g de figes séchées a significativement augmenté la capacité antioxydante du plasma (Khatib et *al.*, 2010). La maturité des figes est un paramètre décisif pour obtenir des figes sèches de haute qualité (figure 9).



**Figure 9 :** Figes à maturité optimale (Ouaouiche et Chimi, 2005).

Les figes récoltées contiennent un taux d'humidité très élevé, ce qui favorise diverses dégradations, rendant le produit très sensible à la détérioration. En conséquence, les pertes peuvent être très élevées par manque de moyens de protection. Le séchage est l'un des moyens efficaces de conservation (Ouaouiche et Chimi, 2005).

Le séchage solaire ne coûte presque rien, ne donne aucun contrôle sur les paramètres de séchage et cela demande assez de temps. En conséquence, la qualité du produit est très mauvaise en termes d'hygiène et de nutrition. Cette méthode est donc déconseillée pour des raisons économiques, notamment de santé publique. La technologie éprouvée utilise un véritable séchoir solaire avec une chambre de séchage fermée pour optimiser l'énergie et contrôler les paramètres. L'application des BPH (Bonnes pratiques d'hygiène) permet de garantir que le produit final (Figes sèches) répond aux normes de sécurité et de qualité (Ouaouiche et Chimi, 2005) (figure 10).



**Figure 10 :** Produit final (figes séchées) (Ouauiche et Chimi, 2005).

#### **I.6.2.2. Lait fermenté enrichi de figes**

Aujourd'hui des recherches suggèrent d'améliorer la valeur nutritionnelle de lait fermenté, en additionnant des additifs naturels riches en antioxydants, de minéraux et les fibres alimentaires pour répondre aux besoins humains. L'ajout de figue peut augmenter l'activité probiotique, il augmente les fibres alimentaires, les polyphénols, la capacité antioxydante et les minéraux, en utilisant dans la nutrition humaine et la médecine afin de réduire et de traiter l'obésité, l'hypercholestérolémie, l'hypertension, les troubles gastro-intestinaux et augmenter la croissance de la flore intestinale (Abd-Eltawab et *al.*, 2019).

#### **I.6.2.3. Sirop de la figue**

Le sirop de la figue est un concentré de fruit utilisé comme ingrédient courant dans la fabrication d'aliments typiques, en particulier les gâteaux (Puoci et *al.*, 2011). Dans une étude consacrée à l'analyse des effets de paramètres tels que le PH et la température sur la rhéologie du produit, le sirop de figes a été préparé en mélangeant des figes séchées avec de l'eau distillée bouillante. Cette première étape permet l'extraction du fructose et saccharose, et surtout des arômes. Après macération, la solution a été filtrée et concentrée jusqu'à l'obtention d'un sirop de figue (Gabriele et *al.*, 2010).

### **I.7. Toxicité**

La photodermatite des plantes est une affection causée par une exposition continue aux photosensibilisants contenus dans les plantes, suivie d'une exposition à la lumière ultraviolette.

De nombreuses plantes communes contiennent de telles substances photosensibilisantes, parmi lesquelles « le figuier ». L'utilisation de feuilles de figuier comme remède populaire sans prendre de précautions d'utilisation, peut entraîner de graves effets indésirables (Son et *al.*, 2017). L'exsudat des branches et feuilles de figuier « le latex », contient de nombreux composés notamment des enzymes protéolytiques et des furocoumarines. L'application fréquemment sur la peau de décoction des feuilles de figuier, provoquent des lésions cellulaires suite à l'exposition à la lumière ultraviolette (UVA). Les dommages sont causés soit directement par l'interaction de photosensibilisant-cible, soit indirectement par génération des espèces réactives de l'oxygène (ERO) (Son et *al.*, 2017).

Parmi les symptômes significatifs de dermatite phototoxique est l'apparition d'une dermatite avec érythème et cloques sur les parties de la peau exposées à la décoction de feuilles du figuier, ces lésions cutanées peuvent se guérir en utilisant un traitement à base de corticostéroïdes systémiques et topiques (Son et *al.*, 2017) (figure 11).



**Figure 11 :** Symptômes d'une photodermatite causée par les feuilles de *F.carica* (Son et *al.*, 2017).

**Chapitre II**  
**Composition**  
**phytochimique de**  
***Ficus carica* L.**



## II. Composition phytochimique de *Ficus carica* L.

### II.1. Métabolites primaires

Les figues fraîches et séchées, sont particulièrement riches en fibres, en acides aminés (aspartique et glutamique) et en protéines, vitamines (thiamine, riboflavine), minéraux (fer, calcium, potassium), sucres, acides organiques et acides gras. De plus, les figues sont dépourvues de graisses et de cholestérol (Wojdyło et al, 2016).

**Tableau II** : 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

Des études montrent que les figes sèches peuvent faire partie de tout régime, hypocalorique ou pauvre en sodium, régimes amaigrissants, régimes diabétiques et même régimes Méditerranéen, car elles sont sans matières grasses et n'ont presque pas d'apport sodique, et comme les autres produits végétaux, elles ne contiennent pas de cholestérol. À poids égal, les figes sèches fournissent six fois plus d'énergie (calories) que les figes fraîches. Environ 1 ou 2 figes sèches, équivalent à 15g d'hydrate de carbone, disponibles sous forme de glucose et de fructose. De plus, elles sont riches en fibres, apportant 20% des apports journaliers recommandés. Elles possèdent plus de fibre diététique par ration que n'importe quel autre fruit frais ou sec, et une de leurs fibres solubles, la pectine aide à contrôler le taux de cholestérol sanguin. Elles ont également la teneur en minéraux la plus élevée de tous les fruits : Une ration de 40 g apporte 244 mg de potassium (7% des AJR), 53 mg de calcium (76 % AJR) et 1,2 mg de Fer (6% AJR)(Gamero, 2002).

### II.1.1. Glucides

L'analyse qualitative des glucides de la fige révèle une valeur commerciale significative dans les fruits de la fige et des constituants importants qui compensent la présence de sucres libres, principalement le glucose, le fructose, des quantités mineures de saccharose, galactose et d'arabinose (Golubev *et al*, 1987). La faible concentration de saccharose dans les figes peut être le résultat des processus anaboliques et de la respiration au cours du développement du fruit (Veberic et Mikulic-Petkovsek, 2016). Selon les données publiées par Lim (2012), 100g de figes fraîches contiennent 19,18g de glucides totaux dont 16,26g de sucres. Une même portion de figes sèches contient 63,87 g de glucides, dont 47,92 g de sucres (24,79 g de glucose, 22,93 g de fructose, 5,07 g d'amidon, 0,13 g de galactose, 0,07 g de saccharose). Selon les conditions de récolte, de maturité et de stockage, ces proportions peuvent varier d'une année à l'autre (Gozlekci, 2011).

### II.1.2. Lipides

La fige contient une faible quantité en lipides environ 1,9%, malgré leur faible teneur, les lipides ont une influence fondamentale sur la durée de stockage, les propriétés organoleptiques et la valeur nutritionnelle et biologique de la fige. Les lipides de la fige sont caractérisés par un taux élevé d'insaturation (>68%) des acides gras monovalents, ce qui



peuvent causer des dommages oxydatifs aux figues et à leurs dérivés par peroxydation lipidique (Kolesnik *et al*, 1987). L'huile essentielle des graines de figue contient des acides gras essentiels tels que: l'acide linoléique et l'acide linoléique, et non essentiels : l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide oléique, ce sont les acides gras basiques des figues (Mahmoudi, 2018). Le latex est essentiellement constitué d'acides gras saturés, d'acides gras monoinsaturés et d'acides gras polyinsaturés avec des quantités respectives de 161,77, 5,89 et 14,59 mg/kg de latex , l'acide linoléique est l'acide gras prédominant (53,1%) dans les figues sèches (Badgujar *et al*, 2014). L'acide linoléique se trouve à des niveaux élevés, en particulier dans la peau de la figue. Pour une absorption maximale de l'acide linoléique, il est important de manger le fruit entier, non pelé (Guvenc *et al*, 2009).

### II.1.3. Acides organiques

Le profil d'acide organique des feuilles de figuier se compose de six acides organiques : acide oxalique, acide citrique, acide malique, acide quinique, acide shikimique et acide fumarique. L'acide malique est le composé majoritaire (56 à 96% des acides organiques totaux), dans toutes les parties de *figus carica* testées, suivi par l'acide quinique (28 à 37%) (Mahmoudi, 2018). Par contre, l'acide oxalique est abondant dans les feuilles vertes (Oliveira *et al.*, 2009). La pulpe et la pelure ne contiennent pas d'acide quinique (Badgujar *et al*, 2014).

### II.1.4. Protéines et acides aminés

Selon Lim (2012), les figues fraîches contiennent 0,75 g/100 g de protéines. Elles contiennent environ 17 acides aminés, dont l'acide aspartique et l'acide glutamique. Les niveaux d'acides aminés acides sont plus élevés que les autres acides aminés dans les figues fraîches et séchées (Lim, 2012) (Tableau III).

**Tableau III** : Composition en acides aminés des figes fraîches et sèches (Lim, 2012).

Acide aminé	Figue fraîche (mg/100g)	Figue sèche (mg/100g)
Acide aspartique	176	645
Acide glutamique	72	295
Alanine	45	134
Arginine	17	77
Cystine	12	36
Glycine	25	108
Histidine	11	37
Isoleucine	23	89
Leucine	33	128
Lysine	30	88
Méthionine	6	34
Phénylalanine	18	76
Proline	49	610
Sérine	37	128
Thréonine	24	85
Tryptophane	6	20
Tyrosine	32	41
Valine	28	122
<b>Total</b>	<b>0,64 g/100 g</b>	<b>2,75 g/100 g</b>

### II.1.5. Fibres alimentaires

Les fibres sont présentes en quantités significatives dans les figes séchées et fraîches (Morovati et al, 2022). Les fibres alimentaires comprennent la lignine et les glucides tels que la cellulose, l'hémicellulose, la pectine, l'amidon résistant et les oligosaccharides résistants. Ils sont divisés en deux groupes selon leur solubilité dans l'eau. Fibres solubles, visqueuses, fermentescibles et fibres insolubles, non visqueuses, à fermentation lente (Ramulu et Rao, 2003).

Une étude menée par Ramulu et Rao (2003) a révélé que les figes fraîches contiennent 5 g de fibres pour 100 g de matière première, dont 2,6 g de fibres insolubles et 2,4 g de fibres solubles. En raison de leur forte teneur en fibres, les figes sont un excellent remède contre la constipation (Bidri, 2018).

### II.1.6. Vitamines

Les figes jouent un rôle important dans l'alimentation humaine, non seulement c'est un fruit fibreux, mais c'est aussi une source importante de vitamines lipophiles. La raison est que la figue est un fruit qui favorise la régénération cellulaire en raison de leur teneur élevée en

protéines, vitamines hydrosolubles (vit B1, vit B2, vit C), vitamines liposolubles (vit A, vit D2, D3, vit K1, et  $\alpha$ -Tocophérol ainsi que  $\gamma$ -Tocophérol,  $\delta$ -Tocophérol et acétate de  $\alpha$ -Tocophérol (Guvenc et *al*, 2009). Selon les données de département de l'Agriculture des États-Unis (USDA), les figes sèches sont riches en fibres, cuivre, potassium, magnésium, calcium et vitamine K par rapport aux besoins humains ((Badgujar et *al*, 2014). Konyalioglu et *al* (2005) ont rapporté que les feuilles du figuier contiennent 10 fois plus de vitamine E que le soja qui est utilisé comme source industrielle d'alpha-tocophérol (vit E) (Guvenc et *al*, 2009).

### II.1.7. Minéraux

Les figes contiennent 0,66 g de cendres pour 100 g de figes fraîches (Lim, 2012). De plus, elles contiennent des quantités importantes de minéraux nécessaires au métabolisme, à savoir P, K, Ca, Mg, Na, Fe et Z (Mendoza-Castillo *et al*, 2019). Outre les minéraux déjà cités, Favier et *al*. (1993) ont rapporté que les figes contiennent de l'iode à un niveau de 1,5  $\mu\text{g}/100$  g de figes fraîches. Ils notent également la présence de fluor (20  $\mu\text{g}/100$  g).

## II.2. Métabolites secondaires

*Ficus carica* est une excellente source de diverses biomolécules biologiquement actives et sont impliquées dans des divers effets bioactifs, parmi lesquelles: les composés phénoliques et flavonoïdes, les phytostérols, les coumarines, les terpénoïdes et les composés volatils (figure 12) (Ayuso et *al*, 2022). La plupart de ces composés phytochimiques se trouvent dans le latex, suivi des feuilles, des fruits et des racines (Badgujar et *al*, 2014). L'existence de ces métabolites avec des applications intéressantes dans les domaines alimentaire, cosmétique et naturaceutique a renforcé la valorisation potentielle de la fige (Ayuso et *al*, 2022).

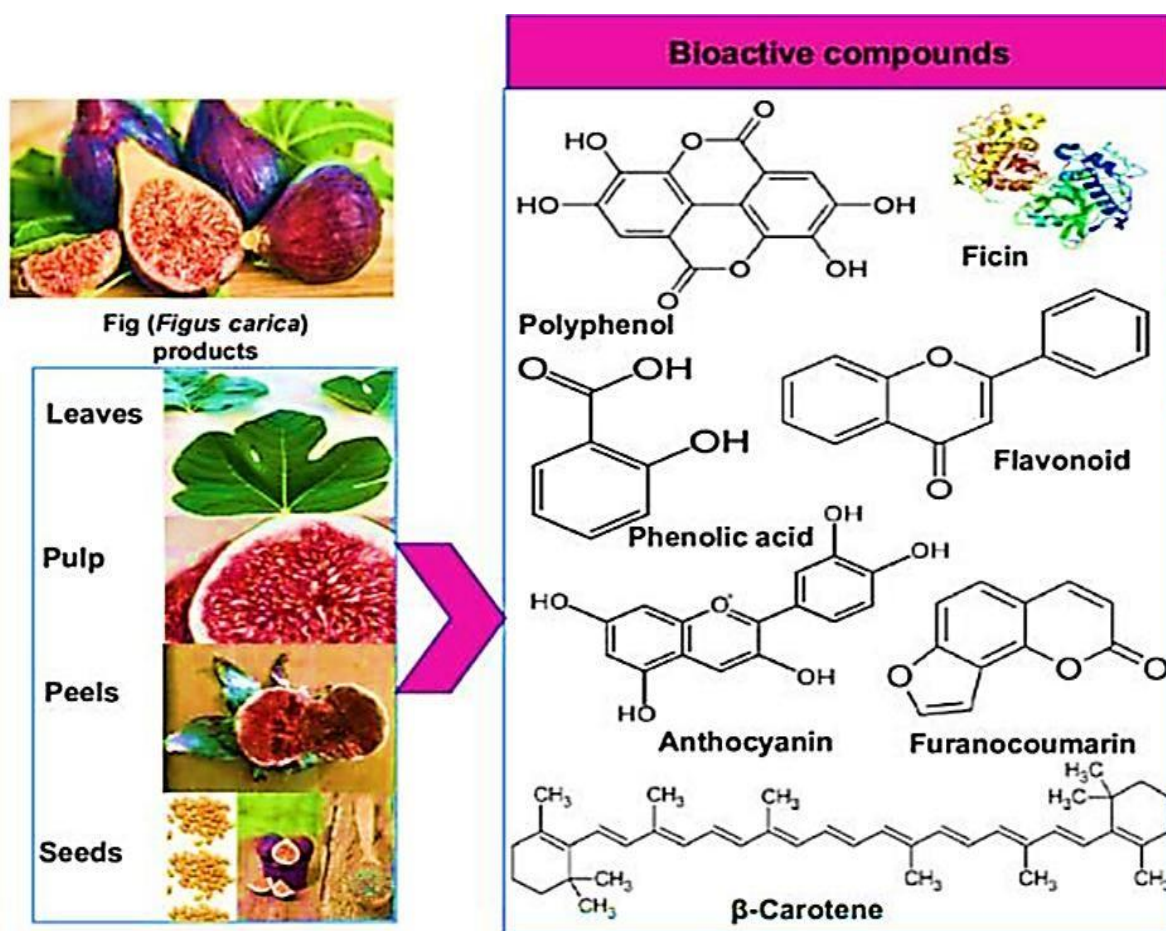


Figure 12 : Composés bioactifs de diverses parties de *F. carica* (Rasool et al., 2023).

### II.2.1. Phytochimie d'écorce, racine et de la tige

L'écorce de *F. carica* est riche en polyphénols, notamment des flavonoïdes et leurs glycosides, des triterpénoïdes, des furocoumarines, des stérols et d'autres acides phénoliques complexes. Plusieurs techniques spécifiques ont été utilisées pour déterminer la teneur en polyphénols de l'écorce de tige de *F. carica* à l'aide de la chromatographie liquide à haute performance (Govindarajan et al, 2008). Une étude a évalué une comparaison phytochimique de l'écorce de quatre espèces de *Ficus* : *F. religiosa*, *F. glomerata*, *F. retusa* et *F. carica*. L'analyse HPTLC a montré la présence de  $\beta$ -sitostérol et de lupéol dans des extraits à l'éthanol de l'écorce des quatre espèces. Les valeurs de référence du  $\beta$ -sitostérol et du lupéol sont respectivement de 0,46 et 0,62, qui sont clairement visibles sur le chromatogramme HPTLC. La concentration de  $\beta$ -sitostérol est la plus élevée chez *F. carica* (0,131 %) et la plus faible

chez *F. glomerata* (0,041 %)), la concentration de lupéol est maximale dans *F. retusa* (0,069 %) et minimale dans *F. religiosité* (0,020 %) (Rawat et al., 2012).

Les stérols végétaux sont des analogues triterpéniques du cholestérol naturellement présents dans les plantes. Ils sont connus pour réduire l'absorption du cholestérol dans l'intestin, prévenir le cancer et réduire le risque de maladies cardiovasculaires et métaboliques (Ayuso et al, 2022). Le  $\beta$ -sitostérol révélé au niveau d'écorce de *F. carica* est connu pour être un puissant antipyrétique, anti-inflammatoire (Bouic et Lamprecht, 1999). et anticancéreux (Awad et Fink, 2000). Les psoralènes ont été utilisés avec succès pour traiter le psoriasis photoréactif (PUVA) (Rodriguez-Granados et al, 2009).

### II.2.2. Phytochimie des feuilles

Les feuilles de figuier sont riches en composés phénoliques et sont de plus en plus populaires auprès des scientifiques et des consommateurs en raison de leurs propriétés bénéfiques pour la santé, principalement des propriétés antioxydantes (Badgujar et al, 2014). Ce sont des phénols simples, des acides phénoliques, des dérivés de l'acide hydroxycinnamique, des flavonoïdes, des coumarines, des tanins et des quinones (María et al, 2011).

Le principal flavonoïde libre (non glycosylé) de *F. carica* s'est avéré être la lutéoline (5, 7,3', 4'-tétrahydroxyflavone), qui s'est avérée être le principal flavonoïde des feuilles de *F. carica*. De plus, la composition phénolique des feuilles de figuier est constituée de sept composés phénoliques, à savoir le 5-CQA [acide 5-O-caféoylquinique], le 3-CQA [acide 3-O-caféoylquinique], le Q-3-Glu [quercétine 3-O- glucoside], acide férulique, Q-3-rut [quercétine 3-O-rutinoside], bergaptène et psoralène (Morovati et al., 2022).

Les feuilles de *Ficus carica* sont constituées de divers composés volatils, qui sont identifiés et distribués par des classes chimiques distinctes (Mawa et al, 2013). Ce sont les aldéhydes (2-méthylbutanal, 2-pentanal, hexanal) ; les alcools (1-penten-3-ol, 3-méthyl-1-butanol, 2-méthylbutol, heptanol) ; les cétones (3-pentanone) ; les esters (méthyl butanoate, méthyl salicylate) ; les monoterpènes (limonène, menthol) et les sesquiterpènes (Badgujar et al, 2014). Les molécules volatiles contribuent à l'agréable arôme caractéristique (Slatnar et al, 2011), l'hexanal est employé dans l'industrie pour produire la saveur fruitée (Mahmoudi, 2018).

Une étude de Boukhalifa et *al.*, (2018) faite sur des extraits méthanoliques de feuilles et de rameaux de figuier sont étudiés dans le cadre de la détermination du contenu phénolique de *F. carica*. Les résultats montrent que la teneur en composés phénoliques des rameaux et des feuilles de *F. carica* varie de 12,84 à 19,78 mg GAE/g MS. La teneur totale en phénols est significativement plus élevée dans les feuilles que dans les rameaux (Boukhalifa et *al.*, 2018). Cependant, Allahyari et *al.*, (2014) ont rapporté un taux très faible en phénols totaux d'extraits de feuilles de *F. carica*, en moyenne de 0,1229 mg GAE/g MS. Pour la teneur en phénol des rameaux d'une même espèce, les résultats trouvés par Saoudi M et El Feki A, (2011) sont bien supérieurs à ceux obtenus dans cette étude (133 mg GAE/g MS).

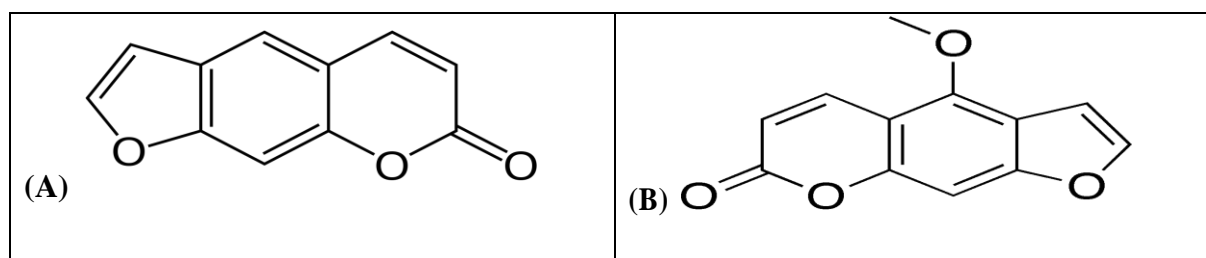
En outre, la teneur en anthocyanes des rameaux et des feuilles de *F. carica* varie de 3,22 à 5,12 mg de Cy-3-glucoside/100 g de MS. Le test a révélé également que la teneur en anthocyanes des rameaux est significativement supérieure à celle des feuilles (Boukhalifa et *al.*, 2018).

La différence entre les valeurs des composés phénoliques et des flavonoïdes dans cette étude et celles rapportées dans la littérature peut être due à plusieurs facteurs tels que le solvant et la méthode d'extraction, la température, et le temps de contact. En effet, la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes des plantes dépend de nombreux facteurs endogènes (génétiques) et exogènes dans l'aire de développement de la plante. L'exposition à la lumière et les techniques de préservation des plantes peuvent également affecter la teneur en flavonoïdes (Boukhalifa et *al.*, 2018).

### II.2.2.1. Furanocoumarines

Les furanocoumarines sont des composés aromatiques tricycliques contenant le système cyclique furane condensé de l'alpha-benzopyrone. Les psoralènes, les isopsoralènes et les bergaptènes sont les principaux composés furanocoumarines trouvés dans les feuilles de *Ficus carica*. (figure 13). Ces composés ont des propriétés anti-inflammatoires, antipyrétiques, anticancéreuses et antibactériennes (Ayuso et *al.*, 2022).

Le psoralène et le bergaptène (5-méthoxypsoralène) sont deux furanocoumarines photoactives, ces composés, en particulier les psoralènes, sont utilisés en association avec la lumière UV pour traiter les troubles cutanés tels que la dépigmentation cutanée (psoriasis et vitiligo), le mycosis fongoïde et l'eczéma (Oliveira et *al.*, 2009).

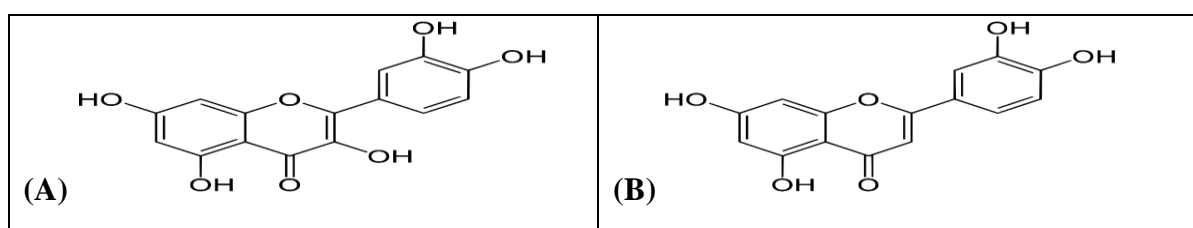


**Figure 13 :** Structure chimique de psoralène (A), de bergaptène (B) (Badgujar et al., 2014).

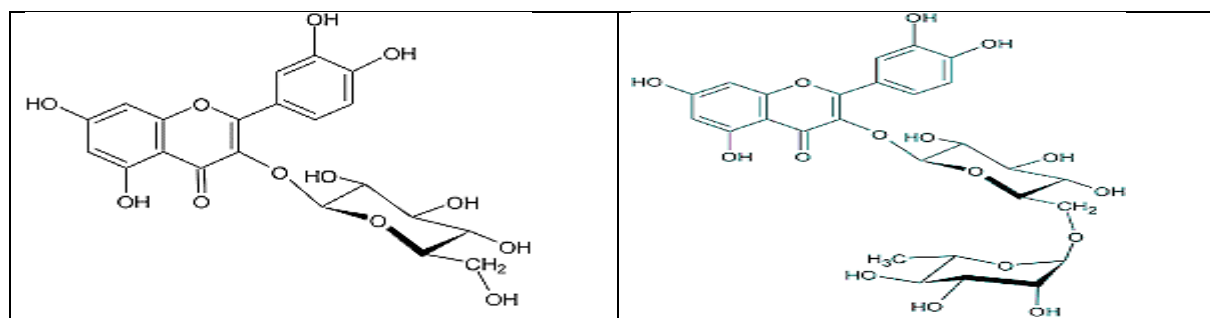
### II.2.2.2. Flavonoïdes

La lutéoline s'est avérée être le principal flavonoïde des feuilles de figuier, avec une teneur légèrement supérieure à celle de la quercétine (figure 14). Elle a nombreux effets bénéfiques pour la santé, tels que des propriétés anti-inflammatoire, antibactérienne, antioxydante, anti-cancérogène et immunomodulatrice (Badgujar et al, 2014).

Deux glycosides flavonoïdes ont été isolés à partir des feuilles de *F. carica* (quercétine 3-O glucoside et quercétine 3-O rutinoside) (Oliveira et al, 2009) (figure 15). La quercétine a été largement étudié par des chercheurs du monde entier. Elle est largement utilisée pour traiter les affections allergiques telles que l'asthme, le rhume des foins, l'eczéma et l'urticaire. D'autres usages cliniques comprennent le traitement de la goutte, de la pancréatite et de la prostatite et la réduction du risque de cancer (Badgujar et al, 2014).



**Figure 14 :** Structure chimique de quercétine (A), lutéoline (B) (Badgujar et al., 2014).



**Figure 15 :** Structure chimique de quercétine 3-O glucoside (C), quercétine 3-O-rutinoside (D) (Badgujar et al., 2014).

### II.2.2.3. Acides phénoliques

Des acides phénoliques comme les dérivés de l'acide hydroxycinnamique, qui sont les acides 3-O et 5-O- caféoylquinique et acide férulique, ont été identifiés dans les feuilles du figuier (Mahmoudi, 2018).

### II.2.2.4. Tanins

Les tanins sont des polyphénols hydrosolubles de masses molaires comprises entre 500 et 3000 g/mol. Outre la réaction classique des phénols, les tanins ont la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines. Ils sont présents à des concentrations variables dans toutes les parties des plantes, de l'écorce, des arbres, des feuilles, des fruits et des racines. (Vandy *et al.*, 2016).

### II.2.2.5. Terpènes

Les composés terpéniques contiennent des squelettes hydrocarbonés générés à partir de diphosphates de prényle de différentes tailles (Zuodong *et al.*, 2016). Quatre triterpénoïdes, bauerenol, lupeol acétate, méthyl maslinate et acide oléanolique ont été isolés à partir des feuilles de *F. carica* (Mahmoudi, 2018).

### II.2.2.6. Alcaloïdes

Le criblage phytochimique de figuier révèle la présence d'alcaloïdes de quinine dans des extraits aqueux de fruits de *F. carica* (Badgujar *et al.*, 2014). La quinine est un alcaloïde de quinquina qui est utilisée contre les parasites intra érythrocytaires du paludisme. La quinine a également des effets analgésiques, mais pas d'effet antipyrétique. Le mécanisme d'action antipaludique de la quinine est inconnu (Achan *et al.*, 2011).

## II.2.3. Phytochimie de fruit

Les composés phénoliques, omniprésents dans les fruits, sont impliqués dans leurs propriétés sensorielles, c'est –à-dire le goût et la couleur (Badgujar *et al.*, 2014).

L'analyse d'extraits méthanoliques de fruit de figuier par chromatographie liquide avec spectrométrie de masse a révélé la présence de 11 composés phytochimiques, dont les principaux composés sont les monomères de flava-3-ols, les acides phénoliques, les flavonols et les anthocyanes (figure 16). Les flavonoïdes ont été principalement trouvés sous forme de flavonols (dérivés des aglycones quercétine et kaempférol) et de flavones (y compris les O- et



C-glycosides avec l'aglycone apigénine). Deux dérivés de flavonol caractéristiques des dérivés de la quercétine et du kaempférol. Les dérivés de la quercétine sont les principaux flavonols présents dans la baie de figuier. Parmi les, trois dérivés ont été identifiés comme -3-O-rutinoside, -3-O-glucoside, et -3-O-(malonyl) glucoside. De plus, le kaempférol-3-O-rutinoside a également été trouvé. L'identification de ces dérivés de flavonol, à l'exception de la quercétine-3-O-(malonyl)-glucoside, ont été confirmées par comparaison avec des standards purs. Deux composés flavan-3-ol ont été identifiés comme monomères. (+)-catéchine et (-)-épicatéchine, et l'examen du chromatogramme a identifié un seul acide phénolique (Wojdyło et al., 2016).

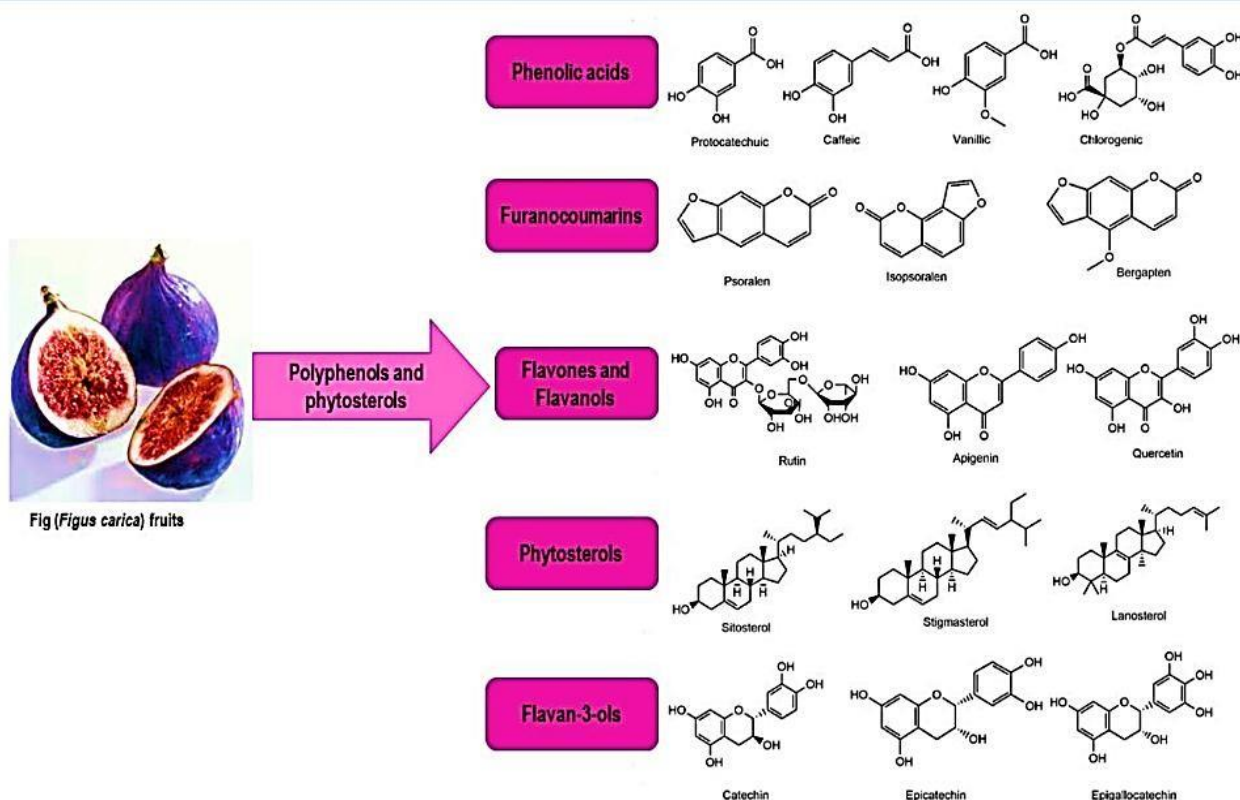
Piga et al. (2008) ont analysé deux variétés de figes, une noire et une verte, et ont détecté de l'acide chlorogénique et de la quercétine-3-O-rutinoside dans les figes vertes et la cyanidine 3-O rutinoside dans les figes noires. Ils ont également suggéré la présence de deux autres dérivés de la quercétine et d'un dérivé de l'acide chlorogénique. Viberic et al., (2008) ont mis en évidence la présence d'acide chlorogénique et de deux autres composés phénoliques (acide gallique et acide syringique) dans les figes. Les teneurs de ces composants étaient de 0,38 et 0,10 mg/100 g de poids frais, respectivement. Ainsi, ils ont identifié les coumarines (psoralène, bergaptène, xanthotoxine, angélicine), les saponines, les stérols (B-sitostérols).

Solomon et al. (2006) ont suggéré la présence de trois anthocyanes dans les figes, à savoir la cyanidine-3-O-rutinoside, la cyanidine 3, 5-O-diglucoside et la pélargonidine-3-O-rhamnoglucoside, la cyanidine-3-O-rutinoside étant le pigment prédominant dans les peaux mûres. La cyanidine -3-O-rutinoside et la cyanidine -3-O- glucoside, sont les deux principales cyanidines présentes dans les figes mûres (figure 17). La quantité de ces composés dans *F.carica* dépend de la couleur, de la variété du fruit, de la saison de la récolte et des procédés de séchage utilisés (Ayuso et al., 2022). Il est recommandé de manger le fruit mûr entier, car la pelure est la principale source d'anthocyanes et de polyphénols (Wojdyło et al., 2016).

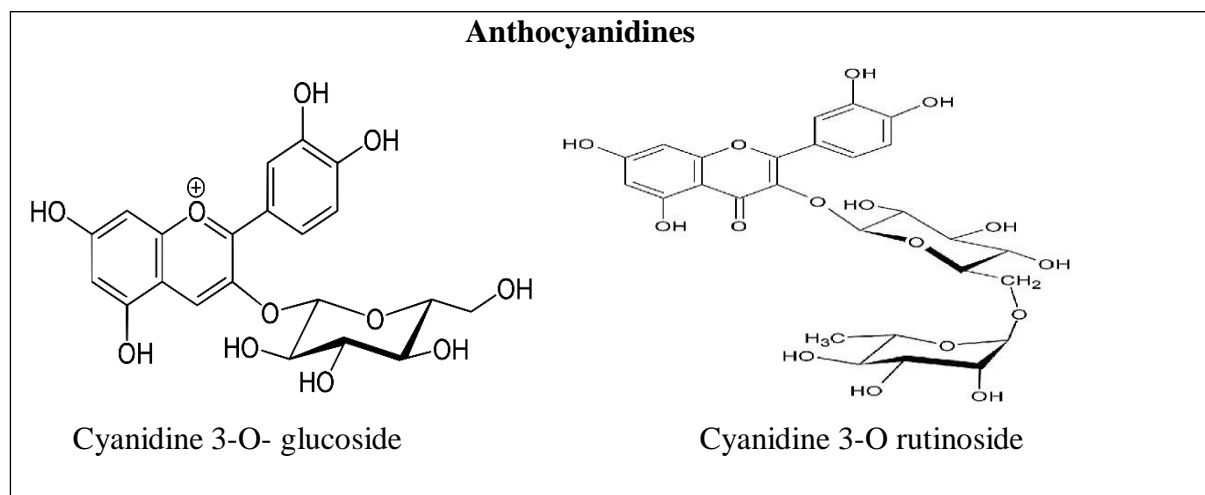
Les flavonols sont l'un des principaux groupes de polyphénols présents dans le fruit du figuier. La quercétine-3-O-rutinoside est le principal flavonol identifié dans les figes (55 - 80% des flavonols totaux). En outre, Takahashi et al.,(2014) ont rapporté que les feuilles de figuier contiennent 2,5 fois plus de quercétine 3-O-rutinoside que les fruits (Wojdyło et al., 2016).

Les composés volatils des fruits frais affectent leurs qualités gustatives et aromatiques (Mahmoudi, 2018). À maturité, le fruit développe un arôme et une saveur uniques et séduisants, qui sont en fait un mélange complexe d'esters, d'alcools et d'aldéhydes (Loizzo *et al.*, 2014).

Etude d'Oliveira *et al.* (2009) présente un rapport comparant la composition chimique de plusieurs matériaux issus de *F. carica* à savoir les feuilles et la pelure et la pulpe de fruit de figuier. Des extraits aqueux des trois matières végétales ont été préparés et analysés sur une unité HPLC analytique. Les résultats indiquent la présence de trois acides hydroxycinnamiques (acide 3-O- et 5-O-caféoylquinique et acide férulique), deux glycosides flavonoïdes (3-O-glucoside de quercétine et 3-O-rutinoside de quercétine) et deux furanocoumarines (psoralènes et Bergaptène). En effet, la teneur totale en composés phénoliques varie fortement entre les trois matières végétales, selon l'ordre : feuilles, pelures pulpes. La quercétine-3-O-rutinoside est le principal composé, représentant 42 à 87 % de tous les composés phénoliques identifiés, à l'exception de la pulpe, La teneur en quercétine-3-O-rutinoside de la pelure est significativement plus élevée que celle de la pulpe et des feuilles. Les psoralènes sont présents à des concentrations beaucoup plus élevées dans la pulpe que dans la pelure



**Figure 16 :** Divers composés bioactifs de fruit de *F. carica* (Rasool *et al.*, 2023).



**Figure 17 :** Structure des principaux anthocyanidines de fruit de *F. carica* (Ayuso et al., 2022).

#### II.2.4. Phytochimie du latex

*Ficus carica* sécrète généralement du latex à partir de diverses parties de la plante, y compris les fruits, les tiges et les feuilles. Il contient diverses substances secondaires comme les terpénoïdes, des acides organiques, des alcaloïdes, des acides gras, des tanins, des stérols, des enzymes et des acides gras. Ce jus est excrété en quantité importantes et son activité principale est la protection et l'autoguérison des plantes contre les agressions extérieures (Ayuso et al, 2022).

##### II.2.4.1. Profil enzymatique du latex

Le latex de cette plante est une riche source d'enzymes hydrolytiques. Dix composants d'enzymes protéolytiques ont été signalés dans le latex. La ficine est un exemple d'enzyme glycoprotéolytique bien caractérisée du latex de *Ficus*. Le latex est également composé de plusieurs autres enzymes telles que la rénine, la protéase, la diastase, l'estérase, la lipase, la catalase et la peroxydase. De plus, le latex de cette plante contient de grandes quantités d'enzymes antioxydantes à savoir la catalase, la peroxydase, le superoxyde dismutase, la glutathion transférase, la glutathion peroxydase et la glutathion réductase (Badgujar et al, 2014). Ces enzymes initient toutes sortes de processus biologiques et physiologiques tels que la protéolyse, la maintenance cellulaire, la signalisation, la différenciation, la croissance, le développement, l'apoptose, la maturation, la germination et la nécrose (Ayuso et al, 2022).

# Chapitre III

## Activités biologiques

### de *Ficus carica* L.



### III. Activités biologiques de *Ficus carica* L.

Diverses propriétés pharmacologiques des différentes parties du figuier ont été étudiées par plusieurs chercheurs (figure 18).

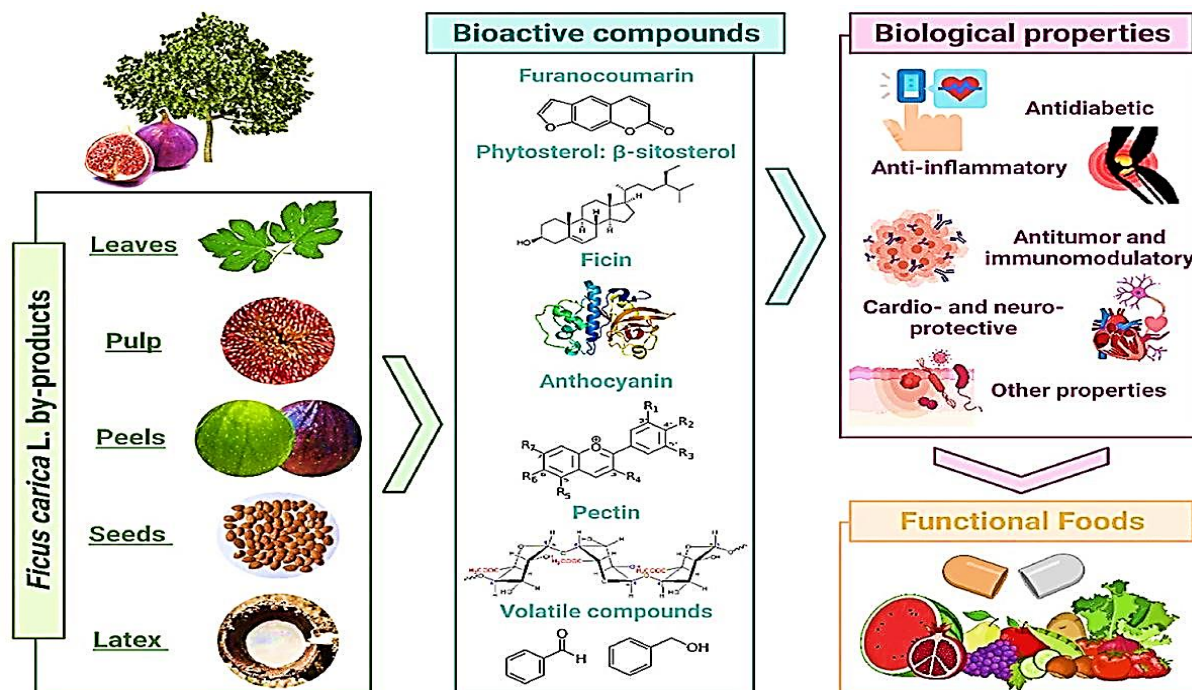


Figure 18 : Différentes biomolécules et activités biologiques de *F.carica* (Ayuso et al.,2022).

#### III.1. Activité antitumorale

Le cancer est une maladie définie par une prolifération multicellulaire anormale et est aujourd'hui l'une des principales causes de décès dans le monde (Morovati et al., 2022).

Les effets secondaires de la chimiothérapie et de la radiothérapie ont stimulé la recherche de nouvelles biomolécules thérapeutiques anticancéreuses sûres et efficaces dérivées de sources naturelles.

Les aliments aux propriétés médicinales ont joué un rôle important dans le traitement des maladies humaines, en particulier le cancer. *F.carica* est un agent antinéoplasique prometteur en raison de son faible coût, de sa longue histoire d'utilisation, de sa large gamme d'applications et de ses diverses activités pharmacologiques (Morovati et al., 2022).

Diverses préparations de cette plante ont été adaptées pour le traitement des tumeurs. Il a été démontré que le latex est un inhibiteur potentiel de la prolifération cellulaire (Ayuso et al., 2022). De plus, le traitement au latex de fruits a entraîné un arrêt du cycle cellulaire avec apoptose et inhibition de la synthèse d'ADN (Morovati et al.,2022).

L'effet cytotoxique du latex de feuilles de *F. Carica* a été étudié dans des cellules cancéreuses du sein et a montré un effet cytotoxique plus élevé que le latex de *F. salicifolia*, indiquant un mécanisme d'action moléculaire différent. Récemment, des extraits de *F. carica* ont été testés *in vivo* pour supprimer les effets secondaires associés à l'utilisation de certains médicaments dans le traitement du cancer, tels que le 5-fluorouracile et le cisplatine, en profitant de leurs effets synergiques avec l'huile d'olive extra vierge en cours de dosage (Ayuso et al., 2022).

Les flavonoïdes contenus dans les feuilles et les fruits de *F. carica* peuvent inhiber les cellules cancéreuses par plusieurs mécanismes, notamment : augmentation de l'apoptose, inhibition de la peroxydation lipidique, inhibition de l'angiogenèse et inhibition de l'oxydation de l'ADN (Purnamasari et al., 2019).

Des chercheurs Japonais ont prouvé l'existence de composés de type aldéhyde aromatique connus sous leur nom "Benzaldéhyde", sa formule chimique est " $C_6H_5CHO$ ", il a été extrait de la figue et s'est avéré résistant aux agents cancérigènes (El-Najjar, 2005).

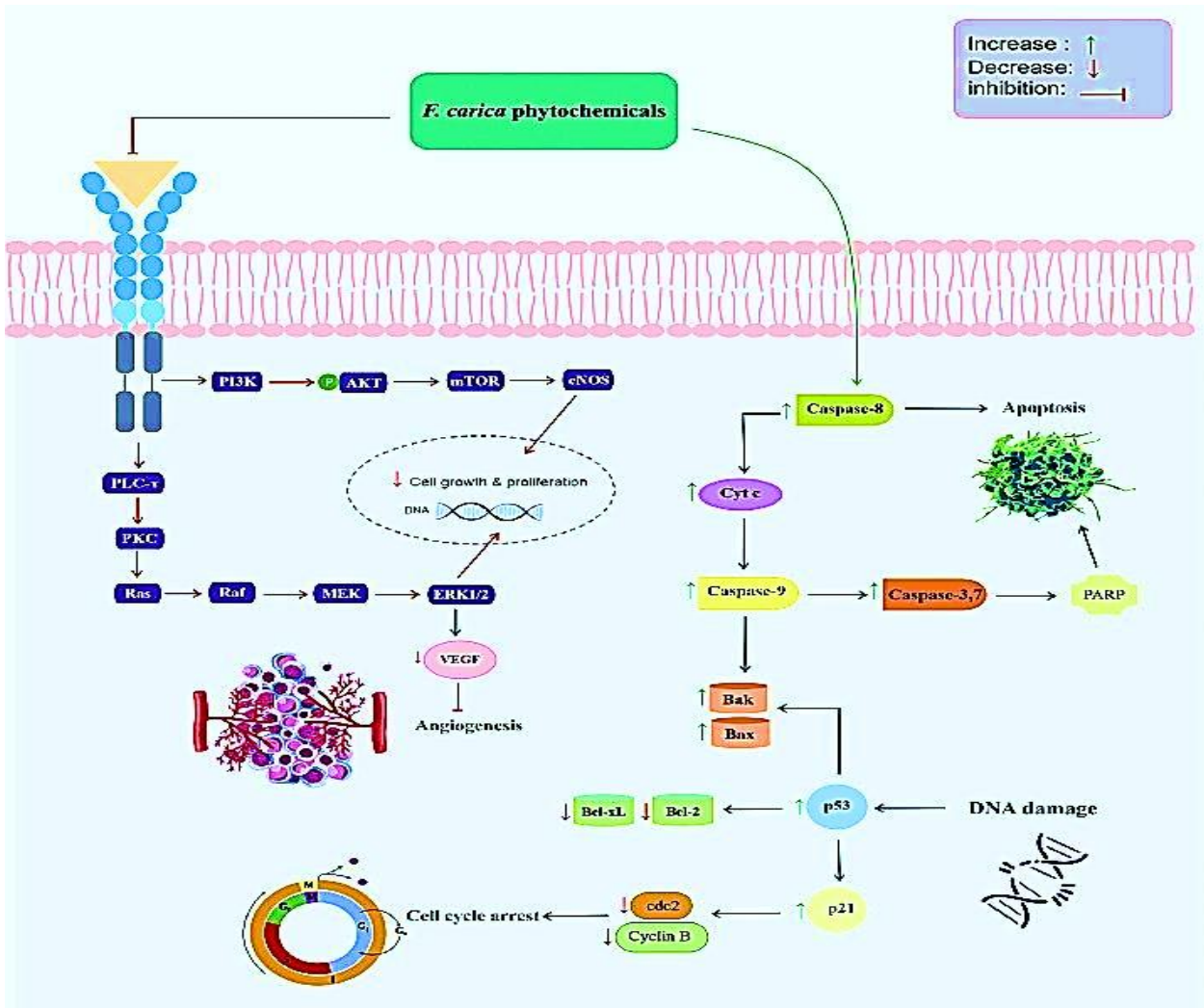
Ali Mostafaie et al. (2011) ont étudié les potentiels anti-angiogéniques et anti-prolifératifs de l'extrait de latex de *F. carica* en utilisant des cellules endothéliales de la veine ombilicale humaine (HUVEC). Les résultats montrent clairement que les extraits de latex de *F. carica* présentent une puissante activité anti-angiogénique et anti-proliférative.

Par conséquent, l'extrait de latex pourrait être un candidat idéal en tant qu'agent potentiel pour la prévention de l'angiogenèse et de la prolifération dans le cancer et d'autres troubles chroniques (Badgajar et al., 2014).

La capacité des extraits de feuilles et de fruits de *F. carica* à induire l'apoptose cellulaire est due à leur capacité à induire l'arrêt du cycle cellulaire et à augmenter l'activité des gènes régulateurs de l'apoptose tels que p53 et p21. Il a été démontré que la lutéoline, le principal flavonoïde des feuilles de figuier induit l'apoptose dans les cellules d'hépatome et provoque l'arrêt du cycle cellulaire dans la phase G1 des cellules d'hépatome. Cela est dû à une activité accrue du gène p53. L'activation accrue de p53 dans le cytosol induit l'activité de Bax et supprime l'activité de Bcl-2. Cela modifie la perméabilité de la membrane mitochondriale, permettant au cytochrome c de s'échapper du cytosol. Le cytochrome c, qui réagit avec l'APAF-1, peut activer des réactions qui conduisent à l'activation de la cascade des caspases, provoquant la fragmentation de l'ADN, le clivage PARP (poly ADP ribose polymérase) et

l'apoptose (Purnamasari et al., 2019) (figure 19).

La quercétine, l'un des flavonols appartenant à la classe des flavonoïdes présentés dans les figures, est associée à l'activation de p53, à l'arrêt du cycle cellulaire dans la phase G0/G1 de la leucémie, à l'arrêt du cycle cellulaire dans la phase S du cancer colorectal, à l'arrêt du cycle cellulaire dans la phase G2/M du cancer du sein et de la leucémie (Purnamasari et al., 2019). Une étude récente de Srivastava et al. (2016) a montré que la quercétine induit une cytotoxicité dans les cellules cancéreuses du sein par une interaction directe avec l'ADN, ce qui pourrait être l'un des mécanismes d'induction de l'apoptose dans les lignées cellulaires cancéreuses et les tissus tumoraux. Ce processus apoptotique est également lié au rôle de p53 et p21. La quercétine stimule l'expression de p21 et réprime l'expression de la cycline D1, entraînant l'arrêt du cycle cellulaire. La quercétine augmente également le rapport Bax/Bcl-2, stabilise p53 et induit l'apoptose dans les cellules cancéreuses du foie (Tanigawa et al., 2008).



**Figure 19 :** Propriétés anticancéreuses de *F. carica* basées sur les voies moléculaires (Morovati et al., 2022).

### III.1.1. Cancer du sein

Une étude a montré que le traitement des cellules cancéreuses du sein MCF-7 avec diverses concentrations d'extrait de fruit de *F. carica* inhibe la prolifération et la viabilité cellulaire et induit la production d'espèces réactives en oxygènes (ROS) *in vitro*. Abdel-Rahman et al. (2021) ont montré que le traitement des cellules MCF-7 avec un extrait éthanolique de feuilles de *F. carica* entraîne un effet cytotoxique prononcé, une inhibition de la prolifération et de la viabilité des cellules.

Un traitement avec des extraits de latex de *F. carica* a montré une activité antiproliférative, une production de ROS et une suppression de la viabilité cellulaire dans la lignée cellulaire MCF-7. De plus, après avoir traité des rats atteints de tumeurs mammaires avec de l'extrait de latex de *F. carica* pendant 4 semaines, la taille et le volume de la tumeur ont diminué. Cet extrait a entraîné la prévention de la croissance tumorale et des métastases en réduisant l'hémoglobine, le nombre de globules rouges, l'hématocrite, et le volume cellulaire moyen conduisant à une anémie (Morovati et al., 2022). L'anémie induit une situation d'hypoxie qui est néfaste pour les cellules tumorales, en provoquant leurs apoptose par l'accumulation de protéine P53 et de protéine APAF1 et caspases 9 (Boillot, 2010).

### III.1.2. Cancer de colon

Une étude a examiné l'effet anti tumoral de *F. carica* sur les cellules tumorales du côlon. Les résultats *in vitro* ont montré que le traitement avec des extraits à l'éthanol de feuilles de *F. carica* entraîne une inhibition de la viabilité et de la prolifération cellulaires. De même, un traitement avec un extrait de latex de *F. carica* a supprimé la viabilité et la prolifération cellulaire en augmentant la production de ROS dans les cellules cancéreuses du côlon. De plus, une étude *in vivo* a montré que le traitement de rats porteurs de tumeurs du côlon avec 50 mg/kg d'extrait de fruit de *F. carica* pendant 30 semaines supprime les tumeurs par induction de l'apoptose (Morovati et al., 2022).

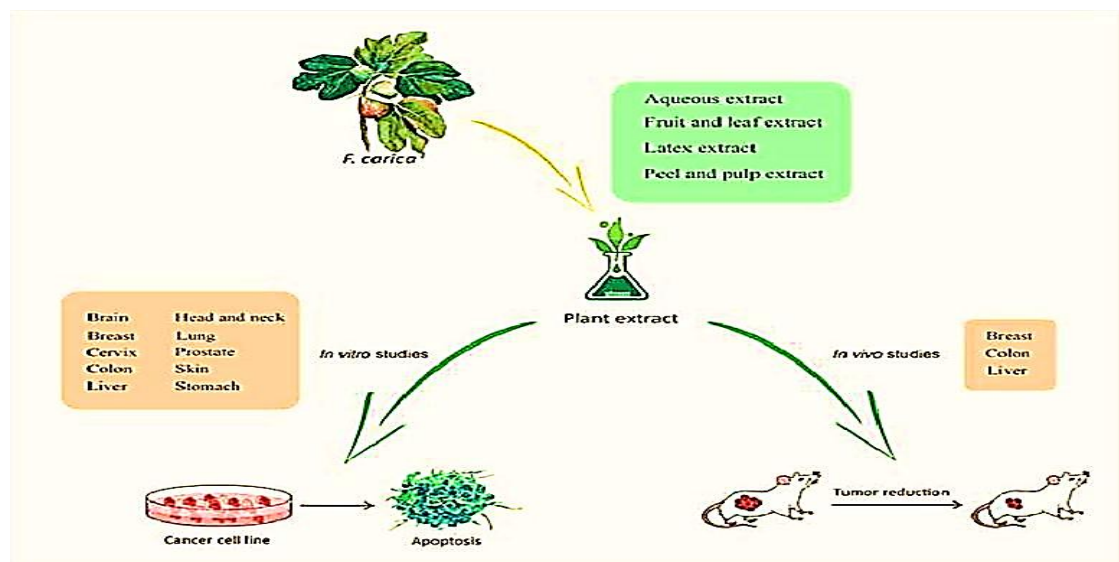
### III.1.3. Cancer hépatique

Des effets antitumoraux de *F. carica* et de ses composés phytochimiques ont été observés dans diverses lignées cellulaires de cancer du foie. Une étude a montré qu'un extrait aqueux de *F. carica* a un effet néfaste sur les cellules cancéreuses du foie HCC en réduisant la prolifération et la survie des cellules tumorales. En outre, les résultats *in vivo* ont démontré un



traitement avec un extrait aqueux de *F. carica* réduit le volume et la taille de la tumeur et ralentit la croissance tumorale chez les souris HCC-positives (Morovati et al., 2022).

La figure ci-dessous montre les différentes études *in vivo* et *in vitro* ont pour but d'inhiber les divers types de cancer (figure 20).



**Figure 20:** Propriétés anticancéreuses de *F.carica* *in vivo* et *in vitro* (Morovati et al., 2022).

### III.2. Activité antioxydante

Le stress oxydatif correspond à un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et les défenses antioxydantes de l'organisme, favorisant les premières.

Les effets des ROS sont complexes car ils peuvent avoir des effets physiologiques ou toxiques selon leur concentration. Ils sont normalement produits en faible quantité et fonctionnent comme des messagers secondaires, capables notamment de réguler le phénomène d'apoptose. Dans des conditions physiologiques, la production d'ROS est totalement contrôlée par le système de défense de notre organisme : la balance antioxydant/prooxydant est en équilibre. L'organisme ne contrôle plus les radicaux libres oxygénés toxiques présents en excès pouvant provoquer un stress oxydatif (Haleng et al., 2007).

L'augmentation de la production de ROS commence à affecter négativement les structures cellulaires telles que les protéines, les lipides et les acides nucléiques. Il existe de plus en plus de preuves que le stress oxydatif, à des degrés divers, peut contribuer au développement et à la progression de plusieurs maladies (cancer, diabète, troubles métaboliques, athérosclérose,

maladies cardiovasculaires). Les cellules utilisent des systèmes de défense antioxydants, principalement basés sur des composants enzymatiques tels que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx), pour se protéger contre les dommages cellulaires induits par les ROS (Pizzino et al., 2017).

Trois matières végétales de *F. carica* (feuille, peau et pulpe) ont des propriétés antioxydantes dues à la présence de composés phénoliques, Divers auteurs (Girones-Vilaplana et al. 2014 ; Wu et al. 2004) ont rapporté que les polyphénols ont de puissantes propriétés antioxydantes et qu'il existe une corrélation significative entre la concentration en phénol et la capacité de piégeage des radicaux libres, chélation des ions métalliques pro-oxydants et l'inhibition de certaines enzymes (Wojdyło et al., 2016). Les feuilles ont la capacité antioxydante la plus forte et la pulpe la plus faible. Ces faits peuvent être dus aux niveaux élevés de phénols contenus dans les feuilles. La teneur totale en composés phénoliques varie significativement entre les trois matières végétales dans l'ordre suivant : Feuille >> Peau >> Pulpe (Sirisha et al., 2010).

Il a été démontré que les extraits de feuilles et de fruits de *F. carica* contiennent plusieurs antioxydants tels que des flavonoïdes et des tanins. La présence de flavonoïdes, de tanins et d'autres composés polyphénoliques combat les radicaux libres en leur donnant des protons, mettant fin à des réactions en chaîne potentiellement nocives (Purnamasari et al., 2019). Les flavonoïdes, en particulier la quercétine, sont des piègeurs efficaces des radicaux hydroxyles et peroxydes, en particulier ceux impliqués dans la peroxydation des lipides. De plus, les flavonoïdes à structure catéchol, en particulier les catéchines, sont des piègeurs d'oxygène singulet  $^1O_2$ , une forme réactive de l'oxygène. Les flavonoïdes sont efficaces pour prévenir la peroxydation lipidique car ils peuvent réagir avec la plupart des radicaux libres qui peuvent extraire l'hydrogène des groupes CH<sub>2</sub> entre les deux doubles liaisons des acides gras polyinsaturés. Ils forment des espèces radicalaires moins réactives (Milane, 2004).

L'activité antioxydante des flavonoïdes dépend de l'arrangement conformationnel des groupes fonctionnels ; la configuration, la substitution et le nombre total de groupes hydroxyle sont des facteurs importants pour déterminer le mécanisme de l'activité antioxydante, comme l'absorption de ROS et la chélation des métaux (Pizzino et al., 2017).

Les composés les plus antioxydants sont les catéchines, la quercétine, la lutéoline et l'apigénine, mais aussi les acides phénoliques comme l'acide caféique et l'acide chlorogénique

(Milane, 2004) ; Tous ces composés se trouvent dans différentes parties de *F.carica* (figure 21).

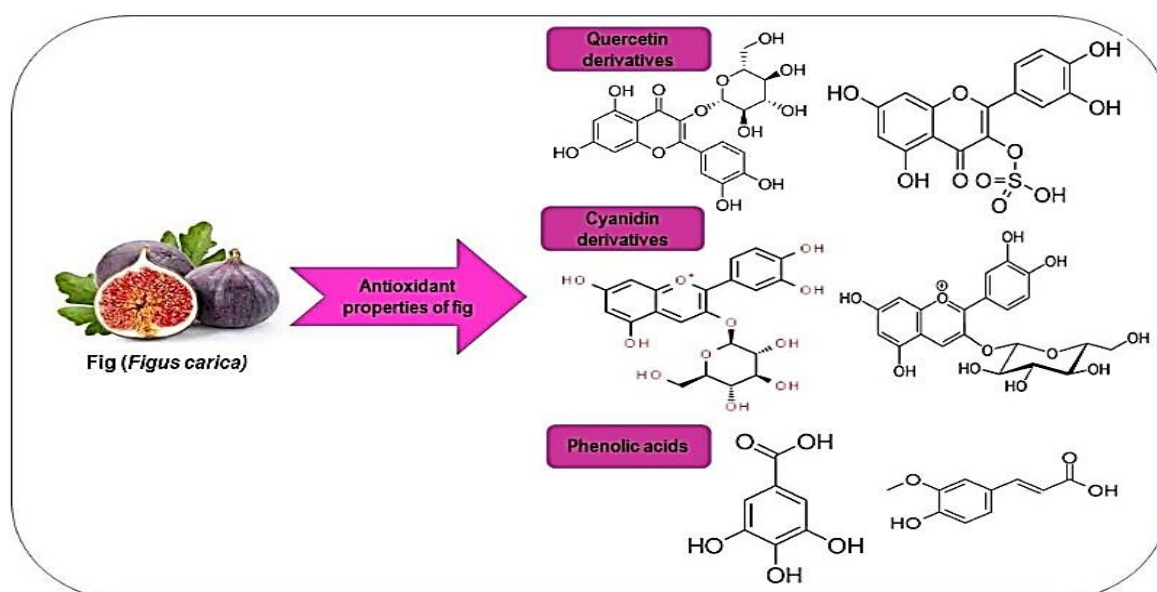
Les polysaccharides de figuier sont connus pour avoir des propriétés antioxydantes. Les saponines contenues dans les extraits de feuilles et de fruits de *F.carica* peuvent également remplir des fonctions antioxydantes en réduisant le superoxyde par la formation d'hydroperoxyde intermédiaires (Purnamasari et *al.*, 2019).

Le piégeage radicalaire stable par DPPH est une méthode largement utilisée pour évaluer la capacité de piégeage des radicaux libres de divers échantillons, y compris des extraits de plantes. Ahmed et Khan. (2013) ont montré que l'activité antioxydante de piégeage de l'extrait de feuille de *F. carica* a augmenté de manière significative avec l'augmentation de la concentration de l'extrait, et que l'effet des antioxydants sur le DPPH est dû à leur capacité à donner de l'hydrogène. Ils ont rapporté que le pourcentage d'inhibition de l'extrait de feuille de *F. carica* n'est pas beaucoup plus élevé que celui de l'antioxydant de référence (acide ascorbique), la lenteur de la réaction entre le DPPH et les molécules de substrat peut expliquer la faible activité antioxydante du DPPH de l'extrait de feuille de *F. carica*.

Ou et *al.* (2001) ont rapporté des valeurs de capacité antioxydante (ORAC) de composés de la pulpe tels que l'acide caféique, l'acide chlorogénique, la quercétine, la rutine et les catéchines sont respectivement de 4,37, 3,14, 7,28, 6,01 et 6,76  $\mu\text{mol TE}/\mu\text{mol}$ . La valeur ORAC de la rutine, le principal composant de figuier, est supérieure à celle de l'acide caféique et de l'acide chlorogénique, et comparable à celle de la quercétine et de la catéchine. Les différences de structure moléculaire, telles que le nombre et la position des groupes hydroxyle de liaison, peuvent entraîner des différences de capacité antioxydante (Wojdyło et *al.*, 2016).

En outre, une étude a mis en évidence que l'extrait hydroalcoolique de feuilles de *F. Carica* a présenté des activités antioxydantes pertinentes avec une CI 50 de piégeage des radicaux superoxydes 10 mg/ml, une CI 50 de piégeage des radicaux hydroxyles 52,5 mg/ml et une CI 50 de piégeage des peroxydes lipidiques 136 mg/ml (Ayuso et *al.*, 2022).

Plusieurs études antioxydantes réalisées sur des extraits de figes indiquent que le cyanidine-3-rutinoside (C3R), une anthocyanine majeure des figes fraîches, est principalement responsable de son potentiel antioxydant supérieur. Le C3R représente environ 90% de l'activité antioxydante totale des figes. Il est connu pour son effet antiradicalaire dose-dépendant sur les radicaux superoxydes, les radicaux hydroxyls ( $\text{OH}^\bullet$ ) et les radicaux anioniques singulet ( $^1\text{O}_2$ ). Il a également montré un fort effet chélatant sur les ions  $\text{Fe}^{3+}$ . Cela peut être l'un des autres mécanismes à l'origine de la puissante activité de réduction du stress oxydatif du C3R en particulier (Hussain et *al.*, 2021).



**Figure 21 :** phytoconstituants de *F.carica* participant à l'activité antioxydante (Rasool et *al.*, 2023).

### III.3. Activité hépatoprotectrice

Un extrait de méthanol de feuilles de *F.carica* a été testé dans un modèle de rat pour son activité hépatoprotectrice dans les lésions hépatiques aiguës induites par le  $\text{CCl}_4$  à une dose toxique. L'extrait de 500 mg/kg (administration orale) a montré un effet protecteur significatif, entraînant une diminution de taux sériques d'aspartate aminotransférase (AST), d'alanine aminotransférase (ALT), bilirubine sérique totale (Badgujar et *al.*, 2014). L'extrait méthanolique de feuilles de figuier prévient l'augmentation des peroxydes lipidiques grâce à ses propriétés antioxydantes et agit comme un hépatoprotecteur. La présence de stéroïdes/triterpénoïdes et de leurs glycosides, ainsi que de coumarines, dans les extraits au méthanol des feuilles de *F.carica* été impliquée dans son activité antioxydante et donc hépatoprotectrice (Sirisha et *al.*, 2010).

Des feuilles de *F.carica* séchées à l'ombre ont été extraites avec de l'éther de pétrole et testées pour l'activité antihépatotoxique chez des rats ayant reçu par voie orale 50 mg/kg de rifampicine. Les modifications biochimiques, histologiques et fonctionnelles induites par le traitement à la rifampicine chez le rat ont été significativement inversées par le traitement à l'extrait d'éther de pétrole, indiquant une activité hépatoprotectrice prometteuse. En outre, les effets des extraits à l'éther de pétrole et à l'éthanol de *F. carica* sur l'hépatotoxicité induite par l'éthanol chez le rat ont été évalués. L'administration répétée d'éthanol a provoqué une cirrhose du foie. Des dommages au foie ont été indiqués par des taux élevés de bilirubine sérique, de glutamate pyruvate transaminase sérique (SGPT) et de glutamate transaminase sérique (SGOT) et par l'observation histopathologique de coupes de foie. L'extrait d'éther de pétrole de feuilles de figuier réduit considérablement ces niveaux élevés de bilirubine sérique, de SGPT et de SGOT. La cirrhose du foie induite par l'éthanol a également été réduite sur le plan histopathologique (Patil et Patil, 2011).

#### III.4. Activité cardioprotectrice

Des niveaux élevés de lipides, tels que le cholestérol et les triglycérides, sont les principaux facteurs de risque de maladie cardiaque (Vinson, 1999).

La cardioprotection est un terme général utilisé pour résumer tous les mécanismes associés à la prévention des lésions myocardiques. Cependant, cette définition peut être élargie pour inclure toutes les maladies cardiovasculaires et les facteurs qui peuvent augmenter le risque, comme l'hypertension et le diabète, et la combinaison des trois, le syndrome métabolique. En ce sens, *F.carica* présente un potentiel en tant qu'agent antihypertenseur (Ayuso et al., 2022).

La consommation de figues est bénéfique pour réguler la tension artérielle. Le potassium dans les figues aide à réduire la tension dans les parois des vaisseaux sanguins et à maintenir la pression artérielle. De plus, la consommation des figues abaisse les niveaux de triglycérides sanguins et améliore la santé cardiaque. Les phénols et les acides gras omégas contenus dans les figues réduisent également le risque de maladie cardiaque (Hussain et al., 2021).

L'extrait méthanolique de fruits mûrs de *F. carica* a réduit la tension artérielle chez des rats normaux et hypertendus et a diminué la force contractile et la fréquence cardiaque in vitro. Ces effets sont liés aux propriétés antioxydantes de ses composés phénoliques. De plus, la thrombose est l'une des pathologies sous-jacentes aux maladies cardiovasculaires,

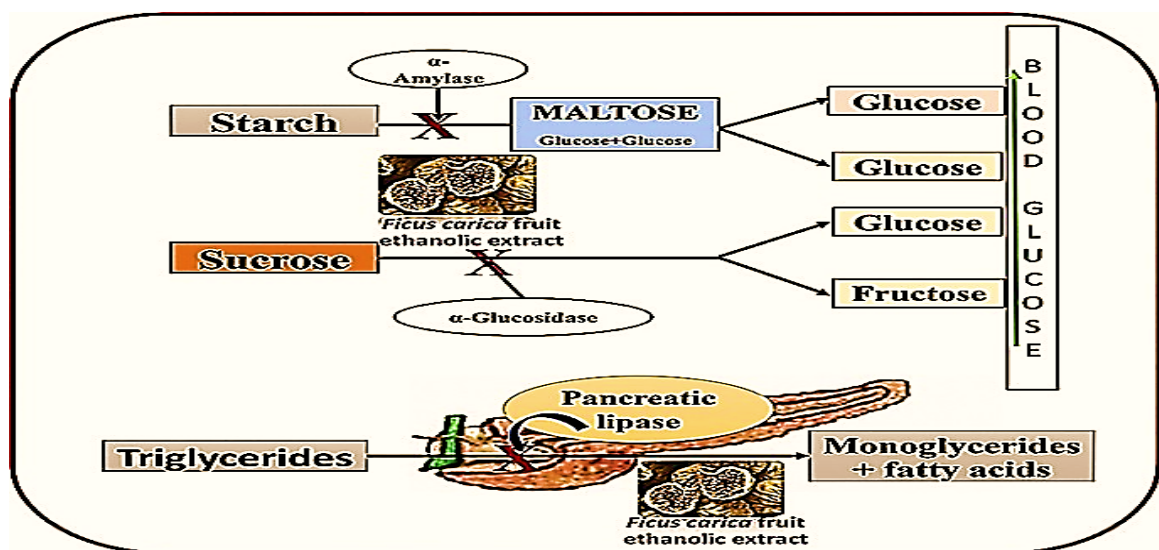
notamment l'anticoagulation, la fibrinolyse et l'activité plaquettaire. À cette fin, différentes propriétés, notamment l'activité anticoagulante, procoagulante et antiplaquettaire, ont été évaluées dans le latex et les fruits de *F. carica* (Ayuso et al., 2022).

### III.5. Activité hypoglycémiante

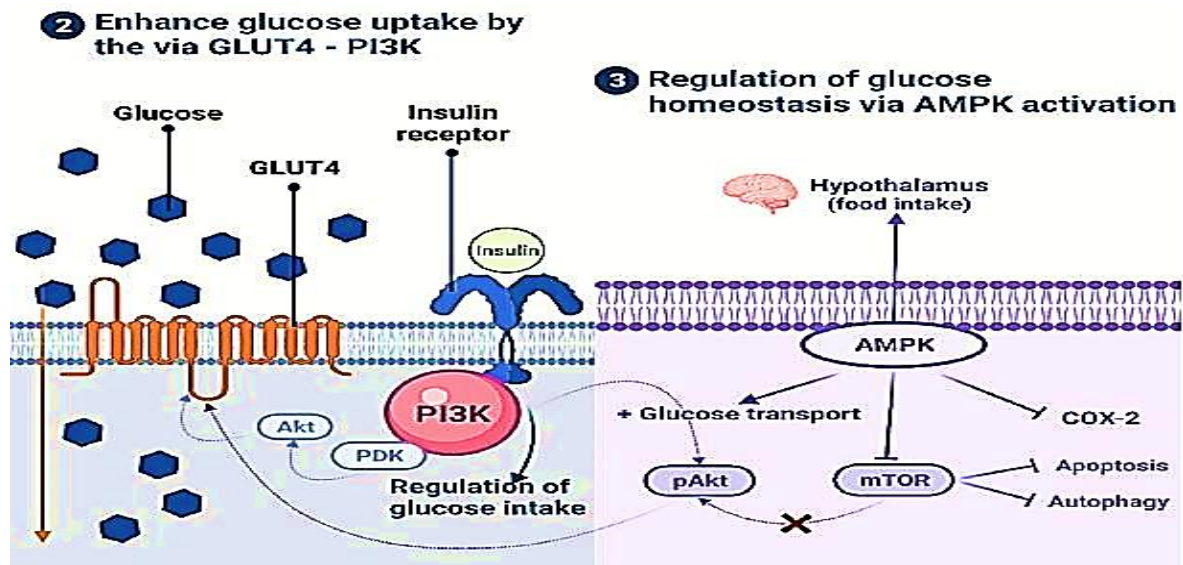
Le diabète sucré est une maladie grave qui touche une grande partie de la population mondiale, Il s'agit d'une affection chronique progressive et systémique caractérisée par une altération du métabolisme des glucides associée à une morbidité et une mortalité accrues. Elle entraîne plusieurs complications à long terme telles que la rétinopathie, la néphropathie, la neuropathie et les maladies vasculaires (Hussain et al., 2021). Il a été démontré que plusieurs plantes exercent une activité antidiabétique, dont *F.carica*.

L'extrait de figue présente une activité antidiabétique par divers mécanismes (Ayuso et al., 2022). (Mopuro et al., 2018) :

- Inhibition de l'absorption intestinale de glucose par inhibition des enzymes  $\alpha$ -glucosidase et de l' $\alpha$ -amylase, deux enzymes qui sont impliquées dans l'hydrolyse des polysaccharides et des disaccharides en sucres simples, ainsi l'inhibition de la lipase pancréatique par l'extrait éthanolique du fruit de *F. carica* (figure 22).
- Augmentation de l'absorption du glucose via le transporteur de glucose de type 4 (GLUT4) - phosphatidylinositol-3 kinase (PI3K)
- Régulation d'homéostasie du glucose par activation de la protéine kinase (AMPK) (figure 23).



**Figure 22:** Action de l'extrait éthanolique de fruit de *F.carica* sur l'inhibition enzymatique (Mopuro et al., 2018).



**Figure 23** : Mécanisme d'action des extraits de figes dans l'activité antidiabétique (Ayuso et *al.*, 2022).

Les figes riches en potassium aident à contrôler la glycémie, via leur influence sur les cellules bêta des îlots de Langerhans impliquées dans la sécrétion d'insuline. Les chercheurs ont également constaté que l'acide chlogénique présent dans la fige avait un effet hypoglycémiant sur le taux de sucre dans le sang (Hussain et *al.*, 2021).

Song et *al.* (2002) ont rapporté que les flavonoïdes améliorent le métabolisme du glucose et réduisent le stress oxydatif chez les rats diabétiques et sont donc des agents hypoglycémians. L'administration de glucose avec de la quercétine à des rats diabétiques a réduit de manière significative l'hyperglycémie par rapport au glucose seul, et les flavonoïdes ont modulé le transport du glucose par les transporteurs intestinaux (Wojdyło et *al.*, 2016).

Azzi et *al.* (2010) ont fait leur étude sur les effets anti-hyperglycémiant de l'extrait brut aqueux des figes chez les rats normaux et rendus diabétiques par la Streptozotocine (La streptozotocine substance cytotoxique sur les cellules bêta des îlots de Langerhans est utilisée en médecine pour traiter certains cancers du pancréas), Ils ont remarqué que la diminution de la glycémie est d'ordre 8% dans les trois premières heures après l'injection de l'extrait, et d'ordre 56% après trois jours de l'injection; cette diminution persiste durant sept jours. En outre, l'extrait de feuille de *F.carica* induit un effet hypoglycémiant important par voie d'administration orale ou intra-péritonéal chez les rats diabétiques (Joseph et Justin, 2011) ; De même, les rats ayant un diabète type 1 sont traités par le bouillon d'extrait des

feuilles de *F.carica* pendant trois semaines et les résultats montrent que le bouillant des feuilles a un effet hypoglycémique (Guvenc, 2009).

### III.6. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est la réponse des tissus vascularisés à une agression. Elle est associée à plusieurs symptômes (rougeur, chaleur, douleur et gonflement produits par le corps en réponse), L'usage de l'inhibition de l'inflammation induite par la carragénine pour déterminer l'activité anti-inflammatoire, est l'une des méthodes les plus réalisables pour le dépistage des agents anti-inflammatoires. Le développement de l'œdème induit par la carragénine est biphasique, la première phase étant attribuée à la libération d'histamine, de sérotonine et de kinines, et la seconde phase associée à la libération de prostaglandines et de bradykinine (Patil et Patil, 2011).

Une étude récente s'est intéressée à l'identification des effets anti-inflammatoires et analgésiques de *F. carica*. Cette étude a été menée sur différents extraits de ses fruits. L'effet anti-inflammatoire a été étudié par l'œdème induit par le formaldéhyde à l'aide d'un pléthysmomètre. Les résultats montrent que les extraits aqueux et éthanoliques de fruit de figuier n'ont pas d'effet anti-inflammatoire, tandis que l'extrait d'éther de pétrole a un effet antiinflammatoire dose-dépendant. De plus, l'extrait aqueux n'a aucun effet analgésique. L'extrait d'éther de pétrole du fruit de *F. carica* a montré un effet analgésique retardé significatif en fonction de la dose. Cela suggère que certains des composés actifs de l'extrait d'éther de pétrole ont des propriétés anti-inflammatoires et, dans une moindre mesure, analgésiques (Mirghazanfari et al., 2019).

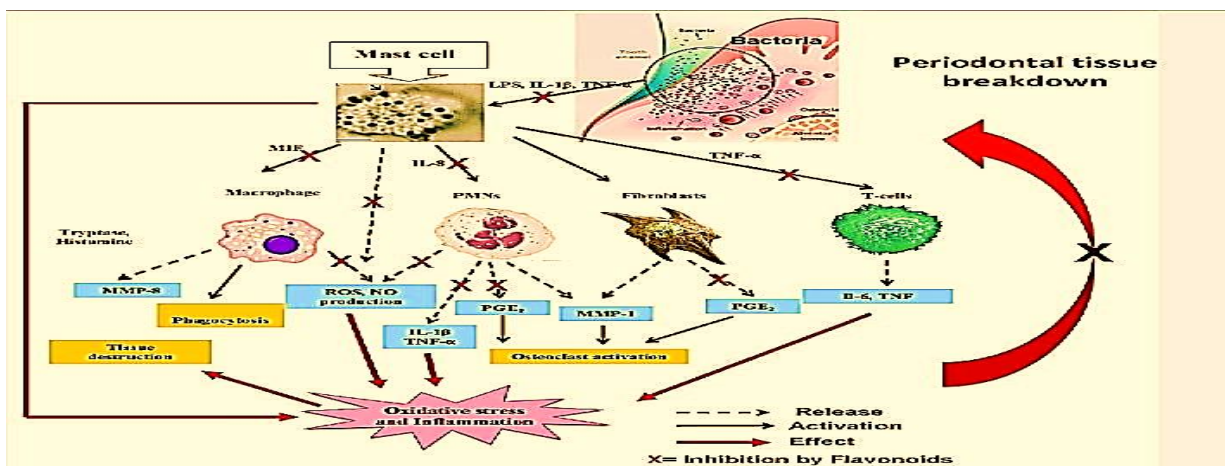
Un groupe de chercheurs a montré que la présence de flavonoïdes et de la vitamine E sous sa forme  $\gamma$ -tocophérol, et ses métabolites hydrosolubles est responsables des effets analgésiques et anti-inflammatoires de diverses parties des figes, notamment les fruits, le latex, l'écorce, la racine et les feuilles (Eteraf-Oskouei et al., 2015).

Pour élucider le mécanisme des effets anti-inflammatoires et anti-angiogéniques de l'extrait de figue, les concentrations de divers médiateurs pro-inflammatoires candidats ont été mesurées. Le résultat montre clairement que l'extrait réduit les niveaux de PGE<sub>2</sub>, TNF $\alpha$  dans les exsudats inflammatoires. Par conséquent, il peut avoir le potentiel d'exercer des effets antirhumatismaux en raison de sa capacité à réduire les cytokines pro-inflammatoires (Eteraf-Oskouei et al., 2015) (figure 24).



Le TNF $\alpha$  est désormais reconnu comme un facteur angiogénique. En plus de la voie TNF $\alpha$ , l'extrait de figue a également inhibé la libération *in vivo* de PGE<sub>2</sub>, qui est produite à partir de l'acide arachidonique via la cyclooxygénase 2 (COX-2) (Eteraf-Oskouei et al., 2015).

L'évaluation du pourcentage de réduction du volume de l'œdème de la patte induit par la carragénine est le modèle le plus largement utilisé pour évaluer les effets inflammatoires *in vivo*. Le traitement oral de rats avec 100 à 200 mg/kg d'extraits de feuilles éthanoliques de *F. carica* a entraîné une inhibition de 18 à 76 % du volume de l'œdème de la patte. Le traitement par indométhacine intrapéritonéale a produit un pourcentage similaire (79 %), mais à une dose beaucoup plus faible (10 mg/kg) (Patil et Patil, 2011).



**Figure 24 :** Voies proposées impliquées dans l'inflammation et des sites de l'action inhibitrice des flavonoïdes (Palaska et al., 2013).

### III.7. Activité hypolipémiante

L'effet antihyperlipémiante d'extraits de feuilles et de rameaux de *F. carica* a été étudié à différentes doses (150-300 mg/kg) dans un modèle expérimental d'hyperlipémié induite par le tyloxapol chez les souris. L'administration d'extraits de feuilles et de rameaux de *F. carica* à des doses croissantes a considérablement réduit les taux de triglycérides sériques (TG), de cholestérol total (CT), de LDL-c et de VLDL-c, tandis que le taux sérique de lipoprotéine de haute densité HDL-c a significativement augmenté. Les résultats ont montré également que le taux de réduction des paramètres lipidiques est significativement différent des extraits de feuilles et de rameaux et est dose-dépendant. En effet, ces résultats peuvent être dus à la dégradation rapide des lipides dans les récepteurs hépatiques qui sont finalement excrétés sous forme d'acides biliaires. Les flavonoïdes sont connus pour inhiber l'activité de la HMG-

CoA réductase (l'enzyme responsable de la synthèse du cholestérol) et réduire les lipides sériques en abaissant les taux de cholestérol plasmatique total (Boukhalifa et al., 2018). Arai et al. (2000) ont trouvé une relation inverse entre la consommation de quercétine et les concentrations plasmatiques de cholestérol total et LDL.

### III.8. Activité antimicrobienne

L'activité antibactérienne de l'extrait de méthanol de feuilles de figuier montre une forte activité antibactérienne contre *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus anginosus*, *Prevotella intermedia*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* et *Porphyromonas gingivalis*. *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sanguinis* et *Streptococcus criceti* semblent être moins sensibles. Par conséquent, les figes peuvent être utilisées comme agent antibactérien naturel dans les formulations de soins bucco-dentaires contre les bactéries pathogènes dans la cavité buccale (Badgujar et al., 2014). Cette activité est associée aux composés phénoliques, en particulier aux flavonoïdes (Crisosto et al., 2010). (Caliskan et Polat, 2011).

La méthode de l'antibiogramme montre que le latex de *F.carica* possède une activité antibactérienne; l'extrait méthanolique de 500 µg/ml inhibe totalement *Candida albicans* (100%). *Microsporum canis* est fortement inhibé par l'extrait méthanolique (75%) est complètement inhibée par les extraits d'acétate d'éthyle à une concentration de 750 µg/ml (Joseph et Justin, 2011) ; une protéine (6481 kDa) antifongique a été caractérisée à partir du latex de *F.carica* agissant contre *Verticillium* et *Verticillium Fusarium* (Yang et al., 2009 ; Patil et Patil, 2011).

Des extraits de méthanol, d'hexane, de chloroforme et d'acétate d'éthyle de latex de *F.carica* ont été testés *in vitro* pour leurs propriétés antimicrobiennes contre 5 espèces bactériennes et 7 souches fongiques (Aref et al., 2010).

### III.9. Activité antivirale

Les effets antiviraux et cytotoxiques de cinq extraits de *F.carica* (méthanol, hexane, acétate d'éthyle, hexane-acétate d'éthyle et chloroforme) ont été testés. Tous les extraits ci-dessus n'ont montré aucun effet cytotoxique sur les cellules Vero (Aref et al., 2011). L'activité antivirale potentielle *in vitro* a été évaluée en observant les effets cytopathiques contre l'herpès simplex de type 1 (HSV-1), l'échovirus de type 11 (ECV-11) et l'adénovirus (ADV). L'hexane et l'extrait d'hexane- acétate d'éthyle ont inhibé la réplication virale à une

concentration de 78 µg/ml. Ces deux extraits sont les candidats les plus probables pour les médicaments à base de plantes utilisés pour traiter les infections virales telles que le virus de l'herpès, le virus de l'écho et l'adénovirus (Badgajar et *al.*, 2014).

### III.10. Activité anti-verrues

Une étude comparative prospective ouverte de la thérapie au latex de figuier par rapport à la norme locale de cryothérapie a été réalisée chez 25 patients atteints de verrues communes. La thérapie au latex de figuier s'est avérée légèrement moins efficace que la cryothérapie. Des effets secondaires n'ont été observés que dans les verrues cryotraitées. Le traitement des verrues avec du latex de figue présente plusieurs avantages, notamment un temps de traitement court, l'absence d'effets secondaires, la facilité d'utilisation, l'observance du patient et un faible taux de récurrence (Badgajar et *al.*, 2014).

### III-11-Activité antispasmodique et antiplaquettaire

Afin de rationaliser l'utilisation médicinale des figues pour les maladies gastro-intestinales et inflammatoires, l'activité antispasmodique des extraits éthanoliques de *F.carica* (0,1-0,3 mg/ml) a été testée dans des extraits de jéjunum de lapin. Cet extrait a entraîné une relaxation spontanée et une libération de potassium K. Par conséquent, l'activité antispasmodique des figues est due à l'activation des canaux ATP et K (Patil et Patil, 2011). L'extrait éthanolique aqueux des fruits murs de *F.carica* a été étudié pour ses activités antispasmodique et antiplaquettaire sur le jéjunum isolé du lapin et sur un modèle *in vivo* de plaquettes humaines, respectivement. L'extrait a montré une efficacité dans les deux cas (Gilani et *al.*, 2008).

### III.12. Activité laxative

La constipation est l'une des affections gastro-intestinales les plus courantes dans le monde. Une étude a évalué l'effet de la pâte de figues sur le traitement de la constipation induite par le loperamide dans un modèle de rat. Le loperamide (2 mg/kg, deux fois par jour) a été injecté par voie intrapéritonéale pour induire la constipation dans les quatre groupes expérimentaux. La pâte de figue a été administrée pendant quatre semaines pour évaluer son effet laxatif. Pendant le traitement, le nombre, le poids et la teneur en eau des grains fécaux ont augmenté dans le groupe traité aux figues par rapport au groupe témoin. Le tonus iléal est augmenté dans le groupe expérimental par rapport au groupe témoin. La constipation a été soulagée en donnant des figues à des rats. De plus, une étude clinique (Kim et *al.*, 2010)

a montré que la supplémentation en figes améliore les symptômes chez les patients souffrant de constipation fonctionnelle. Des études ont montré que la supplémentation en figes augmente la fréquence des selles, réduit le temps de défécation et réduit les douleurs abdominales. Par conséquent, la supplémentation en figes peut être une stratégie de traitement et de prévention utile pour la constipation chronique (Badgujar et *al.*, 2014).

### III.13. Activité antipyrétique

Un effet antipyrétique significatif d'un extrait éthanolique de *F.carica* a été démontré dans une étude dans laquelle cet extrait a réduit la température corporelle normale à des doses de 100, 200 et 300 mg/kg. De plus, l'effet a duré jusqu'à cinq heures après l'administration du médicament par rapport au paracétamol antipyrétique standard (150 mg/kg) (Badgujar et *al.*, 2014).

### III.14. Activité antianémique

La carence en fer est la première cause d'anémie dans le monde. Par conséquent, les termes « carence en fer » et « anémie » sont souvent utilisés de manière interchangeable (Benoist et *al.*, 2008). La fige est un fruit riche en éléments nécessaires à la nourriture de l'homme et dans des proportions équilibrées. L'existence de proportions de sels minéraux comme le potassium, le calcium, le magnésium, le phosphore, le cuivre, le zinc, dans la fige, et notamment sa richesse en fer rend *F.carica* un complément dans la formulation alimentaire et médicinale pour la gestion de l'anémie (El-Najjar, 2005) .

# Conclusion



## Conclusion

---

### Conclusion

L'utilisation de plantes médicinales et de leurs extraits pour traiter les maladies constitue un système médical originaire de cultures anciennes.

Les connaissances traditionnelles restent encore le pilier des soins de santé primaire, en raison d'une meilleure acceptabilité culturelle, d'une meilleure compatibilité humaine et de moins d'effets secondaires. Les plantes médicinales reçoivent une attention particulière dans les débats sur la santé mondiale.

La plante de *Ficus*, également appelée figuier, est l'une des plantes les plus utilisées en médecine traditionnelle dans le monde.

Très nourrissante, la figue est une excellente source de minéraux, de vitamines, de glucides, d'acides aminés, de fibres, et dans des proportions équilibrées, qui ont des effets positifs sur la santé. Les études phytochimiques réalisées sur les diverses parties du *Ficus carica* ont permis d'isoler plusieurs classes de métabolites secondaires : les tanins, les coumarines, les anthocyanines, les terpénoïdes, les alcaloïdes et les flavonoïdes.

En effet, le figuier est utilisé en médecine traditionnelle pour soulager la douleur et l'inflammation, traiter certains maux comme les hémorroïdes, les maladies respiratoires et les maladies digestives, ainsi que les troubles cutanés. Nombreux effets thérapeutiques ont été explorés par des études *in vivo* et *in vitro*.

Le large éventail d'utilisations traditionnelles et les activités pharmacologiques éprouvées de *Ficus carica* suggèrent qu'il existe encore une vaste portée pour son exploration phytochimique, ainsi que les résultats de recherche fourniront un soutien solide pour une future application clinique de figuier dans la médecine moderne.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

### A

- Ayuso, M., Carpena, M., Taofiq, O., Albuquerque, T. G., Simal-Gandara, J., Oliveira, M. B. P. P., Prieto, M. A., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2022).** Fig —Ficus carica L. and its by-products : A decade evidence of their health-promoting benefits towards the development of novel food formulations. *Trends in Food Science & Technology*, 127, 1–13.
- Abd-Eltawab, S., & Ebid, W. M. A. (2019).** Production and Evaluation of Stirred Synbiotic Fermented Milk Fortified with Fig Fruit (Ficus carica L.). *Egyptian Journal of Food Science*, 47(2), 201–212.
- Awad A.B., Fink C.S. (2000).** Phytosterols as anticancer dietary components: Evidence an mechanism of action. *Journal of Nutrition*, 130; 2127-30.
- Allahyari S , Delazar A , Najafi M. (2014).** Evaluation of general toxicity, anti-oxidant activity and effects of Ficus carica leaves extract on ischemia/reperfusion injuries in isolated heart of rat. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 4: :577.
- Achan, J., Talisuna, A. O., Erhart, A., Yeka, A., Tibenderana, J. K., Baliraine, F. N., Rosenthal, P. J., & D'Alessandro, U. (2011).** Quinine, an old anti-malarial drug in a modern world : Role in the treatment of malaria. *Malaria Journal*, 10, 144.
- Ali Mostafaie A, Mansouri K, Norooznejhad A, Mohammadi-Motlagh H. (2011).** Anti-angiogenic activity of Ficus carica latex extract on human umbilical vein endothelial cells. *Cell J (Yakhteh)* 12:525–8.
- Abdel-Rahman, R., Ghoneimy, E., Abdel-Wahab, A., Eldeeb, N., Salem, M., Salama, E., Ahmed, T., 2021.** The therapeutic effects of Ficus carica extract as antioxidant and anticancer agent. *South African J. Bot.* 141, 273–277.
- Azzi R., Lahfa F. et Djaziri R. 2010.** Recherche d'effet anti-hyperglycemiant d'extrait brut aqueux des fruits des figues (Ficus carica) sur des rats wistar normaux et diabétiques. *Plantes traditionnelles et alimentation* : 13.
- Arai Y , Watanabe S , Kimira M , Shimoi K , Mochizuki R , Kinae N . (2000).** Dietary intakes of flavonols, flavones and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration. *The Journal of Nutrition*. 130: :2243–50.
- Aref HL, Salah KBH, Chaumont JP, et al. (2010).** In vitro antimicrobial activity of four Ficus carica latex fractions against resistant human pathogens (antimicrobial activity of Ficus carica latex). *Pak J Pharm Sci* 23:53–8.
- Ahmad, J., Khan, I. (2013).** Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activity of Ficus Carica Leaves : An In Vitro Approach. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 4(1), 1–5.



## B

**Badgujar, S. B., Patel, V. V., Bandivdekar, A. H., & Mahajan, R. T. (2014).** Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica* : A review. *Pharmaceutical Biology*, 52(11), 1487–1503.

**Bidri, M. (2018).** Maturation précoce des figes par l'huile d'olive: Implication de la voie de signalisation de l'éthylène. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(4), 489-493.

**Boukhalfa, F., Kadri, N., Bouchemel, S., Ait Cheikh, S., Chebout, I., Madani, K., & Chibane, M. (2018).** Antioxydant activity and Hypolipidemic effect of *Ficus carica* leaf and twig extracts in Triton WR-1339-induced hyperlipidemic mice. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 11(1), 37–50.

**Boilot, A (2010).** Facteurs de croissance hématopoïétiques au cours des thérapies anti-cancéreuses : Effets indésirables et précautions lors de leur dispensation à l'officine. Thèse de doctorat, 129.

**Bouic P.J., Lamprecht J.H.1999.** Plant sterols and sterolins: A review of their immunomodulating properties. *Alternative Medicine Review.*, 4: 170–7.

## C

**Crisosto C. H., Bremer V., Ferguson L. et Crisosto G. M. (2010).** Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *Journal of Horticultural Science*. 4 (45): 707–710

**Chawla, A., Kaur, R., & Sharma, A.K. (2012).** *Ficus carica* L.; A review on its pharmacognostic, phytochemical and pharmacological aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phyto-pharmacological Research*, 1(4), 215-232.

**Chouaki S., Bessedik F., Chebouti A., Maamri F., Oumata S., Kheldoun S., Kheldoun A. (2006).** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétique. INRAA.

**Crisosto C. H., Bremer V., Ferguson L. et Crisosto G. M. 2010.** Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *Journal of Horticultural Science*. 4 (45) : 707–710.

**Çalışkan O., Polat A. A. 2011.** Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Scientia Horticulturae*. 128 : 473-478.

## D

**Deborah H. et Stéphanie O. (2008).** Fraiche ou séchée, la figue est dévoilée. Genève, Filière Nutrition et diététique. *Heds Ecole de Santé* : 1-4.

**De Benoist, Bruno, Erin McLean E, Ines EgliI, and Mary Cogswell (Eds.) 2008.** Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005. WHO Global database on anaemia. Geneva: *World Health Organization and Center for Disease Control and Prevention*.

## *E*

**El- Najjar Z. (2005).** Quelques secrets du Coran : Les signes cosmiques dans le Saint Coran et leurs significations Scientifiques. *Dar al-Tarjama*, 110 p.

**Eteraf-Oskouei, T., Allahyari, S., Akbarzadeh-Atashkhosrow, A., Delazar, A., Pashaii, M., Gan, S. H., Najafi, M. (2015).** Methanolic Extract of *Ficus carica* Linn. Leaves Exerts Antiangiogenesis Effects Based on the Rat Air Pouch Model of Inflammation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, e760405.

## *F*

**Flaishman MA. Rodov V. Stover E. (2008).** The fig: Botany, horticulture, and breeding. *Horticultural Reviews.*, 34: 113–96

**FAO STAT. (2015).** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Récupéré sur <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/F>

**Favier, J.C., Ireland-Ripert, J., Laussucq, C., & Feinberg, M. (1993).** Répertoire général des aliments. Tome 3 : table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. *Editions Office de la recherche scientifique et technique outre-mer (ORSTOM) et Tech & Doc, L'Institut national de la recherche agronomique (INRA)*, 31-34.

## *G*

**Ghada B., Olfa S., Messaoud M., Mohamed M., Mokhtar T. ET Amel S.-H. (2009).** Sequence analysis of the internal transcribed spacers (ITSs) region of the nuclear ribosomal DNA (nrDNA) in fig cultivars (*Ficus carica* L.). *Journal of Scientia Horticulturae*. 120: 34-40.

**Gabriele, D., Migliori, M., & De Cindio, B. (2010).** Original article : Innovation in fig syrup production process: a rheological approach. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(9), 1947-1955.

**Gamero J.L. (2002).** Production de figues: perspectives pour la commercialisation des figues sèches. *In Potentialités et perspectives de développement de la figue sèche au Maroc*, 52-56.

**Golubev, V.N., Pilipenko, L.N., & Kakhniashvili, T.A. (1987).** Fractionation and composition of the carbohydrates of *Ficus carica*. *Plenum Publishing Corporation*, 631-634.

**Gozlekci S. (2011).** Pomological traits of fig (*Ficus carica* l.) genotypes collected in the west mediterranean region in Turkey. *The Journal of Animal et Plant Sciences*. 21 (4): 646-652.

**Guvenc M. E. (2009).** Analysis of fatty acid and some lipophilique vitamins found in the fruits of the *Ficus carica* variety picked from the Adiyaman district. *Research Journal of Biological Sciences*. 4 (3) : 320-323.

**Govindarajan R., Singh D.P., Rawat A.K. (2008).** Validated reversed-phase column highperformance liquid chromatographic method for separation and quantification of polyphenolics and furocoumarins in herbal drugs. *Journal of AOAC International* 91: 1020–4.

**Girones-Vilaplana, A., Baenas, N., Villano, D., Speisky, H., GarciaViguera, C., & Moreno, D. A. (2014).** Evaluation of LatinAmerican fruits rich in phytochemicals with biological effects. *Journal of Functional Foods*, 7, 599–608.

**Gilani AH, Mehmood MH, Janbaz KH, et al. (2008).** Ethnopharmacological studies on antispasmodic and antiplatelet activities of *Ficus carica*. *J Ethnopharmacol* 119:1–5.

## *H*

**Hussain, S., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., Bhat, T. (2021).** *Fig (Ficus Carica)—Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits*, 77–90.

**Hajam, T. A., H, S. (2022).** Phytochemistry, biological activities, industrial and traditional uses of fig (*Ficus carica*) : A review. *Chemico-Biological Interactions*, 368, 110237.

**J. Haleng., J. Pincemail., J.O. Defraigne., C. Charlier., J.P. Chapelle (2007).** Le stress oxydant. *Rev Med Liege*; 62 : 10 : 628-638.

**Haesslein, D., & Oreiller, S. (2008).** Fraiche ou séchée, la figue est dévoilée, Filière Nutrition et diététique. *Haute école de santé Genève*, 1-4.

## *I*

**Inraa. (2006).** Rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, par l'institut national de recherche agronomique d'Algérie.

## *J*

**Jain, T., Dubey, D., Jain, V., Dashora, K. (2011).** Regulatory Status of Traditional Medicines in

Different Countries : An Overview. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 4(7), 1007–1015.

**Johnny, J., Lebbie, A., & Wadsworth, R. (2022).** Ethnobotanical survey of medicinal plants utilized by forest edge communities in southern Sierra Leone. *Journal of Medicinal Plants Research*, 16(1), 11.

**Jeddi L. (2009).** Valorisation des figues de Taounate : Potentiel. Mode et stratégies proposées. Thèse présenté dans le cadre de l'examen d'aptitude professionnelle pour l'avancement de grade dans le cadre d'ingénieur d'état. P. 29.

**Joseph, B., & Justin Raj, S. (2011).** Pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn: An overview. *International Journal of Pharmacy and Technology Research*, 3(1), 08-12.

## *K*

**Khatib, S., & Vaya, J. (2010).** Chapter 17—Fig, Carob, Pistachio, and Health. In R. R. Watson & V. R. Preedy (Éds.), *Bioactive Foods in Promoting Health*, p 245-263.

**Kolesnik, A. A., kakhniashvili, T.A., Zherebin, Y. L., Golubev, V. N., Pilipenko, L. N. (1987).** Lipids of the fruit of *Ficus carica*. *Plenum Publishing Corporation Ukraine*, 394-397.

**Konyalioglu, S., H. Saglam and B. Kivcak, 2005.**  $\alpha$ -tocopherol, flavonoid and phenol contents and antioxidant activity of *Ficus carica* leaves. *Pharm. Biol.*, 43: 683-686.

**Kim S-Y, Back H, Oh M-R, et al. (2010).** Effect of *Ficus carica* on functional constipation. *FASEB 24(Meeting Abstract Supplement)*: lb348.

**Kyoung S. C., Young-ran L., Kyungho L., Jaeseok L., Jang Ho L., Im-Soon L. (2017).** Terpenes from forests and human health, *Toxicological Research*, 33(2): 97–106.

## *L*

**Leroy, J-F., (1968).** Les fruits tropicaux et subtropicaux. Institut français de la recherche fruitière outre-mer. lère édition. *Presse universitaire de France*, 7-50.

**Lim, T.K. (2012).** Edible medicinal and non-medicinal plants: *Ficus carica*. Moraceae. Volume 3, Fruits. Edition *Springer Sciences Media B.V*, 362-376.

**Loizzo M.R., Bonesi M., Pugliese A., Menichini F. and Tundis R. (2014).** Chemical composition and bioactivity of dried fruits and honey of *Ficus carica* cultivars Dottato, San Francesco and Citrullara. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94: 2179– 2186.

## M

**Mahmoudi, S (2018).** Etude phytochimique et caractérisation techno-biologique de quelques variétés de figes algériennes (*Ficus carica L.*). *Thèse de doctorat*, 228.

**Morovati, M. R., Ghanbari-Movahed, M., Barton, E. M., Farzaei, M. H., and Bishayee, A. (2022).** A systematic review on potential anticancer activities of *Ficus carica L.* with focus on cellular and molecular mechanisms. *Phytomedicine*, 105, 154333.

**Mendoza-Castillo, V. M., Pineda-Pineda, J., Vargas-Canales, J. M., and Hernández-Arguello, E. (2019).** Nutrition of fig (*Ficus carica L.*) under hydroponics and greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 42(11-12), 1350-1365.

**María E.C., Marta F., Pilar S., Pablo V. (2011).** Phenolic compound in brassica vegetables, *Molecules* 16(1): 251-280

**Mawa, S., Husain, K., & Jantan, I. (2013).** *Ficus carica L.* (Moraceae) : Phytochemistry, Traditional Uses and Biological Activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1–8.

**Milane.H (2004).** La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres;études et applications thérapeutiques. *Thèse de doctorat*. 268.

**Mopuri, R., Ganjayi, M., Meriga, B., Koorbanally, N. A., and Islam, Md. S. (2018).** The effects of *Ficus carica* on the activity of enzymes related to metabolic syndrome. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(1), 201–210.

**Mirghazanfari, S. M., Alameh, H. A., Parviz, M., and Basir, Z. A. (2019).** Evaluation of *Ficus carica* Linn Fruit Extracts on Formalin Induced Pain in the Male Rat Paw. *Annals of Military and Health Sciences Research*, 17(3).

## O

**Oliveira, A. P., Valentão, P., Pereira, J. A., Silva, B. M., Tavares, F., & Andrade, P. B. (2009).** *Ficus carica L.* : Metabolic and biological screening. *Food and Chemical Toxicology*, 47(11), 2841–2846.

**Oukabli, A. (2003).** Le figuier: un patrimoine génétique diversifié à exploiter. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture, Maroc, n° 106,1-4.

**Ouaouich, A., & Chimi, H. (2005).** Guide du sécheur de figes. Projet de développement du petit entrepreneuriat agroindustriel dans les zones péri-urbaines et rurales des régions prioritaires avec un accent sur les femmes au Maroc. 1-27.

**Ou, B., Hampsch-Woodill, M., & Prior, R. L. (2001).** Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4619–4626.

## P

**Preedy, V. R., & Watson, R. R. (2014).** The Mediterranean diet: an evidence-based approach. *Academic press*, 629-637.

**Patil, V.V., Patil V.R. (2011).** Ficus carica Linn: An Overview. *Research Journal of Medicinal Plant*, 5 (3), 246-253.

**Puoci, F., Iemma, F., Spizzirri, U. G., Restuccia, D., Pezzi, V., Sirianni, R., Manganaro, L., Curcio, M., Parisi, O. I., Cirillo, G., & Picci, N. (2011).** Antioxidant Activity of a Mediterranean Food Product : -Fig Syrup. *Nutrients*, 3(3), 317-329.

**Piga, A., Del Caro, A., Milella, G., Pinna, I., Vacca, V., and Schirru, S. (2008).** HPLC analysis of polyphenols in peel and pulp of fresh figs. *Acta Horticulturae*, 798, 301–306.

**Purnamasari, R., Winarni, D., Permanasari, A. A., Agustina, E., Hayaza, S., & Darmanto, W. (2019).** Anticancer Activity of Methanol Extract of Ficus carica Leaves and Fruits Against Proliferation, Apoptosis, and Necrosis in Huh7it Cells. *Cancer Informatics*, 18.

**Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., and Bitto, A. (2017).** Oxidative Stress : Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, pp 13.

## R

**Robert, H., John, B., (1983).** Traditional medicine and healthcare coverage. *WHO/ Geneva*. pp 01.

**Ramulu, P., Rao, P. U. (2003).** Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of food composition and analysis*, 16(6), 677-685.

**Rawat, A. K. S., Tiwari, S. S., Srivastava, A., & Sharad Srivastava Pharmacognosy and Ethnopharmacology Division. (2012).** Comparative Botanical and Phytochemical Evaluation of Medicinally Important Stem Bark of Ficus species. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2.

**Rodríguez-Granados M. T., Pereira-Rodríguez M. J., Vazquez-Vizoso F. L. (2009).** Therapeutic effectiveness of psoralen UV-A bath therapy in psoriasis. *Actas Dermosifiliogr.*. 100: 212-21.

## S

**Starr, F., Starr, K., & Loope, L. (2003).** *Ficus carica* Edible fig Moraceae. *Haleakala Field Station, Maui, Hawaii*, 1-6.

**Solabia, (1998).** Il était une fois la figue de Turquie. *Clin d'œil ethnobotanique*, N°6.

**[Shamkant B Badgujar](#) , [Vainav V Patel](#), [Atmaram H Bandivdekar](#), [Raghunath T Mahajan](#). (2014).** Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: A review. *Pharmaceutical biology*. 52(11):1487-503.

**Son, J.-H., Jin, H., You, H.-S., Shim, W.-H., Kim, J.-M., Kim, G.-W., Kim, H.-S., Ko, H.-C., Kim, M.-B., & Kim, B.-S. (2017).** Five Cases of Phytophotodermatitis Caused by Fig Leaves and Relevant Literature Review. *Annals of Dermatology*, 29(1), 86.

**Slatnar A1. Klancar U. Stampar F. Veberic R. (2011).** Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59 (21):11696-702

**Saoudi M , El Feki A.(2011).** Protective role of *Ficus carica* stem extract against hepatic oxidative damage induced by methanol in male Wistar rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.

**Sirisha S., Sreenivasulu M., Sangeeta K. et Chetty C. M. (2010).** Antioxidant properties of *Ficus* species a review. *International Journal of Pharmacy and Technical Research*. 2 (4) : 2174-2182.

**Song, J., Kwon, S., Chen, S., Daruwala, R., Eck, P., Park, J. B., & Levine, M. (2002).** Flavonoids inhibition of sodium dependent vitamin C transporter I (SVCTI) and glucose transporter isoform 2 (GLUT 2), intestinal transporters for vitamin C and glucose. *Journal Biology Chemistry*, 277, 15252–15260.

**Salas C. E., Marco T. R., Hernandez M. et Lopes M. T. P. 2008.** Plant cysteine proteinases: Evaluation of the pharmacological activity. *Phytochemistry*. 69 : 2263-2269.

**S. S. Khadabadi, N. Y. Gond, N. B. Ghiware et G. R. Shendarkar. (2007).** Effet hépatoprotecteur de la feuille de *Ficus carica* dans hépatite chronique. *Indian Drugs*, vol. 44, no. 1, pp. 54-57.

**Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H. E., Altman, A., Kerem, Z., & Flaishman, M.A. (2006).** Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7717–7723.

## T

**Takahashi, T., Okiura, A., Keita Saito, K., & Kohno, M. (2014).** Identification of phenylpropanoids in fig (*Ficus carica* L.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,(62), 10076–10083.

**Tanigawa, S., Fujii, M., and Hou, D.-X. (2008).** Stabilization of p53 is involved in quercetin-induced cell cycle arrest and apoptosis in HepG2 cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 72(3), 797–804.

## V

**Vinson, J. A. (1999).** The functional food properties of figs. *American Association of Cereal Chemists, Inc.* Vol. 44, N°2.

**Vilmorin JB. (2003).** Histoire D'arbre. Edition .Jean – Paul Gisserot. 74 P

**Vidaud, J. (1997).** Le figuier. Monographie de CTIFL (Centre international interprofessionnel des fruits et légumes), 267

**Veberic, R., & Mikulic-Petkovsek, M. (2016).** Chapter 11—Phytochemical Composition of Common Fig (*Ficus carica* L.) Cultivars. In M. S. J. Simmonds & V. R. Preedy (Éds.), *Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (p. 235-255).

**Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., and Mpondo, E. M. (2016).** Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance des plantes à tanins et à anthocyanes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(3), 4797-4814.

**Veberic, R., Colaric, M., and Stampar, F. (2008).** Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry*, 106, 153–157.

## W

**Wojdylo, A., Nowicka, P., Carbonell-Barrachina, Á. A., and Hernández, F. (2016).** Phenolic compounds, antioxidant and antidiabetic activity of different cultivars of *Ficus carica* L. fruits. *Journal of Functional Foods*, 25, 421–432.

**Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., and Prior, R. L. (2004).** Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4026–4037.

## Y

**Yang X. M., Yu W., OuZ. P., Ma H. L., Liu W. M., and Ji X. L. (2009).** Antioxydant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from *Ficus carica* L. fruit. *Plant Foods Humun Nutrition* : 167-173.

## Z

**Zuodong J., Chase K., Joe C. (2016).**Extraction and analysis of terpenes/terpenoids. *Current protocols in plant biology*, 1: 345-3



