

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN
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
Département Biologie



MÉMOIRE

Présenté par
BENKHELIFA Fatima Zohra

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER

En
Science Biologique

Option :
Génétique

Thème

Etude phytochimiques de quelques variétés figuiers (ficus carica) au niveau de la région de Tlemcen et approche à une analyse bioinformatique des virus associe à la mosaïque de figuier.

Soutenu le : 08/07/2021 devant le jury composé de :

Président	Semir Bechir suheil	professeur	Université de Tlemcen
Encadrant	Azzi Rachide	professeur	Université de tlemcen
Co-Encadrant	Mkedder Ikram	PhD	Université de tlemcen
Examineur	Chaouche Tarik mohammed	MCA	Université de tlemcen

Année universitaire 2020/2021

عد الجزائر من أغنى البلدان حيث تضم 3164 نوعاً من النباتات تضم أكثر من 600 نوع من النباتات الطبية والعطرية. من بين هذه الأنواع، كانت شجرة التين ، والمعروفة باسم "شجرة التين"، ذات أهمية علمية واقتصادية اجتماعية. حالياً ، أصبح مجالاً مهماً للبحث نظراً لخصائصه Moraceae من عائلة *Ficus carica* البيولوجية العديدة ، مثل قدرته المضادة للأكسدة المرتبطة بشكل أساسي بتكوينه الفينولي. يركز هذا العمل على إجراء دراسة كيميائية نباتية لتقييم الفعالية المضادة ؛ FLMaV-2 في منطقة تلمسان. وبالتالي تحليل المعلوماتية الحيوية لثلاثة فيروسات تصيب شجرة التين *Ficus carica* للأكسدة لمستخلصات أوراق بعض أصناف ومن هنا أتاح البحث الكيميائي النباتي تسليط الضوء على اكتشاف بعض المجموعات الكيميائية وهي: التانينات ، والكومارين ، والكينونات الحرة ، FCV. FFKav. والترينويدات ، والفلافونويد ، والقلويدات ، والصابونين. كشفت الدراسة الكمية أن المستخلص الذي تم الحصول عليه من أصناف أصيلة 1 و بيذا 2 هما الأغنى في أظهر Beyda. على التوالي. أعلى محتوى فلافونويد مسجل في صنف E / مجم EC و E 190 / مجم EAG إجمالي البوليفينول بمحتويات حوالي 203 ميكروغرام بترتيب 0.4 ملغ/مل، و. هذا IC50 هو الأكثر فعالية، مقارنة بالمستخلصات الأخرى بقيمة Beyda تقييم النشاط المضاد للأكسدة أن المستخلص المحضر من صنف النشاط أعلى مما سجله حمض الأسكوربيك. لتحليل المعلوماتية الحيوية ، نلاحظ روابط القرابة بين الفيروسات في مناطق مختلفة من العالم ، وتوضح لنا هذه الدراسة أن اللبخ الكاريكا يشكل مصدرًا رئيسيًا للمكونات النشطة التي تمتلك أنشطة بيولوجية يمكن أن تلعب دورًا معترفًا به في العلاج بالنباتات

الكلمات الأساسية: *Ficus carica* ، الفحص الكيميائي النباتي ، جرة، FLMaV-2، FCV، FFKaV،

resumé

L'Algérie l'un des pays les plus riches avec 3164 espèces de plantes comprenait plus de 600 espèces de plantes médicinales et aromatiques, parmi ces espèces, le figuier *Ficus carica* L de la famille des moracées, communément appelée « figuier », a connu un intérêt scientifique et social économique. Actuellement il devient un important domaine de recherche vue ces nombreuses propriétés biologiques, tel que sa capacité antioxydante liée majoritairement à sa composition phénolique. Ce travail est porté sur la réalisation d'une étude phytochimique, l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de quelque variétés de *Ficus carica*, dans la région de Tlemcen ainsi une analyse bio-informatique de trois virus qui infect le figuier FLMaV-2 ; FCV ; FFKav. D'où L'investigation phytochimique a permis de mettre en évidence la détection de quelques groupes chimiques à savoir : tanins, des coumarines, des quinones libres, des terpenoïdes, des flavonoïdes, des alcaloïdes et des saponines. L'étude quantitative a révélé que l'extrait obtenu des variétés Assela 1 et Beda 2 sont le plus riche en poly phénols totaux avec des teneurs d'ordre de 203µg EAG/mg E et 190 EC/mg E, respectivement. La teneur la plus élevées en flavonoïdes a enregistré chez la variété Beyda L'évaluation de l'activité antioxydante a montré que l'extrait préparé de la variété Beyda est la plus puissante par rapport aux autres extraits avec une valeur d'CI50 d'ordre de 0.4 mg/ml, Cette activité plus élève que celle enregistrée par l'acide ascorbique. Pour l'analyse bioinformatique on remarquer des liaisons de parenté entre virus dans différente région de monde, cette étude nous ressort que *ficus carica* constitue une source majeure de principes actifs possédant des activités biologiques qui pourraient jouer un rôle reconnu dans la phytothérapie.

Mots clés : *Ficus carica*, screening phytochimique, dosage, FFKaV, FCV, FLMaV-2

abstract

Algeria one of the richest countries with 3164 species of plants included more than 600 species of medicinal and aromatic plants. Among these species, the fig tree *Ficus carica* L of the Moraceae family, commonly known as the "fig tree", has been of scientific and social economic interest. Currently, it is becoming an important field of research in view of its numerous biological properties, such as its antioxidant capacity linked mainly to its phenolic composition. This work is focused on carrying out a phytochemical study, evaluating the antioxidant activity of extracts from the leaves of some varieties of *Ficus carica*, in the Tlemcen region; thus a bioinformatics analysis of three viruses which infect the fig tree FLMaV-2; FCV; FFKav. Hence the phytochemical investigation has made it possible to highlight the detection of a few chemical groups namely: tannins, coumarins, free quinones, terpenoids, flavonoids, alkaloids and saponins. The quantitative study revealed that the extract obtained from varieties Assela 1 and Beda 2 are the richest in total polyphenols with contents of around 203µg EAG / mg E and 190 EC / mg E, respectively. The highest flavonoid content recorded in the Beyda variety. The evaluation of antioxidant activity showed that the extract prepared from the Beyda variety is the most potent, compared to other extracts with an IC50 value of order of 0.4mg / ml, and. This activity is higher than that recorded by ascorbic acid. For bioinformatics analysis, we notice kinship links between viruses in different regions of the world. This study shows us that *ficus carica* constitutes a major source of active ingredients possessing biological activities which could play a recognized role in phytotherapy.

Key words: *Ficus carica*, phytochemical screening, dosage, FFKaV, FCV, FLMaV-2



Remerciements

Il est primordial de remercier « ALLAH » le Tout-Puissant de tout ce qu'il nous apporte dans la vie et de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

*Je tiens particulièrement à remercier mon encadreur **Mr Azzi Rachid** maître de conférences classe «A» au département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, université de Tlemcen Abou Bekr Belkaid, pour m'avoir accepté de m'encadrer et pour son caractère très compréhensif, sa patience, sa disponibilité, ses précieuses orientations, ses conseils hautement précieux ainsi que pour tout le temps qu'il a consacré pour diriger ce travail.*

Nos vifs remerciements vont également à madame **MKEDDER Ikram** notre co-encadreur pour son aide, sa compétence, sa patience et ses conseils bien avisés, pour ses remarques constructives qui ont contribué à l'amélioration et l'élaboration de ce mémoire.

Nos respects et notre reconnaissance vont à **Dr GAOUAR. SBS** pour avoir accepté de présider ce jury ainsi que sa disponibilité, son précieux aide qui trouve ici le témoignage de notre profonde considération

*Nous tenons à remercier monsieur **CHAUCHE Tarik Mohammed** d'avoir accepté d'examiner ce mémoire, et également pour sa disponibilité à notre Égard.*

Enfin mes sentiments de reconnaissance et remerciements vont à toutes les personnes qui ont participées de près ou de loin dans la réalisation de ce travail

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embarrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

À l'homme, mon précieux offreur de Dieu, qui doit ma vie ma réussite et tout mon respect : mon chère père **Brahim**

À la femme qui souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **BOUAROUG Nacera**

À mon cher frère **Mohammed el Amine**, à ma chère cousine **Nadia** et mon amie **Boumediene** qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur

À mon adorable fille **Nahel islane** qui procure la joie et le bonheur pour toute la famille

À ma tante **Latifa** tu es pour moi le symbole de la bonté par excellence et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager

À mes oncles, mes tantes que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie

À tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connus jusqu'à maintenant

Merci pour leurs amours et leur encouragement

Toute la promotion de génétique 2020/2021

À toutes et tous, un grand merci !

À toute personne qui m'aime

À toute personne que j'aime

À tous ceux qui cherchent le savoir

TABLE DE MATIERE

LISTE DES FIGUERES
LISTE DES TABLEAUX
LISTE D'ABREVIATION

Partie bibliographique

	Introduction Général.....	1
1	Systématique du figuier.....	4
2	Origine et distribution géographique.....	4
2.1	Origine du figuier.....	4
2.2	Distribution géographique.....	5
3	Morphologie et classification du Fiquier.....	5
3.1	Classification des différentes formes de figuier.....	5
3.1.1	Le figuier femelle.....	5
3.1.1.1	Le type Commun.....	6
3.1.1.2	Le type San Pedro.....	6
3.1.1.3	Le type Smyrna.....	6
3.1.2	Le figuier mâle ou caprifiguier.....	6
4	Morphologie du figuier.....	6
4.1	Racines.....	7
4.2	Tige.....	7
4.3	Bourgeon.....	7
4.4	Rameaux fructifères.....	7
4.5	Feuille.....	8
4.6	L'inflorescence et fleur.....	8
4.6.1	Les fleurs mâles.....	8
4.6.2	Les fleurs femelles.....	9
4.7	L'écorce.....	9
4.8	Fruit.....	9
4.9	Latex.....	10
5	Pollinisation du figuier.....	10
6	L écologies du figuier.....	11
7	L études phytochimie du figuier.....	12
7.1	La phytochimie d écorce racine et la tige.....	12
7.2	La phytochimie des feuilles.....	12
7.2.1	Coumarines.....	12
7.2.2	Flavonoïdes.....	13
7.2.3	Tanins.....	13
7.2.4	Terpène.....	14
7.2.5	La phytochimie du latex.....	14
7.2.6	La phytochimie de la figue.....	14
7.2.7	La phytochimie des akènes (grain) de la figue.....	15
8	L étude pharmacologique.....	15
8.1	Figue.....	15
8.1.1	Activité antioxydante.....	15
8.1.2	Activité hépatoprotectrice.....	15
8.1.3	Activité Antipyrétique.....	15
8.1.4	Activité antibactérienne.....	15
8.1.5	Activité antispasmodique et antiplaquettaire.....	15
8.2	Les figues séchées.....	16
8.3	Les feuilles de figue.....	16
8.3.1	Activité anti tumorale.....	16
8.3.2	Activité Hypolipedimiante.....	16

8.4	Latex.....	16
8.4.1	Activité anti viral.....	17
8.4.2	L'hypertension.....	17
8.4.3	Activité anticancéreuse.....	17
8.4.4	Activité antifongique et antimicrobienne.....	17
8.5	Ecorce tige et racine.....	17
9	Valeur nutritive.....	17
10	Importance de la culture de figuier.....	19
10.1	Production Mondiale.....	19
10.2	Production en Algérie.....	20
11	Maladies et ravageurs.....	21
11.1	Ravageurs.....	21
11.1.1	Acarie.....	22
11.2	Maladies cryptogamiques et à virus.....	22
11.2.1	Pourridiés des racines.....	22
11.2.2	Chancre du figuier.....	23
11.2.3	Maladie des jeunes rameaux.....	23
11.2.4	Maladie de la mosaïque du figuier et de ses coupables associés.....	23
11.2.4.1	Virus animaux, virus végétaux et viroïdes.....	23
11.2.4.2	Virus 2 associé à la marbrure des feuilles de figuier (FLMaV-2).....	24
11.2.4.3	Virus cryptique de la figue (FCV).....	25
11.2.4.4	Virus associé aux taches de figue (FFKaV).....	25
11.3	La valorisation de la figue.....	26
12	Ressources et diversité génétique.....	26
12.1	Ressources génétiques.....	26
12.2	La diversité génétique.....	27
12.2.1	Polymorphisme morphologique.....	27
12.2.2	Polymorphisme agronomique.....	27
12.2.3	Polymorphisme biochimique.....	28
12.2.4	Polymorphisme moléculaire.....	28
13	Homonymies et synonymies variétales chez le figuier.....	31
14	Amélioration génétique et élargissement de la base génétique du figuier.....	32
15	Erosion génétique.....	32
16	Conservation du figuier.....	32
17	L'évaluation des ressources phyto-génétiques.....	32
17.1	Les marqueurs morphologiques.....	33
17.2	Les marqueurs moléculaires.....	33
17.2.1	Stress oxydatif.....	33
17.2.1.1	Les Radicaux libres.....	33
17.2.1.2	Les antioxydants.....	34
17.2.1.3	Les métabolites secondaires des plantes médicinales.....	34

Partie expérimentale

1	Matériels et méthodes.....	36
1.1	Objectif.....	36
1.2	Matériel végétal.....	36
1.3	Préparation des extraits.....	37
1.4	Criblage phytochimiques.....	38
1.5	Tests préliminaires.....	38
1.5.1	Test des tanins.....	38
1.5.2	Test des flavonoïdes.....	38
1.5.3	Identification des alcaloïdes.....	39
1.5.4	Les quinones libres.....	39
1.5.5	Les coumarines.....	39
1.5.6	Anthraquinones.....	39

1.5.7	Les saponines ou Test de mousse.....	39
1.5.8	Terpénoïdes ou Test de Slakowski.....	39
1.6	Analyse quantitative et dosages biochimiques.....	39
1.6.1	Dosage des polyphénols totaux.....	39
1.6.2	Dosage de flavonoïdes.....	40
1.6.3	Dosage des tanins.....	41
1.7	Analyses d'activité antioxydante.....	41
1.7.1	Capacité de piégeage	41
1.7.2	Analyses statistiques.....	43
Résultats et discussions		
1	Résultats et discussion.....	45
1.1	Les tests phytochimiques.....	45
1.2	Dosage.....	46
1.3	Mesure de l'activité antioxydant par la méthode DPPH.....	51
Partie bioinformatique		
1	Matériel et méthode.....	54
2	Résultat et discussion	55
Conclusion et perspectives		
Références bibliographiques		
Annex		

Liste des figures

Figure 1:systématique de figuier ficus carica.....	4
Figure 2: Zone de développement spontané du figuier sur le pourtour méditerranéen.....	5
Figure 3:figuier Ficus carica.L.....	7
Figure 4:rameaux fructifère de figuier.....	8
Figure 5:la fleur à l'intérieur du fruit.....	8
Figure 6:Organes floraux du figuier.....	9
Figure 7:Coupe longitudinale du fruit du figuier.....	10
Figure 8:latex du figuier.....	10
Figure 9:Mode de pollinisation chez le figuier.....	11
Figure 10:Femelle (A) et mâle (B) de Blastohaga psenes.....	11
Figure 11:Structure de base des coumarines.....	13
Figure 12 : Structure de base des flavonoïdes.....	13
Figure 13:Structure des tanins.....	14
Figure 14:Structure de diterpène.....	14
Figure 15:Pays producteurs des figues et leurs parts dans le marché mondial.....	21
Figure 16:Evolution de la production de figues dans les principaux.....	21
Figure 18:extrait méthanoïque.....	36
Figure 19:Les feuilles découper.....	36
Figure 20:Filtration après macération 48h.....	38
Figure 21:L'évaporation de méthanol.....	38
Figure 22:Test phytochimique.....	39
Figure 23:Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.....	46
Figure 24:Teneurs en polyphénols totaux dans les extraits préparés des feuilles de Ficus carica.....	47
Figure 25:Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes.....	47
Figure 26:Teneurs en flavonoïdes dans les extraits préparés des feuilles de Ficus carica.....	48
Figure 28: Teneurs en tanins dans les extraits préparés des feuilles de Ficus carica.....	49
Figure 27:Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tanins.....	49
Figure 29: Pourcentage d'inhibition du radical libre du DPPH en fonction de concentrations.....	51
Figure 30:Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations des trois variétés de Ficus carica.....	52
Figure 31:Alignement de la séquence dans le logiciel MEGA6.....	54
Figure 32:arbre phylogénétique devirus associé à la marbrure des feuilles de figuier (FLMaV-2).....	55
Figure 33:arbre phylogenetique du virus associé aux taches de la figue (FFkaV) du figuier.....	56
Figure 34:arbre phylogenetique des trois virus associés à la maladie de la mosaïque du figuier.....	57

Liste des tableaux

<i>Tableau 1:Composition de la figue fraiche et sèche en éléments nutritionnels</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 2:Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 3:Virus et viroïdes associés à la maladie de la mosaïque du figuier.</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 4:Variétés échantillonnée et leur caractéristique</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 5:Méthode dosage des polyphénols totaux.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 6:Méthode dosage des flavonoïdes.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 7:Méthode dosage des tanins</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 8: Les résultats du screening phytochimiques des feuilles de Ficus carica de différentes variétés</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 9:Statistique descriptive des composants phénoliques (variable quantitative).</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 10:Le teneur en composant phénoliques(tableau ANOVA).</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 11: CI50 des différents extraits préparés des feuilles Ficus carica et d'acide ascorbique</i>	<i>52</i>

Liste d'abréviations

ANOVA : Analyse des variances

DPPH : Le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

ERN : Espèces réactives de l'azote

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

FAO : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FCV : Virus cryptique de la figue

FFKaV : Virus associé aux taches de figue

FLMav-2 : Virus 2 associé à la marbrure des feuilles de figuier

IC50 : Concentration inhibitrice à 50 %

µg EAG/mg E : Microgramme équivalent acide gallique par milligramme d'extrait

µg EC/mg E : Microgramme équivalent catéchine par milligramme d'extrait

Introduction général

Depuis antiquité, l'homme a utilisé les plantes médicinales qui sont disponible dans son environnement afin de traiter et de soigner toutes sortes de maladies en raison de leurs précieuses propriétés biologiques (Lee, 2004). Actuellement, l'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 81% de l'humanité pratiquent la médecine traditionnelle pour leurs soins de santé primaires (Thomford et al., 2015).

Ces dernières décennies les produits végétaux naturels, ont suscité un intérêt croissant a fin de leur abondance locale, de leur importance culturelle, de leurs achats peu coûteux et leur effets thérapeutiques (Thomford et al., 2015), Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires 170 000 molécules bioactives ont été identifiées à partir de plantes (Chaabi, 2008), qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique, notamment en ce qui concerne leur activité antioxydants, d'autant plus que l'utilisation des antioxydants de synthèse est actuellement remise en cause en raison des risques toxicologiques.

Au cours des dernières années, les recherches s'intéressent par les antioxydants naturels pour leur utilisation dans les aliments, les cosmétiques ou les substances médicinales pour remplacer les antioxydants synthétiques qui sont limités en raison de leur cancérogénicité (Scherer et al., 2009).

Les composés phytochimiques antioxydants en particulier les composés phénoliques présents dans les légumes, les fruits et les plantes médicinales font l'objet d'une attention croissante pour leur rôle potentiel dans la prévention des maladies humaine. notamment Le stress oxydatif qui est caractérisé comme un déséquilibre entre la production d'espèces réactives et l'activité de défense antioxydante, cet état est associé à beaucoup de maladies chroniques telles que le cancer, le diabète, les maladies neurodégénératives et les maladies Cardiovasculaires (Favier, 2013; Knežević et al., 2011), Ils sont aussi utilisés dans l'industrie agroalimentaire, qui incorpore ces molécules aux caractéristiques biologiques intéressantes dans leurs formulations (Taviano et al., 2013), surtout comme conservateur et retardeur de la peroxydation des lipides et minimiseur efficacement les rancissements.

L'Algérie l'un des pays les plus riches avec 3164 espèces de plantes comprenait plus de 600 espèces de plantes médicinales et aromatiques, Parmi ces espèce, le figuier *Ficus carica L*, est une des plantes médicinales trouvé en Algérie, qui constituant l'un des plus grands genres avec environ 750 espèces entre arbres, et des arbustes, qui appartient à la famille de Moracées et qui produisent l'un des fruits les plus anciens du monde Cité dans la "Sourate Attine" du Coran, grâce a leur patrimoine phylogénétique diversifier le figuier s'adapte aux conditions écogéographiques et maintient certain équilibre de l'écosystème (Saddoud et al., 2011)

Plusieurs effets ont été attribués à *Ficus carica*, tels que effets thérapeutiques et l'effet antimicrobien (Monqith et lume, 2014), activité anti hyperglycémie (Pérez et al., 2000), activité antioxydant (Vinson et al., 1999), activité anticancéreuse (Joseph et Raj,2011) et effet hypolipidémiant (Le canal et al., 2002; Perez et al., 1999;Campillo et al.,1994), d'où son rôle est très important même à l'échelles socio-économique.

Malheureusement actuellement à cause des nombreux cas de synonymies et d'homonymies, la culture du figuiers est toujours accompagnée d'une connaissance plus ou moins imprécise de variétés, ce qui rend cette espèce, très mal valorisé dont l'identification morphométrique, biochimique et génétique devient un important domaine de recherche pour résoudre ce problème (Mkedder et al.,2018).

Aussi parmi les facteurs qui mettent cette espèce en danger on note les maladies virales telles que la mosaïque de la figue qui se propage dans les Vergers de figuier commun (*Ficus carica L*), ce qui pose une menace pour l'économie de la production de figes dans le monde entier, cette maladie de la mosaïque est touché a cause de trois virus responsable (FLMaV-2 ; FCV ; FFKaV)

Cette étude s'inscrit dans le cadre révélation de quelques famille des métabolites secondaire, dosage des composants phénoliques, l'évolution de l'activités antioxydante par la méthode de piégeage du radical libre DPPH de quelque variétés de *Ficus carica* et une approche d'analyse bioinformatique comparatif de trois virus associé à la mosaïque du figuier.

Partie
bibliographique

Chapitre I : Systématique et notions botaniques

1 Systématique du figuier

l'arbre du figuier est nommé *figus carica*, c'est une des espèces qui signifie verrue pour *figus* (le lait pour soigner la verrue) et *carica* qui fait allusion à une région en Turquie (**Michel aubineau, 2002**). *figus carica* L. est un arbuste ou petit arbre vivace communément appelé « figuier », arbre appartenant à la famille des moracées qui comprend plus de 1400 espèces classées dans environ 40 genres (**Baraket et al., 2009**). (Fig. 1)

D'après (**Joseph et Raj. 2011**), la taxonomie du figuier est comme suit :

Embranchement : *Phanérogames*

Sous embranchement : *Angiospermes*

Classe : *Dicotylédones*

Sous classe : *Hamamélidées*

Série : *Apétales unisexuées*

Ordre : *Urticales*

Famille : *Moraceae*

Genre : *Ficus*

Espèce : *Ficus carica L*

Figure 1: systématique de figuier *figus carica*.

2 Origine et distribution géographique

2.1 Origine du figuier

Cet arbre est très probablement originaire du sud arabique ou de l'Asie mineure, selon certains botanistes, la plante serait originaire du proche orient, bien que l'origine exacte soit difficile à déterminer, son centre d'origine serait le Yémen d'où il aurait été diffusé en Palestine, en Syrie puis dans tout le bassin méditerranéen, des restes de fruits datant depuis 7000 ans avant jésus christ on été trouvés dans les fouilles de jéricho (**Flaishman et al., 2008**). Cette espèce a été cultivée par les Phéniciens, les Syriens, les Égyptiens et les Grecs dans tout le bassin méditerranéen. C'est une plante indigène à ces milieux (**Michel a, 2002**).

2.2 Distribution géographique

Ficus carica est cultivé depuis longtemps dans divers endroits à travers le monde pour ses fruits comestibles, il s'agit d'une récolte mondiale importante (Flaishman et al, 2008).

Le figuier est cultivé partout où règne un climat présentant de fortes similitudes avec le climat méditerranéen. *ficus carica* préfère le plein soleil et divers sols bien drainés, il est étonnamment résistant au froid et il supportera des gels de -12°C à -15°C. Les principaux producteurs de figes comestibles sont la Turquie, l'Égypte, le Maroc, l'Espagne, la Grèce, la Californie, l'Italie, le Brésil et d'autres endroits où les hivers sont généralement doux et les étés chauds et secs (Tous et Ferguson, 1996) (Fig. 2).

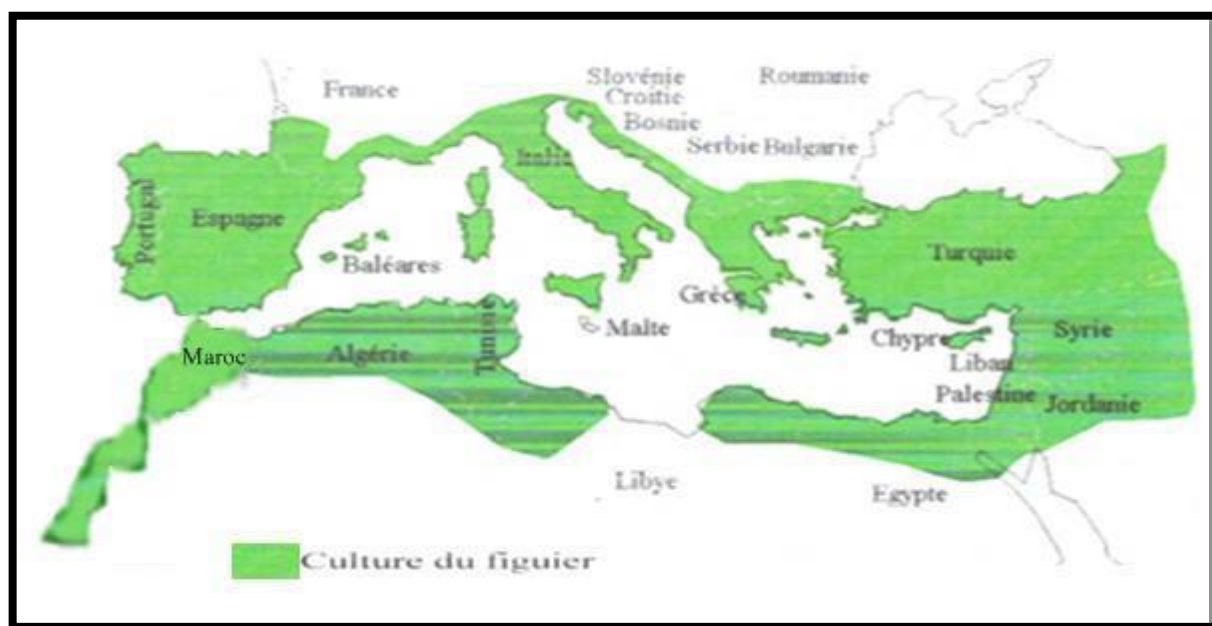


Figure 2: Zone de développement spontané du figuier sur le pourtour méditerranéen (Vidaud, 1997)

3 Morphologie et classification du figuier

3.1 Classification des différentes formes de figuier

Habituellement, la classification des taxons de *ficus* tient compte de la biologie florale, notamment des systèmes de pollinisation, ainsi que de la couleur de la peau et de la pulpe des figes, elle répartie les figuiers en quatre formes horticoles, à savoir le type sauvage ou caprifiguier et les formes cultivées de type Smyrna (les figes nécessitent la pollinisation), San Pedro (les figes-fleurs ne nécessitent pas d'être pollinisées contrairement aux figes) et Commun (figes et figes-fleurs ne nécessitent pas de pollinisation) (Tous et Ferguson, 1996).

3.1.1 Le figuier femelle

Les figuiers femelles peuvent produire une ou deux récoltes par année, suivant le type d'arbre unifère ou bifère. Les arbres bifères produisent deux récoltes par an: les figes-fleurs naissent au printemps, sur les rameaux de l'année précédente, alors que les figes apparaissent en automne sur les rameaux de l'année en cours (Jeddi, 2009). Les arbres unifères produisent une récolte principale de figes en été-automne. Les figes naissent à l'aisselle de feuilles portées par les rameaux latéraux de l'année en cours. il existe trois types de figuiers domestiques : Smyrna, San Pedro et Commun.

3.1.1.1 Le type Commun

Ce sont des figuiers avec ou sans figes-fleurs, mais la production d'automne est abondante. ils ne forment que des fleurs pistillées qui se transforment en figes-fleurs et/ou en figes par parthénocarpie et sans nécessiter de caprification. En Algérie, les variétés du type Commun telles que, 'Verdale blanche', 'Chetoui', 'Harcha' et plus particulièrement 'Bakor', selon (Condit, 1955). la prévalence de la culture du type Commun dans le monde a été probablement favorisée par la sélection en raison de sa parthénocarpie, notamment dans les régions dépourvues de blastophage

3.1.1.2 Le type San Pedro

Les figuiers de type San Pedro (U.S.A.) ou San Pietro (Italie), sont bifères ('King', 'Lampeira', 'San Pedro'), (Condit, 1955). ils se distinguent par la formation de figes-fleurs parthénocarpiques, mais requièrent selon les cultivars la caprification pour la production des figes d'automne. les figes San Pedro ont une saveur intermédiaire entre les fruits des types Commun et Smyrna.

3.1.1.3 Le type Smyrna

Ce sont des figuiers unifères et très fructifères, mais qui requièrent la pollinisation. Leurs figes, appelées 'Calimyrna' aux U.S.A., sont de bonne qualité et à double fin. Les figes renferment des graines viables et mûrissent à partir de fin juillet. les variétés de ce groupe existent en Asie Mineure, en Europe et en Algérie ('Malaki', 'Sultani', 'Abiarous', 'Alelake', 'Taranimt', 'Tameriout', 'Azendjer', 'Averane', 'Taghlit', 'Tadefouith'), (Condit, 1955).

3.1.2 Le figuier mâle ou caprifiguier

Les caprifiguiers appelés 'Dokkars' en Algérie. Ils hébergent, sous forme de larves dans les ovaires des fleurs femelles, le blastophage. Les 'Dokkars' vivent plus longtemps que les figuiers cultivés (Khanfir, 2015). Les figuiers mâles, dits aussi La forme spontanée donnant des figes immangeables, ne produisent que des figes-fleurs qui ne parviennent jamais à maturité, donc fruits impropres à la consommation mais qui abritent en hiver un insecte, le blastophage qui assurera la pollinisation des figes en mai et juillet, en effet certaines variétés ont besoin de pollinisation pour faire fructifier leur figes d'automne (Peter Bauwens, 2008).

Les caprifiguiers ou figuiers mâles produisent trois générations par an :

- Les **mammes** (Barroum) : commencent réellement leur croissance en automne et atteignent leur maturité au printemps suivant.
- Les **profichis** (Dhokkar) : initient leur croissance au printemps à partir des bourgeons latents de la saison précédente, deviennent matures en début été, et produisent le pollen qui va être transporté par les blastophages pour polliniser les figes de type *Smyrne*.
- Les **Mammonis** (Charroum) : débutent leur croissance en été et arrivent à maturité en automne, ces trois générations se juxtaposent, quand l'une arrive à maturité, la deuxième se trouve au stade réceptif (Storey, 1975).

4 Morphologie du figuier

Le *figus carica* L. peut se trouver sous forme d'arbre monotige ou de buisson polytige (Fig.3). Il peut atteindre des dimensions très variables allant jusqu'à 10 à 15 mètres de hauteur, mais le plus souvent, il forme un arbrisseau de 3 à 4 mètres de haut. Les rameaux sont gros, alternes, moelleux et souples (Bretaudeau et Faure, 1990).



Figure 3:figuier Ficus carica.L

4.1 Racines

L'activité racinaire est un des points forts dans l'écologie du figuier. Outre son grand développement rappelant sa parenté avec les figuiers tropicaux, qui ont des racines aériennes et parfois étranglantes, la densité extraordinaire du chevelu racinaire lui permet une exploitation optimale de l'eau disponible dans le sol, ce qui explique sa pertinence dans des situations apparemment très sèches (**Vidaud, 1997**).

4.2 Tige

La tige issue de la germination du grain montre des feuilles entières qui sont de taille croissante et présente un limbe de plus en plus découpé, les lobes sont plus nombreux et profondément marqué.

La nervation de la feuille associée à ce limbe découpé est de type palmatinervé. La mise en place de nouvel tige la tige présente une moelle creuse particularité qui lui donne une certaine souplesse a la traction mais qui la rend soudainement cassante (**Bensalah, 2015**).

4.3 Bourgeon

Le figuier est constitué d'un bourgeon terminal, ce dernier est constitué de deux stipules correspondant à la dernière feuille mise en place, dans ce bourgeon se trouve de 9 à 11 ébauches de feuilles avec leurs stipules (**Vidaud, 1997**).

4.4 Rameaux fructifères

Le rameau est constitue d'un ensemble d'entre nœuds, chaque nœud constitue le point d'insertion d'une feuille et des bourgeons axillaires(**Fig.4**). Leur disposition alternée, rarement opposée sur le rameau, est une spécificité de la famille des moracées (**Vidaud, 1997**).



Figure 4:rameaux fructifère de figuier.

4.5 Feuille

Les feuilles du figuier sont caduques, alternes, palmatilobées, avec trois à sept lobes sinués-dentés. elles sont vert-clair à vert foncé, épaisses, dotées d'un solide pétiole et son parfum particulier, leur face supérieure est sombre et rugueuse au toucher, alors que leur face inférieure est claire, pubescente et à nervation plus apparente, les poils sont crochus, éparses ou denses. Les feuilles, les rameaux et les fruits immatures renferment un suc laiteux caustique, allergisant et riche en ficine, appelé le latex (**Gerber, 2010**).

4.6 L'inflorescence et fleur

Le figuier commun est une espèce gynodioïque, morphologiquement monoïque (avec des fleurs mâles et des fleurs femelles à style court ou long dans le même sycone) mais fonctionnellement dioïque. la reproduction du figuier fascine les biologistes et les botanistes et sa complexité à juste titre, suscité de nombreux travaux de recherches. Les fleurs du figuier sont minuscules et unisexuées, elles sont logées par centaines dans une inflorescence qui se transforme en un réceptacle creux et succulent (urne) à peine ouvert au sommet par l'ostiole, appelée sycone(**Fig.5**). Un figuier est considéré mâle ou femelle selon le sexe des fleurs renfermées dans ses inflorescences (**Gerber, 2010**).



Figure 5:la fleur à l'intérieur du fruit

4.6.1 Les fleurs mâles

Les fleurs mâles sont formées de quatre à cinq étamines entourant un gynécée avorté. On les retrouve aussi bien sur les arbres mâles que sur les arbres femelles, chez les individus mâles seules certaines fleurs

mâles ont un pollen fonctionnel alors que chez les individus femelles les étamines des fleurs mâles sont stériles car elles n'ont pas d'anthers (**Armstrong, 2006**). L'arbre mâle (caprifigier) produit des sycones spongieux contenant des fleurs mâles et des fleurs femelles avec style court (fleurs brévistylées) dans lesquelles les femelles ailées d'un insecte pollinisateur appelé blastophage (*blastophaga psenes* L, famille: agaonidae) peuvent pondre et donner des gales à la place des graines, en hiver (mammes), au printemps été (profichis) ou en automne (mammonis), (**Aouane, 2015**). Le caprifigier est protogynique car les fleurs femelles arrivent à maturité avant les fleurs mâles, l'autofécondation ne peut y avoir lieu.

4.6.2 Les fleurs femelles

Les individus femelles portent des inflorescences (sycones) ne comportant que des fleurs femelles avec style long (fleurs à pistil uniovulé longistylé) et pas de fleurs mâles (fleurs mâles stériles), les fleurs longistylées ne permettent pas aux blastophages femelles de pondre mais produisent des figes comestibles avec graines après avoir été pollinisées par cet insecte (**Vidaud, 1997**). L'hétérostylie prononcée des fleurs femelles du figuier constitue une forme de contrôle du dépôt des œufs dans l'ovule selon la longueur du style. En raison d'un asynchronisme (protogynie) dans la formation des organes reproducteurs, l'autogamie ne peut donc avoir lieu dans le même sycone, la relation entre la reproduction des figuiers et celle du blastophage est en fait un mutualisme spécifique et obligatoire, car le pollen n'arrive à travers l'ostiole que grâce à cet insecte (caprification) qui utilise, en échange, la fige comme site de reproduction(**Fig.06**).

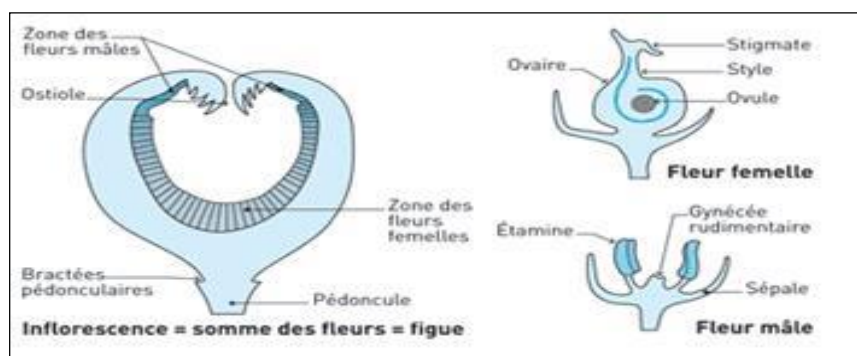


Figure 6: Organes floraux du figuier

4.7 L'écorce

L'écorce du figuier est lisse et peu fissurée, de couleur gris pâle, ses rameaux contiennent du latex, son feuillage caduque comprend de grandes feuilles, larges de 25 cm, épaisses, coriaces, à 3 à 5 lobes profonds, à bord lisse, veloutées en dessous et rugueuses sur le dessus. Il s'agit d'une espèce monoïque, avec des fleurs nombreuses insérées dans un réceptacle charnu, ses fruits, de couleur vert jaunâtre (figes blanches) ou mauve foncé (figes violettes), poussent en juin-septembre en bout de rameaux (**Michel, 2003**).

4.8 Fruit

Le fruit du figuier s'appelle syconium (inflorescence femelle) c'est un réceptacle de fleur très agrandi, charnu et savoureux à maturité, ce syconium porte à l'intérieur une masse de fleurs minuscules, les fruits sont en fait de tous petits akènes qui se développent à partir de ces fleurs, nous mangeons donc dans le cas de la fige, une sorte d'enveloppe qui contient les fruits (**Peter Bauwens, 2008**) (**Fig.7**).

La fige est pourvue d'un pédoncule, d'un col, d'une peau externe colorée, d'une pulpe mucilagineuse et d'une petite ouverture (ostiole ou opercule) fermée partiellement par des écailles. Les figes peuvent être consommées fraîches, séchées ou transformées. Elles sont très nutritives, digestes et énergisantes, elles

constituent une bonne source d'éléments minéraux, de vitamines C et B, d'acides aminés, de sucres, et d'acides organiques (Pande et Akoh, 2009).

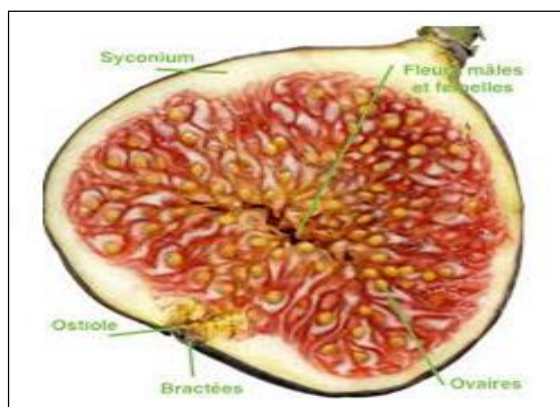


Figure 7: Coupe longitudinale du fruit du figuier.

4.9 Latex

Les espèces de *Ficus*, fruits immatures, feuilles, branches, tiges et probablement aussi les racines produisent un liquide vasculaire connu sous le nom de latex très utilisé en médecine. selon (Dioscorides Pline, 1902) la méthode de collecte est de prendre le jus de branches du figuier sauvage avant apparition des bourgeons, en pilant et en appuyant la dessus, le jus est séché à l'ombre et stocké. Le latex est très probablement synthétisé pour servir la plante, elle même, il sert de fluide vasculaire, homologue du sang chez les animaux. il porte les éléments nutritifs, il aide à l'auto-guérison, s'implique dans le mécanisme de toxicité, et abrite également le système immunitaire de la plante (Kim et al., 2003). Il constitue la ficine brute (Bruneton, 2009) (Fig.8).



Figure 8: latex du figuier

5 Pollinisation du figuier

Pour la caprifigation, le figuier est une espèce dioïque avec un arbre mâle (caprifiguier) et un arbre femelle (figuier commun), Le premier assure la fourniture du pollen et l'accomplissement du cycle de l'insecte pollinisateur, le deuxième assure la production des figes comestibles, ces dernières peuvent être des figes fleurs qui ne possèdent que des fleurs femelles et n'ont donc pas besoin de pollinisation donc se développent par *parthénocarpi*e ou des figes d'automne qui nécessitent généralement la pollinisation pour arriver à maturité, cette pollinisation s'effectue grâce à un insecte qui vit dans les fleurs femelles du caprifiguier, la guêpe pollinisatrice pour *Ficus carica* est *Blastophaga psenes*(L.) (Wagner et al., 1999).

La réceptivité des figes des deux types d'arbres (femelles et mâles) est décalée de manière à ce que les envois précoces du blastophage assurent la pollinisation, et les tardifs assurent la ponte(**Fig.9**). Les figes pollinisées se prêtent mieux au séchage d'où l'intérêt de la caprification, cette dernière peut être accomplie naturellement si les caprifigiers sont plantés aux alentours des arbres femelles ou en accrochant des "profichis" sur ces derniers. Trois à cinq pieds mâles assurent la caprification de cent pieds femelles, d'où l'intérêt de sélectionner des caprifigiers performants (**Oukabli et al., 2003**)(**Fig.10**).

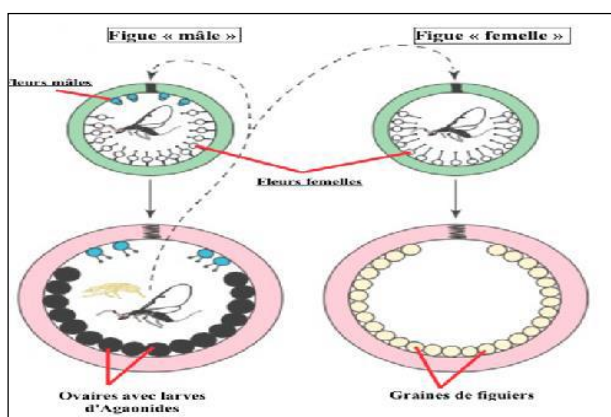


Figure 9:Mode de pollinisation chez le figier

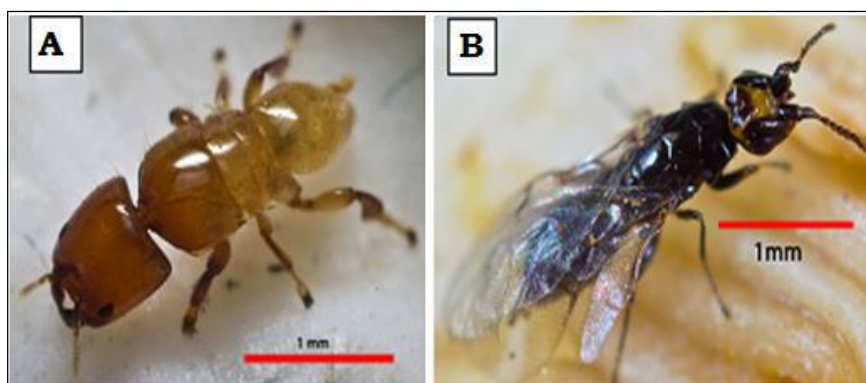


Figure 10:Femelle (A) et mâle (B) de Blastohaga psenes.

6 L écologies du figier

Le figier a un large spectre d'adaptation écologique et se montre peu exigeant vis-à-vis des conditions pédoclimatiques, il réussit un peu partout dans le monde, notamment dans les régions tropicales et subtropicales, mais il est particulièrement bien adapté sur le pourtour méditerranéen où les hivers sont frais et les étés chauds et secs (**Vidaud, 1997**).

En Algérie, le figier prospère du littoral jusqu'à 1200 m d'altitude (**Rebour, 1968**). Il tolère bien la sécheresse, mais des apports d'eau réguliers sont très bénéfiques pour son état végétatif et la production de fruits. Une pluviométrie annuelle de 600 à 700 mm est suffisante en culture non irriguée (**Bachi, 2012**). Cet arbre requiert huit heures par jour de plein soleil pour développer les qualités gustatives de ses fruits, sans pour autant être trop exposé aux insolation et à l'aridité extrême. Il ne supporte pas non plus les températures printanières inférieures à $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ et l'humidité élevée (**Walali et al., 2003**). Les producteurs de figes redoutent l'excès d'eau et les précipitations pendant la maturation et la période de

séchage. Celles-ci provoquent des craquelures et l'éclatement de l'épiderme du fruit, son acidification, l'installation des champignons et une baisse notable de la qualité pomologique. Le figuier peut s'accommoder d'une large gamme de sols (argileux, sableux, limoneux) mais préfère les sols limono-argileux et argilo-siliceux, il se comporte aussi très bien dans les sols accidentés, profonds (1 à 2 m), légers, fertiles et bien drainés. Un pH compris entre 6 et 7,8 lui convient bien (Walali et al., 2003). Sa tolérance à la salinité du sol et au calcaire actif est néanmoins moyenne. Les besoins annuels en froid hivernal du figuier sont faibles (300 h) (Oukabli, 2003).

7 L études phytochimie du figuier

7.1 La phytochimie d écorce racine et la tige

L'écorce de *F.carica* est riche en polyphénols, notamment en flavonoïdes et leurs glycosides, en triterpénoïdes, en furocoumarines, en stérols et en d'autres acides phénoliques complexes. Certaines techniques spécifiques ont été utilisées pour la mesure de la teneur en polyphénols dans l'écorce de la tige de *Ficus carica* en utilisant la chromatographie liquide à haute performance (Govindarajan et al., 2008). Les fractions de benzène et d'éther de pétrole de l'extrait alcoolique de l'écorce de la racine de *F. carica* (Jain et al., 2007) ont révélé la présence de certains composés dans cette partie de plante, tels que: l' α -amyrine, le β -sitostérol, le β -sitostérol- β -D-glucoside, le psoralène, le bergaptène et la xanthotoxine. Le β -sitostérol est connu comme un puissant antipyrétique, anti-inflammatoire (Bouic et Lamprecht, 1999) et anticancéreux (Awad et Fink, 2000). Le psoralène a été effectivement utilisé dans les traitements du psoriasis photoréactifs (PUVA) (Rodriguez-Granados et al., 2009).

7.2 La phytochimie des feuilles

Si les figes étaient notre première nourriture et le premier aliment médicamenteux, les feuilles de figuier étaient probablement notre premier médicament réel (Lansky et Helena, 2011). Les feuilles de figuier sont riches en composés phénoliques, sont notamment utilisées en raison de leurs puissantes propriétés antioxydants. Ils peuvent être classés en phénols simples, acides phénoliques, dérivés d'acide hydroxycinnamique, flavonoïdes, coumarines, tanins, quinones, (María et al., 2011), en enzymes protéolytiques (Gonashvili et Gonashvili, 1968) et en protéines (Deleanu, 1916).

Les feuilles de figuier est constitué principalement de divers composés volatils tels que : méthyl-butanal, esters, monoterpènes, etc. Elles sont riche en humidité (67,6%) ; protéine (4,3%); graisse (1,7%) (Joseph et Raj , 2011).

7.2.1 Coumarines

Ce sont des hétérocycles appartiennent à la famille des benzopyrones, qui consiste en un cycle benzénique relié par un cycle pyrone (Ojala, 2001 ; Srikrishna et al., 2018). Elles sont classées en quatre types principaux: les coumarines simples, les furanocoumarines, les pyranocoumarines et les coumarines à substitution pyrone (Nagaraju et al., 2012)(Fig.11).

Le psoralène et le bergaptène sont les deux furocoumarines mises en évidence dans les feuilles de *F. carica* par (chunyan et al., 2009) Des études antérieures ont rapporté d'autres coumarines dans les feuilles de *F. carica*, y compris le bergaptène, 4', 5' dihydro-psoralène (marmesine) et l'umbelliférone (Innocenti et al., 1982).

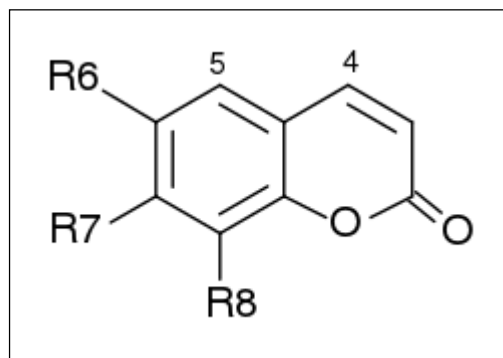


Figure 11: Structure de base des coumarines

7.2.2 Flavonoïdes

Ce sont des pigments qui sont responsables de la coloration des fruits et des fleurs a structures C6-C3-C6 Sur la base de la nature du noyau aglycone, ils sont généralement classés en anthocyanes, proanthocyanidines, flavonols, isoflavonoïdes, phlobaphènes, flavanones et flavones (**Hichri et al., 2011**).

Vaya et Mahmood (2006) ont trouvé dans les feuilles de *F. carica* les flavonoïdes principaux : la quercétine et la lutéoline ou lutéolol avec un total de 631 et de 681 mg/kg d'extrait, respectivement. En outre (**Teixeira et al., 2006**) ont mis en évidence la présence d'autres composés phénoliques dans les feuilles de *F. carica*: l'acide chlorogénique, et la rutine. La rutine, ou rutoside est un diglucoside de la quercétine, un bon antioxydant. C'est d'ailleurs le flavonol le plus largement étudié sur le plan pharmacologique(**Fig.12**).

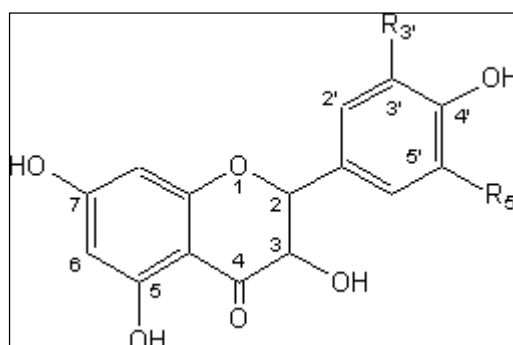


Figure 12 : Structure de base des flavonoïdes

7.2.3 Tanins

Ce sont des polyphénols polaires d'origine végétales (**Berthod et al., 1999**), connus par leur capacité à précipiter les alcaloïdes et les protéines, sont solubles dans l'eau et insolubles dans les solvants organiques. Ils sont responsables de l'astringence de nombreux fruits et légumes (**Macheix et al., 2005 ; Peronny, 2005 ; Bruneton, 2008**) ; ayant la propriété de rendre la peau dure imputrescible, en se fixant sur les protéines ; ce pendant on a deux grandes groupe de tanins : tanins hydrolysables et tanins condensés (**Bos et al., 1996**)(**Fig.13**).

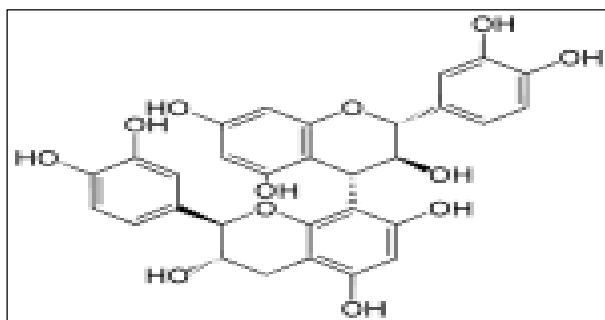


Figure 13: Structure des tanins

7.2.4 Terpènes

Les composés terpéniques comprennent un squelette hydrocarboné qui est généré à partir des différentes longueurs de prényl diphosphates (**Zuodong et al., 2016**), constitués de plusieurs unités d'isoprène (**Kyoung et al., 2017**). En fonction du nombre d'unités d'isoprène formants ces composés, on distingue : monoterpène, sesquiterpène, diterpène, triterpène et polyterpène (**Yarnelle, 2007**)(**Fig.14**).

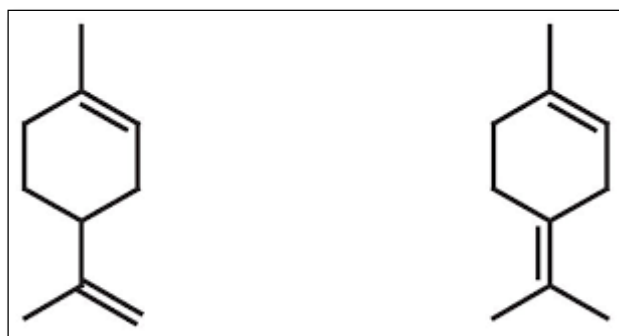


Figure 14: Structure de diterpène

7.2.5 La phytochimie du latex

Le latex de *Ficus* est constitué de caoutchouc, de résine, d'albumine, de sucre, d'acide malique, la catalase et la peroxydase, elle est riche en un groupe d'enzymes protéolytiques connu sous le nom de ficine ou aussi ficain, La ficine isolée du latex de *F. carica* est une cystéine protéinase puissante considérée ici comme une chaîne peptidique linéaire unique (diastase, estérase, lipase) (**Baby et Raj, 2011**).

Dans une étude plus récente, (**Oliveira et al., 2010**) ont identifié dans le latex de *F. carica* la présence des acides : Oxalique, citrique, malique, quinique, shikimique et fumarique; 5 aldéhydes; 7 alcools; 1 cétone; 9 monoterpènes et 9 sesquiterpènes

7.2.6 La phytochimie de la figue

La figue, contient à sa maturité principalement de l'eau et des sucres (polysaccharide) **Robert Veberic** et son groupe en 2008, ont mis en évidence la présence dans les figues nord-méditerranéennes de composés polyphénoliques sous forme d'acides phénols et de flavonoïdes, les coumarines, les anthocyanes (responsables de la couleur), les saponines, les stérols (β -sitostérols), les terpènes (β -amyrins, β -carotènes, lycopène, lutéine...).

Oliveira et al., 2009 à prouver la présence d'acide férulique et de très petites quantités de psoralène et debergaptène dans les fruits de *Ficus carica*, elle est riche en vitamines, éléments minéraux, eau et graisses, c'est l'une des plus hautes sources végétales de calcium et de fibres (**Joseph et Raj , 2011**).

7.2.7 La phytochimie des akènes (grain) de la figue

Les analyses biochimiques de l'huile ont montré qu'elle contient des niveaux très élevés des caroténoïdes et des phytostérols et assez riche en lipides. Composition en acides gras démontrée la prédominance de l'acide linoléique connu pour ses multiples propriétés bénéfiques. L'huile de figuier est également une source précieuse de composés antioxydants tels que les phénols et les tocophérols. Comme ces composés mineurs sont connus pour avoir une large gamme de activités biologiques et propriétés physiques (**Hala et al., 2015**)

8 L études pharmacologique

8.1 Figue

Ficus carica, source de certains composés bioactifs a montré des effets antioxydant, antivirale, antibactérien, anti inflammatoire, hypoglycémique, anticancéreux, hypotriglyceridique, vermifuge et bien d'autres activités (**Wang et al., 2004 ; Jeong et al., 2005**).

8.1.1 Activité antioxydante

Dans une étude réalisée par (**Solomon et al., 2006**) toutes les figues utilisées dans l'étude étaient du genre *F.carica* et concernait des variétés de fruits de couleur allant de la plus claire à la plus foncée, la concentration des anthocyanes à effet antioxydant était beaucoup plus élevée dans les peaux que dans la pulpe. Les antioxydants ayant la capacité à neutraliser ou à réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain (**INAF , 2007**).

8.1.2 Activité hépatoprotectrice

Dans une autre étude qui traite des rats par l'extrait de l'éther de pétrole des figues, des changements biochimiques, histologiques, et fonctionnels significatifs indiquant une activité hépatoprotectrice prometteuse (**Justain Raj et Joseph, 2011**).

8.1.3 Activité Antipyrétique

L'extrait éthanolique de *F.carica*, est un agent antipyrétique standard (150 mg/kg) a montré l'effet a duré jusqu'à cinq heures en comparaison avec celui du paracétamol (**Justain Raj et Joseph, 2011**).

8.1.4 Activité antibactérienne

L'extrait méthanolique des figues a montré une forte activité antibactérienne contre des bactéries orales. Il a été alors prouvé que la figue pourrait agir comme un agent antibactérien naturel (**Justain Raj et Joseph, 2011**).

8.1.5 Activité antispasmodique et antiplaquettaire

L'extrait éthanolique aqueux des fruits mûrs de *F. carica* a été étudié pour ses activités antispasmodique et antiplaquettaire sur le jéjunum isolé du lapin et sur un modèle ex vivo de plaquettes humaines, respectivement. L'extrait a montré une efficacité dans les deux cas (**Gilani et al., 2008**).

8.2 Les figues séchées

Les figues séchées produisent une augmentation significative de la capacité antioxydante du plasma (Vinson et al., 2005) et sont également utilisées contre divers troubles gastro-intestinaux, respiratoires, inflammatoires, cardiovasculaires ainsi que pour le traitement des ulcères et de certains cancers (Rubnov et al., 2001). Grâce aux acides gras essentiels omega-3 et omega-6 et au phytostérol que contiennent les figues sèches, celles-ci jouent un rôle considérable dans la réduction du taux de cholestérol. Les acides gras omega-3 et omega 6 sont connus pour ne pas être synthétisés par l'organisme et que leur seule source est notre alimentation. En outre, ils sont indispensables pour le bon fonctionnement du cœur, du cerveau et du système nerveux (Jeddi, 2009).

8.3 Les feuilles de figue

Des études récentes ont montré que les extraits des feuilles de figuier possèdent une activité antivirale, antibactérienne et antifongique semblable à celle de certains antibiotiques (Camero et al., 2016). Les feuilles sont utilisées comme fourrage en Inde et comme matière crue en industrie pharmaceutique du fait de leur teneur en bergaptène et en psoralène (Meitei et Ali, 2012). Les feuilles de figue décrivent leur propriétés antidiabétiques (Irudayaraj et al., 2017).

Le paracétamol a conduit à des changements pathologiques dans les tissus des testicules de rats mâles, elle était représentée par un arrêt complet de la spermatogenèse et une perte des stades de développement de ce processus, tandis que l'extrait alcoolique de feuilles de *F. carica* avait un effet protecteur contre l'influence du paracétamol, supprimant la plupart des effets pathologiques et finalement rétablissant le processus de spermatogenèse à l'état normal (Noori et al., 2020).

8.3.1 Activité anti tumorale

L'extrait aqueux de feuilles de *F. carica* a une forte activité anti tumorale et un effet virucide (Wang et al., 2004). Une autre étude montre que l'extrait de feuille de *F carica* avait une activité anticancéreuse plus élevée que ses extraits de fruits, cela était dû à leur activité antioxydante différente réalisée par différents nombres de composés actifs contenus dans chaque extrait (Risa et al., 2019), ainsi que les feuilles de *F. carica* pourraient être une bonne source pour développer des médicaments pour supprimer la croissance et la migration des cellules cancéreuses pour traiter les cancers du sein triple négatifs (Yu Zhang et al., 2018).

8.3.2 Activité Hypolipédimiante

Les foies de volailles ont été traités avec des concentrations croissantes de l'extrait de feuilles de *F. carica*, les résultats ont montré que l'extrait de feuilles de *F. carica* pourrait être un complément bénéfique pour moduler la sécrétion de triglycérides (TG) et de cholestérol total (TC) dans le foie de volaille.

D'autre part (Canal et al., 2000) ont prouvé suite au traitement de rats par cet extrait que ce dernier provoquerait la baisse du taux de cholestérol total et du rapport cholestérol total/cholestérol HDL, avec réduction de l'hyperglycémie.

En outre les activités antioxydante, anticholinestérasique et antimicrobienne contre 5 espèces de bactéries ont été testées et prouvées dans les feuilles de *F. carica* (Oliveira et al., 2009). Une décoction préparée à partir de feuilles est utilisée pour les hémorroïdes, les calcifications, les reins, le foie et utilisée comme un analgésique pour les maux de dents (Belguith-Hadriche et al., 2016).

8.4 Latex

Récemment, le latex de *Ficus* est employé dans un gel transdermique, une pommade et une crème avec une large action anti-inflammatoire (Santana, 2008). Outre les enzymes protéolytiques, d'autres composés sont présents dans le latex: des acides aminés, des vitamines, des glucides, des lipides, et aussi

des alcaloïdes (**Shukla et Krishna, 1971**). Le latex contient également d'autres protéines pharmacologiquement importantes ont parmi ces activités on cite :

8.4.1 Activité anti viral

Le latex de *Ficus* a longtemps été utilisé par application locale comme un moyen d'accélérer la résolution des verrues (petites tumeurs causée par VPH). Bien que le mécanisme d'action soit mal compris, deux études Irlandaises l'une sur l'homme et l'autre sur les bovins, ont mis en évidence l'efficacité de cette thérapie spécifique la conclusion de l'étude est que le latex de *Ficus* a un effet thérapeutique à peu près comparable à celui de l'acide salicylique (**Hemmatzadeh et al., 2003**).

Dans l'ensemble, lors du traitement des verrues le latex du figuier a révélé plusieurs avantages, à savoir la thérapie de courte durée, aucun rapport d'effets secondaires, facilité d'utilisation, observance du patient et un taux de réapparition faible (**Bohlooli et al., 2007**).

8.4.2 L'hypertension

D'autres médicaments possibles à partir de latex de *F. carica* sont des peptides qui sont des inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, une cible importante dans l'hypertension (**Maruyama et al., 1989**).

8.4.3 Activité anticancéreuse

Des composés bioactifs ont été isolés à partir du latex de *F. carica* et ils ont été testés pour leurs effets sur différentes cellules cancéreuses une activité inhibitrice a été observée dans toutes les lignées cellulaires testées, ces composés ont montré des effets inhibiteurs in vitro sur la prolifération de diverses cellules cancéreuses. En bref, le latex de *F. carica* est un produit naturel qui devrait être de plus en plus étudié pour son activité anticancéreuse (**Amara et al., 2008**).

8.4.4 Activité antifongique et antimicrobienne

Les extraits méthanolique, hexanoïque, chloroformique et d'acétate d'éthyle du latex de *Ficus carica* ont été étudiés pour leurs propriétés antimicrobiennes in vitro contre cinq espèces bactériennes et sept souches de champignons (**Aref et al., 2010**).

8.5 Ecorce tige et racine

De façon générale, les flavonoïdes trouvés dans les racines et l'écorce de racines de *Ficus carica*, ainsi que les stérols et les triterpénoïdes ont une grande importance pharmacologique, les stérols ont des propriétés anticancéreuses et diminuent le taux de cholestérol (**Jones et Abumweis, 2009**), tandis que les terpénoïdes sont considérés comme des hypotenseurs, des relaxants musculaires, des anti-allergiques (**Asakawa, 2008**), et peuvent également être intégrés dans les produits pharmaceutiques pour faciliter et améliorer la pénétration transdermique naturelle (**Sapra et al., 2008**).

9 Valeur nutritive

La figue est un fruit chargé de symboles dont les significations sont diverses et bien connue pour son goût attrayant et sa valeur nutritive, elle est consommée fraîche ou séchée dans le monde entier (**Solomon et al., 2010**). La figue est énergétique et a une grande valeur nutritive, elle contient beaucoup de sucres, de protéines, de lipides, de vitamines (vitamines B, C et K), de potassium, de magnésium, de phosphore, de calcium, d'oligoéléments (**Badgujar et al., 2014**), elle renferme assez de fibres (**Del caro et Piga, 2008**). Les figues fraîches ont un pouvoir antioxydant plus élevé que les figues sèches, elles contiennent différents antioxydants, notamment les composés phénoliques et de petites quantités de caroténoïdes

(lycopène, lutéine, bêta-carotène), le jus de figue renferme des sucres dont la composition varie en fonction des variétés, il renferme aussi des acides organiques comme l'acide citrique, l'acide malique, l'acide oxalique, l'acide oléanolique (**Trad et al., 2014**).

Trad (2012) a identifié des dizaines de composés volatils chez la peau et la chair de la figue en pleine maturité, classés parmi les aldéhydes, les monoterpènes et les sesquiterpènes. **Yemis et al., (2012)** ont rapporté que les figues fraîches de certaines variétés de figuier cultivées en Turquie sont très riches en anthocyanines et en caroténoïdes, bénéfiques pour la santé humaine. Les figues à peau sombre contiennent, toutefois des teneurs en polyphénols, en anthocyanines et en flavonoïdes ainsi qu'une activité antioxydante plus élevées que les figues à peau claire (**Crisosto et al., 2010**).

Le séchage des figues réduit énormément les teneurs en ces deux pigments, de même le procédé de séchage des figues (exposition au soleil ou par micro-ondes) influence leurs teneurs en sucres totaux et en tout autre composé actif (**Kamiloglu et Capanoglu, 2015**).

Les figues font partie des fruits dotés de qualités organoleptiques très approuvées à pleine maturité (**Sanchez et al., 2003**).

Au moment de la maturité, les fruits développent un arôme et une saveur distinctive et attrayante, cet arôme caractéristique de la figue est en fait le mélange complexe de plusieurs esters, alcools et aldéhydes (**Loizzo et al., 2014**).

La figue est un fruit à valeur nutritionnelle irréprochable, le fruit est consommé par l'homme depuis longtemps pour sa valeur nutritive élevée. Les figues sèches représentent une nourriture de base pour beaucoup de familles dans les régions rurales pendant les périodes difficiles (**Bourayou et al., 2005**) (**tableau 1**).

Les graines de figues séchées donnent une huile très riche en acides gras qui peuvent être utilisés comme lubrifiant (**Joseph et Justin Raj, 2011**) et dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique (**Soltana et al., 2016**). D'autres sous-produits de figuier sont aussi utilisés pour des fins nutritionnelles et pharmaceutiques.

Tableau 1:Composition de la figue fraiche et sèche en éléments nutritionnels (Composition moyenne pour 100 g net) (Favier et al., 1993).

Constituants	Figue fraiche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54	224
Eau (g)	79 .5	25
Glucides (g)	13	5.3
Protéines (g)	0.9	3.2
Lipides (g)	02	1.2
Fibres (g)	2.3	8
Vitamine C (mg)	5	1
Vitamine A (mg)	0.046	0.081
Vitamine B1 (mg)	0.05	0.08
Vitamine B2 (mg)	0.05	0.09
Vitamine B5 (mg)	0.30	0.44
Vitamine B6 (mg)	0.11	0.22
Calcium (mg)	60	160
Potassium (mg)	232	770
Sodium (mg)	3	14
Phosphate (mg)	23	71
Magnésium (mg)	18	62
Fer (mg)	0.78	2.5

10 Importance de la culture de figuier

10.1 Production mondiale

La superficie mondiale cultivée par le figuier est estimée de 449259 ha, soit une production totale qui dépasse un million de tonne de figues fraîches, dont plus de 90 % proviennent du bassin méditerranéen (Caliskan et Polat, 2011) (tableau 2). Les principaux clients se trouvent sur le marché européen (50% des importations mondiales de figues fraîches et 75% des importations mondiales de figues séchées) (Vidaud, 1997). Les figues fraîches et sèches occupent une place non moins importante dans le commerce international des produits agricoles (Fig.15 et 16).

Tableau 2: Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde

Pays	Production par tonnes(T)
Turquie	260508
Egypte	165484
Algérie	120187
Maroc	114770
Iran	75927
Syrie	42944
Espagne	28993
Brésil	26233
Tunisie	26000
Albanie	19600

10.2 Production en Algérie

En Algérie, les plantations de figuier couvrent une superficie globale de 44395 ha soit, près de 11% du patrimoine arboricole national (411000 ha), cette superficie est occupée par plus de 4,5 millions d'arbres. Les vergers sont souvent hétéroclites avec peu de possibilités d'extension ou de modernisation, ils sont disséminés en petits ensembles dans les massifs montagneux, le long du littoral et dans les oasis du sud du pays. La majorité des plantations, soit 60% environ, est concentrée dans les wilayas de Béjaïa, Sétif, Constantine, Tizi-Ouzou et Bouira. Béjaïa fournit l'essentiel de la production nationale et cultive les variétés les plus attrayantes comme 'Tameriout', 'Taranimt' et 'Béjaoui'. Le séchage des figues en Algérie est rudimentaire, il concerne environ 20% de la production nationale et son activité est indûment limitée et aléatoire en raison du manque d'infrastructures et du peu d'intérêt qu'il suscite, pourtant, cette activité peut être très rentable pour les producteurs de figues et constituer une alternative à l'importation. L'Algérie a en effet, importé 20 t de figues sèches de Turquie et de Syrie en 2011 (**Faostat, 2015**), la plupart de la production nationale de figues fraîches et sèches est consommée sur place ou bien commercialisée sur les marchés de proximité.

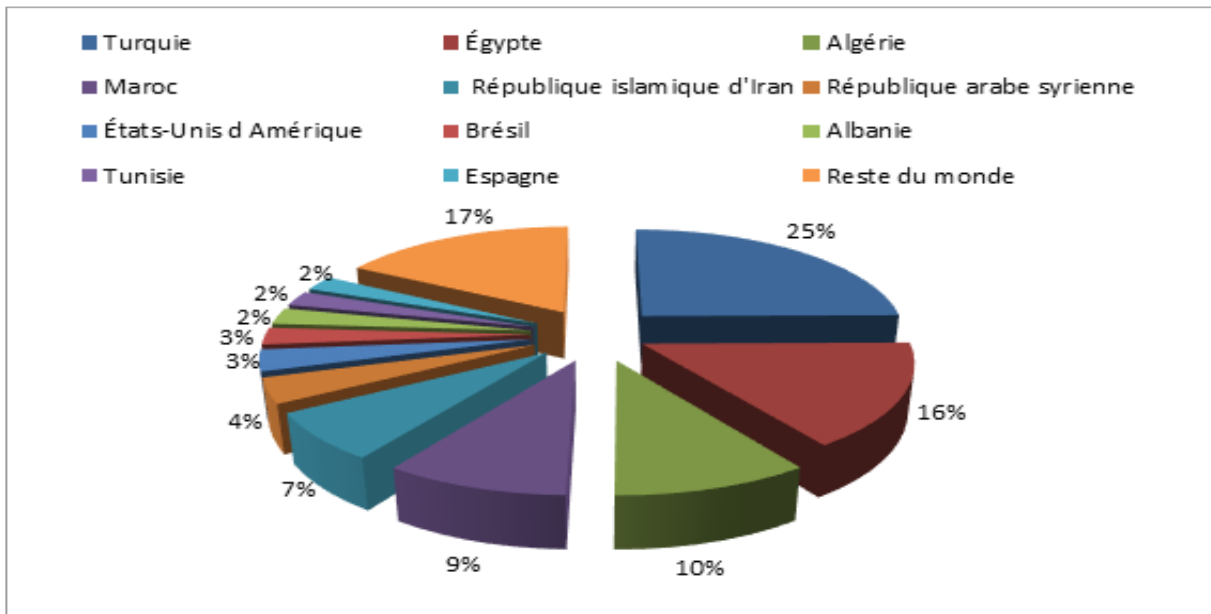


Figure 15: Pays producteurs des figes et leurs parts dans le marché mondial

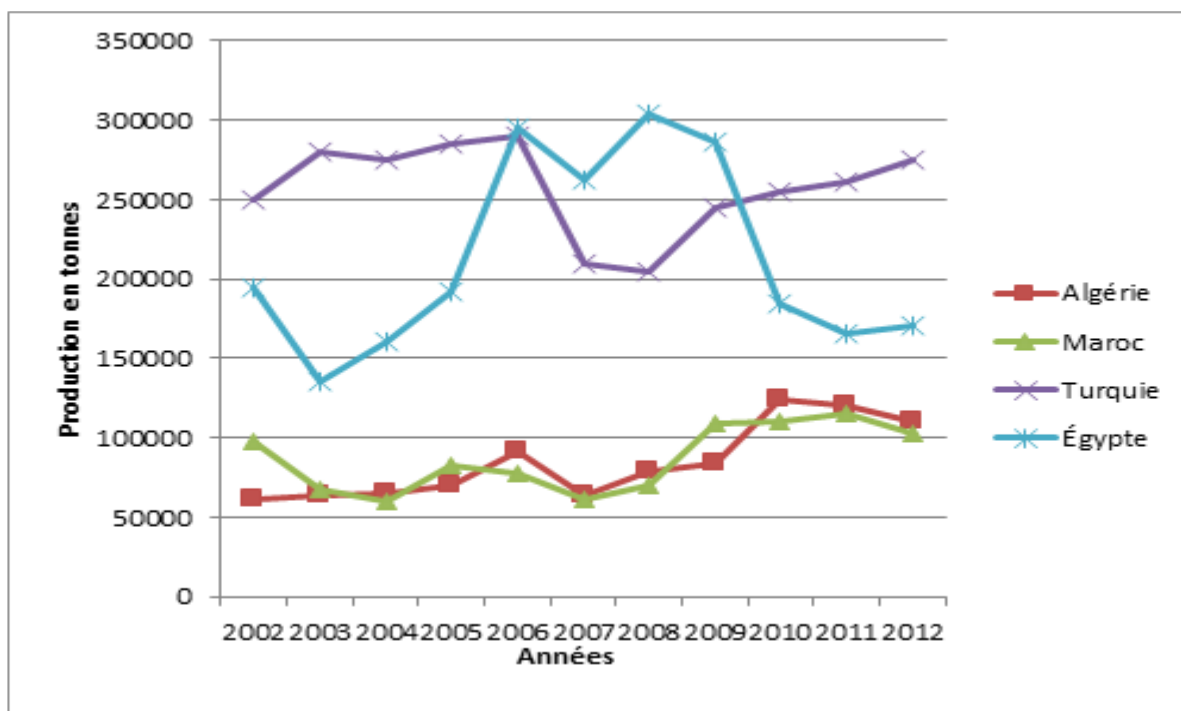


Figure 16: Evolution de la production de figes dans les principaux

11 Maladies et ravageurs

Comme tout arbre fruitier, le figuier peut être atteint par des maladies cryptogamiques et virales et subir les attaques de divers insectes ravageurs.

11.1 Ravageurs

Cératite (*Ceratitis capitata*, Wiedemann) ou mouche méditerranéenne des fruits :

C'est un ravageur polyphage qui attaque les figes, qui entraînent la pourriture des fruits et ouvrent le chemin pour les moisissures (Brahem, 2013).

Mouche noire de la figue (*Lonchaea aristella*, Beck.) :

C'est un insecte qui s'attaque presque exclusivement aux fruits verts. Le fruit ainsi parasité ne se développe plus et se teinte, par plaque, de rouge violacé avant de tomber.

Cochenille du figuier (Ceroplastes rusci, Linn.) :

Elle contamine le figuier sur lequel elle développe des encroutements caractéristiques recouvrant les rameaux, les feuilles et même les fruits provoquant ainsi un déséquilibre physiologique pour l'arbre (Awamleh et al., 2008).

Cochenille du figuier ou Kermès (Lepidosaphes ulmi, Linn.) :

Elle se développe sur l'écorce, les feuilles et les fruits, sécrétant une substance cireuse d'un blanc rosâtre.

Cochenille virgule ou Kermès «virgule du figuier» (Lepidosaphes conchyformis, Gmelin)

Elle encroûte les rameaux laissant apparaître la fumagine, enduit noirâtre qui se développe sur les arbres infestés.

Teigne du figuier (Eutromula nemorana, Hubner) :

La chenille de ce papillon tisse un abri soyeux de forme de fourreau sur la face supérieure de la feuille, le parenchyme supérieur placé sous cet abri est dévoré par la chenille.

Psylle du figuier (Homotoma ficus, Linn.) :

S'attaque aux feuilles et aux jeunes pousses, ce sont les larves qui perforent les bourgeons par des piqures nutritives.

Scolyte du figuier (Hypoborus ficus, Erichson) :

C'est un coléoptère qui attaque le tronc et les branches du figuier.

11.1.1 Acariens

Les acariens les plus connus nuisibles aux figuiers. Les travaux de **Daneshnia et Akrami (2013)** ont montré la présence des acariens, de plusieurs genres et familles, qui peuvent s'attaquer aux figuiers tels que : *Tyrophagus putrescentiae*, *Eotetranychus hirsti*, *Lohmannia loebli*, *Spinibdella cronini*, *Papillacarus aciculatus* et *Galumna karajica*.

Guêpes (Polistes dominula, Hymenoptera, Vespidae) :

Ce sont des insectes ravageurs responsables de la dégradation des fruits mûres sur l'arbre dont ils se nourrissent.

Nématodes parasites :

Il s'agit d'une dizaine d'espèces, existant pour la plupart dans le bassin méditerranéen et qui attaquent le figuier, leurs attaques sont reconnaissables par les nodosités et les gales qu'elles provoquent sur les racines (Roger, 2003).

11.2 Maladies cryptogamiques et à virus

11.2.1 Pourridiés des racines

La pourriture des racines de figuier ou «pourridié laineux» est due au champignon *Rosellinia necatrix* et provoque le dépérissement des figuiers (Scotto la massese et al., 1983).

11.2.2 Chancre du figuier

C'est une maladie causée par le champignon ascomycète *Diaporthe cinerascens*, c'est un parasite des blessures qui atteint les arbres principalement par les plaies.

11.2.3 Maladie des jeunes rameaux

Le champignon *Botrytis cinerea*, agent de la pourriture grise est responsable de cette maladie, cette affection se manifeste par un rougissement marqué de l'écorce qui provoque la mortalité des jeunes rameaux de l'année précédente.

11.2.4 Maladie de la mosaïque du figuier et de ses coupables associés

Les figues sont propagées commercialement par greffage ou par boutures auto-enracinées; ces méthodes favorisent la dissémination de divers ravageurs et maladies, dont les virus et viroïdes associés à la maladie de la mosaïque du figuier.

La fièvre aphteuse est une maladie majeure affectant les figuiers dans le monde entier. Il a été décrit pour la première fois en Californie au début des années 1930 (**Condit 1933**). Les symptômes comprennent des taches chlorotiques et jaunâtres, une décoloration, une déformation et des motifs en mosaïque sur les feuilles et les fruits. Bien que des symptômes aient été observés chez les figuiers depuis près d'un siècle, les agents étiologiques associés à la fièvre aphteuse n'ont été étudiés qu'au cours de la dernière décennie (**Elbeaino et al. 2006, 2007b, 2009a, 2010**). Douze virus et trois viroïdes ont été identifiés et se sont avérés être associés à la fièvre aphteuse dans diverses régions productrices de figues du monde (**tableau 3**).

La plupart des virus associés à la fièvre aphteuse sont transmis par multiplication végétative de matériel végétal infecté. Les exceptions sont le figue latent virus-1 (FLV) et le figuier cryptique virus (FCV), qui sont transmissibles par les semences (**Castellano et al. 2009 ; Fauquet et al. 2005**). Les vecteurs des virus et viroïdes associés à la fièvre aphteuse comprennent un acarien, *Aceria ficus* (**Flock 1955**), dont il a été confirmé qu'il transmettait le virus de la fièvre aphteuse, l'agent causal de la fièvre aphteuse (**Elbeaino et al., 2009a**). Le taux de transmission de la FMV peut atteindre 70 % (**Caglayan et al. 2012**).

La dispersion spatiale de la fièvre aphteuse est largement due à l'utilisation de matériel végétal de multiplication infecté (**Minafra et al. 2017**). La principale forme de contrôle des maladies est la prévention, qui repose sur la production de matériel végétal confirmé exempt d'agents pathogènes. Les semis de figues doivent être testés pour s'assurer que les plantes sont exemptes de virus au moment de l'achat, avant la transplantation

11.2.4.1 Virus animaux, virus végétaux et viroïdes

Un virus animal typique est composé d'acide nucléique (ADN ou ARN) qui est protégé par une coquille dure à base de protéines (la capsid), qui est entourée d'une membrane externe (l'enveloppe) composée de phospholipides, de protéines et de glycoprotéines. Les virus végétaux n'ont généralement pas cette enveloppe ; l'acide nucléique (ADN ou ARN) est protégé par la capsid. Les viroïdes sont des molécules d'ARN dépourvues de capsid et d'enveloppe. Les génomes viroïdes sont environ 10 fois plus petits que ceux d'un virus végétal classique. Il existe quelques exemples de virus animaux dépourvus d'enveloppes et de virus végétaux contenant des enveloppes ; cependant, à ce jour, tous les viroïdes découverts sont composés d'ARN « nu ».

Tableau 3: Virus et viroïdes associés à la maladie de la mosaïque du figuier.

Espèces de virus/viroïdes	Genre	Des pays	Les références
Virus 1 associé à la marbrure du figuier (FLMaV-1)	<i>Clostérovirus</i>	Syrie, Arabie Saoudite, Egypte, Monténégro, Liban, Tunisie, Italie, Albanie, Chine	Alhudaib 2012 ; Elbeaino et al. 2006 , 2007b , 2009b , 2012 ; Elbeshehy et Elbeaino 2011 ; Mijit et al. 2017 ; Nahdi et al. 2006 ; Perović et al. 2016
Virus 2 associé à la marbrure du figuier (FLMaV-2)	<i>Ampélovirus</i>	Syrie, Egypte, Liban, Tunisie, Albanie, Algérie, Turquie	Caglar et al. 2011 ; Elbeaino et al. 2007a , 2009b , 2012 ; Elbeshehy et Elbeaino 2011
Virus 3 associé à la marbrure du figuier (FLMaV-3)	<i>Clostérovirus</i>	L'Iran	Norozian et al. 2014
Arkansas fig closterovirus- 1 (AFCV-1)	<i>Clostérovirus</i>	États Unis	Tzanetakis et al. 2010
Arkansas fig closterovirus- 2 (AFCV-2)	<i>Clostérovirus</i>	États Unis	Tzanetakis et al. 2010
Virus de la mosaïque de la figue (FMV)	<i>Émaravirus</i>	Syrie, Iran, Arabie Saoudite, Egypte, Monténégro, Japon, Chine, Turquie	Ale- Agha et Rakhshandehroo 2014 ; Alhudaib 2012 ; Caglar et al. 2011 ; Elbeaino et al. 2012 ; Elbeshehy et Elbeaino 2011 ; Ishikawa et al. 2012 ; Mijit et al. 2015 , 2017 ; Perović et al. 2016 ; Tzanetakis et al. 2010
Virus latent de la figue 1 (FLV-1)	<i>Trichovirus</i>	États Unis Syrie, Tunisie, Arabie Saoudite	El Air et al. 2013 ; Elbeaino et al. 2012 ; Elbeshehy et al. 2017
Virus associé à la marbrure légère de la figue (FMMaV)	<i>Clostérovirus</i>	Syrie, Egypte, Tunisie, Monténégro, Iran, Chine	Alishiri et al. 2018a ; El Air et al. 2013 ; Elbeaino et al. 2012 ; Elbeshehy et Elbeaino 2011 ; Mijit et al. 2017
Virus cryptique de la figue (FCV)	<i>Alphacryptovirus</i>	Albanie, Algérie, Italie, Liban, Syrie, Tunisie, Iran, Turquie	Ale- Agha et Rakhshandehroo 2014 ; Elbeaino et al. 2011b ; Elçi et al. 2017
Virus associé aux taches de figue (FFKaV)	<i>Maculavirus</i>	Albanie, Algérie, Italie, Chine, Liban, Syrie, Tunisie, Iran, Turquie	Ale- Agha et Rakhshandehroo 2014 ; Elbeaino et al. 2011a , 2012 ; Elçi et al. 2017 ; Mijit et al. 2017
Fig badnavirus 1 (FBV-1)	<i>Badnavirus</i>	États-Unis, Iran, Croatie, Chine	Alimoradian et al. 2014 ; Alishiri et al. 2018b ; Laney et al. 2012 ; Mijit et al. 2017 ; Tzanetakis et al. 2010 ; Voncine et al. 2015
Viroïde de fruit de fossette de pomme (ADFVd)	<i>Apscaviroïde</i>	Italie	Chimenti et al. 2014
Citrus exocortis viroïde (CEVd)	<i>Pospiviroïde</i>	Tunisie	Yakoubi et al. 2007
Viroïde de cascade de houblon (HSVd)	<i>Hostuviroïde</i>	Tunisie, Syrie	Elbeaino et al. 2012 ; Yakoubi et al. 2007

Dans notre travail nous sommes intéressés par la propagation de ces virus dans notre pays Algérie qui sont :

11.2.4.2 Virus 2 associé à la marbrure des feuilles de figuier (FLMaV-2) :

Le virus 2 associé à la marbrure des feuilles de figuier (FLMaV-2) appartient au genre Ampelovirus de la famille des closteroviridae, ses virions mesurent environ 200 nm de longueur et 12 nm de diamètre avec un génome (+)ssRNA d'environ 19 kb (Elbeaino et al., 2007a). Six ORF ont été décrits dans le génome du FLMaV-2, mais le génome complet n'a pas encore été séquencé, le premier ORF code pour un

duplicata putatif de protéine d'enveloppe contenant un domaine conservé d'une superfamille d'enveloppe closter, le second ORF n'a pas de fonction putative ou de domaines conservés, le troisième ORF code pour une protéine HSP70 qui contient la famille de domaines protéiques conservés appelée domaine de liaison aux nucléotides de la superfamille sucre kinase/HSP70/actine, le quatrième ORF contient une protéine P55 et un domaine viral_Hsp90, le cinquième ORF, p22, n'a pas encore de fonction ou de domaine putatif découvert, le sixième ORF est prédit être la protéine d'enveloppe, avec l'enveloppe de domaine closter, il existe actuellement des séquences de 28 isolats disponibles dans le NCBI et la majorité des séquences proviennent du gène HSP70, le marqueur moléculaire pour l'identification de FLMaV-2.

Les enquêtes sur le FLMaV-2 indiquent une variation géographique dans l'occurrence et la propagation de ce virus. Au Monténégro, aucun échantillon positif (n = 35) n'a été observé, alors qu'en Bosnie-Herzégovine, seuls 2 % des échantillons (n = 49) ont été testés positifs pour FLMaV-2 (**Delić et al., 2017**). Au Liban, l'occurrence de ce virus atteignait 24,9 % (n = 102) dans les plantations de figuiers (**Elbeaino et al., 2007a**) et 31,1 % en Syrie (**Elbeaino et al., 2012**). En Turquie, seulement 4,5% des échantillons (n = 132) testés étaient positifs pour FLMaV-2 (**Caglar et al. 2011**). Globalement, environ 2 257 échantillons ont été testés pour la présence de FLMaV-2 avec 202 échantillons positifs (9%). L'occurrence et la distribution de FLMaV-2 ont été étudiées principalement dans la région méditerranéenne, ce qui pose la question de la présence de ce virus dans d'autres régions productrices de figes du monde.

11.2.4.3 *Virus cryptique de la figue (FCV) :*

Le virus cryptique de la figue (FCV) est un virus à génome bipartite à ARNdb. Le segment ARN1 est d'environ 1696 pb et code pour la protéine RdRp avec un domaine de type RT (numéro d'accès cl02808). Le segment ARN2 est d'environ 1 415 pb et code pour la protéine d'enveloppe (CP) (**Elçi et al., 2017**). FCV est le premier membre du genre Alphacryptovirus, de la famille des Partitiviridae, à être détecté dans les figuiers ; il a été signalé pour la première fois sur des figuiers en Italie en 2011. Bien que le FCV soit associé à la fièvre aphteuse, il n'induit pas de symptômes chez les figuiers, et il n'est ni greffé ni transmis mécaniquement (**Elbeaino et al., 2011b**).

Une enquête menée dans la région méditerranéenne a révélé que 18,5 % des échantillons testés (n = 210) étaient positifs pour le FCV (**Elbeaino et al., 2011b**). La fréquence la plus élevée de FCV a été signalée au Liban à 23,3% (n = 60). En Turquie, 20 % des plantes testées (n = 65) étaient positives pour le FCV (**Elçi et al., 2017**), tandis qu'en Iran, l'incidence n'était que de 4,5 % (n = 197) (**Ale- Agha et Rakhshandehroo, 2014**). Le FCV ne semble pas induire de symptômes notables chez les figuiers. Cependant, tout le matériel végétal doit être testé pour le FCV avant la plantation pour éviter l'introduction de ce virus dans les zones nouvellement plantées.

11.2.4.4 *Virus associé aux taches de figue (FFKaV) :*

Fig fleck-associated virus (FFKaV) est un virus (+)ssRNA, et est un membre du genre Maculavirus dans la famille Tymoviridae Il a été signalé pour la première fois dans les Pouilles (sud de l'Italie) en 2011 (**Elbeaino et al., 2011a**).

Des enquêtes menées en Albanie, Algérie, Italie, Liban, Syrie et Tunisie ont révélé que 20 % des échantillons (n = 210) étaient positifs pour le FFKaV (**Elbeaino et al., 2011a**). En Syrie, 36,7 % (n = 90) collectés dans neuf villes différentes étaient positifs pour FFKaV (**Elbeaino et al., 2012**). L'occurrence de ce virus était beaucoup plus faible en Turquie, où 9,2 % (n = 65) des échantillons étaient positifs pour le FFKaV (**Elçi et al., 2017**). De même, en Iran, 8,6 % ont été testés positifs (n = 197) (**Ale- Agha et**

Rakhshandehroo, 2014). En revanche, un taux d'infection relativement élevé a été trouvé en Chine, avec 44% des échantillons (n= 252) positif pour FFKaV (**Mijit et al., 2017**). À l'échelle mondiale, environ 1 286 échantillons publiés ont été testés pour le FFKaV, avec 250 (19 %) échantillons positifs détectés.

11.3 La valorisation de la figue

Dans les pays méditerranéens, les figues sont quotidiennement présentes dans les préparations culinaires et l'industrie de transformation. Leurs propriétés diététiques et thérapeutiques sont bien connues dans la pharmacopée et suscitent un regain d'intérêt des professionnels du secteur agro-industriel et de la santé. Les industries agro-alimentaires cherchent en effet, à améliorer et à diversifier davantage les préparations à base de figues transformées afin de répondre aux exigences du marché. De leur côté, les laboratoires pharmacologiques sont toujours en quête de composés phytochimiques à base de figuier en vue d'élaborer des produits phytothérapeutiques et cosmétiques innovants et concurrentiels (**Charafi, 2007**).

La transformation des figues par séchage et leur conservation est une pratique ancestrale. En général, la plupart des variétés de figues sont bonnes pour le séchage, mais celles qui sont plus sucrées et à peau fine et blanche sont les plus appropriées (**Oukabli, 2003**). Les figues sèches sont dépourvues de cholestérol et riches en acides aminés (**Solomon et al., 2006**) en sucres et en éléments minéraux (surtout le calcium). La composition des figues sèches peut être, toutefois influencée par les facteurs environnementaux (nature du sol, conditions climatiques) et le mode de conduite culturale (**Vidaud, 1997**).

Les figues sèches sont bénéfiques pour l'équilibre alimentaire et la perte de poids, selon les besoins, elles sont livrées en vrac, en boucles ou conditionnées, elles sont proposées à la vente sous forme de :

- ✓ Figues au sirop
- ✓ Jus de figues
- ✓ Confiture
- ✓ Tajine aux figues
- ✓ vinaigre et salade de figues
- ✓ Elles sont également disponibles en boulangerie (pain aux figues)
- ✓ En confiserie (figues glacées)
- ✓ En biscuiterie-pâtisserie (pâte de figues enrobée de chocolat, tarte aux figues, etc.).

12 Ressources et diversité génétique

12.1 Ressources génétiques

Comme les autres pays de la Méditerranée, le figuier est aussi très ancien en Algérie. Les villageois de certaines zones de production affirment que sa culture est très ancienne et que le fruit séché s'échangeait avec les céréales en provenance d'autres pays.

En Algérie, les activités de recensement et d'identification des ressources génétiques du figuier sont limitées, voire aléatoires. Une collection de 70 variétés introduites en 1850 en Algérie aurait ainsi disparu en 1955. (**Charafi, 2007**)

Ces dernières années l'Algérie détient une collection de 55 variétés communes, parmi lesquelles 17 sont locales et 38 sont étrangères, ainsi que trois 'Dokkars' locaux et deux introduits.

Paradoxalement, huit variétés locales, 14 variétés étrangères et un caprifiguier uniquement sont officiellement enregistrés (**Journal officiel n°7 du 28 janvier 2009**), autorisés à la mise en marché et cultivés.

Cité par **bentteib, 2017** Néanmoins, ces chiffres sont à prendre avec précaution, car les ressources génétiques du figuier sont confrontées à l'érosion génétique et à la confusion dans leurs appellations, d'autant plus que la collaboration et la diffusion de l'information entre les différents opérateurs est quasi-inexistante.

Le germoplasme du figuier d'Algérie est le résultat d'un long processus de sélection effectuée sur des individus issus de semis mais également sur des génotypes introduits, ces individus présentent une large variabilité génétique et il arrive souvent qu'ils présentent des caractères agronomiques intéressants. La phonologie, ainsi que la profusion des synonymies et des homonymies ont entraîné de profondes confusions dans les appellations de cette espèce.

Les variétés cultivées en Algérie sont essentiellement du type Commun et du type Smyrna le figuier (*Ficus carica*) se localise essentiellement dans les régions montagneuses de Kabylie, sur les 7,6 millions de figuiers que compte l'Algérie, 6 millions se trouvent dans les deux wilayas de Tizi Ouzou et de Béjaïa (**Khanfir, 2015**).

12.2 La diversité génétique

La variabilité génétique dans les populations naturelles est représentée par le nombre des gènes et de leurs associations, or, elle est précisément due selon **Lode (1998)**, à l'existence d'états alléliques différents sur de nombreux loci. En effet, elle est qualifiée de polymorphisme, ce terme de polymorphisme a été introduit notamment pour différencier des populations d'organismes ou pour déterminer l'écotype à l'aide de différents marqueurs, le terme marqueur peut être défini comme marqueur physiologique qui correspond à tout type de molécules. Il existe également des marqueurs ou descripteurs morphologiques qui révèlent les caractéristiques phénotypiques et des marqueurs moléculaires, ou locus marqueurs

De ce fait, Les individus d'une même espèce vont donc présenter des variations qualitatives ou quantitatives, continues ou discontinues (**Lode, 1998**) se traduisant par des phénotypes différents ou morphes (**Harry, 2001**)

La diversité génétique est la source des capacités d'évolution des espèces. De plus, celle des espèces cultivées constitue, en partie, la matière première indispensable pour l'amélioration des plantes (**Baudoin et al., 2002**). Par ailleurs, pour gérer nos ressources génétiques, il est nécessaire de maîtriser la diversité génétique en se basant sur la compréhension de sa structure et de son évolution. Les variations génétiques peuvent être observées au sein et entre les populations, à tous les niveaux à savoir, celui de la morphologie externe, biochimique, chromosomique et jusqu'au nucléotidique.

12.2.1 Polymorphisme morphologique

Traditionnellement, la diversité génétique est évaluée en mesurant la variation de traits phénotypiques (la couleur et la forme de la graine, la couleur de la fleur, etc.) (**Ghalmi, 2011**). L'analyse phénotypique des arbres, des feuilles et des fruits a pour but de révéler la richesse des caractéristiques morphologiques des ressources génétiques du figuier. La détermination des propriétés pomologiques et l'évaluation de la qualité des fruits sont complémentaires et devraient en outre, confirmer l'intérêt agro-industriel qui est associé à cette espèce fruitière.

12.2.2 Polymorphisme agronomique

Les caractères agronomiques ont un intérêt majeur. Ils sont généralement quantitatifs, contrôlés par plusieurs gènes et à manipulation complexe. Ils sont souvent soumis aux besoins et choix commerciaux et peuvent être regroupés en plusieurs catégories : caractères liés à la production (précocité, rendement), la vigueur de plante, la qualité de fruit, la résistance aux stress biotiques (maladies et parasites) et abiotiques (stress hydrique, thermique, salinité) (**Konate, 2007**). Le recours à ce type de marqueurs est indéniable et doit être inclus dans tout projet d'identification et d'utilisation des ressources génétiques. Environ 80 descripteurs phénotypiques ont été recensés chez cette espèce, dont 23 pour l'arbre, 21 pour la feuille et 34 pour le fruit (**Ipgri et Ciheam, 2003**)

12.2.3 Polymorphisme biochimique

Ce type de polymorphisme concerne les protéines, et plus particulièrement, les enzymes. De ce fait, l'ensemble des enzymes synthétisées dans l'organisme peut être caractéristique pour un individu donné sous des conditions données (**Konate, 2007**). En outre, la plupart des populations naturelles montrent une grande diversité des allozymes et l'on peut ainsi quantifier la variabilité génétique d'une population donnée en mesurant simplement la fréquence d'un allèle donné au locus considéré (**Lode, 1998**). Cependant, Les marqueurs biochimiques les plus communément utilisés sont les isozymes, ces derniers sont des marqueurs co-dominants, présentent un polymorphisme basé, d'après **Murray et al., (2010)**, sur l'existence de plusieurs formes physiquement distinctes (enzymes qui diffèrent dans la séquence d'acides aminés) d'une enzyme de référence catalysant la même réaction et proviennent d'une duplication des gènes.

La variabilité génétique, dans ce cas, est décelable par des techniques d'électrophorèse des protéines. Les gènes qui codent ces protéines présentent généralement un fort polymorphisme, la substitution d'un seul acide aminé peut induire un changement de la mobilité électrophorétique en modifiant la charge ionique totale de la protéine (**Lode, 1998**). Toutefois, La limitation des marqueurs biochimiques est le faible nombre de loci susceptibles d'être révélés ainsi qu'une certaine spécificité liée soit à leur expression par des organes et/ou à un stade de développement (**Tagu et Moussard, 2003**), ce qui conduit à une sous estimation du polymorphisme réel, de plus, seule la partie codante est détectable (**Gotteib, 1977**).

12.2.4 Polymorphisme moléculaire

Les marqueurs moléculaires sont par définition des caractères héréditaires qui correspondent au polymorphisme révélé au niveau de l'ADN (**Aouane, 2015**). Ils sont utilisés depuis plus d'une vingtaine d'années, car ils présentent diverses applications (amélioration des plantes, recherche des gènes liés aux traits de valeur commerciale) et avantages (couvrent le génome entier, indépendants des influences environnementales, de la partie de la plante prélevée et de son stade de développement) en comparaison avec les marqueurs morphologiques et protéiques.

Les marqueurs moléculaires sont en nombre illimité et très polymorphes. Ils permettent à la fois un diagnostic rapide et extrêmement fin de la variabilité génétique des individus ainsi que la mise en place de stratégies très rapides de création et de sélection variétale (**Khadari et al., 2003**).

Ce diagnostic permet aussi de constituer une base de données qui servira pour confirmer l'identité du matériel végétal candidat à la multiplication et établir une collection de référence. Chez le figuier des problèmes récurrents de confusion (homonymies et synonymies) dans les appellations sont rencontrés. La présence de variant au sein du même cultivar rend aussi l'identification problématique.

Celle-ci peut se faire à l'aide de caractères morphologiques, mais ces derniers varient en fonction des années et de l'environnement, ce qui complique le diagnostique.

Toutefois, ces problèmes de différenciation variétale peuvent être contournés par l'utilisation d'outils moléculaires (**Khanfir, 2015**)

Alors, de nouveaux marqueurs génétiques basés sur le polymorphisme de l'ADN ont été largement développés et utilisés pour la caractérisation des génotypes (**De vienne & Santoni, 1998**), nous citons comme exemple les techniques :

- ✓ Restriction Fragment Length polymorphisme (RFLP) ;
- ✓ Polymorphisme de l'ADN amplifié par hasard (RAPD) ;
- ✓ Amplified Fragment Length polymorphism (AFLP) ;
- ✓ Microsatellites ou Séquences Simples Répétées (S.S.R.).

Mais les microsatellites sont considérés comme étant le système de marquage ultime pour l'identification variétale du figuier (**Mavsar et al., 2008**).

Les marqueurs de type RFLP (Polymorphisme de Longueur des Fragments de Restriction) :

La technique du RFLP repose principalement sur la détection de la variabilité de la taille des séquences nucléotidiques de l'ADN génomique, on compare les profils de coupure par les enzymes de restriction suite à l'existence d'un polymorphisme dans la séquence d'une molécule d'ADN par rapport à une autre. Le polymorphisme révélé par cette technique peut être illimité et concerne toutes les parties du génome, notamment en fonction des diverses enzymes de restriction et des sondes utilisées (**Khadari et al., b, 2005**).

Ce type de marqueur a été utilisé chez plusieurs espèces végétales et permet une analyse directe du génotype. Malgré le progrès présenté dans l'identification des variétés, cette méthode tend à être remplacée par les méthodes d'amplification d'ADN (PCR), car elles sont plus rapides et plus faciles à mettre en œuvre.

Les marqueurs de type PCR (Réaction de Polymérisation en Chaîne)

La technique PCR offre l'avantage d'analyser les marqueurs moléculaires en un temps court tout en utilisant des concentrations faibles d'ADN. Les marqueurs basés sur la technique PCR tendent à remplacer les systèmes classiques (marqueurs morphologiques, iso-enzymatiques, RFLP) et sont nombreux.

Cette technique de a littéralement révolutionné les recherches en biologie moléculaire et trouve de nombreuses applications aussi bien dans le clonage et l'étude d'expression des gènes que dans la recherche d'un polymorphisme génétique.

Cependant, les plus couramment utilisés chez le figuier sont la technique RAPD (**Loredana et al., 2015**) et plus particulièrement les SSR ou microsatellites (**Khadari et al., 2003**).

AFLP (Polymorphisme de Longueur de Fragments Amplifiés) :

Historiquement, cette technique a été mise au point en 1993. Son principe repose sur l'amplification sélective de fragments de restriction générés à partir d'un échantillon d'ADN génomique, elle permet la recherche de polymorphisme de longueur de fragment d'ADN de restriction au niveau de l'ADN, elle est utilisée par exemple pour l'identification d'espèces, l'analyse de pedigree et la recherche de marqueurs génétiques liés à un caractère.

La technique d'AFLP est également utilisée pour l'identification de gènes exprimés de manière différentielle. Dans ce cas l'analyse AFLP porte sur des ADN complémentaires (ADNc) synthétisé à partir d'ARN messagers. Cette technique appelée AFLP-ADNc permet de visualiser de manière indirecte des sous populations d'ARNm et de les comparer entre elles.

Les avantages de l'AFLP résident dans le grand nombre de marqueurs polymorphes qu'elle génère (reproductibilité) et sa capacité de différenciation individuelle dans une population donnée (haut niveau de détection du polymorphisme), ce qui l'a rendue utile pour l'analyse de paternité (**Baraket et al., 2009**). L'AFLP a été utilisée chez plusieurs espèces fruitières (palmier-dattier, grenadier, abricotier, figuier), toutefois elle est confrontée à des problèmes similaires de ceux de la technique SSR (très coûteuse, problème d'analyse de données).

ISSR (Inter-Simple Séquences Répétées) :

Une exploitation plus récente des ISSR consiste à les révéler en masse, en s'inspirant du principe de la technique RAPD sont basés sur le polymorphisme de taille de 200 à 2500 pb le long de ces espaces inter-microsatellites amplifiables par une seule amorce PCR (**Konaté, 2007**)

L'ISSR amplifie les séquences inter-microsatellites à plusieurs loci à travers le génome et permet selon **Saran et al., (2015)** la détection de polymorphismes dans les microsatellites et les loci intermicrosatellites.

Ces marqueurs peuvent détecter des polymorphismes en une seule réaction avec une répétabilité et une reproductibilité élevées). Le polymorphisme dépend ici du nombre d'unités de répétitions, l'avantage de cette technique est qu'elle ne nécessite pas de connaissances particulières des séquences d'ADN.

La production des marqueurs ISSR est, par rapport aux marqueurs AFLP, SSR et RFLP, moins coûteuse, rapide et facile à optimiser. Les ISSR détectent en outre un plus grand polymorphisme génomique que les marqueurs RFLP (**Konaté, 2007**) et ont été largement utilisés pour l'identification et l'étude de la variabilité génétique de nombreuses plantes.

Etude de variabilité génétique par ISSR :

L'efficacité des marqueurs (**Khadari et al., 2003**) ISSR dans la caractérisation moléculaire de 30 cultivars de figuier, a été déterminée par l'évaluation de l'hétérozygotie et le nombre d'allèles identiques. Cette étude a permis d'identifier 2 à 6 allèles différents par locus avec une moyenne de 4 allèles par locus, et d'autre étude comparative entre marqueurs RAPD, ISSR et SSR pour la caractérisation du figuier a montré que les marqueurs ISSR et SSR sont plus informatifs que les marqueurs RAPD, mais les ISSR sont moins reproductibles (**Abou allail et al., 2014**)

RAPD (Polymorphisme de l'ADN Amplifié Aléatoirement) :

La technique RAPD a été utilisée à partir de 1989, elle est basée sur la réaction d'amplification en chaîne (PCR) de séquences prises au hasard d'ADN génomique à l'aide d'amorces arbitraires (aléatoires) de taille courte d'environ 10 nucléotides et d'une enzyme la Taq polymérase.

Les fragments générés en nombre quasiment illimité, sont répartis dans tout le génome. Cette technique peut produire de nombreux fragments polymorphes et le polymorphisme observé se traduit par la présence ou l'absence de bandes chez les différents génotypes.

Les marqueurs RAPD ne nécessitent qu'une faible quantité d'ADN par rapport à d'autres outils (**Khanfir, 2015**). Ce type de marqueur est simple, rapide, peu coûteux et adapté pour distinguer les variantes génotypiques du figuier.

Etude de variabilité génétique par RAPD :

La technique RAPD est utilisée dans les études de diversité entre les différents cultivars de figuier, elle a permis d'étudier la variabilité génétique au sein des différents clones de figuier, des populations naturelles ou domestiquées et la caractérisation des génotypes (**Khadari et al., 1994**).

En effet, le travail de **Khadari et al., (1994)** avait pour but la recherche et la caractérisation des marqueurs RAPD en vue d'identifier les différents génotypes qui sont présents au sein d'un ensemble d'échantillons de figuiers. Le matériel végétal étudié étant 21 accessions de figues représentant 19 dénominations différentes.

Le but était d'étudier la stabilité clonale de ces variétés tout en sachant qu'elles ont le même spectre enzymatique et les mêmes traits morphologiques. La seule différence réside dans la couleur de l'épiderme du fruit. Ce travail a démontré le pouvoir d'identification variétal à l'aide de ce type de marqueurs.

Ainsi, l'étude a révélé un ensemble de marqueurs RAPD dans le but de leurs utilisations dans des travaux d'évaluation de la diversité génétique des populations naturelles de cette espèce.

Microsatellites ou SSR (Séquences Simples Répétées) :

Les microsatellites sont des séquences d'ADN répétées, dont la taille est généralement moins de 5pb. Ils sont constitués de répétitions en tandem de motifs mono, di, tri ou tétra nucléotidiques révélés par amplification par PCR de l'ADN génomique. Les plus courantes sont (A)_n, (AT)_n, (GA)_n, (GT)_n, (TAT)_n, (GATA)_n, la valeur de n pouvant aller de quelques unités à plusieurs dizaines.

Le polymorphisme des SSR résulte de la différence du nombre d'unité répétée, estimée de 5 à 50 copies chez les plantes et qui émane des erreurs survenues lors de la réplication d'ADN (**Konaté, 2007**).

Les marqueurs microsatellites sont polymorphes, multi-alléliques insensibles au milieu, indépendants de l'organe de la plante et couvrent tout le génome, d'où leur utilisation dans les études phylogénétiques (l'étude de populations) et de l'évolution des espèces ainsi que dans les comparaisons entre individus ou cultivars. Ils permettent la distinction des hétérozygotes individuels des homozygotes (**Alouane, 2015**),

L'intérêt des microsatellites réside dans leur fort polymorphisme ainsi qu'à la capacité de semi-automatiser les manipulations. Si les SSR constituent des marqueurs moléculaires adéquats (reproductibles, Co-dominants et d'utilisation aisée), leur caractérisation initiale est toutefois assez lourde.

Etude de variabilité génétique SSR :

D'après les travaux de recherche concernant le développement des microsatellites chez le figuier, il s'avère que le nombre de locus mis au point est faible. Ceci est en partie expliqué par l'intérêt secondaire accordé à cette espèce, en comparaison avec la vigne et les rosacées en termes d'exemple. **Khadari et al., (2001)** ont développé les premiers microsatellites polymorphes chez le figuier.

Les travaux ayant utilisé les marqueurs SSR dans la caractérisation des ressources génétiques du figuier sont limités.

Khadari et al., (2003) ont montré que neuf amorces RAPD n'étaient pas appropriées pour distinguer 30 cultivars de figues alors que six amorces SSR étaient suffisantes pour l'identification. Combinant les caractéristiques des différents marqueurs, les microsatellites se montrent les plus appropriés pour l'analyse de la diversité génétique du figuier (**Perez-jimenez et al., 2012**).

En effet, avec un nombre de 25 allèles détectés ils ont pu distinguer 52 profils SSR différents sur 70 individus soumis à l'analyse.

En Algérie (**Benettayeb et al., 2017**) l'utilisation des cinq marqueurs microsatellites ont généré suffisamment de polymorphisme parmi les 73 accessions. Le génotypage a montré que la diversité génétique des accessions est due à l'hétérozygotie.

En Tunisie (**Saddoud et al., 2005**), l'utilisation de six locus a permis de distinguer facilement entre 16 cultivars du figuier.

Plus tard, au Maroc (**Achtak et al., 2009**), la caractérisation de 241 génotypes locaux et cultivars, prospectés à travers tout le pays et à l'aide de 17 locus SSR a permis de révéler 140 génotypes distincts. Ceci a montré également une richesse allélique et similaire entre le figuier cultivé et le figuier sauvage (95 et 103 allèles respectivement).

Tandis qu'en Espagne, **Giraldo et al., (2005)**, ont détecté un faible polymorphisme entre 209 accessions de figuier d'une seule collection. Ces accessions ont été classifiées en 98 génotypes (3,9 allèles par locus et $H_0 = 0,38$). Ainsi, ces auteurs ont déduit que ce matériel végétal appartient au même pool génétique.

13 Homonymies et synonymies variétales chez le figuier

Bien que le nombre de variétés constituant l'espèce *Ficus carica* L. soit considérable, leur inventaire et leur identification sont confrontés aux problèmes de confusion taxonomique (**Oukabli, 2003**).

Ainsi, différentes variétés peuvent porter une même appellation (homonymie) l'homonymie peut être la conséquence de la présence de similarités morphologiques entre des individus appartenant à des génotypes différents, soumis aux mêmes conditions environnementales. Ces ressemblances sont la résultante d'une convergence adaptative dans un environnement donné.

Tandis qu'une même variété peut être désignée par des dénominations différentes d'une région à l'autre (synonymie) des individus d'un même génotype peuvent représenter des différences entre eux, ces différences sont dues principalement à l'environnement, formant ainsi des écotypes. C'est-à-dire, pour un caractère apparent donné, l'expression n'est pas forcément univoque mais elle peut représenter une telle gradation liée à l'environnement. De ce fait, un même génotype peut englober plusieurs phénotypes. (**Bachi, 2012**).

Selon les relations génétiques entre les génotypes, on peut distinguer trois types d'homonymies :

Les homonymies correspondant aux génotypes très proches (au sein d'un clone), c'est l'exemple des variétés 'Rhoudane', 'Zerki', et 'Biyadi', qui comprennent respectivement trois, quatre et quatre génotypes très proches. Ces cas correspondent probablement à des cas de mutations somatiques intra clones, et ne constituent pas réellement des cas d'homonymies.

Les homonymies regroupant des variétés présentant des caractères pomologiques similaires mais des génotypes distincts. C'est le cas des cultivars

‘AïnHajla’, ‘Rhoudane’, ‘Kehla’, et ‘Biyadi’, représentant deux, six, huit, neuf et six génotypes distincts, respectivement.

Des cas d’homonymies regroupant des variétés distinctes aux niveaux pomologique et génétique, il existe également deux types de synonymies :

Les vraies synonymies : il s’agit des figuiers sous des dénominations différentes mais présentant des caractères pomologiques et un profil génétique identique, c’est le cas de ‘Johri’ et ‘El Messari’.

Les fausses synonymies : ce sont des figuiers ayant une dénomination générique identique ou proche et des caractères pomologiques identiques à l’exception de la couleur de l’épiderme (cas des mutations somaclonales). Exemple de variétés : ‘Col de Dame blanche’, ‘Col de Dame grise’ (**Achtak, 2009**)

14 Amélioration génétique et élargissement de la base génétique du figuier :

A l’échelle mondiale, diverses expériences ont été réalisées, traitant par exemple, la possibilité de déterminer les conditions et les outils les plus appropriés pour la propagation de cultivars de figuier (*Ficus carica L.*) par la technique de culture des méristèmes (**Soliman et al., 2010**). Une autre expérience visant la conservation des cultivars de figuier, étudie l’efficacité de la transformation et la régénération de ces derniers par embryogénèse somatique (**Hepaksoy et Aksoy, 2006**). Cependant, seuls des travaux de techniques culturales et de caractérisation ont été menés sur le figuier, en Algérie. D’après **Chouaki (2006)**, en 1939, des études très intéressantes (un examen analytique et une étude pomologiques) ont été menées sur environ dix-huit cultivars de figuiers et de caprifiguiers de Kabylie, dans le but de déterminer la nomenclature des principaux types de figuiers cultivés. Ces derniers ont été classés en fonction de leur valeur (poids, richesse en sucres, en matières azotées). En 1998, l’INRA avait lancé un projet de recherche qui avait pour objectif l’inventaire et la caractérisation des figuiers algériens (**Chouaki et al., 2006**).

15 Erosion génétique :

Parmi les facteurs essentiels de l’érosion génétique selon **Chouaki (2006)**, le délaissement et/ou l’abandon des vergers ainsi que l’urbanisation, les incendies etc. Cependant la menace d’érosion génétique la plus importante reste le vieillissement des arbres et la rareté, voire l’absence, de nouvelles plantations particulièrement depuis les années quatre-vingt, d’autre part, depuis un certain temps en Kabylie, les agriculteurs ne plantent plus de caprifiguiers, et préfèrent acheter le Dokkar au marché. L’absence de plantation et de multiplication des caprifiguiers est une source d’érosion certaine pour le figuier (**Chouaki et al., 2006**)

16 Conservation du figuier :

En Algérie, la conservation in situ, se fait indirectement dans les zones où prédomine l’agriculture vivrière (**Chouakiet al., 2006**). Des cultivars locaux de figuier sont préservés dans des exploitations familiales en zones de montagne. Quant à la conservation ex-situ, elle est assurée par des différentes collections qui sont détenues par les instituts techniques. Malheureusement, d’après **Chouaki (2006)**, ces collections ne sont pas toujours complétées par des documents de référence, les données ne sont pas informatisées et les informations qui accompagnent les échantillons sont surtout des données d’évaluation et parfois des connaissances de communautés. L’évaluation des ressources phyto-génétiques.

La conservation des ressources phyto-génétiques nécessite une gestion rationnelle, une telle gestion exige préalablement une connaissance et une estimation de la diversité génétique.

17 L’évaluation des ressources phyto-génétiques :

L’évaluation de la diversité génétique est faite par l’utilisation des marqueurs génétique, de type morphologique, biochimique (isozymes, protéines) et/ou moléculaire.

17.1 Les marqueurs morphologiques :

L'évaluation de ces caractères se base précisément d'une part sur des mesures quantitatives et d'autre part sur des données qualitatives. La caractérisation morphologique est toujours indispensable dans chaque programme de conservation et d'utilisation de ressources génétiques (**Giraldo et al., 2008**). Ainsi, cette caractérisation doit être faite dans les mêmes conditions environnementales. Cependant, le déterminisme de la variabilité des caractères morphologique n'est pas toujours facile à mettre en évidence, et pour l'optimiser des listes de descripteurs morphologiques ont été développées pour un grand nombre d'espèces végétales. Pour le figuier, des listes de descripteurs ont été développées et publiées par IPIGRI, le l'UPOV (**2010**), pour faciliter le processus de la caractérisation. Plusieurs travaux de caractérisation morphologique, sur le figuier ont été publiés (**González-rodríguez et Grajal-martín, 2011 ; Gaaliche et al., 2012**). Par ailleurs, les caractères qualitatifs représentent de bons marqueurs de diversité en permettant souvent une interprétation directe au niveau allélique en raison d'une base génétique simple (**Cadot et al. 2006**). De plus, ils sont moins influencés par le milieu. En revanche, le caractère quantitatif représente de moins bons estimateurs de la diversité, en raison d'une base génétique complexe et de l'influence de l'environnement (**Cadot et al., 2006**).

17.2 Les marqueurs moléculaires :

La base de la diversité génétique est généralement représentée par la variabilité des gènes. Par conséquent, les études basées sur la caractérisation moléculaire facilite la mise en évidence de la complexité est la richesse de cette diversité. En effet, ils présentent également différents avantages comparés aux marqueurs morphologiques et protéiques ; très nombreux, neutres vis à vis de la sélection, couvrent le génome entier, indépendants de la partie de la plante prélevée et de son stade de développement et indépendants des influences environnementales (**Belkadi, 2003**). Selon **De vienne (1998)**, il existe plusieurs types de marqueurs moléculaires qui, selon des critères génétiques, peuvent être séparés en deux grands groupes : les marqueurs Co-dominants et dominants.

17.2.1 Stress oxydatif :

Les organismes multicellulaires utilisent l'oxygène pour assurer leur production d'énergie en oxydant la matière organique (**Lesgards, 2000**), mais dans certain cas Ce mécanisme se déséquilibre entre la production des radicaux libres et des métabolites réactifs En effet, lorsqu'il est déséquilibré, peut entraîner « le stress oxydant » (**Koechlin-Ramonatxo, 2006**). Et pour éliminer ce phénomène, le corps intervient des mécanismes protecteurs appelés antioxydants.

17.2.1.1 Les Radicaux libres :

Les radicaux libres peuvent être définis comme des molécules ou des fragments de molécules chimiques possédant des électrons libres non appropriés. La présence d'électrons non utilisés confère un degré de réactivité considérable sur un radical libre (**Valko et al., 2006**). Ils sont très réactifs et répartis en espèces réactives de l'oxygène (ERO) et en espèces réactives de l'azote (ERN) (**Sosa et al., 2013**).

La production de radicaux libres peut-être endogène. En effet, la formation de radicaux libres dans l'organisme est constante et nécessaire à la vie, mais les excès dépendent des facteurs extérieurs tels que le stress, la fatigue et les exercices physiques intensifs (**Bakasso, 2009**).

Ils sont également générés sous l'effet d'oxydants environnementaux, tels que, le tabac, la pollution, le soleil, les rayons ultra-violets, les radiations ionisantes, un effort physique intense, le stress, une mauvaise alimentation, la consommation d'alcool, les fibres d'amiante, les pesticides, etc. (**Afonso et al., 2007**). Les plantes peuvent aussi engendrer délibérément des ERO comme étant des molécules signal afin de contrôler de nombreux phénomènes : comme la défense contre des pathogènes (stress biotique), la mort cellulaire programmée (apoptose) et le comportement stomatique (**Apel & Hirt, 2004**).

La production des ERO et des ERN peut causer des dommages importants à la structure et à la fonction des cellules. Ils peuvent résulter une inflammation et des lésions irréversibles des tissus, puis le développement de diverses maladies tel que : diabète sucré, troubles neurodégénératifs, cancer, maladie cardiovasculaire et d'autres maladies inflammatoires (**Ravipati et al., 2012**).

17.2.1.2 *Les antioxydants*

Selon **Dontha et al., (2016)**, un antioxydant est une molécule capable d'inhiber l'oxydation d'une autre molécule. Il brise la chaîne de réactions des radicaux libres en sacrifiant leurs propres électrons pour nourrir les radicaux libres, sans devenir eux-mêmes des radicaux libres. Afin de combattre et de neutraliser les effets délétères des ERO, diverses stratégies antioxydantes existent, soit en augmentant les défenses enzymatiques antioxydantes endogènes, soit en renforçant les défenses non enzymatiques par des moyens diététiques ou pharmacologiques. Les antioxydants sont classés selon leurs modes d'action, leurs localisations cellulaires et leurs origines (**Orban, 2011**).

Les plantes contiennent des concentrations élevées de nombreux antioxydants redox-actifs, tels-que les polyphénols, les caroténoïdes, les tocophérols, le glutathion, l'acide ascorbique et les enzymes ayant une activité antioxydante, qui combattent les dommages oxydatifs dangereux des composants des cellules végétales (**Pisoschi et al., 2009**).

17.2.1.3 *Les métabolites secondaires des plantes médicinales*

Les plantes médicinales constituent et restent le moyen le plus utilisé pour résoudre les problèmes de santé humaine et animale. Elles contiennent un grand nombre de métabolites secondaires qui ont des intérêts multiples en pharmacologie, dans l'industrie alimentaire et en cosmétologie. Parmi ces principes actifs, on retrouve Les métabolites secondaires (**Ramawat et Merillon, 2008**).

Les métabolites secondaires possèdent de nombreuses activités biologiques, ces activités sont attribuées en partie aux propriétés antioxydantes de ces composés naturels. (**Fuhrman et al., 1995**). L'action antioxydante de ces composés ne s'exerce pas seulement par l'inhibition des radicaux libres, mais elle se manifeste aussi par la neutralisation d'enzymes oxydantes et /ou par la chélation d'ions métalliques responsables de la production des espèces réactives de l'oxygène (**Halliwell, 1994 ; Cotelle, 2001**).

*Partie
expérimentale*

MATERIELS ET METHODES :

1.1 Objectif :

Dans le but la caractérisation et valorisation des variétés de figuier existant en l'Algérie ce travail est focalisé sur caractérisation physico-chimique de *figus carica*, pour cela nous allons effectuer des test phytochimiques et biologiques sur la partie aérienne(les feuille) de différente variétés de figuier au niveau de wilaya de Tlemcen. Le travail expérimental a effectué durant la période allant du 2 Mai 2021, jusqu'à la fin du mois de juin 2021. Au sein département de biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers (SNV – STU), Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

Afin de réaliser notre but on a suivre la méthodologie suivante :

1.2 Matériel végétal :

Afin d'accomplir le travail de caractérisation, des sorties sur terrain ont été faites au niveau de la région de Tlemcen, avec un échantillonnage aléatoire. La variété étudiée était de type commun (unifères et bifères) (**tableau 3**), dont l'échantillonnage était basé sur un questionnaire sur le nom de fruits et les caractéristiques cité par **Mkedder et al 2021**.

Les feuilles échantillonnées fraîches ont été lavées et séchées dans un endroit sec, aéré et à l'abri de la lumière, par suite ces échantillons séchés ont été découpées en petits morceaux(**Fig.19**)



Figure 18:Les feuilles découper

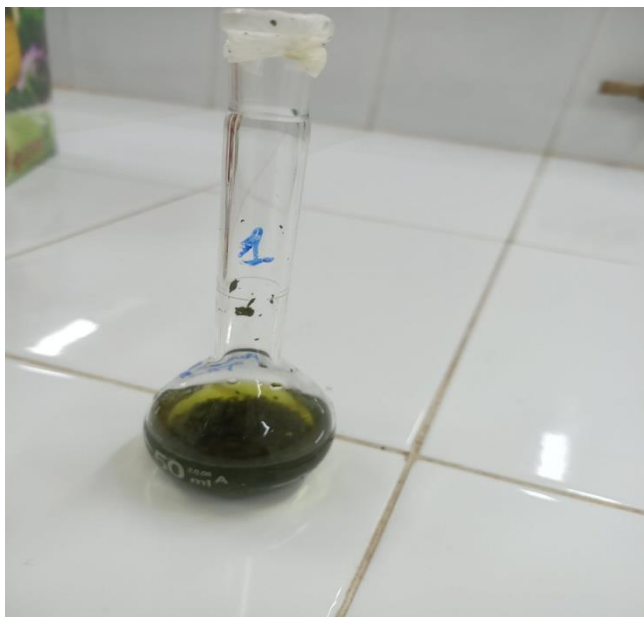









Figure 17:extrait méthanoïque

Tableau 4: Variétés échantillonnées et leur caractéristique selon Mkedder et al., 2021

Nomes de variétés	Noms décrit	Type	Photo de fruit
Bakorkahla	Bakor	Bifères	
Ghodan			
Bakorbeyda	-	Bifères	-
Chetouikhadra	Chetoui	Unifères	
ChetouiBeyda			
ChetouiSewda	Bouaffasse	Unifères	
Assal	Assal	Unifères	
Beyda	Beyda	Unifères	
Bejaoui	Kahla	Unifères	
Onk Hemmam	Onk Hemmam	Unifères	

1.3 Préparation des extraits :

Afin d'effectuer le criblage phytochimiques on a choisi une extraction de type solide liquide (Macération) parce qu'il est le plus riche en familles des métabolites secondaires d'après **Ghanemi, (2019) (Fig.18 et 20)**. La méthode utilisée est celle proposée par **Bettaieb et al., (2019)** avec quelques modifications. D'où on a suivi la méthode suivante 1g de la matière végétale a été mise à macérer dans 25ml du mélange eau distillée /méthanol (30/70: v/v) pendant 48H à température ambiante, et à l'abri de la lumière, ensuite filtration du mélange, à l'aide d'un papier filtre. Enfin l'extrait a été évaporé sous pression réduite et à 40C grâce à un évaporateur rotatif pour éliminer le méthanol (**Fig.21**)



Figure 19: Filtration après macération 48h

1.5 Criblage phytochimiques :

Les tests phytochimiques sont l'ensemble des tests qualitatifs qui ne renseignent pas sur la structure d'une molécule bien déterminée, il met seulement en évidence la présence de telle ou telle famille chimique pouvant contenir un échantillon de la plante étudiée. Il nous sert à obtenir des principes actifs utilisés comme agents thérapeutiques, ces tests sont marqués par la formation d'un précipité, le changement de couleur ou par observation sous lumière ultra-violet en utilisant les procédures standards décrites par (Bruneton, J, 1999)

Cette caractérisation phytochimique était utilisée sur les extraits des feuilles de *ficus carica* par (Ghenemi, 2019) avec quelques modifications :



Figure 20: L'évaporation de méthanol

1.5 Tests préliminaires

1.5.1 Test des tanins

A 1 ml d'extrait aqueux, on ajoute 0,25 ml d'une solution aqueuse du chlorure ferrique (FeCl_3 1%), le mélange est incubé pendant 15 min à température ambiante un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleu-noirâtre indique la présence des tanins galliques, et une coloration vert-noirâtre, la présence des tanins catéchines.

1.5.2 Test des flavonoïdes

Les flavonoïdes, pigments quasiment universels des végétaux, constituent une grande famille. Dans un tube contient 1 ml de l'extrait, on ajoute 1 ml de d'acide chlorhydrique (HCl) concentré, puis quelques de tournures du magnésium (Mg^{2+}), la formation d'une coloration rose, rouge ou jaune après trois minutes d'incubation à température ambiante indique la présence des flavonoïdes en solution.

1.5.3 Identification des alcaloïdes

Les alcaloïdes ont été caractérisés à partir des réactifs de Mayer et Wagner. Dans deux tubes, introduire 0,5 ml de l'extrait à analyser, sur lequel 0.25 ml de d'acide chlorhydrique (HCl 1 %), après agitation de la solution acide, de réactifs Mayer dans le premier tube et de 1 à 2 gouttes réactif de Wagner dans le

second tube sont ajouté. L'apparition d'un précipité blanc jaunâtre ou brun respectivement, révèle la présence d'alcaloïdes (**Ghenemi, 2019**).

1.5.4 Les quinones libres

Dans un tube, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,1 ml d'hydroxyde de sodium NaOH (1%). L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres.

1.5.5 Les coumarines :

Dans deux tubes, introduire 1ml de l'extrait à analyser, prendre le premier comme témoin et ajouter à l'autre 0,1 ml de solution NH₄OH (10%), mettre deux taches sur un papier filtre et examiner sous la lumière UV à 366 nm. Toute fluorescence jaune témoigne de la présence de coumarine.

1.5.6 Anthraquinones

Dans un tube, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 1 ml de NH₄OH (10%) puis agiter. L'apparition d'une coloration violette indique la présence des anthraquinones.

1.5.7 Les saponines ou Test de mousse

Pour mettre en évidence les saponines nous avons introduit 10 ml de l'extrait à analyser dans un tube à essai, agiter énergiquement pendant 15 secondes et laisser le mélange au repos pendant 15min. l'épaisseur de la mousse persistante a été mesurée à l'aide d'une règle graduée. Une hauteur de mousse supérieure à 1 cm indique la présence de saponines (**Bidie et al., 2011**).

1.5.8 Terpénoïdes ou Test de Slakowski:

Sur 1 ml de l'extrait à analyser, ajouter 1 ml de chloroforme et 0,6 ml d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et une couleur marronne à l'interphase indique la présence des terpénoïdes (**Fig.22**).



Figure 21: Test phytochimique

17.3 1.6 Analyse quantitative et dosages biochimiques

Des déterminations quantitatives des principaux groupes de métabolites secondaires: les polyphénols totaux, les flavonoïdes et les tanins ont été effectuées sur les extraits du *ficus carica*, le choix du dosage de ces substances réside dans le fait que la majorité des propriétés biologiques de la plante lui sont attribués (**Boizot et al., 2006 ; Wong et al., 2006**).

17.4 1.6.1 Dosage des polyphénols totaux

Principe :

Le dosage des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu a été décrit par **Singleton et Rossi 1965**. Ce dernier de couleur jaune oxyde les phénols en ions phénolates en milieu alcalin et réduit

partiellement formation d'un mélange d'oxydes. La coloration bleuâtre obtenue est proportionnelle à la quantité de phénols présents dans les extraits (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Mode opératoire :

La teneur en polyphénols totaux des extraits de feuilles de *Ficus carica* a été déterminée par la méthode décrite par (**Bettaieb et al., 2019**).

Premièrement tracer la courbe d'étalonnage, 5 mg sont dilués dans 10mL d'eau distillée.

Cette solution mère d'acide gallique a été préparée à différentes concentrations (100,200, 300, 400 et 500 µg/mL), elles sont incubées pendant 30 minutes à température ambiante à l'obscurité, les absorbances des solutions d'essai et standard ont été déterminées par rapport au blanc de réactif à une longueur d'onde de 700 nm avec un spectrophotomètre ultraviolet (UV) /visible. Ensuite, le dosage de la teneur totale en phénols des extraits a été réalisé à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu à 0.02 N. Brièvement, 100 µl d'extrait et ont été prélevés dans une Tube a essai, ensuite a été ajouté 2mL d'une solution de carbonate de sodium Na₂CO₃ (2%), mélange et bien agité. Après 5 minutes, 100 µl du réactif phénolique Folin-Ciocalteu à 0.2 N Incuber pendant 30 minutes à l'obscurité et à température ambiante, Puis Mesurer l'absorbance contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre à 700 nm.

Toutes les mesures ayant été répétées 3 fois(**Tableau4**)

La teneur en polyphénols totaux est estimée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (100-500 µg/ml) et est exprimée en µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg d'extrait).

Tableau 5:Méthode dosage despolyphénols totaux

Acide gallique (µl)	Blanc	100	200	300	400	500	Extrait brut Macération
Eau distillée (µl)	100						
Extraits (µl)	-	-	-	-	-	-	100
Na ₂ CO ₃ (2%) (µl)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
1^{ère}incubation pendant 5 min à température ambiante							
Folin-Ciocalteu 0.2N (µl)	100	100	100	100	100	1 0 0	100
2^{ème}incubation à l'abri de la lumière pendant 30 min							
Mesure de l'absorbance à 700 nm							

1.6.2 Dosage de flavonoïdes

Principe :

Le principe de cette méthode repose sur l'oxydation des flavonoïdes en milieu alcalin par le nitrite de sodium (NaNO₂) et Le chlorure d'aluminium(AlCl₃) qui forme des complexes chromogènes rose avec les atomes d'oxygène présents sur les carbones 3 ,4 et 5 des flavonoïdes. Absorbant à 510 nm. (**Ribéreau-Gayon, 1968**)

Mode opératoire :

D'abord, une courbe d'étalonnage a été réalisée en utilisant le standard de référence qui est la catéchine. Des solutions de différentes concentrations 50, 100, 200, 300,400 et 500 µg/ml ont été préparées.

Le milieu réactionnel composé de 250 µl de l'extrait (1mg/ml) et de 1mL d'eau distillée, a été prélevé dans un tube à essai, on a traité 75 µl de nitrite de sodium (NaNO₂ 15%) et après 6 minutes incubation à température ambiante, on a mélangé 75 µl du chlorure d'aluminium AlCl₃ (10%) . Après 6 minutes, ajouter 1000 µl d'hydroxyde de sodium NaOH (4%) et 100 µl d'eau distillée, incubé pendant 30 min à température ambiante et à l'abri de la lumière.

L'absorbance des solutions d'essai et des solutions étalons a été déterminée par rapport au blanc de réactif à 510 nm de longueur d'onde avec un spectrophotomètre UV/Visible.

Les concentrations des flavonoïdes sont exprimées en microgramme d'équivalent de catéchine par un milligramme d'extrait sec (µg EQ/mg d'extrait) (El hajaji et al., 2010) (Tableau 5).

Chaque essai est répété 3 fois.

Tableau 6: Méthode dosage des de flavonoïdes

	Blanc	50	100	200	300	400	500	Extrait brut - Macération
Catéchine (µl)	-	250	250	250	250	250	250	-
Extrait (µl)	-	-	-	-	-	-	-	250
Eau distillé (µl)	1250	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
NaNO₂(15%) (µl)	75	75	75	75	75	75	75	75
1^{ère}Incubation pendant 6 min à température ambiante								
AlCl₃ (10%) (µl)	75	75	75	75	75	75	75	75
2^{ème}Incubation pendant 6 min à température ambiante								
NaOH (4%) (µl)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Eau distillée (µl)	100	100	100	100	100	100	100	100
3^{ème}Incubation à l'obscurité pendant 30 min ou 15min								
Mesure de l'absorbance à 510 nm								

1.6.3 Dosage des tanins :

Principe :

Dans les plantes, les tanins sont présents sous différentes formes: libres ou liés, c'est à dire ceux fixés aux protéines ou aux fibres de la plante .L'une des caractéristiques la plus déterminante des tanins est leur habilité à former des complexes très stables en milieu acide, ils condensés se dépolymérisent et par réaction avec la vanilline, se transforment en complexe de couleur rouge, mesurables par spectrophotométrie à 550 nm (Sun et al., 1998).

Mode opératoire :

Le dosage des tanins est effectué par la vanilline selon la méthode de Heimler et al., (2006).

D'abord une courbe d'étalonnage est réalisée en utilisant la catéchine comme étalon à un intervalle de concentrations de (100-1000 µg/ml).

Pour 50 µl de chaque extrait (1mg/ml), on ajoute 1500 µl d'une solution de vanilline (4% dans le méthanol (m/v)), le mélange est bien agité, à l'aide d'un vortex, puis 750 µl d'acide hydrochlorique concentré (HCl à 35%). Le mélange est incubé à température ambiante pendant 20 min et l'absorbance est lue à 500 nm contre un blanc.

Les concentrations des tanins condensés sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec la catéchine (0-300µg/ml), et sont exprimées en microgramme d'équivalent catéchine par milligramme d'extrait (µg ECT/mg d'extrait).

Les résultats sont exprimés en microgramme équivalent catéchine par milligramme d'extrait sec (µg EqC/mgE) (**Tableau 6**).

Chaque essai est répété 3 fois.

Tableau 7: Méthode dosage des tanins

	Blanc	100	200	400	600	800	1000	Extrait brut - Macération
Catéchine (µl)	-	50	50	50	50	50	50	-
Extrait (µl)	-	-	-	-	-	-	-	50
Eau distillé (µl)	50	-	-	-	-	-	-	-
Vanilline/méthanol (4%) µl	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Agitation avec vortex								
HCl(35%) (µl)	750	750	750	750	750	750	750	750
Incubation 20 min à température ambiante								
Lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à 550 nm								

17.5 1.7 Analyses d'activités antioxydante des extraits étudiés des feuilles de *Ficus carica* :

Pour évaluer l'activité antioxydante in vitro d'extraits naturels, différentes méthodes ont été développées. Ces méthodes impliquent le mélange d'espèces oxydantes, tels que des radicaux libres ou des complexes métalliques oxydés, avec un échantillon qui contient des antis oxydantes capables d'inhiber la génération de radicaux (**Thomas, 2011**), une méthode ont été choisies pour leur facilité de mise en œuvre et leur fiabilité pour l'évaluation de l'activité antioxydante, elle s'est agi du test au 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH).

1.7.1 Capacité de piégeage radical du 1,1-Diphényl -2- picrylhydrazyle (DPPH) :

Principe :

Le test au DPPH permet de mesurer les propriétés antioxydantes des composés en fonction de leur capacité à piéger le radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle). Le DPPH est un radical libre très stable, capable d'accepter un électron ou un atome d'hydrogène formant ainsi la forme non radicalaire 2,2-diphényl-1-picrylhydrazine (DPPH-H), ce radical libre présente une coloration violette foncé, lorsqu'il est piégé par les antioxydants, il apparaît sous sa forme réduite de couleur jaune pâle **Soilhi (2019)** Donc, en présence d'un antioxydant, la réduction du DPPH s'accompagne de la diminution de la coloration qui peut être suivie par spectrométrie à 517 nm. Le potentiel donneur d'un atome d'hydrogène d'un échantillon est le plus souvent exprimé par le paramètre EC50, qui correspond à la concentration d'antioxydant nécessaire pour réduire de 50% la concentration initiale de DPPH. Plus l'EC50 est petite, plus la molécule est antioxydante La recherche de l'activité antiradicalaire des extraits de feuilles de *Ficus carica* a été réalisée selon le protocole décrit par **Atoui et al., (2005)**

La capacité antioxydante de nos échantillons a été exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH.

Mode opératoire

Une quantité de 50 µl des solutions d'extraits à quatre (4) concentrations (0,2 ; 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 mg/ml) ont été ajoutés à 1950 µl DPPH, les mélanges sont placés à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min, la lecture est effectuée par la mesure de l'absorption à 517 nm contre un blanc (qui contient 50 µl des solutions d'extraits et 1950 µl d'éthanol absolu), parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 50 µl du méthanol avec 1950µl de la solution méthanolique de DPPH. Pour des raisons comparatives, on détermine par la même manière et dans les mêmes conditions l'absorption de l'acide ascorbique (Mansouri, 2005).

Pour chaque concentration, le test est répété 3fois.

Calcul des pourcentages d'inhibition

$$I (\%) = [(A \text{ cont} - A \text{ éch}) / A \text{ cont}] \times 100$$

I (%): Pourcentage d'inhibition.

Acont : Absorbance du contrôle négatif.

Aéch: Absorbance du l'échantillon testé.

Calculer IC50 :

L'activité d'un antioxydante peut être caractérisée par une grandeur appelée l'IC50 (Inhibitory concentration of 50%) : concentration de l'antioxydant qui permet l'inhibition de 50% du signal de référence. L'IC50% permet de comparer l'activité de différentes composées antioxydantes, plus l'IC50 est petit, plus l'antioxydante à une activité plus importante (Mansouri, 2005).

Il est calculé graphiquement par les régressions logarithmiques des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations des extraits étudiés. Il permet de déterminer l'extrait le plus efficace avec la valeur la plus faible en CI50.

1.7.2Analyses statistiques :

Les calculs statistiques sont souvent utiles aux biologistes pour la détermination des valeurs normales ou plus exactement des valeurs de référence. Dans notre travail on a réalisé l'analyse statistique (Moyenne, écart type) des tests répétés trois fois.

Moyenne :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_i x_i$$

La moyenne est une mesure statistique caractérisant les éléments d'un ensemble de quantités il s'agit de la moyenne arithmétique, qui se calcule comme la somme des termes de la liste, divisée par le nombre de termes

Ecart-type :

Ecart type est une mesure de la dispersion des valeurs d'un échantillon statistique ou d'une distribution de probabilité. Il est défini comme la racine carrée de la variance ou, de manière équivalente, comme la moyenne quadratique des écarts par rapport à la moyenne

$$\sigma_x = \sqrt{V_x}$$

Statistique descriptive

L'analyse de la relation entre des variables quantitatives est basée sur la comparaison des variances entre les groupes ou appelée ANOVA. Tous les paramètres quantitatifs étudiés ont été analysés par le logiciel SPSS 11.0.

L'ANOVA est basée sur la crédibilité de deux hypothèses : la première est que les échantillons étudiés sont tirés d'une population qui suit une loi normale ; la deuxième hypothèse est l'homogénéité des variances, cela veut dire que les variances des échantillons analysés sont toutes égales.

L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) va consister à chercher le rapport de la variance entre les groupes et la variance à l'intérieur des groupes. Le seuil de signification va permettre d'évaluer l'existence d'une différence significative entre les composants phénoliques.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

17.6 Résultats et discussion :

1.1 Les tests phytochimique

Le screening phytochimiques nous a permis de générer une première estimation des données préliminaires sur les constituants des extraits en révélant l'absence ou la présence des différentes familles de métabolites secondaires par des essais rapides, se basant sur des réactions physicochimiques colorées, des précipitations ou des turbidités. D'où elles permettent d'orienter les recherches ultérieures, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant

Tableau 8: Les résultats du screening phytochimiques des feuilles de *Ficus carica* de différentes variétés

Nomes De Variétés	Alcaloïdes	Tanins	Flavonoïdes	Quinones	Coumarines	Anthraquinones	Terpénoïdes	Saponines
Ghodan	++	+++	++	++	++	-	+++	++
Chetoui Khadra	++	+++	++	++	+++	-	+++	+
Assal2	++	+++	++	++	+++	-	+++	+
BakorBeyda	++	+++	-	+++	++	-	+++	++
BakorKahla	++	+++	-	++	++	-	+++	+
Assal1	++	+++	-	+++	++	-	+++	++
Beyda	++	+++	-	-	+++	-	+++	-
Beyda2	++	+++	-	++	+++	-	+++	-
BakorKahla 2	++	+++	++	++	+++	-	+++	++
Onk Hemmam1	++	+++	++	++	+++	-	+++	+
Onk Hemmam2	++	+++	++	++	+++	-	+++	++
ChetouiBeyda	++	+++	-	+++	++	-	+++	-
ChetouiSewda	++	+++	-	+++	+++	-	+++	++
Bejaoui	++	+++	-	+++	+++	-	+++	+++

Selon les résultats mentionnés dans le **tableau 7**, nous avons noté que les tanins, les quinones libres, les coumarines, les alcaloïdes et les terpénoïdes sont fortement présents dans toutes les variétés étudiées, les flavonoïdes sont présents dans six variétés (Ghodan, ChetouiKhadra, Assal2, BakorKahla 2, Onk Hmamam1 et 2), les saponines sont présentes dans dix variétés (Ghodan, Assal2, BakorBeyda, BakorKahla, Assal 1, BakorKahla 2, Onk Hemmam1 et 2, ChetouiSewda, Bejaoui) mais en différents quantités. Alors que les anthraquinones sont totalement absentes dans toutes les variétés

Ces résultats sont en accord avec les travaux dans la région de Bouira rapporter par **Mahmoudi et al., 2016** et A l'inde étudier par **Meghana et al ., 2017** qui ont montré la présence des flavonoïdes, des alcaloïdes, des coumarines, des terpenoïde, des quinones, tanins, des saponines.

En revanche le travail rapporter par, **Ghanemi, 2019** dans la région de Tlemcen à marquer l'absence des coumarines ces résultats peuvent être proche des résultats de Chetoui (vue que son échantillonnage était dans la période d'octobre, que généralement les variétés Chetoui est présente) d'où d'après nos résultats on a marqué une faible réaction chez la variété Chetoui.

Aussi la non-concordance des résultats serait due au choix du solvant et au mode d'extraction, le type de sols, la saison de récolte, la partie de la plante récoltée et l'environnement de la plante.

1.2 Dosage

Le criblage phytochimiques nous a permis de noter la présence de quelques familles de composés phénoliques, ceci nous a incités à calculer leurs rendements quantitativement par spectrophotométrie, afin de déterminer leurs teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés.

Dosage des polyphénols totaux

La concentration en polyphénols totaux de chaque extrait, est calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique Sa formule de régression linéaire est $y = 0.002x$ avec un coefficient de détermination $R^2 = 0.998$ (Figure 23).

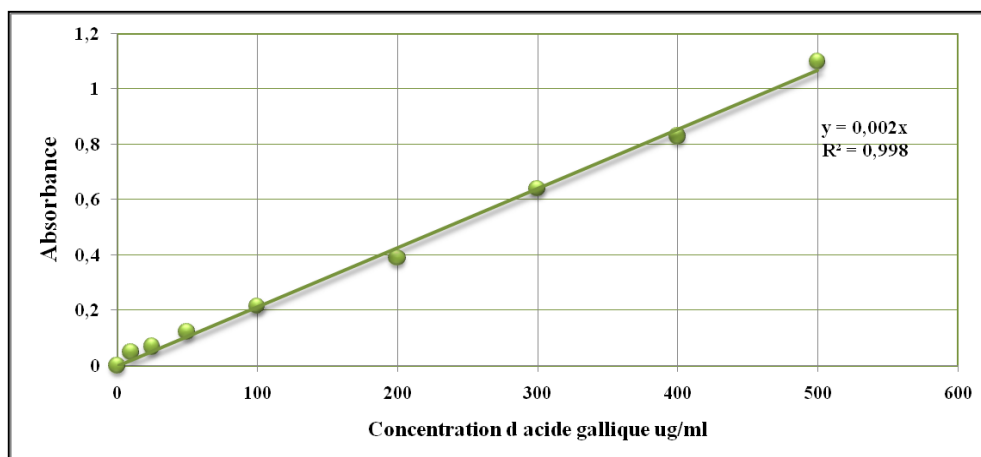


Figure 22: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

A la lumière de ces résultats nous pouvons constater une différence importante entre les teneurs entre les variétés : d'où la plus élevée teneur est chez les quatre variétés suivantes Assal 1 ; Beyda 2 ; Chetoui Sewda (Bouffasse); Onk Hamam 2, suivies des cinq variétés qui ont une teneur entre (139 µg EAG/mg et 159 µg EAG/mg) et loin derrière les quatre variétés avec faible teneur de (9.5 µg EAG/mg à 54.5 µg EAG/mg) (fig.24).

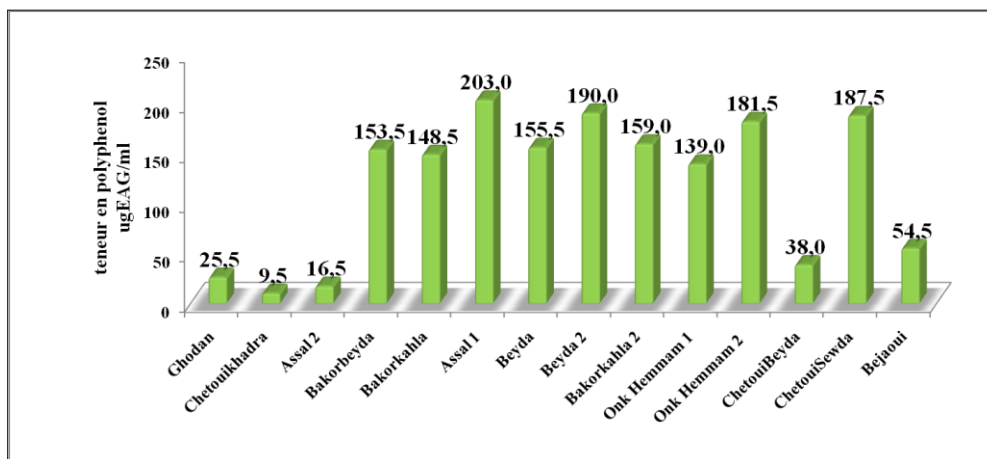


Figure 23: Teneurs en polyphénols totaux dans les extraits préparés des feuilles de *Ficus carica*

Ces résultats sont presque approchés avec plusieurs études qui étaient réalisées sur le dosage des polyphénols des feuilles de *Ficus carica*; nous citons :

Ghanemi, 2019, dans la région de Tlemcen qui a enregistré des teneurs en polyphénols de 199.07 µg EAG/mg qui s'approche à la variété Assal 1 ou même chetouiSewda (Bouafasse) en revanche les études de **Boukhalfaa et al., 2018** sur la variété de Taamraouith dans la région de Bejaia ont montré des teneurs en polyphénols de 19,78(EAG mg/g) qui s'approche à la variété de Assal 2. Aussi pour les teneurs rapporter par **Ramgopal et al., 2018** en inde sont enregistré 12,22 mg EAG/g, qui était similaire avec le travail de **Tahere, 2015** Iran sur l'extrait méthanolique qui ont révélé une teneur en polyphénols de 11,696 mg EAG/g

Cette variance des résultats est influencée par la méthode d'extraction aussi à l'Age des feuilles bien que l'étude de **Ghazi et al., (2012)** à l'Arabie Saudia montre que l'extrait aqueux des grandes feuilles de *Ficus Carica* présente les quantités les plus élevée de composé phénolique bien que aussi une activité anti-radicalaire plus élevée par rapport aux extraits des petite feuille. Ce qui interprète la dissemblance constatée entre Assal1 et Assal2

Dosage des Flavonoïdes :

La quantification des flavonoïdes selon la méthode au trichlorure d'aluminium a été déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage de la catéchine (**fig.23**). On établit une courbe de tendance linéaire de formule $y = 0.003x$ avec un coefficient de détermination $R^2 = 0.996$.

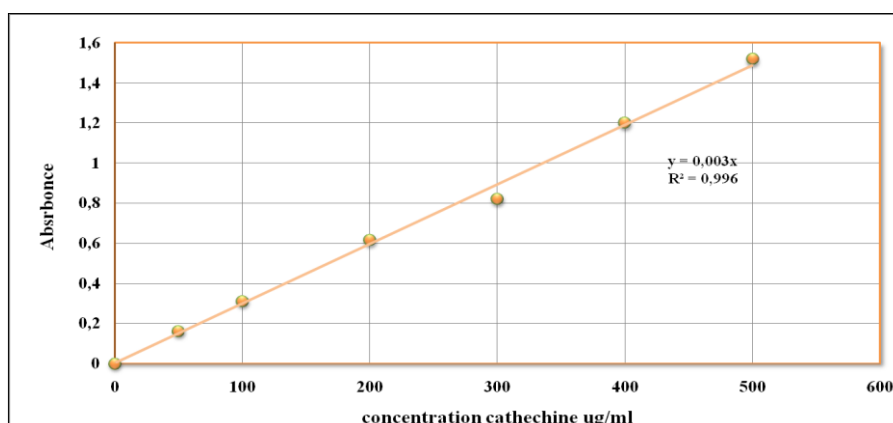


Figure 24: Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes

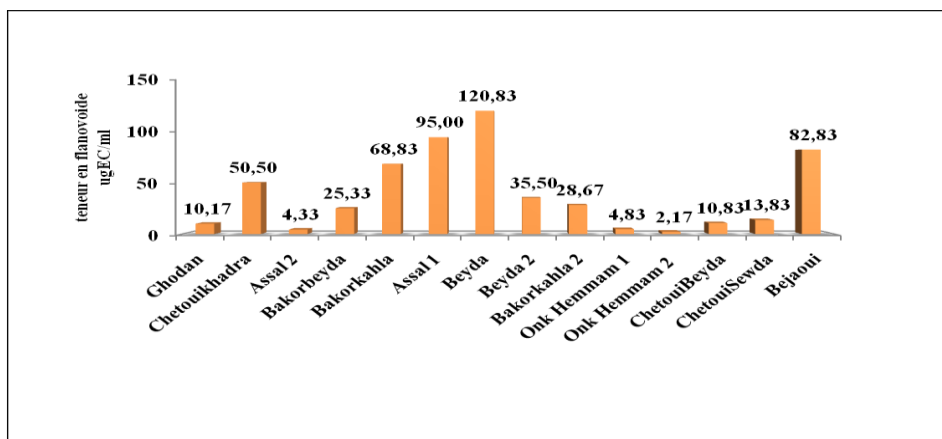


Figure 25: Teneurs en flavonoïdes dans les extraits préparés des feuilles de *Ficus carica*

Le dosage des flavonoïdes totaux a montré que les teneurs les plus élevées sont enregistrées chez les variétés Beyda, Assal1 et Bejaoui (Kahla) avec des valeurs d'ordre de 120 µg EC/mg, 95 µg EC/mg, 82.83 µg EC/mg respectivement, par rapport aux autres variétés qui ont de moyennes faibles teneurs en flavonoïdes (**Fig.26**).

En comparaison avec d'autres résultats obtenus par les travaux sur les feuilles de *Ficus carica*:

Les résultats de **Ramgopal et al., 2018** ; en Inde qui ont enregistré en flavonoïdes 9,24 mg EC/mg. **Boukhalfaa et al., 2018** dans la région de Bejaia (avec une teneur en flavonoïdes 9,72 mg EQ/g), étai proche les variétés Chetoui, et Ghoddan, mais on ne peut pas approuver ces données puisque l'extraction étai à partir d'extrait brut d'acétate d'éthyle. Et pour les données de **Ghanemi, 2019** qui à constater une teneur en flavonoïdes égale à 70,06 µg EC/mg qui est plus en moins approché à BakorBeyda (95 µg EC/mg) mais un peu éloigner de Chetoui, (50,50 µg EC/mg) et ChetouiSewda (Bouafasse) (avec teneur de 13.83 µg EC/mg), on suggère cette différence de résultats par rapport notre proposition (la variété étudié par **Ghanemi** sont de la variété Chetoui qui est la plus tardive) est à cause de différence d'Age puisque la collecte étai en moi d'octobre et notre échantillonnage étai en moi de Mai

Dosage des tanins :

Le dosage des tanins est donné par la gamme étalon de la **figure 27** La courbe de régression linéaire de formule $y = 0.000x - 0.0001$ (avec un coefficient de détermination $R^2 = 0.997$) a été établie en utilisant catéchine comme standard pour le dosage des tanins

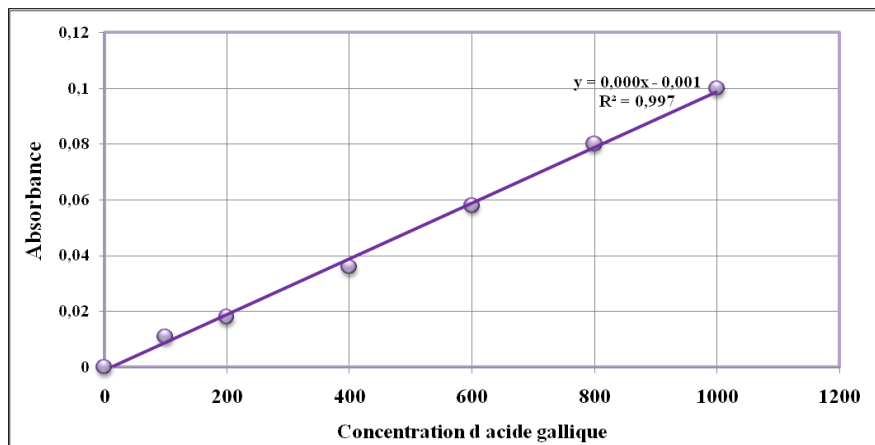


Figure 26: Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tanins

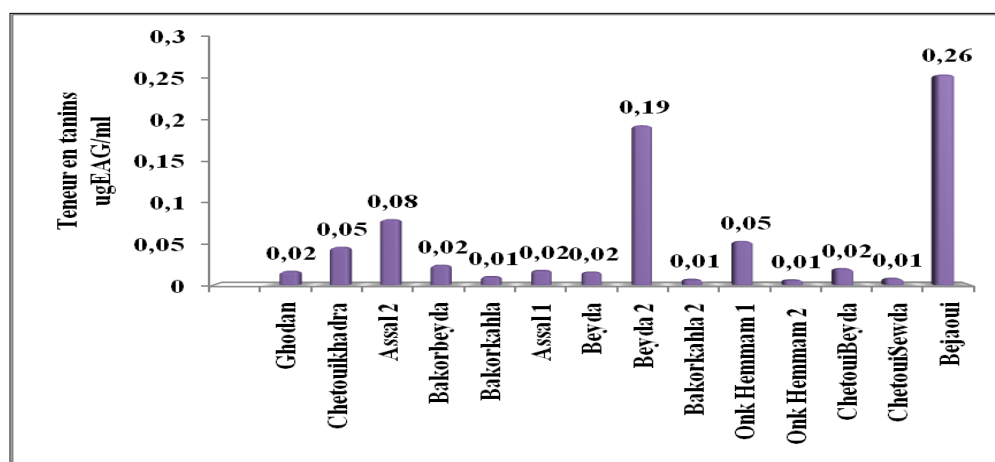


Figure 27: Teneurs en tanins dans les extraits préparés des feuilles de *Ficus carica*

Les résultats des analyses quantitatives des tanins condensés indiquent que ces molécules ne sont pas les constituants majoritaires des composés phénoliques, nous avons remarqué que les variétés Bejaoui et Bayda2 ont une teneur un peu élevée que les autres variétés (Fig.28)

Les faibles teneurs en tanins comparées avec celles des polyphénols totaux et des flavonoïdes sont probablement dues au fait que le méthanol n'est pas le solvant le mieux adapté à l'extraction de ces composés. Cette explication est soutenue par plusieurs travaux, qui ont démontré que le méthanol rend l'extrait faible en tanins condensés. Ces derniers sont encore mieux solubilisés par l'acétone aqueux (Chavan&Amarowicz, 2013 ; Belmokhtar, 2015).

Le dosage des tanins pour *ficus carira est* très sensible et difficile à réaliser pour cela on trouve moins de travaux par rapport aux autres composants phénoliques, on cite le travail de Kherbouche et al., (2016) et de Abdel- Hameed, (2009), a rapporté que la teneur en tanins hydrolysables des feuilles, de *Ficus carica* 20,07 mg EAT/g et des teneurs en tanins totaux en six différentes espèces de genre de *Ficus* compris entre 13,3 et 67,2 mg/g de M.S d'après le résultat obtenu dans la présente travail on constate que le teneur tanins est très faible.

Statistique descriptive

Afin de bien exploiter les données quantitatives on a établi une analyse descriptive des 3 composants phénoliques. Le tableau 9 représente les données sous forme de minimum, maximum, moyenne, erreur standard, variance, écart-type en fonction des trois composants phénoliques de nos résultats.

Tableau 9: Statistique descriptive des composants phénoliques (variable quantitative).

	Minimum	Maximum	Moyenne	Erreur std	Ecart type	Variance
Polyphenols	0,0010	0,4800	0,2063	0,0239	0,1547	0,0239
Tanins	0,0020	0,4430	0,0698	0,0180	0,1164	0,0135
Flavonoïdes	0,0010	0,4690	0,1180	0,0203	0,1314	0,0173

Ces données ont été examinées par une analyse de variance, des comparaisons multiples des valeurs moyennes ont été établies en utilisant l'analyse paramétrique unidirectionnelle de la variance (ANOVA). Cité dans le **tableau 10** qui représente les moyennes des groupes des variétés avec l'erreur standard et leurs significatives pour chaque composant phénolique.

Les résultats de l'étude statistique affirment que la teneur en polyphénols entre les variétés ne présente pas une différence significative en revanche ce qui est logique puisque l'espèce *Ficus carica* est reconnue par sa forte capacité poly-phénolique.

L'analyse des variances des flavonoïdes selon la variété était très significative avec $P = 0.001$, la même chose pour les tanins la différence était très hautement significative avec $p = 0.000$. Cela confirme que le type de variété influence sur la teneur des composants phénoliques.

Tableau 10: Le teneur en composant phénoliques (tableau ANOVA).

Variété	Ghodan	Chetoui Khadra	Assal 2	Bakor Beyda	Bakor Kahl a	Assal 1	Beyda	Beyda 2	Bakor Kahl a 2	Onk Hemmam 1	Onk Hemmam 2	Chetoui Beyda	Chetoui Sewda	Bejaoui	Signif
Polyphenols	0,059 7±0,0 068	0,2407 ±0,110 9	0,041 0±0,0 070	0,266 0±0,1 369	0,211 0±0,1 008	0,225 3±0,1 138	0,192 0±0,0 920	0,211 3±0,1 114	0,193 3±0,0 962	0,318 3±0,0 465	0,276 0±0,0 961	0,285 0±0,1 046	0,182 7±0,0 966	0,186 0±0,0 893	Ns
Tanins	0,019 ±0,01 65	0,0560 ±0,034 5	0,055 3±0,0 345	0,032 3±0,0 020	0,011 0±0,0 026	0,025 7±0,0 009	0,022 3±0,0 015	0,291 7±0,0 047	0,008 3±0,0 038	0,031 3±0,0 259	0,007 3±0,0 043	0,022 3±0,0 179	0,010 3±0,0 009	0,384 7±0,0 341	**
Flavonoïdes	0,032 ±0,00 25	0,1450 ±0,009 7	0,020 7±0,0 087	0,077 3±0,0 032	0,150 3±0,1 098	0,335 3±0,1 176	0,278 7±0,0 845	0,193 3±0,0 874	0,016 2±0,0 703	0,018 7±0,0 044	0,004 7±0,0 027	0,034 0±0,0 040	0,044 0±0,0 032	0,248 0±0,0 067	**

Ns : pas de différence significative ; ** différence très significative ; *** différence très hautement significative

La variation de la quantité des composés phénoliques des extraits de la plante étudiée peut-être expliquée essentiellement par la méthode d'analyse, le solvant d'extraction, la sélection des standards et la présence de substances interférentes ce qui est assuré par **Nacz et Shahidi, 2006**. Mais aussi d'après nos résultats le facteur génétique aussi joue un rôle dans la variabilité des résultats puisqu'on a fait une analyse des variétés en respectons la même méthode d'analyse et même conditions de pratique ainsi la durée de stockage qui a une forte influence sur le contenu en polyphénols (**Hamia et al., 2014**). Aussi on a éliminé les facteurs extrinsèques tels que la localisation géographiques et climatiques, aussi la saison de récolte et le degré de maturité de l'arbre, qui sont généralement à l'origine de variation des résultats selon (**Ebrahimzadeh et al., 2008 ; Park et Cha, 2003**).

1.3 Mesure de l'activité antioxydant par la méthode DPPH :

Le DPPH est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydant in vitro en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité de l'analyse.

L'activité anti radicalaire d'acide ascorbique et des extraits préparés des feuilles de *Ficus carica* exprime leur capacité à réduire les radicaux libres. On a choisi 3 variétés selon leur meilleure teneur composant phénolique, d'où on a étudié par la méthode de DPPH, La mesure de l'absorbance est effectuée par spectrophotométrie à 517nm.

La capacité antioxydant totale des extraits est calculée à partir de la courbe d'étalonnages, établis en utilisant l'acide ascorbique comme un antioxydant de référence. Cette

Courbe (**Fig.29**) a pour équation la formule suivante : $y = 34.02\ln(x) - 115.8$, avec un $R^2 = 0.998$

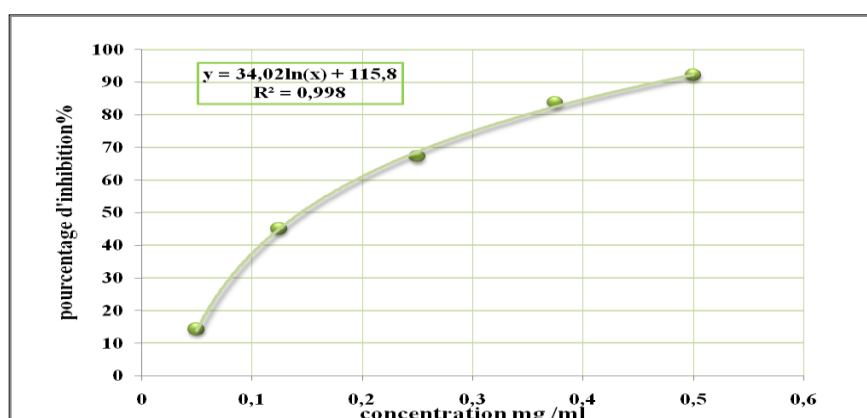


Figure 28: Pourcentage d'inhibition du radical libre du DPPH en fonction de concentrations

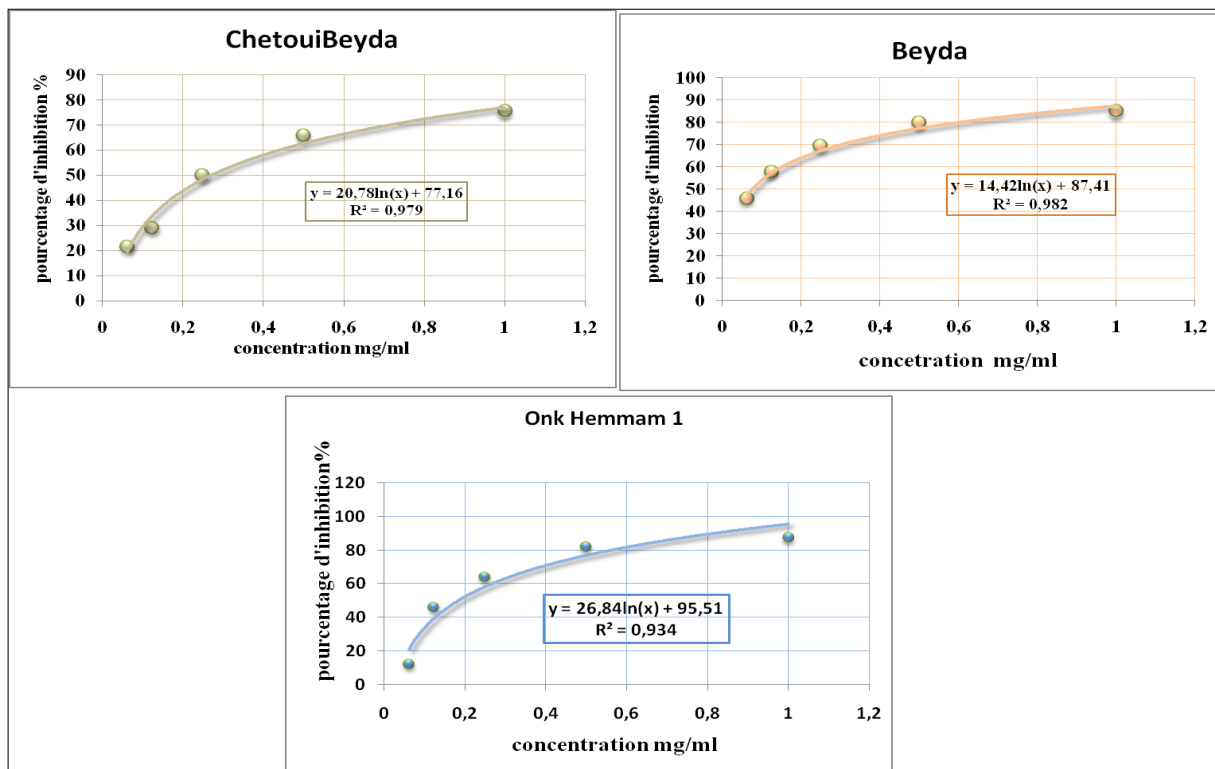


Figure 29: Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations des trois variétés de *Ficus carica*

Les différentes IC₅₀ sont déterminé à partir des équations des courbes logarithmiques, représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations des extraits et sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 11: CI₅₀ des différents extraits préparés des feuilles *Ficus carica* et d'acide ascorbique

Variétés	CI 50 (mg/ml)
Beyda	0,04
Onk Hemmam 1	0,09
ChetouiBeyda	0,14
Standard	0,14

L'activité de piégeage des radicaux DPPH de nos extraits est donnée par **la figure 30**. La gamme de concentrations utilisées est de 0.2 à 1.5 mg/ml. En effet, on remarque que Les valeurs de DO obtenues augmentent proportionnelle avec la concentration des extraits, les résultats sont illustrés sous forme de courbes ayant des allures linéaires et logarithmiques avec des R² variant de 0.934 à 0.998

Les résultats de ce test montrent, que tous les extraits présentent des capacités anti oxydantes avec une différence entre les variétés. En outre une meilleure activité anti radicalaire de la variétés Beyda (CI₅₀= 0.04 mg/ml), et la variétés Onk Hemmam (CI₅₀=0.09 mg/ml), supérieures à celles d'acide ascorbique (CI₅₀=0,14 mg/ml) et la variétés ChetouiBeyda (CI₅₀=0,14 mg/ml). La forte capacité d'élimination du radical libre (donner un hydrogène et ou/électrons) de l'extrait qui pourrait être dû à la teneur élevé en composant polyphénoliques qui signifie la présence des groupes méthoxyce qui augmentent l'accessibilité du centre du radical de DPPH (Mokbel et Hashinaga, 2005 ; Nithiya et Udayakumar, 2016).

On observe la concentration de 500 µg/ml, l'activité maximale de piégeage du radical libre DPPH pour tous les extraits, variété Onk Hemmam et la variétés Beyda exhibent les pourcentages d'inhibition les

plus élevés avec ($87.29\% \pm 2.23$) et ($84.75\% \pm 1.98\%$), respectivement contre ($92,15\% \pm 1.92\%$) pour l'acide ascorbique à la même concentration.

Plusieurs études ont souligné et confirmés les forts pouvoirs anti-radicalaires par la méthode **DPPH** des extraits de feuilles de *Ficus carica .L* ces dernières années, citant :

F.Ghazi et al., (2012) de la région Taif de Arabie saoudite qui montre la différence de la capacité anti-radicalaire entre les grandes feuilles de *Ficus carica.L* qui contient quantité plus élevée des composés phénolique et les petites feuilles avec un radical DPPH ($74.58 \pm 1.60\%$, $21.44 \pm 4.88\%$) respectivement. Cela révèle que les grandes feuilles contiennent des quantités considérables d'antioxydants avec une bonne activité anti oxydantes.

Le travail de **Mahmoudi et al., 2015** montre que la capacité antioxydante des extraits de feuilles de figuier variait entre (0.66 et 1.12 mg/ml), ou il a étudié les variétés « Chatoui, Onk lama, Bicher, Bida, et Zarrouk » qui ont exprimé une grande capacité à piéger les radicaux libre DPPH.

Les mêmes résultats pour **Ramgopal et al., 2018** qui enregistré différentes CI50 du radical DPPH (0.09 et 0.089 mg/ml) en présence des différents extraits de feuilles de *Ficus carica*, préparés par différents solvants.

Ghanemi, 2019 obtenu une CI50 par acétate d'éthyle (EAM) (0,57 mg/ml), par rapport aux autres extraits bruts : EBM, EBI et EBD (CI50 d'ordre 1,44 mg/ml, 1,62 mg/ml et 1,84 mg/ml, respectivement)

Les travaux qui ont signalées une CI50 élevée par rapport à notre extrait sont les résultats de :

Meghana et al., 2017 (CI50 d'ordre 1119,59 mg/ml) ; **Boukhalfaa et al., 2018** (CI50 d'ordre 346,2 mg/ml) ; **Amessis-Ouchemoukh et al., 2017** (ont enregistré un pourcentage d'inhibition de radicale libre DPPH de 0,30% dans 20.54 mg/ml) ; **Nurlyana et al., 2018** (CI50 d'ordre 16,32 mg/ml dans la T° est 25°C).

Les valeurs sont très variables et souvent liées au différence de la composition chimique des extraits, le lieu, la saison de récolte, les conditions de séchage, la température, le mode de préparation des extraits, et en particulier les conditions de la réaction (temps, rapport antioxydant/DPPH, type et la nature de solvant, pH) (**Salah et al., 1995**) et la présence des composés phénoliques et des flavonoïdes, connus pour inhiber les radicaux libres et leur effet additif ou synergique (**Aliyu et al., 2011; Agbo et al., 2015**).

Partie bioinformatique

17.7 Matériel et méthode

La phylogénie moléculaire c'est étude des relations évolutives entre des gènes ou des macromolécules biologique (protéine), cette étude ce fait en deux partie :

- Analyse des mutations à diffèrent position dans leur séquences par alignement multiple
- Elaboration des hypothèses sur la parenté évolutive des biomolécule.

Afin de réaliser notre étude on a collecté des analyses nucléotidiques d'ARN génomiques d'isolats des trois virus responsables de la maladie mosaïque (FLMaV-2 ; FCV ; FFKaV) enregistrés dans la base de données NCBI, les séquences sont sous le numéro d'accès (**cd10170** ; **cl02808** ; **KT267257**) respectivement.

FLMaV-2 un virus associé à la marbrure des feuilles de figuier.

FFkaV un virus associé aux taches des feuilles de figue.

FCV un Virus cryptique de la figue.

Ces virus sont des ARNss (+) qui ont signalés après une enquête menée par (**Elbeaino et al., 2011a**) dans la région méditerranéenne.

L'arbre phylogénétique a été reconstruit après un alignement des séquences dans le logiciel MEGA6 le nom virus et le pays d'origines ont indiqués à la fin des branches

17.8 Résultat et discussion :

L'Analyse des mutations à diffèrent position des séquences par logiciel Mega6 qu'étai télécharger en ligne dans le site Megasoftware.net puis on a téléchargé les séquences dans la base de donne NCBI sous forme fasta, d'ou on a fait un alignement des séquences multiple (**fig.31**).

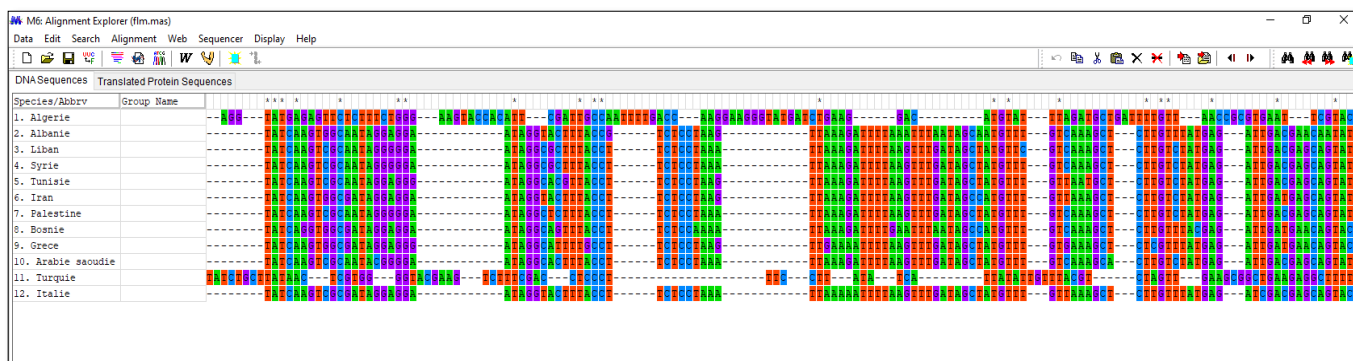


Figure 30:Alignement de la séquence dans le logiciel MEGA6

L'alignement multiple nous a permis de préparer les séquences pour pouvoir extraire l'arbre phylogénétique d'où les scores BIC (critères d'information bayésien) les plus bas sont considérés comme décrivant le mieux le schéma de substitution. De Tableau de modèle (en annexe)

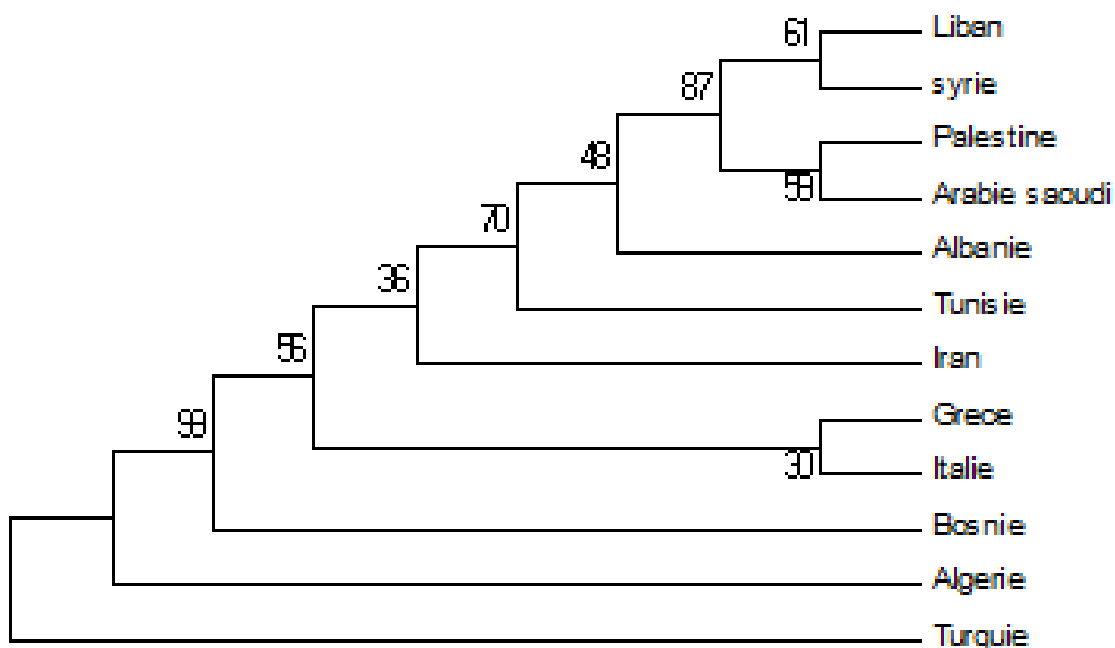


Figure 31: arbre phylogénétique de virus associé à la marbrure des feuilles de figuier (FLMaV-2)

Il y avait un total de 660 positions dans l'ensemble de données final, des analyses évolutives ont été menées dans MEGA6

En première étape on a commencé par la réalisation de l'arbre phylogénétique pour le virus FLMaV-2 dans différents pays (Fig.32).

Le cluster nous a permis d'extraire 9 groupes en citant les classes les plus proches qui sont (Liban ; Syrie), (Palestine ; Arabie saoudite) et (Grèce ; Italie). Ces résultats peuvent être expliqués par la localisation géographique vu que les pays significativement rapprochés sont proches géographiquement et cela vu que le virus est contagieux et facile à propager, cependant le virus en Turquie est d'une forme paraphylétique avec les autres, ainsi l'Algérie, la Bosnie et l'Iran sont plus ou moins en groupe séparé et éloigné des autres. On suggère que cela est dû à la variabilité et à la quantité d'arbre qui a permis au virus de se développer mieux vu que ces pays comptent parmi les grands producteurs de figuier dans le monde selon FAO.

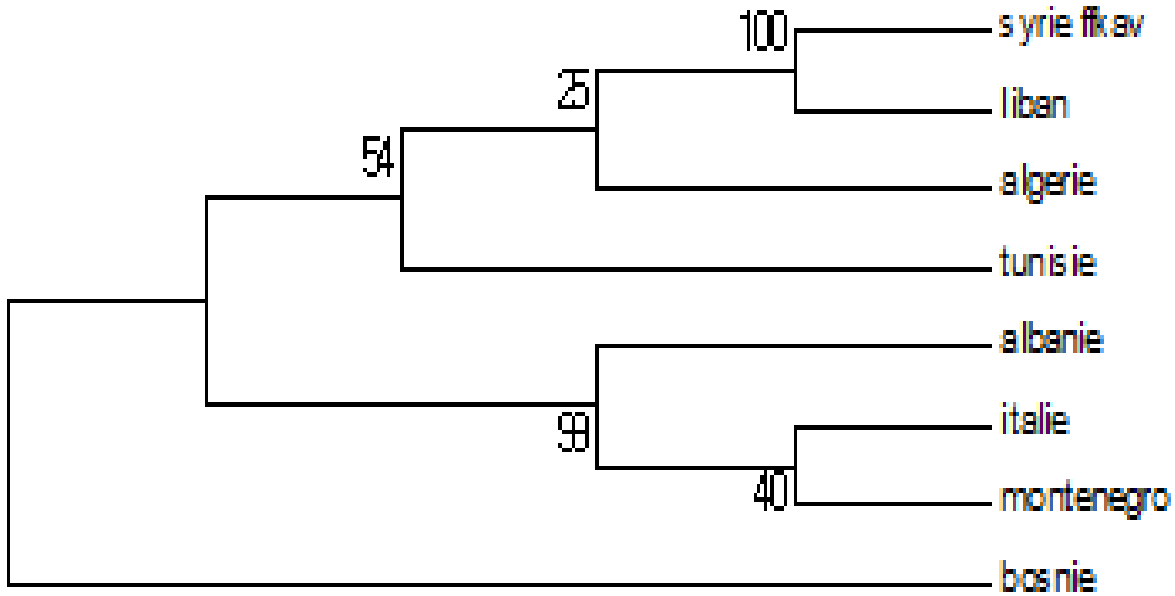


Figure 32: arbre phylogénétique du virus associé aux taches de la figue (FFkaV) du figuier.

L'arbre phylogénétique de deuxième virus FFkaV d'où on a deux clusters principaux celui de la Bosnie et l'autre divisé en plusieurs sous-groupes parmi eux de clade très proches (Syrie ; Liban) et (Italie Monténégro), on remarque le bootstraping le plus élevé est entre Syrie et Liban suivis par le groupe de l'Albanie, Italie, Monténégro avec bootstraping 99, la Bosnie est classée séparément que les autres pays (Fig.33).

Pour une fin interprétation on réalise un arbre regroupant les trois virus (Fig.34).

Le séquençage du génome est une étape importante vers sa compréhension, d'où la séquence du génome peut être considérée comme un raccourci du chemin aidant les scientifiques à trouver des gènes beaucoup plus facilement et rapidement. Une séquence génomique peut contenir même des indices sur l'endroit où se trouvent les gènes, comprendre comment le génome dans son ensemble fonctionne et comment les gènes travaillent ensemble pour diriger la croissance, le développement et le maintien d'un organisme entier (Craig Venter, 2003).

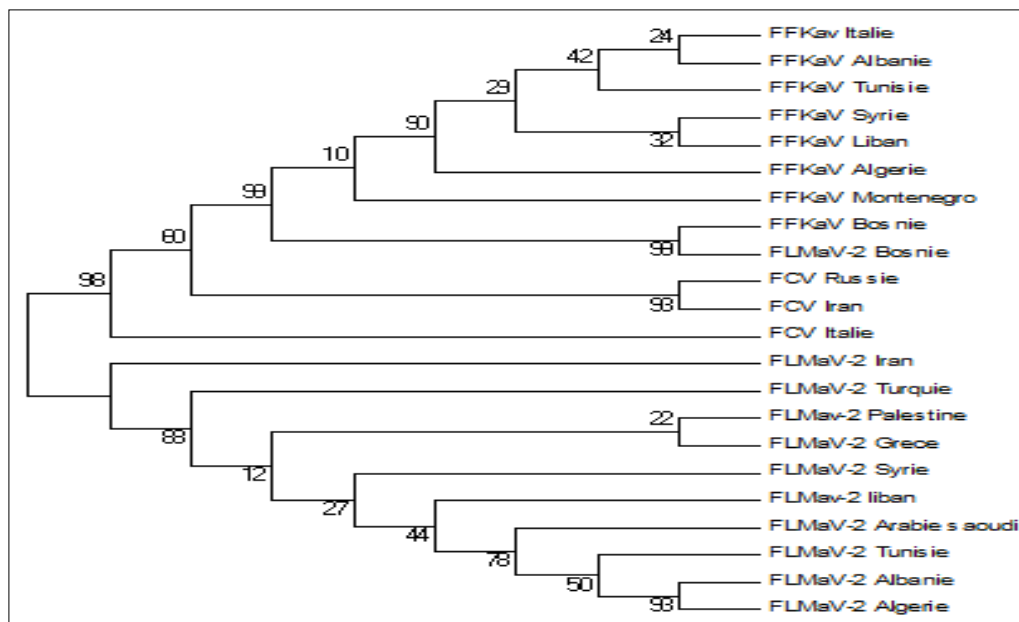


Figure 33: arbre phylogenetique des trois virus associés à la maladie de la mosaïque du figuier

L'arbre phylogénétique construit dans cette étude a montré dans le cas du FLMaV-2 que les deux régions (Algérie ; Albanie) et (Palestine; Grèce) sont proches l'un de l'autre et regroupés dans un clade avec toutes les régions sauf dans la Bosnie les de virus FLMaV-2 et FFKaV sont regroupés dans un clade dans la polyphyletisme de FFKaV et FCV, (Italie ; Albanie), (Syrie ; Liban) se forment des monophyletisme en FFKaV .

On remarque un paraphyletisme entre FFKaV et FCV, de plus, Russie est en même clade avec celui Iran de FCV.

Dans ce cas de l'arbre phylogénétique deux clusters principaux ont été générés, d'après **Eminur et al., 2016** a montré que la présence de vecteurs possibles dans la région ou les interactions entre plusieurs virus impliqués dans la fièvre aphteuse peuvent entraîner cette variation des résultats.

Conclusion

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion :

La connaissance et l'usage des plantes médicinales constituent un vrai patrimoine de l'être humain. Grâce à l'effet thérapeutiques, ils constituant une source inépuisable, puisque seule une petite partie des 400 000 espèces végétales connues ont été explorées sur le plan phytochimiques et pharmacologique (Hostettmann et al., 1998)

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris notre étude qui vise la caractérisation phytochimiques des quatorze variétés de figuier *figus carica L* la recherche l'activité antioxydant, ou l'analyse des résultats à permet de tirer les conclusions suivantes :

Le screening phytochimiques démontre une composition riche et variée en métabolites secondaires : tanins, coumarines, quinones libres, terpénoïdes, flavonoïdes, alcaloïdes et saponines présent dans toutes les variétés, avec concentration différente.

L'analyse phytochimiques quantitative démontre que :

- La teneur en polyphénols des variétés étudiés est plus élevée, 203, ug EAG/mg celle de la variété Assell1 suivi par la variété Bayda2 (190 ug EAG/mg).
- Les teneurs en flavonoïdes, des variétés Bayda et Assell1 de *figus carica L* est respectivement 120.83 et 95 mg EC/mg.
- La teneur en tanins des variétés étudiés est plus élevée, 0.26 ugE.C/mg Bejaoui, suivi Bayda 20.19 ugEC/mg.

L'analyse d'activité antioxydante des trois variétés à sélectionné, (Bayda ; OnkHamam, Chetoui) étai significative, notamment pour la variété Bayda et Onk Hemam qui sont IC50 0.4 mg/ml 0.9 mg/ml, respectivement plus élevé que l'acide ascorbique avec IC50=0.14

L'analyse génomique comparatifs étai basé sur des séquences nucléotidiques d'ARN génomiques d'isolats des trois virus responsables de la maladie mosaïque (FLMaV-2 ; FCV ; FFKaV) enregistrés dans la base de données NCBI, ces bases de données nous a permis de réaliser l'arbre phylogénétique en comparants les résultats des plusieurs pays d'où la différence étai significatif.

Cette contribution à la caractérisation phyto-chimique nous a permis de bien connaitre les composants métaboliques des variétés de figuier, d'où en perspectives, il serait intéressant d'envisager les projets d'évaluation des teneurs en polyphénols par des méthodes plus performantes (HPLC-SM par exemple). Ainsi d'évaluer l'activité antioxydant pour les variétés de *figus carica* existé par des méthodes différenteset aussi étudier d'autres activités biologiques: antidiabétique ou antibactérien.

Cette étude sur les variétés aura êtres confirmé par une caractérisions moléculaire de *figus carica* en Algérie, et enfin établir la structuration génétique des populations du figuier existant en Algérie.

References
bibliographiques

References bibliographiques

-A-

- Abdel-Hameed E.S, 2009** Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian *Ficus* species leaf samples.
- Abou-Ellail M., Mahfouze S.A., El-Enany M.A.M., N.S.A. M., 2014.** Using Biochemical and Simple Sequence Repeats (SSR) Markers to Characterize (*Ficus carica L.*) Cultivars. *World Applied Sciences Journal* 29(3) : 313–321.
- Achtak H., M. Ater., A. Oukabli, S. Santoni., F. Kjellberg et B. Khadari 2009.** Microsatellites markers as reliable tools for fig cultivar identification. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 134: 624-631
- ADAM, A. F., & DRON, M. 1993.** Les outils moléculaires et leurs applications à l'amélioration des plantes. In. Chlyah, H ; Demarly, Y. (1993). *Le progrès génétique passe-t-il par le repérage et l'inventaire des gènes?*, 23-46. Paris : John Libbey Eurotex.
- Afonso, V., Champy, R., Mitrovic, D., Collin, P & Lomri, A. 2007.** Reactive oxygen species and superoxide dismutases: role in joint diseases. *Joint Bone Spine*, 74(4), 324-329
- Agbo, MO., Uzor, P.F., Akazie-Nneji, U.N., Eze-Odurukwe, C.U., Ogbatue, U.B & Mbaaji, E.C. (2015).** Antioxidant, Total Phenolic and Flavonoid Content of Selected Nigerian Medicinal Plants. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(1), 35-41.
- Ale-Agha, GN, et Rakhshandehroo, F.2014.** Détection et variabilité moléculaire du virus associé à la moucheture du figuier et du virus cryptique du figuier en Iran . *International Journal of phytopathology*. 162 : 417-425
- Alilou H., Bencharki B., hassani L.M.I. barka N. 2014.** Screening phytochimique et identification spectroscopique des flavonoïdes d'*Asteriscus graveolens* subsp. *Olorus*, Afrique SCIENCE ,10(3): 316 – 328
- Aliyu, A.B., Ibrahim, M.A., Musa, A.M., Bulus, T & Oyewale, A.O. 2011.** Phenolics content and antioxidant capacity of extracts and fractions of *Verninia blumeoides* (Asteraceae). *International Journal of Biological Chemistry*, 5(6), 352-359.
- Amara A.A., El-Masry M.H., Bogdady H.H. 2008.** Plant crude extracts could be the solution: Extracts showing in vivo antitumorogenic activity, *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 21: 159–71.
- Amessis-Ouchemoukha N., Ouchemoukha S., Meziant N, Indira Y, Hernandez D, Carla, Stinco, Francisco. Rodríguez-Pulido, Francisco, Heredia, Madani K., José L. 2017.** Bioactive metabolites involved in the antioxidant, anticancer and antipain activities of *Ficus carica L.*, *Cerantonia siliqua L.* and *Quercus ilex L.* extracts. *Industrial Crops and Products*, 95: 6–1
- Aouane A., 2015.** Contribution au génotypage par marqueur moléculaire et caractérisation morphologique de quelques cultivars locaux de figuier (*Ficus carica L.*). Mémoire de magistère, Université Hadj Lakhdar, Batna, 97 p.
- Apel, K & Hirt, H. 2004.** Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal administration reduces hypertriglyceridemia in streptozocin diabetic rats. *Diabetologia*.
- Aref H.L., Salah K.B., Chaumont J.P., Fekih A., Aouni M., Said K. 2010.** In vitro antimicrobial activity of four *Ficus carica* latex fractions against resistant human pathogens (antimicrobial activity of *Ficus carica* latex). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23: 53–8.
- Armstrong W.P., 2006.** Sex determination & life cycle of *Ficus carica*
L.<http://www2.palomar.edu/users/warmstrong/pljun99b.htm> (consulté le 24 12 2017).
- Asakawa Y. 2008.** Liverworts—potential source of medicinal compound. *Current Pharmaceutical Design*.
- Atoui A. K., Mansouri A., Boskou G., Kefalas P. 2005.** Tea and herbal infusions: their

antioxydant activity and phenolic profile. Food chemistry, 89:27-36.

Awad A.B., Fink C.S. 2000. Phytosterols as anticancer dietary components: Evidence and mechanism of action. Journal of Nutrition., 130: 2127–30.

Awamleh R., Al-Antary T. and Bilal H. 2008. Susceptibility of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars to fig wax scale *Ceroplastes rusci* L. (Homoptera: Coccidae) in Jordan. Dirasat, Agricultural Sciences. 35 (3) - 139 -144

-B-

Bachi K., 2012. Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier (*Ficus carica* L.) par la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis Capitata* (Diptera, trypetidae). Effets des huiles essentielles sur la longévité des adultes. Mémoire de magistère, Université Moulou Mammeri, Tizi-Oozou, 114 p.

Badgujar S.B, Patel V.V, Bandivdekar A.H and Mahajan R.T. 2014. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: A review. Pharmaceutical Biology Early Online: 1-17.

Bakasso, S. 2009. Études phytochimiques et potentialités biologiques de cinq espèces d'*indigofera* (fabaceae) utilisées en médecine traditionnelle au Burkina Faso (Thèse de Doctorat), Université d'Ouagadougou.

Baraket G., Chatti K., Saddoud O., Mars M., Marrakchi M., Trifi M., Salhi- Hannachi A., 2009. Genetic analysis of Tunisian fig (*Ficus carica* L.) cultivars using amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers. Horticultural Science and Technology, (120) : 487–492;

Baraket G., Saddoud O. K., Chatti K. 2009 .Sequence analysis of the internal transcribed spacers (ITSS) region of the nuclear ribosomal DNA, (nrDNA) in fig cultivars (*Ficus carica* L.). Horticultural Science and Technology, 120: 34–40

Bauoin, J.-P., Demol, J., Louant, B.-P., Marechal, R. Mergeal G & P., 2012. Analysis of genetic diversity of southern Spain fig tree (*Ficus carica* L.) and reference materials as a tool for breeding and conservation, Hereditas, (149) : 108–113.

Belguith-Hadriche O., Ammar S., Contreras Mdel M., Turki M., Sequra-Carretero A., Ei Feki A., Makni-Ayedi F., Bouaziz M. 2016. Antihyperlipidemic and antioxidant activities of Edible Tunisian *Ficus carica* L. Fruits in high fat diet induced hyperlipidemic rats, Plant Foods for Human Nutrition, 71:183.

Belmokhtar, Z. 2015. Identification et caractérisation des molécules du métabolisme secondaire de *Retama monosperma*. L Boiss, intérêt pharmaceutique (Thèse de doctorat). Université Mohamed Boudiaf d'Oran.

Benettayeb Z.E., Benchikh.M., Setti.b and Chaillou.S 2017 : Genetic diversity of Algerian Fig (*Ficus carica* L.) cultivars based on morphological and quality traits 74(3) :311-316

Bensalah A.-Koribe h. 2015 : contribution à l'étude de quelques variétés de figuier dans la région de Tlemcen.

Berthod A, Billardello B et Geoffroy S. 1999. Polyphenols in countercurrent chromatography. An example of large scale separation analysis. EDP sciences, Wiley-VCH, 27 : 750-757.

Bettaieb, I., Bourgou, S., Ben Kaab, S., Aidi Wannes, W., Ksouri, R., Saidini Tounsi, M., & Fauconnier, M, L, 2019. On the effect of initial drying techniques on essential oil composition, phenolic compound and antioxidant properties of anise (*Pimpinella anisum* L.) seeds, Journal of Food Measurement and Characterization,

Bidie A., Guessan B., Yapo A-F., Guessan J-D. Djaman A-J. 2011. Activités antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne, Sciences et Nature, 8: 1- 11

Boizot N., et Charpontier J. P. 2006. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Le Cahier des Techniques de l'Inra. p 79-82

Bohlooli S., Mohebipoor A., Mohammadi S., Kouhnavard M., Pashapoor S. 2007. Comparative study of fig tree efficacy in the treatment of common warts (*Verruca vulgaris*) vs. Cryotherapy. International Journal of Dermatology., 46: 524–6.

- Bougandoura N., et Bendimerad N. 2012.** Effet antifongique des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp.* (Nepeta) briq. *Revue des Bio Ressources*, 2 :1-7.
- Bougandoura N., et Bendimerad N. 2013.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepeta (L.)* Briq. *Nature & Technologie*, (9) : 15.
- Bouic P.J., Lamprecht J.H.1999.** Plant sterols and sterolins: A review of their immunomodulating properties. *Alternative Medicine Review.*, 4: 170–7.
- Boukhalfaa F., Kadria N., Bouchemela S., Ait Cheikha S., Cheboutc I., Madania K., Chibaneb M. 2018.** Antioxidant 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: 37–50.
- Bourayou K., Oukabli A. and Mars M. 2005.** Diversity and role of fig tree (*Ficu carica L.*) in the protection and improvement of North African agro-ecosystems. *Proceedings of the International Conference on: Promoting community-driven conservation and sustainable use of dry land agrobiodiversity.* ICARDA, Aleppo, (Syria).
- Brahem M. 2013.** Trapping adults of the Medfly *Ceratitis capitata* and non targe insects: Comparison of low-cost traps and lures. *Tunisian Journal of Plant Protection* 8: 107-118.
- Bretaudefeu J. et Faure Y. 1990.** Atlas d'arboriculture fruitière. 4: 227-241
- Bruneton J. 2008.** Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. 3^{ème} Ed Paris, Lavoisier Tech & Doc.
- BRUNETON J. 2009.** Pharmacognosie, photochimie, plantes médicinales. Éd Lavoisier, France. 1292p.
- Buonavoglia C. and Tempesta M. 2016.** Caprine herpesvirus L (CpHV-1) vaginal infection of goats: clinical efficacy of fig latex. *Natural Product Research.* 30 (3): 605-607.

-C-

- Cadot, V., Le Clerc, V., Canadas, M., Belouard, E., Foucher, C., & M., 2005.** Tunisian Fig (*Ficus carica L.*) genetic diversity and cultivars identification
- Caglar, BK, Fidan, H., Guldur, ME et Elbeaino, T. 2011.** La prévalence de trois virus infectant le figuier dans le sud de la Turquie. *Journal of Phytopathology.* 159:181-183.
- Caglayan, K., Elci, E., Serce, CU, Kaya, K., Gazel, M. et Medina, V. 2012 .** Détection du virus de la mosaïque de la figue chez l'acarien ériophyde virulifère *Aceria ficus*. *The Journal of Plant Pathology.* 94 : 629-634
- Caliskan O., Polat A.A., (a), 2012.** Morphological diversity among fig (*Ficus carica L.*) accessions sampled from the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Turkish Journal Of Agriculture And Forestry*, (36) : 179–193.
- Campillo J.E., Torres M.D., Dominguez E., Romero A. et Perez C. 1994.** *Ficus carica* leaf administration reduces hypertriglyceridemia in streptozocin diadetic rats. *Diabetologia.* 37 (suppl.1): A213
- Canal J.R., Torres M.D., Romero A., Perez C. 2000.** A chloroform extract obtained from a decoction of *Ficus carica* leaves improves the cholesterolaemic status of rats with streptozotocin-induced diabetes. *Acta Physiologica Hungarica.*, 87: 71–6.
- Castellano, MA, De Stradis, A., Minafra, A., Boscia, D., et Martelli, GP 2009 .** Transmission par les semences du virus latent de la figue. *The Journal of Plant Pathology.* 91 : 697-700
- Chaabi M. 2008.** Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : *Euphorbia stenocla Baill.* (Euphorbiaceae), *Anogeissuslio carpus Guill. Etperr.* (Combrétaceae), *Limoniastrum feei* (Girard) Batt. (Plumbaginaceae). Thèse de doctorat en pharmaco chimie, Université, Louis Pasteur et Université MENTOURI de Constantine (Alger): 179-180
- Chaouche TM., Haddouchi F., Atik-Bekara F., 2011.** Phytochemical study of roots and leaves of the plant *Echium pycnanthum* Pomel. *Der Pharmacia Lettre*, 3 : 1-4
- Charafi J., B. Rahioui, A. El Meziane, A. Moukhli, B. Boulouha, C. El Modafar, B. Khadari 2007 .**Diversité génétique de l'olivier au Maroc et cartographie génétique de la

population hybride F Picholine marocaine x picholine Lingue doc : Base pour l'amélioration variétale.

Chavan, U.D & Amarowicz, R. 2013. Effect of various solvent systems on extraction of phenolics, tannins and sugars from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *International Food Research Journal*, 20(3), 1139-1144

Chenni, M. 2016. Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic «*Ocimum basilicum* L.» extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Mémoire de doctorat, université d'Oran.

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

Condit I.J., 1955. Fig varieties: A Monograph Hilgardia. A Journal of Agricultural Science, 23(11) : 323-538

Condit, IJ 1933. Une mosaïque de la figue en Californie. *Phytopathologie* 23 : 887-896

Cotelle N. 2001. Role of flavonoids in oxidative stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 1:569-590. (cited in Yakhlaf G, 2009)

Crisosto C.H., Bremer V., Ferguson L., Crisosto G.M., 2010. Evaluating Quality Attributes of Four Fresh Fig (*Ficus carica* L.) Cultivars Harvested at Two Maturity Stages. *HortScience*, 45(4) : 707-710

-D-

Daneshnia N. and Akrami M.A. 2013. Mites (Acari) associated with the fig trees (*Ficus carica* L.) in Estahban (Fars Province), Iran. *Persian Journal of Acarology*. 2 (3): 539-541.

De vienne D. et Santoni 1998. Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales », INRA, ISBN : 2-7380-0776-7.

Del Caro A. and Piga A. 2008. Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L.). *European Food Research and Technology*. 226 (4): 715-719

Deleanu N.T. 1916. The peptolytic enzyme of *Ficus carica*. *Bull Sect. Sci. Acad. Roum.*, 4:345-54.

Delić, D., Perović, T., Hrnčić, S., Lolić, B., Đurić, G., et Elbeaino, T. 2017. Détection et analyses phylogénétiques des virus infectant les figues en Bosnie-Herzégovine et au Monténégro. *Phytopathologia Mediterranea*. 56:470-478.

Diallo D, Sanogo R, Yasambou H., et al. 2004 Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *Compte rendu Chimie*, 7 : 1073-80.

Dioscorides P. 1902. Des Pedanios Dioscurides aus Anazarbos *Arzneimittellehre in fünf Büchern*, trans. and comm. J. Berendes. Stuttgart: Ferdinand Enke.

Dohou N., Yani K., Thahrouch S., Idrissi Hassani L. M., Badoc A., et Gmira N. 2003. Screening phytochimique d'une endémique ibéro- Marocaine, *Thynelaea lythroides*. *Bulletin de la Societe de pharmacie de Bordeaux.*, 142 : 61-78.

Dontha, S. 2016. A review on antioxidant methods. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(2), 14-32.

Duncan T., Vincent, Yasmine F., Ibrahim. Michael G. E, Yuichiro J. S. 2014. The role of antioxidants in the era of cardio-oncology, *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 72(6): 1157-116

Ebrahimzadeh M. A., Pourmmorad F., et Hafezi S. 2008. Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish journal of biology*, 32 : 43-49.30].

Elbeaino, T., Choueiri, E., Hobeika, C., et Digiario, M. 2007a. Présence des virus 1 et 2 associés à la marbrure du figuier dans les vergers de figuiers libanais. *The Journal of Plant Pathology*. 89 : 409-411.

Elbeaino, T., Digiario, M. et Martelli, GP 2011a. Séquence complète du virus Fig fleck-associated virus, un nouveau membre de la famille des Tymoviridae. *Virus*

Research. 161 : 198-202.

Elbeaino, T., Digiario, M., Alabdullah, A., De Stradis, A., Minafra, A., Mielke, N., et al . 2009a. Un virus à ARN multipartite monocaténaire à sens négatif est l'agent présumé de la maladie de la mosaïque de la figue . Journal of General Virology. 90 : 1281-1288.

Elbeaino, T., Digiario, M., De Stradis, A., et Martelli, GP 2006. Caractérisation partielle d'un clostérovirus associé à une marbrure chlorotique de fig. The Journal of Plant Pathology. 88:187-192.

Elbeaino, T., Digiario, M., De Stradis, A., et Martelli, GP 2007b. Identification d'un deuxième membre de la famille des Closteroviridae chez des figes malades de la mosaïque. The Journal of Plant Pathology. 89:119-124.

Elbeaino, T., Digiario, M., Heinoun, K., De Stradis, A., et Martelli, GP 2010. Virus doux associé à la marbrure de la figue, un nouveau clostérovirus infectant la figue. J The Journal of Plant Pathology. 92 :165-172

Elbeaino, T., Kubaa, RA, Digiario, M., Minafra, A. et Martelli, GP 2011b. La séquence nucléotidique complète et l'organisation du génome du virus cryptique de la figue, un nouveau virus bipartite à ARNdb infectant la figue, largement répandu dans le bassin méditerranéen. Virus Genes 42:415-421

Elbeaino, T., Kubaa, RA, Ismaeil, F., Mando, J., et Digiario, M. 2012. Virus et viroïde des cascades de houblon des figuiers en Syrie. The Journal of Plant Pathology. 94 : 687-691.

Elçi, E., Hançer, T. et Çağlayan, K. 2017. Identification moléculaire du virus cryptique de la figue et du virus associé aux taches de figue en Turquie. ROM. Biotechnologie. Lett. 22:12383-12390

-F-

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO STAT. 2015. Statistiques récentes de la FAO dans le domaine relatives au secteur de la figue. Site web www.faostat.org

Fauquet, CM, Mayo, MA, Maniloff, J., Desselberger, U., et Ball, LA 2005. Taxonomie des virus : VIIIe rapport du Comité international de taxonomie des virus. Elsevier Academic Press, San Diego, Californie

Favier A. 2013. Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique, (270) : 108 - 115

Favier Jean-Claude, Ireland-Ripert J., Laussucq C., Feinberg M. 1993. Répertoire général des aliments : 3. Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Paris : ORSTOM ; Lavoisier ; INRA, 242 p. ISBN 2-85206-912-1.

Flaishman M.A., Rodov V., Stover E. 2008. The fig: Botany, horticulture, and breeding. Horticultural Reviews., 34: 113–96

Flaishman M.A., Yablovich Z., Golobovich S., Salamon A., Cohen Y., Perl A., F., (a), 2005. Etude préliminaire des origines de *Ficus carica* L. et de sa domestication. Les actes du Bureau des Ressources Génétiques, (5) : 53–65

Flock Troupeau, RA 1955. Transmission de la mosaïque du figuier par l'acarien ériophyde *Aceria ficus*. Phytopathologie 45:52-54.

Fuhrman .B., LavyA., and Aviram M. 1995. Consumption of red wine with meals reduces the susceptibility of human plasma and low-density lipoprotein to lipid peroxidation. The American Journal of Clinical Nutrition, 61:549-554. (cited in Yakhlaf G, 2009).

-G-

GAALICHE, B., SADDOD, O., & MARS, M. 2012. Morphological and pomological diversity of fig (*Ficus carica* L.) cultivars in northwest of Tunisia. ISRN Agronomy.

Gerber H.J., 2010. Tree Training and Managing Complexity and Yield in Fig (*Ficus carica* L.). Master of Science in Agriculture (Horticultural Science) at the University of Stellenbosch, 104 p.

- Ghaisas M., Navghare V., Takawale A., Zope V., et Deshpande A. 2008.** Invitro antioxidant activity of tectona grandis linn. Pharmacology online. (3): 300.
- GHALMI, N. 2011.** Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique, 10-14. Alger : ENSA El Harrach.
- Ghanemi Adila. 2019:** Etude phytochimique, analyse chromatographique sur couche mince et évaluation de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de *Ficus carica*. these de master universite Tlemcen.
- Ghazi,F;Rahmat,A;Zaitun,Y;Nurul,S.R; Nurul,A.B.2012.**Determination of Total Polyphenols and Nutritional Composition of Two Diferent Types of *Ficus carica* Leaves Cultivated in Saudi Arabia.
- Gilani A.H., Mehmood M.H., Janbaz K.H., Khan A.U., Saeed S.A. 2008.** Ethnopharmacological studies on anti-spasmodic and antiplatelet activities of *Ficus carica*. Journal of Ethnopharmacology 119: 1-5.
- Giraldo E., Lôpez-Corrales M., Hormaza J.I., 2005.** Selection of the Most discriminating Morphological Qualitative Variables for Characterization of Fig Germplasm. The Journal of the American Society for Horticultural Science., 135(3) : 240–249.
- Giraldo, E., Lopez-Corrales, M., & Hormaza, J. I. 2008.** Selection o morphological quantitative variables in fig characterization. Acta Horticulturae 798(798):103-108
- Giraldo, E., M.Lopez-Corrales And J. I. Hormaza. 2010.** Selection of the most discriminating morphological qualitative variables for characterization of fig germplasm. Acta Horticulturae , 103-108.
- Gonashvili S.G., Gonashvili M.S. 1968.** Proteolytic enzymes of some Georgian plants. Rastitel'nye Resursy, 4: 356–65.
- González-Rodríguez, Á. M., & Grajal-Martín, M. J. 2011.** Higueras de Canarias, Caracterización morfológica de variedades. Instituto Canari d'Investigaciones Agrarias.
- Gotteib, L. 1977.** Electrophoretic evidence and plant systematic. In. KONATE, I. (2007). Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. Thèse de Doctorat. Rabat:université mohammed v-agdal. faculte des sciences
- 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.

-H-

- Halliwell B.1994.** Free radicals and antioxidants. Nutrition Reviews.52:253-265. (cited in Yakhlaf G, 2009)
- Hamia C., Guergab A., Rennane N., Birache M. 2014.** Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du *Rhanterium adpressium*, Annales des Sciences et Technologie, 6(1).
- Hammami M. 2016.** Characterization of fig achenes' oil of *Ficus carica* grown in Tunisia. Food Chemistry 196 : 1125–1130./j.foodchem.2015.10.053.
- HARRY, M. 2001.** Génétique moléculaire et évolutive. Paris : Maloine
- Hemmatzadeh F., Fatemi A., Amini F. 2003.** Therapeutic effects of fig tree latex on bovine papillomatosis. Journal of veterinary medicine. B, Infectious diseases and veterinary public health., 50: 473–6
- Hepaksoy, S., & Aksoy, U. 2006.** Propagation of *Ficus carica* L. clones by in vitro culture. 433-436. Izmir, Turquie: Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Eg University, İzmir 35100 Turkey.
- Hichri F., Barrieu J., Bogs C., Kappel S., Delrot V. 2011.** Lauvergeat Recent advances in the transcriptional regulation of the flavonoid biosynthetic pathway, 62:2465-2483

-I-

INAF; 2007. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), Université Lavai.

IPGRI Et CIHEAM, 2003. Descriptors for Fig. International Plant Genetic Resources. Institute (IPGRI), Rome, Italy, and International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France, 52 p.

Irudayaraj S.S., Christudas S., Antony S., Duraipandiyar V, Al-Dhabi Naif A., Ignacimuthu S. 2017. Protective effects of *Ficus carica* leaves on glucose and lipids levels, carbohydrate metabolism enzymes and β -cells in type 2 diabetic rats. *Pharmaceutical biology*, 55(1):1074-1081

-J-

J. Craig Venter, 2000 « Genome Sequencing », Genome News Network is an editorially independent online, - 2004 J. Craig

Jain R., Jain S., Jain S.C. 2007. Secondary metabolites from *Ficus carica* roots. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A.*, 77: 99–100

Jeddi L., 2009. Valorisation des figues de Taounate. Potentiel, mode et stratégies proposées. Rapport direction provinciale d'agriculture de Taounate, Maroc, 29 p.

Jones P. J., AbuMweis S. S. 2009. Phytosterols as functional food ingredients: Linkages to cardiovascular disease and cancer. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 12: 147–51.

Joseph B., Justin Raj S. 2011. Pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn –An overview, *International Journal of PharmTech Research*, 3(1):8-12. 841–2846

-K-

Kamiloglu S. and Capanoglu E. 2015. Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): Effect of sun-drying. *International Journal of Food Properties*. 18: 521–535.

Karagözler A.A., Erdag B., Emek Y.G., Uygun D.A. 2008. Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastata*, *Food Chemistry*, 111: 400-407.

Khadari B, I. Hochu, S. Santoni, F. Kjellberg 1994. Identification variétale et ressources génétiques chez le figuier (*Ficus carica* L.) : Utilisation des marqueurs RAPD. Quel avenir pour l'amélioration génétique .Ed. AUPELFUREF. John Libbey Euro text. Paris O 1994, pp. 399-412.

Khadari B., Hochu I., Bouzid L., Roger J.P., Kjellberg F., 2003. The use of microsatellite markers for identification and genetic diversity evaluation of the fig collection in CBNMP. *International Society for Horticultural Science.*, (605) : 77–86.

Khadari B., Hochu I., Santoni S., Kjellberg F., 2001. Identification and characterization of microsatellite loci in the common fig (*Ficus carica* L.) and representative species of the genus *Ficus*. *Molecular Ecology.*, (1) :191–193.

Khanfir E., 2015. Identification of genetic diversity of *Ficus carica* : Morphological and molecular characterization of varieties from Kerkennah. Editions Universitaires Européennes. Saarbrücken, Allemagne, 106 p.

KHELDOUN, S., KHELDOUN, A. 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétique. INRAA.

Kherbouche et Rabah Samia 2016 : Etude in vivo de l'effet anti-hyperlipidémie des extraits (feuilles, fibres et des rameaux) de figuier *Ficus carica* L. these de master.universite de Bejaia.Algerie

Kim J.S., Kim Y.O., Ryu H.J., Kwak Y.S., Lee J.Y., Kang H. 2003. Isolation of stress-related genes of rubber particles and latex in fig tree (*Ficus carica*) and their expressions by abiotic stress or plant hormone treatments. *Plant and Cell Physiology.*, 44: 412–9.

Koechlin-Ramonatxo C., 2006. Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydants ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et*

métabolisme, 20(4) : 165-177

Konaté I., 2007. Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. Thèse de Doctorat, Université. Rabat, Maroc, 196 p.

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-

Lansky E.P., Helena M.P. 2011. Figs The Genus *Ficus* Traditional Herbal Medicines for Modern Times. Volume 9, by Taylor and Francis Group, LLC New York USA.

Legay J.M., Barbault R. 1995. Une révolution silencieuse dans les sciences de la nature, in : La révolution technologique en écologie. Masson, Paris.

Lesgards J.F. 2000. Contribution à l'étude du statut antioxydant de l'homme : Aspects chimiques et biochimiques Thèse de doctorat en Chimie. Biochimie

LODE, T. 1998. Cours de génétique des populations. France : ellippes. Les rosales

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.

Loredana F. C., Pasquale P., Petronia C., Antonio D.L., Pasqualina W., 2015.

Determination of the genetic relatedness of fig (*Ficus carica* L.) accessions using RAPD fingerprint and their agro-morphological characterization. *South African Journal of Botany* 97 (2015) 40–47.

-M-

Macheix J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C. 2005. Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Suisse : Lausanne, Presses polytechniques et universitaires Romandes.

Mahmoudi S., Khali M., Benkhaled A., Benamirouche K., Baiti I. 2016. Phenolic and flavonoid contents, antioxidant and antimicrobial activities of leaf extracts from ten Algerian *Ficus carica* L. varieties, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6 (3) :239-245

Manik S., Abid R., Mehak S. 2017. Phytochemical screening and thin layer chromatography of *Ficus carica* leaves extract. *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, 5(1):18-23,

Mansouri, A. et Embarek, G. et Kokkalou, E. et Kafalas, P. 2005. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*. (89) :411-420

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

Maruyama S., Miyoshi S., Tanaka H. 1989. Angiotensin I-converting enzyme inhibitors derived from *Ficus carica* *Agricultural and Biological Chemistry* 53: 2763–7

Mavsar D.B., Jakse J., Javornik B., 2008. Development of Molecular Markers for Identification of Fig Varieties in Istria: 84-89 pp. In *The Common Fig (Ficus carica L.) in Istria. Morphological, Molecular and Some Chemical Characteristics*. University of Primorska, Science and Research Centre Koper, Publishing House Annales. Project RGFI Revitalization of Fig Cultivation in Istria, 104 p.

Meghana R. J., Gayathri R., Vishnu P. V. 2017. Phytochemical analysis and antioxidant activity of aqueous peel extract of *ficus carica* (fig extract) by DPPH, nitrous oxide method. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research.*, 43(2): 148-151

Meitei K.V. and Ali S.A. 2012. Fig leaf extract and its bioactive compound psoralen induces skin darkening effect in reptilian melanophores via cholinergic receptor stimulation. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Animal*. 48: 335–339.

MICHEL AUBINEAU. 2002. La rousse agricole

Mijit, M., He, Z., Hong, J., Lu, M.-G., Li, S.-F. et Zhang, Z.-X. 2017. Analyse du type et

de la distribution du virus du figuier en Chine. Journal of integrative agriculture. 16:1417-1421.

Mkedder I., Chahbar Ilias., Gaouar S B S., 2021 Characterization and Morphological Typology Of Fig Variety (*Ficus carica*) In The Tlemcen Region. Revue Génétique et Biodiversité

Mokbel, W & Hashinaga, B. 2005. The Radical Scavenging Activities of *Radix puerariae* Isoflavonoids: A Chemiluminescence Study. Food Chemistry, 86,525-529. In: Nithiya, T & Udayakumar, R. (2016). *In Vitro* Antioxidant Properties of Phloretin-an Important Phytocompound. Journal of Biosciences and Medicines, 4, 85-94

Monqith A.A; Luma Burhan Kh. 2014. Antimicrobial activity of fig (*Ficus carica* Linn.) leaf extract as compared with latex extract against selected bacteria and fungi, Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences, Vol (22) : 5.

Muanda F. N. 2010. Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques Thèse de Doctorat, Université Paul Verlaine-Metz, 55-86

Murray, Bender, Botham, Kennelly, & Rodwell. 2010. Biochimie de Harper. 4, 56. (L. Domenjoud, Trad.) Paris: De boeck.

-N-

Nacz, M & Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 41(5), 1523-1542.

Nagaraju E., Harika C., Neelima S. K., Kumar S., Reddy V., Madhuri K., PhaniKasvr S. 2012. Phytochemical screening and isolation of coumarin compounds from medicinal plant Vacha bark. Journal of Atoms and Molecules, 2: 149-154.

Nithiya, T. et Udayakumar, R. 2016. Propriétés antioxydantes *in vitro* de la phlorétine – un phytocomposé important. Journal of Biosciences and Medicines , 4 , 85-94

Noori Taha Alkhafaji , Waad Sabri Shaher. 2020 The protective effect of common fig (*Ficus carica* L.) leaves extract on testes of white rats (*Rattus norvegicus*) against paracetamol (Acetaminophen) drug Department of Biology, College of Science, Mosul University , M ;osul , Iraq

Nurlyana B., Norhayati M., Norazlin A., Balkis T., Samsiah J., Siew T. 2018. Effect of processing temperature on antioxidant activity of *Ficus carica* leaves extract. Journal of Science and technology, 10 (2): 99-103

-O-

Ojala T. 2001 Biological Screening of Plant Coumarins, PhD Thesis, University of Helsinki, Helsinki, Finland

Oliveira A.P., Silva L.R., Ferreres F. 2010. Chemical assessment and in vitro antioxidant capacity of *Ficus carica* latex. Journal of Agricultural and Food Chemistry., 58: 3393–8.

Oliveira A.P., Valentao 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: 2841-2846.

Orban J. 2011. Oxygène, stress oxydant. Désordres métaboliques et réanimation, 428-435.

OTOUL, E. 2002. Amélioration des plantes : application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Belgique : Les presses agronomiques de Gembloux.

Oukabli A., 2003. Le figuier: un patrimoine génétique diversifié à exploiter. Transfert detechnologie en agriculture, Ministère de l'agriculture, Maroc, PNTTA (106) : 4 p.

Oukabli A., Mamouni A., Laghezali M., Ater M., Roger J.P. and Khadari B. 2003. Local caprifig tree characterization and analysis of interest for pollination. Acta Horticulturae. 605: 61-64.

-P-

- Pande G., Akoh C.C., 2009.** Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food Chemistry*, 120 (03) : 1067–1075.
- Park H. J., et Cha H. C. 2003.** Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho. *Ko-rean journal of biological society*, 7 : 327-330.
- Pérez C, Canal J, Campillo J, Romero A, Torres M. 1999.** Hypotriglyceridaemic activity of *Ficus carica* leaves in experimental hypertriglyceridaemic rats, *Phytotherapy Research*, 13(3):188–191.
- Pisoschi, A.M., Cheregi, M.C & Danet, A.F. 2009.** Total Antioxidant Capacity of Some Commercial Fruit Juices: Electrochemical and Spectrophotometrical Approaches. *Molecules*, 14(1), 480-493.
- Pérez C, Canal J, Campillo J, Romero A, Torres M. 2000.** Activité hypoglycémiant d'un extrait aqueux de feuilles de *ficus carica* (figuier) chez des rats diabétiques à la streptozotocine. *Biologie pharmaceutique*, 38(3) : 181-186
- Perez Jiménez, M., López, B., Dorado, G., Pujadas Salvá, A., Guzmán, G. and Hernandez, P. 2012.** Analysis of Genetic Diversity of Southern Spain Fig Tree (*Ficus carica* L.) and Reference Materials as a Tool for Breeding and Conservation. *Hereditas*, 149, 108-113.
- Peronny S., 2005.** La perception gustative et la consommation des tannins chez le MAKI (*Lemur Catta*). Thèse de Doctorat en Eco-Ethologie. Muséum national d'histoire naturelle Discipline
- Peter Bauwens 2008.** Figs de tous pays. Edisud.
- Polat A.A., Caliskan O., 2008.** Fruit characteristics of table fig (*Ficus carica*) cultivars i subtropical climate conditions of the Mediterranean region. *New Zeal. journal of Crop and Horticultural Science.*, (36) :107–115.
- R-**
- RAJ J.S., BABY J., 2011.** Pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus caric* Linn –Anoverview. *Inter. Research Journal of Pharmacy and Technology*, 3 (1): 08-12.
- Ramawat K.J. 2008.** Bioactives molecules and medicenal plant. Ed Sringer Verlag Berlin Héidelberg.
- Ramgopal M., Muniswamy G., Balaji M., Neil A., K. Md., Shahidul I. 2018.**The effects of *Ficus carica* on the activity of enzymes related to metabolic syndrome. *Journal of food and drug analysis*, 26: 201 -210
- Ravipati A. S., Lin Z., Sundar R., Koyyalamudi, Sang C., Jeong, Narsimha R., John B., Paul T., Smith, Kirubakaran S., Gerald M., Ming Jie W.Manavalan S., Balaram V. 2012.** Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected Chinese medicinal plants and their relation with antioxidant content.*BMC complementary and alternative medicine*, 12(1):173
- Resmi M., Vidhyalakshmi M., Venkatasubramanian S.2019.** Microwave assisted rapid extraction and characterization of coumarin from fig plant (*ficus carica*). *Asian journal of science and applied technology*, 8 (1): 1-4
- Ribéreau-Gayon J., Peynaud E. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux, traités d'oenologie. Ed dunod, Paris.
- Richard T., Tamsamani H., Delaunay J., Krisa S., Mérillon J. 2014.** Stilbènes : de la chimie a la neuroprotection. . *Cahiers de Nutrition de diététique*, 49(4):173-180.
- RICHARD, E. 2006.** Estimation de la diversité des variétés inscrites au Catalogue français des espèces agricoles cultivées Réflexions préalables à la mise en place d'indicateurs de la diversité génétique disponible. GEVES Brion

Risa Purnamasari , Dwi Winarni , Adita Ayu Permanasari , Eva Agustina , Suhailah Hayaza , Et Win Darmanto. 2019 Activité anticancéreuse de l'extrait méthanolique de feuilles et de fruits de *Ficus carica* contre la prolifération, l'apoptose et la nécrose des cellules Huh7it.

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.

Roger J.P. 2003. La conduite du figuier (*Ficus carica* L.), Famille des Moracees, Genre Ficus. Actes de la Journée Figuier de l'INRA Maroc: Potentialités et perspectives de développement de la figue sèche au Maroc. 32-41.

Rubnov S., Kashman Y., Rabinowitz R., Schlesinger M., Mechoulam R. 2001. Suppressors of cancer cell proliferation from fig (*Ficus carica*) resin: Isolation and structure elucidation. *Journal of Natural Products.*, 64: 993–6.

-S-

Saddoud, Offa, Amel Salhi-Hannachi, Khaled Chatti, Messaoud Mars, Abdelmajid Rhouma, Mohamed Marrakchi, et Mokhtar Trifi. 2005 « Diversité génétique et caractéristion des Cultivars Tunisiens de figuier (*Ficus Carica* L.) par Marqueurs Microsatellites ». *Fruits* 60, no. 2: 143-153.

Salah N., Miller N.J., Paganga G., Tijburg L., Bolwell G.P., Rice-Evans C. 1995. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Archives of Biochemistry and Biophysics.*322(2):339-46.

Sanchez J., Melgarejo P., Hernandez F. and Martinez J. 2003. Chemical and morphological characterization of four fig tree cultivars (*Ficus carica* L.) grown under similar culture conditions. *Acta Horticulturae.* 605: 33-36.

Santana C.A.R. 2008. Topical pharmaceutical composition. Brazilian Patent Application BR 2006-2051 Braz. Pedido PI.

Sapra B., Jain S., Tiwary A.K. 2008. Percutaneous permeation enhancement by terpenes Mechanistic view. *AAPS Journal.*, 10: 120–32.

Scherer, R. et Teixeira-Godoy, H. 2009. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry* 112(3):654-658

Scotto la Massese C., Deportes L., Mercier S. and Roger J.P. 1983. Les principaux ennemis du figuier. *Phytoma.* (353/354): 37-41.

Shukla O.P., Krishna Murti C.R. 1971. Biochemistry of plant latex. *Journal of Scientific and Industrial Research.*, 30:640–62.

Singleton V. L., Rossi J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Technology and Viticulture*, (16): 144-153

Sirisha N., Sreenivasulu M., Sangeeta K., Madhusudhana Chetty C. 2010. Antioxidant properties of *ficus* species – a review. *International journal of pharmtech research*, 2(4) : 2174-2182

Soilhi, Z., Rhimi, A., Heuskin, S., Fauconnier, M. L., & Mekki, M. 2019. Essential oil chemical diversity of Tunisian *Mentha* spp. Collection. *Industrial Crops and Products*

SOLIMAN, H. I., GABR, M., & ABDALLAH, N. 2010. Efficient transformation and regeneration of fig (*Ficus carica* L.) via somatic embryogenesis. 47-58. Cairo, Egypte: Department des ressources génétiques végétales

Solomon A., Golubowicz S., Yablłowicz Z. et al. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, 54:7717–23.

Solomon, A., Golubowicz, S., Yablłowicz, Z., Bergman, M., Grossman, S., Altman,

A., Kerem, Z., Flaishman, M.A., 2010b. Protection of fibroblasts (NIH-3T3) against oxidative damage by cyanidin-3-rhamnoglucoside isolated from fig fruits (*Ficus carica* L). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58, 6660–6665.

Sosa V, Moliné T, Somoza R, Paciucci R, Kondoh H, Leonart ME 2013. Oxidative stress and cancer: An overview. Ageing Research Review

Storey W.B. 1975. Figs. In: Janick J. and Moore J. (eds). Advances in fruit breeding. Purdue University Press. Indiana. 568-589

SunB., Ricardo-da-Silva J.M., Isabel S., 1998: Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 4267-4274.

-T-

TAGU, D., & MOUSSARD, C. 2003. Principes des techniques de biologie moléculaire 2ème édition. Paris : INRA.

Tahereh E., Saeideh A., Arezu A., Abbas D., Mahdiyeh P., Siew H. G., Moslem N. 2015. Methanolic extract of *ficus carica* L. Leaves exerts antiangiogenesis effects based on the rat air pouch model of inflammation. Evidence-based complementary and alternative medicine.

Teixeira D.M., Patão R.F., Coelho A.V., da Costa C.T. 2006. Comparison between sample disruption methods and solid–liquid extraction (SLE) to extract phenolic compounds from *Ficus carica* leaves. Journal of Chromatography A, 1103: 22–8.

Thomas, M. 2011. Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*). Thèse, université D'orléans

Thomford. N. E., Dzobo K., Chopera D., Wonkam A., Skelton M., Blackhurst D. 2015 Pharmacogenomics implications of using herbal medicinal plants on African populations in health transition. Pharmaceuticals (Basel), 8:637–63

Tous J., Ferguson L. (1996). Mediterranean fruits.. In: J. Janick (ed.), *Progress in New Crops* ASHS Press, Arlington, VA. p.416-430.

Tous J., Ferguson L. 1996. Mediterranean fruits.. In: J. Janick (ed. ASHS Press, Arlington, VA. p.416-430.), *Progress in New Crops*

Trad M. 2012. Paramètres de qualité organoleptique et nutritionnelle chez la figue (*Ficus carica* L.): effets de la caprification et de l'environnement du fruit. *Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques*. Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem..

Trad M., Le Bourvellec C., Gaaliche B., M.G.C. Renard C. and Mars M. 2014. Nutritional compounds in figs from the Southern Mediterranean region. *International Journal of Food Properties*. 17 (3) : 491-499. doi: 10.1080/10942912.2011.642447

-U-

Udayakumar, R. 2016. In Vitro Antioxidant Properties of Phloretin-an Important Phytocompound. Journal of Biosciences and Medicines, 4, 85-94

UPOV. 2010. Figuier, *Ficus carica*. Principe directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité. Genève : Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales.

-V-

Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M & Mazur, M. 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 160(1), 1-40.

Vaya J., Mahmood S. 2006. Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L.), carob (*Ceratonia siliqua* L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *Biofactors*, 28:169–75.

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

Vidaud J., 1997. - Le Figuier : Monographie. Edition Centre Technique Interprofessionnel

des Fruits et Légumes. Paris.

Vinson J. A., Zubik L., Bose P., Samman N., Prosch J. 2005: Dried fruits: excellent i vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition.*, 24(1): 44-50

Vinson, J. A. 1999. Functional food properties of figs. *Cereal Foods World*, 44(2): 82-87.

-W-

Wagner W.L., Herbs D.R., Sohmer S.H. 1999. Manual of the Flowering Plants o Hawai'i. 2 vols. Bishop Museum Special Publication 83. University of Hawai'i and Bishop Museum Press, Honolulu, HI.

Walali L., Skiredj A., et Alattir H., 2003. L'amandier, l'olivier, le figuier, le grenadier Transfert de technologie en agriculture, Ministère de l'agriculture, Maroc, PNTTA (105) :4 p

Wang G., Wang H., Song Y., Jia C., Wang Z., Xu H. 2004. Studies on anti-HSV effect of *Ficus carica* leaves. *Zhong Yao Cai* .*Journal of Chinese Medicinal Materials*, 27:754-6.

Wong S. P., Leong L. P., et William Koh J. H. 2006. Antioxidant activities of extracts of selected plants. *Food chemistry*, 99 :775-783

-Y-

Yancheva S.D., Kerem Z. and Haklay E. 2008b. Molecular breeding in fig (*Ficus carica*) by the use of genetic transformation. *Acta Horticulturae*. 798: 151-158

Yarnell E. 2007. plantchemistry in veterinary medicine: Medical constituents and their mechanisms of Action. In: veterinary herbal medicine. Ed mosby elsevier, st louis : 159-182

Yemis O., Bakkalbasi E. and Artik N. 2012. Changes in pigment profile and surfac colour of fig (*Ficus carica* L.) during drying. *International Journal of Food Science and Technology*. 47: 1710-1719

Yu Zhang Youzhong Wa Bo Huo Boyuan L Yue Jin Xin Hu .2018. cell cycle, and migration of triple-negative breast cancer MDA-MB-231 cells, Jilin University, Changchun, Jilin, People's Republic of China.

-Z-

Zuodong J., Chase K., Joe C. 2016. Extraction and analysis of terpenes/terpenoids. *Current protocols in plant biology*, 1: 345–358.

Table. Maximum Likelihood fits of 24 different nucleotide substitution models

Model	Parameters	BIC	AICc	lnL	(+I)	(+G)	R	f(A)	f(T)	f(C)	f(G)	r(AT)
	r(AC) r(AG) r(TA)	r(TC)	r(TG)	r(CA)	r(CT)	r(CG)	r(GA)	r(GT)	r(GC)			
K2+G	43	2564.006	2311.589	-1112.084	n/a	1.21	1.17	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	0.250	0.058	0.058	0.135	0.058	0.135	0.058	0.058	0.135	0.058	0.135	0.058
K2+G+I	44	2571.909	2313.655	-1112.084	0.00	1.21	1.17	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	0.250	0.250	0.058	0.058	0.135	0.058	0.135	0.058	0.058	0.135	0.058	0.135
	0.058											
T92+G44	2572.370	2314.116	-1112.314	n/a	1.21	1.17	0.248	0.248	0.252	0.252	0.057	0.058
	0.252	0.057	0.058	0.136	0.057	0.136	0.058	0.057	0.133	0.058	0.133	0.057
	0.058											
T92+G+I	45	2580.273	2316.185	-1112.314	0.00	1.21	1.17	0.248	0.248	0.252	0.252	0.057
	0.252	0.252	0.057	0.058	0.136	0.057	0.136	0.058	0.057	0.133	0.058	0.133
	0.058											
JC+G	42	2580.478	2333.899	-1124.271	n/a	1.33	0.50	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	0.250	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
HKY+G	46	2583.975	2314.053	-1110.213	n/a	1.19	1.17	0.266	0.229	0.268	0.236	0.053
	0.268	0.236	0.053	0.062	0.128	0.061	0.145	0.054	0.061	0.124	0.054	0.144
	0.062											
K2+I	43	2585.010	2332.593	-1122.586	0.13	n/a	1.06	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	0.250	0.061	0.061	0.129	0.061	0.129	0.061	0.061	0.129	0.061	0.129	0.061
JC+G+I	43	2588.381	2335.964	-1124.271	0.00	1.33	0.50	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	0.250	0.250	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
	0.083											
TN93+G	47	2590.052	2314.297	-1109.300	n/a	1.19	1.19	0.266	0.229	0.268	0.236	0.052
	0.268	0.236	0.052	0.061	0.105	0.061	0.172	0.054	0.061	0.147	0.054	0.119
	0.061											
K2	42	2591.767	2345.188	-1129.916	n/a	n/a	1.00	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	0.250	0.062	0.062	0.125	0.062	0.125	0.062	0.062	0.125	0.062	0.125	0.062
HKY+G+I	47	2591.878	2316.124	-1110.213	0.00	1.19	1.17	0.266	0.229	0.268	0.236	0.053
	0.268	0.236	0.053	0.062	0.128	0.061	0.145	0.054	0.061	0.124	0.054	0.144
	0.062											
T92+I	44	2593.286	2335.032	-1122.772	0.13	n/a	1.06	0.248	0.248	0.252	0.252	0.060
	0.252	0.060	0.061	0.130	0.060	0.130	0.061	0.060	0.127	0.061	0.127	0.060
	0.061											
TN93+G+I	48	2597.955	2316.370	-1109.300	0.00	1.19	1.19	0.266	0.229	0.268	0.236	0.052
	0.268	0.236	0.052	0.061	0.105	0.061	0.172	0.054	0.061	0.147	0.054	0.119
	0.061											

