

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Microbiologie Appliquée et
Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم
التغذية

Mémoire de Master
Filière : Sciences Alimentaires
Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

**Les figes fraîches (*Ficus carica* L.) : Qualité physicochimique,
nutritionnelle et activité antioxydante.**

Membres de Jury

Président : Dr. BOUBZARI M T.

Examineur : Dr. Dairi S.

Encadrant : Dr. BOUSSOUF L.

présenté par :

-MESBOUT Imene

-MESTAR Meriem

-MERIKHI Amina

Année universitaire 2019/2020

Numéro d'ordre :

Remerciements

C'est avec un réel plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail.

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant pour nous avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promotrice, Mme BOUSSOUF Lilia, Docteur au département de Microbiologie Appliquée et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed Seddik Benyahia de Jijel, d'avoir accepté la direction scientifique de notre projet de fin de cycle. Qu'elle soit rassurée de notre profonde gratitude.

Nous sommes très honorées à remercier :

Monsieur BOUBZARI Mohamed Tahar, Docteur, à l'Université Mohamed Seddik Benyahia de Jijel, pour le grand privilège qu'il nous a fait d'avoir accepté la présidence de notre jury de soutenance. Qu'il soit assuré de notre respectueuse considération.

Monsieur Dairi Soufian, Docteur, à l'Université Mohamed Seddik Benyahia de Jijel, d'avoir accepté de consacrer du temps à examiner et juger ce travail.

A nos très chers parents,

Merci pour votre présence à nos côtés, votre soutien au cours de nos études et pour tout ce que vous nous avez offert pour en arriver là. Nous ne pourrions jamais vous récompenser. Nous vous aimons

Nous tenons aussi à remercier nos très chers amis; Chouaib, Loukmen, Fatima, Farida, Zahra , Dalila et Fatiha pour leur soutien, leur gentillesse et leur sympathie en leur souhaitant bon courage et bonne continuation.

Sommaire

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Aspect agronomique du figuier <i>Ficus carica L.</i>	
I.1. Généralités sur le figuier	3
I.2. Classification botanique	3
I. 3. Biologie du figuier	4
I.3.1. Le figuier mâle	4
I.3.2. Le figuier femelle	5
I.3.3. Le blastophage	5
I.4. Description du figuier	6
I.5. Morphologie du figuier	7
I.5. 1. Les bourgeons	7
I.5.2. L'inflorescence	7
I.5. 3. Les fleurs	7
I.5. 4. Le fruit	8
I.6. Cycle de développement	8
I.7. Agro-écologie du figuier	8
I.8. Répartition géographique du figuier	9
I.8.1. Dans le monde	9
I.8.2. En l'Algérie	10
I.9. Les problèmes liés à la culture du figuier	12
Chapitre II : La figue	
II.1. Description et morphologie	13

II.2. Classification des figes	13
II.2.1. Les figes persistantes	13
II.2.2. Les figes caduques (type Smyrna).....	14
II.2.3. Les figes intermédiaires (type San Pedro)	14
II.2.4. Les caprifiges.....	14
II.3. Reproduction et maturité	14
II.4. Composition et valeur nutritive de la fige	15
II.4.1. Les glucides	15
II.4.2. Les protéines et les acides aminés	16
II.4.3. Les lipides.....	17
II.4.4. Les fibres alimentaires.....	17
II.4.5. Les vitamines	17
II.4.6. Les minéraux	18
II.4.7. Les acides organiques	18
II.5. Propriétés thérapeutiques de la fige	18
II.6. Production.....	19
II.6.1. La production mondiale.....	19
II.6. 2. La production algérienne	20
II.7. Technologie de la fige	20
II.7.1. Transformation et utilisation de la fige.....	20
II.7.1.1. La fige sèche	21
II.7.1.2. La confiture de fige.....	22
II.7.1.3. Le sirop de fige	23
II.7.1.4. Le lait fermenté enrichi de fige.....	24
II.7.1.5. Le vinaigre de fige	25
II.7.2. Conditionnement de la fige.....	26
Chapitre III : Profil phénolique de la fige et son pouvoir antioxydant	
III.1. Les composés phénoliques	28
III.2. Les acides phénoliques.....	28
III.3. Les flavonoïdes	29
III.4. Les flavonols	30
III.5. Les anthocyanes	31
III.6. Les tanins.....	32
III.6.1. Les tanins condensés (proanthocyanidine)	32

III.6.2. les tanins hydrolysables.....	32
III.7. Les caroténoïdes.....	33
Chapitre IV : Etudes antérieures sur <i>Ficus carica</i> L.	
IV.1. Etudes antérieures traitant la qualité nutritionnelle.....	36
IV.2. Etudes antérieures traitant la qualité physicochimique.....	40
IV.3. Etudes antérieures traitant le dosage des composés phénoliques et l'activité antioxydante	43
V. Conclusion.....	50
Références bibliographiques	53
Résumé	

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

ARN : Acide Ribonucléique.

AT : Acidité Titrable.

BSA : Solution De Sérum Albumine Bovine

BRIX[°] : Degrés Brix

DCIP : Dichloro-Indophénol.

DPPH: 1,1-Diphenyl-2-Picryl-Hydrazyl.

EAG : Equivalent Acide Gallique.

EAT: Equivalents Acide Tannique.

EC : Endothelial Cell-cellule Endothéliale.

EC: Equivalent Catéchine.

ECG: Equivalents Cyanidine -3-Glucosie.

EQ : Equivalent Quercétine.

Ha: Hectare.

HDL : High Density Lipoprotein.

HHDP: Hexahydroxydiphénique.

HR : Humidité relative.

HPLC-DAD-MS: High-performance liquid chromatography-diode array detection-electrospray Ionization/mass spectrometr.

IM : Indice De Maturation.

ITAF : Institut Technique De L'arboriculture Fruitière.

LDL : Low Density Lipoprotein.

MADR : Ministère De L'agriculture Et Du Développement Rural.

MAP: Modified Atmosphere Packaging (emballage sous atmosphère modifiée).

MF : Matière Fraiche.

MS : Matière Sèche.

Nmm :Newton millimètre

PF: Poids Frais.

pH : Potentiel Hydrogène.

PS: Poids Sec.

SST : Les Solides Solubles Totaux.

Liste des figures

Liste des figures

Figure 01: Structure d'une caprifigue et des fleurs mâles et femelles	4
Figure 02: Différence entre la fleur femelle chez le figuier mâle et le figuier femelle.....	5
Figure 03: Cycle biologique simplifié du figuier et de son pollinisateur.....	6
Figure 04: Rameaux de <i>Ficus carica</i> L. portant des fruits.....	7
Figure 05: Caractéristiques morphologiques de la figue.....	13
Figure 06: (a) figue immature; (b) figue mature	15
Figure 07: Les différentes étapes de développement des fruits, l'extérieur comme à l'intérieur	15
Figure 08: Diagramme de fabrication de la figue sèche	22
Figure 09: Diagramme de fabrication de la confiture de figue	23
Figure 10: Diagramme de fabrication du sirop de figues.....	24
Figure 11: Diagramme de fabrication du lait fermenté enrichi de figues	25
Figure 12: Diagramme de fabrication du vinaigre de figue	26
Figure 13: Produit conditionné.....	27
Figure 14: Structure de quelques acides phénoliques rencontrés dans la figue	29
Figure 15: Structure de base d'un flavonoïde	29
Figure 16: Structure des flavonols	30
Figure 17: Structure des anthocyanidines	31
Figure 18: Structure de la catéchine, de l'épicatéchine et d'un tanin condensé.....	32
Figure 19: Structure de l'acide gallinique, de l'acide hexahydroxydiphénique et d'un tanin gallique	33
Figure 20: Structure de quelques caroténoïdes	35
Figure 21: Structures de l' α -carotène et de la lutéine	35

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 01: Répartition des espèces arboricoles en Algérie par région (vigne et palmiers dattiers non compris).....11

Tableau 02: Composition en acides aminés des figues fraîches et sèches.....16

Tableau 03: Composition en minéraux des figues fraîches18

Tableau 04: Production mondiale de la figue (Tonnes).....20

Introduction

Introduction

La figue, produit de l'arboriculture fruitière, est le fruit du figuier, un arbre de la famille des *Moraceae*, qui est l'emblème du bassin méditerranéen où il est cultivé depuis des millénaires (Slatnar et al., 2011) . Elle est consommée généralement sous sa forme fraîche ou après séchage (Faleh et al., 2012 ; Stalin et al., 2012).

Dans la région du nord de la Méditerranée, les figuiers produisent une ou deux cultures par an, selon le cultivar (Veberic et al., 2008). Chaque année, plus d'un million de tonnes de figues fraîches sont récoltées sur 308 460 hectares dans le monde. Les pays méditerranéens sont les principaux producteurs de figues. L'Algérie produit 12,54% de la récolte mondiale totale de figues (FAO, 2016)

En Algérie, les figuiers sont cultivés dans tout le pays (littoral, steppique et zones sahariennes) en raison de son adaptation pédoclimatique, de ses valeurs nutritionnelles et thérapeutiques, et de sa place dans les pratiques culinaires des Algériens. La production algérienne de figues est concentrée principalement dans la zone montagneuse de la kabylie (Bejaia et Tizi-Ouzou représentent respectivement 27% et 13% de la production nationale totale) (MADR, 2012).

Ces fruits ont des formes, des couleurs, des goûts, des propriétés technologiques et thérapeutiques qui diffèrent entre les variétés et sont généralement nommés en fonction de leur forme, de leur couleur et de la région dans laquelle ils sont le plus cultivés. Récemment, l'Institut technique de l'arboriculture fruitière en Algérie a décrit 40 variétés, dont des variétés comestibles et des types de caprifigue (Chouaki, 2006; Meziant et al., 2015).

La figue présente une excellente source d'énergie et de nutriments due à sa richesse en sucres, fibres et sels minéraux (Imran et al., 2011). Elles sont sans gras et sans cholestérol et renferme de nombreuses substances bioactives tels que les vitamines (vitamines C et E) (Guvenc et al., 2009) et les composés phénoliques à fort potentiel antioxydant (Slatnar et al., 2011) dont les flavonoïdes et les anthocyanes (Vinson, 1999).

Il est connu que la qualité des fruits frais dont la figue est déterminée par la composition nutritionnelle et bioactive, mais également par d'autres paramètres liés aux caractéristiques sensorielles, notamment la fermeté, l'aspect visuel, le goût et l'arôme. Récemment beaucoup d'investigations se sont intéressées à la qualité de ce fruit que ça soit nutritionnelles physicochimiques ou pharmacologiques.

Notre mémoire est une synthèse bibliographique englobant quatre chapitres:

- Le premier chapitre traite l'aspect agronomique du figuier

- Le deuxième chapitre sera consacré au fruit (description et morphologie, classification, reproduction et maturité, composition et valeur nutritive, propriétés thérapeutiques, production et technologie de la figue)
- Le troisième chapitre illustre le profil polyphénolique de la figue et son pouvoir antioxydant
- Le quatrième chapitre sera consacré aux études antérieures traitant la caractérisation de la qualité physicochimique, nutritionnelle, la composition en polyphénols et l'évaluation de l'activité antioxydante de la figue

Chapitre I

**Aspect agronomique du
figuier *Ficus carica L.***

figuier. *Ficus carica L.*

Chapitre I. Aspect agronomique du figuier *Ficus carica* L.

I.1. Généralités sur le figuier

Le figuier est un arbre nommé au passé mythique *Ficus carica*, à un qualificatif générique qui signifie verrue pour *ficus* (par rapport au latex du figuier qui soigne la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie (Oukabli, 2003). C'est un arbre originaire de l'Asie du sud-ouest de la Méditerranée orientale (Mahmoudi et al., 2018). La plupart se trouvant dans les régions tropicales ou subtropicales et seulement une poignée avec des fruits considérés comme comestibles (Flaishman et al., 2008). Il appartient à la famille des Moracées, qui comprend plus de 1400 espèces classées dans environ 40 genres (Mehraj et al., 2013).

Il se caractérise par un bon développement dans des zones à faible hygrométrie, fort ensoleillement et aux étés chauds et secs, ainsi que par son adaptation à une large gamme de sols (Oukabli, 2003) mais se trouve également en zones tempérées. L'intérêt que l'homme porte au figuier entraîne sa dispersion dans plusieurs régions du monde. Des températures comprises entre 32°C et 37°C sont très favorables au développement et à la maturité des fruits (Walali et al., 2003). Cette espèce possède une étonnante capacité de régénération végétative et de production de fruit sans production des fleurs visibles. Sa production est de deux types: figues de la première récolte ou figues fleurs (El bakkor) et figues de la deuxième récolte ou figues d'automne (karmouce). Les figues fleurs sont formées sur les rameaux défeuillés de l'année précédente (Rameau et al., 2008).

I.2. Classification botanique

Selon Gaussen et al., (1982) l'espèce *Ficus carica*.L est classée:

- Embranchement : phanérogames
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous-classe : Hamamelideae
- Série : Apétales unisexuées
- Ordre : Urticales
- Famille : Moracées
- Genre : *Ficus*
- Espèce : *Ficus carica*.L.

I.3. Biologie du figuier

La biologie florale du figuier est d'un extrême intérêt car elle porte sur des mécanismes de fécondation et d'adaptation particulièrement complexes et précis (Leroy, 1968). *Ficus carica* est caractérisé par des espèces ayant des fleurs unisexuées uniquement c'est-à-dire, les fleurs unisexuées mâles et les fleurs unisexuées femelles et par gynodioécisme (Mars, 2001).

L'inflorescence de la figue est unique au genre, constituée d'un syconium à l'intérieur duquel sont implantées les fleurs qui peuvent donner les vrais fruits, de minuscules druplets pédicellés généralement appelés la "graine" de la figue considéré comme gynodioïque morphologiquement mais fonctionnellement dioïque. Selon le sexe des fleurs du syconium, deux principaux types d'arbres peuvent être distingués (Mars, 2001). Le premier est le caprifigie dans lequel la syconia contient des fleurs pistillées à court terme réparties sur la majeure partie de la paroi interne et des fleurs staminées massées autour de l'intérieur de l'ostiole. L'autre est la figue domestique ou femelle arbre avec la syconia ne contenant que des fleurs pistillées de style long (Mars, 2001).

I.3.1. Le figuier mâle

Les figuiers mâles ou caprifigiers ou « Dokkar », connus à l'état sauvage comme les premiers arbres, produisent des fruits non comestibles et qui sont utilisés seulement pour la pollinisation. Les caprifigies contiennent des fleurs mâles productrices de pollen situées tout autour de l'ostiole et des fleurs femelles à styles courts (brévistylées) importantes pour la reproduction de l'insecte pollinisateur (Figure 01) (Vidaud, 1997).

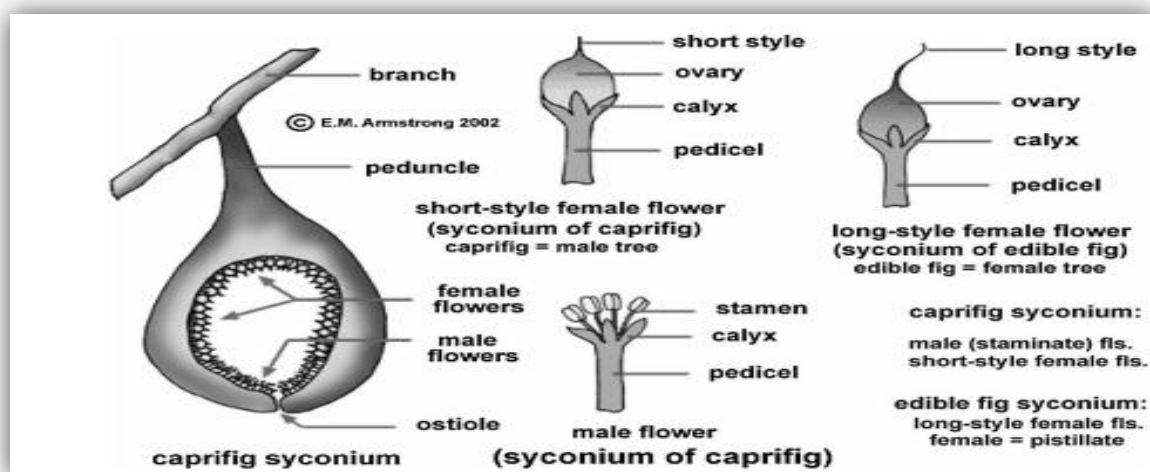


Figure 01: Structure d'une caprifigie et des fleurs mâles et femelles (Stover et al., 2007).

I.3.2. Le figuier femelle

Les figuiers femelles, ou figuiers domestiques, produisent les bonnes figues comestibles. Les fleurs qui constituent le fruit sont uniquement des fleurs femelles à longs styles (longistylées) qui, une fois fécondées par le pollen des caprifigues, donnent les akènes (Vidaud, 1997). Exception faite pour certaines figues consommées, se trouvant précocement mûre en été. Ce sont les figues « fleurs », ou « El Bakor », qui sont constituées de fleurs femelles non fécondées faute de pollen, donc dépourvues de graines et qui parviennent quand même à mûrir par « parthénocarpie » (de *parthenos* et *carpon* qui signifient vierge et fruit, respectivement) (Figure 02) (Garrone et al., 1998).

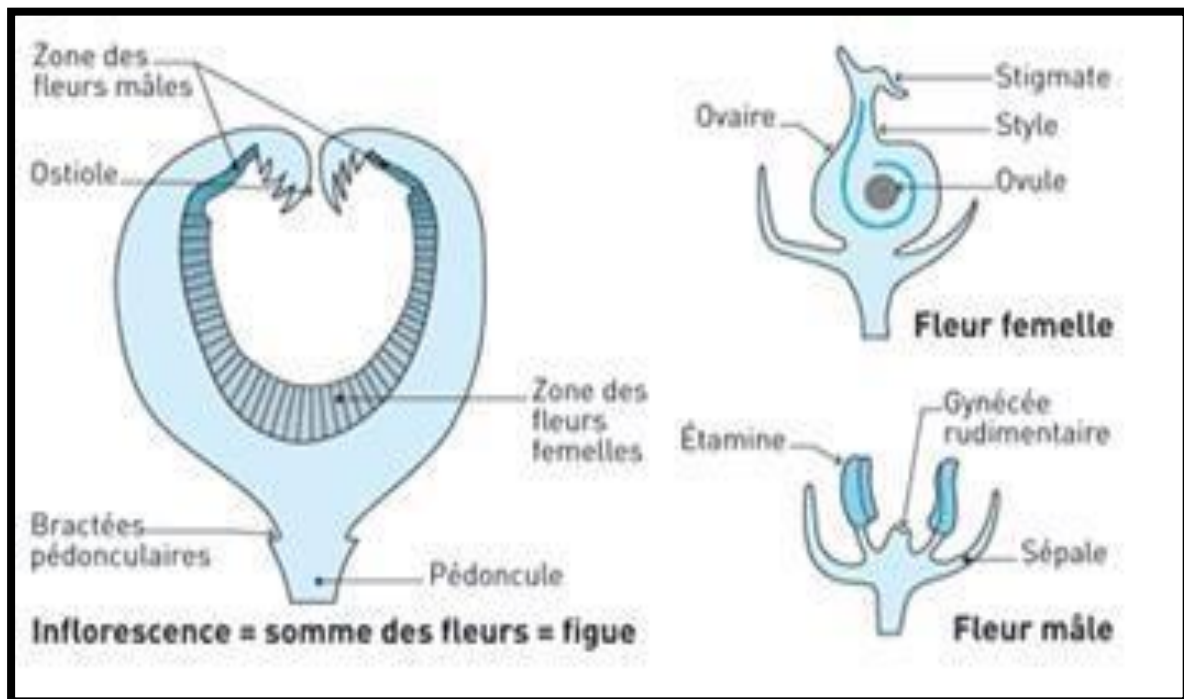


Figure 02: Différence entre la fleur femelle chez le figuier mâle et le figuier femelle (Vidaud, 1997).

I.3.3. Le blastophage

Le pollinisateur de *Ficus carica* est un insecte minuscule, un hyménoptère de l'ordre des *Chalcoideae* et la famille des *Agaonideae* : le blastophage ou *Blastophaga psenes* L. Le figuier ne peut pas être pollinisé naturellement que par le blastophage et celui-ci ne peut pas se reproduire en dehors des fructifications du figuier : ils se sont associés en une véritable unité symbiotique.

Chaque espèce de *Ficus* possède un pollinisateur spécifique, appartenant à la même famille des *Agaonidae* ; il existe autant d'espèces de pollinisateurs que d'espèces de *Ficus*. Chez le blastophage, le dimorphisme sexuel est très prononcé ; le mâle et la femelle sont morphologiquement différents (Figure 03). L'insecte qui remplit le rôle de pollinisation est l'insecte femelle. Elle mesure environ 2 mm de long, noire, ailée, munie d'un ovipositeur qui lui permet de pondre et ayant, à peu près, la même longueur que les styles des fleurs femelles brévistylées des caprifigues. Le mâle est plus petit que la femelle, jaunâtre et sans ailes (Garrone et al., 1998).

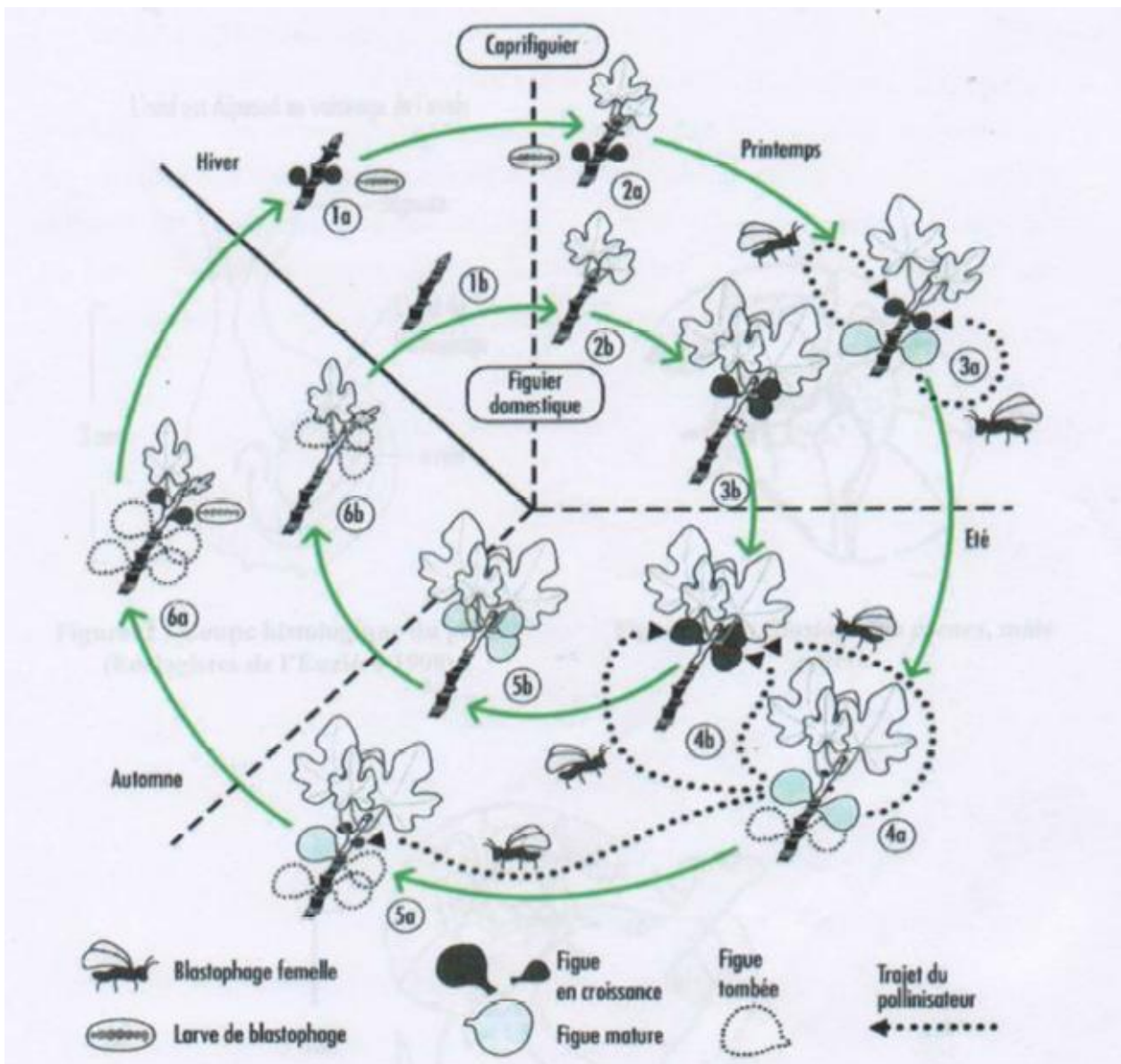


Figure 03: Cycle biologique simplifié du figuier et de son pollinisateur (Vidaud, 1997).

I.4. Description du figuier

Ficus carica L, ou figuier commun est un arbre fruitier de la famille des Moracées du genre ficus et dont le nom scientifique est: *Ficus carica* L, il est considéré comme l'emblème du bassin méditerranéen, où il est cultivé depuis des millénaires. Nos ancêtres ont utilisé les différentes parties de cet arbre, feuilles, latex, écorce et racines à des fins médicinales. Le genre *Ficus* possède en moyenne 850 espèces, et le *Ficus* est probablement le leader de tous les genres de plantes vu le nombre d'espèces dont il dispose (Lansky et Helena, 2011). C'est un arbuste monoïque, de taille variable, à feuilles caduques ou grandes. Il atteint dix à douze mètres de haut avec une écorce grise et lisse. Ses feuilles parfumées sont de 12 à 25 centimètres de long et de 10 à 18 centimètres de diamètre et profondément lobées à trois ou cinq lobes, avec de nombreuses branches et troncs étalés rarement plus de 7 pieds de diamètre (Ahmad et *al.*, 2013). Les fleurs sont regroupées en inflorescences particulières appelées sycones, qui donnent le fruit du figuier (Figure 04) (Bayer et *al.*, 2005). Le latex de la plante est blanc laiteux et contient principalement de la ficine, une enzyme hydrolytique des protéines. Le système racinaire de la plante est généralement peu profond et étalé (Badgujar et *al.*, 2014).



Figure 04: Rameaux de *Ficus carica* L. portant des fruits (Bakshi et *al.*, 1999).

I.5. Morphologie du figuier

I.5.1. Les Bourgeons

L'extrémité de toute la tige présente un bourgeon terminal qui contient tous les éléments de la future tige, ainsi que le méristème terminal qui assure la fabrication de nouvelles parties de la plante (Vidaud, 1997).

A l'aisselle de chaque feuille, ou de cicatrice qu'elle laisse après sa chute, il existe un bourgeon qualifié de latéral ou axillaire. Un examen plus minutieux montre l'existence, en fait, de deux bourgeons : l'un est pointu et à destinée végétative, l'autre est arrondi et à devenir floral. Parfois, deux bourgeons arrondis sont présents de part et d'autre du bourgeon végétatif (Vidaud, 1997).

I.5.2. L'inflorescence

La figue ou sycone est un ensemble de fleurs dans une même structure. Les fleurs ne sont pas visibles à l'extérieur. Elles sont enfermées dans une sorte d'urne, présentant un orifice, l'ostiole, qui s'ouvre à l'opposé du court pédoncule portant la figue (Vidaud, 1997).

I.5.3. Les fleurs

Les fleurs rencontrées dans la figue peuvent être de deux types, soit mâles, soit femelles. Selon leur distribution, l'individu qui les porte sera qualifié de mâle ou constitué uniquement de fleurs femelles. Chez l'individu mâle, la figue contient à la fois des fleurs femelles et des fleurs mâles. Ces dernières sont peu nombreuses et situées tout autour de l'ostiole (Vidaud, 1997).

I.5.4. Le fruit

La figue est un fruit rond dont le poids varie selon les variétés de 30 à 65g. Elle est composée d'une peau externe coloré et une partie interne qui contient un liquide appelé latex riche en protéase et lipase. Ces deux parties représentent 10 et 20 % du poids du fruit (Ouaouich et al., 2005).

I.6. Cycle de développement

La description du cycle biologique commence en hiver, quand la figue et l'insecte (cycle 1a, 1b) sont au repos. Le cycle ne reprend qu'au mois d'Avril avec la mise en place d'une nouvelle pousse du figuier (cycle 2a, 2b) et la reprise du développement des larves du blastophage (cycle 2a), dont la femelle adultes émergent en Mai sans être chargée de pollen car les fleurs mâles du caprifiguiers n'ont pas de pollen (cycle 3a). La nouvelle génération de blastophage arrive à maturité mi-Juillet avec la sortie d'insectes femelles chargée de pollen (cycle 4a). L'insecte est attiré par une figue réceptive présente sur le même arbre ou bien sur un

arbre différent (figuier domestique) (cycle 4b). L'insecte dépose du pollen permettant la fécondation de l'ovule et son développement en grain. Ces figues sont les futurs fruits comestibles d'automne (Kjellberget et *al.*, 1988). Les femelles qui émergent plus tard (début Août), pénètrent dans une figue de caprifigier (cycle 5a), alors réceptive, et pondent leurs œufs sans difficulté et les figuiers femelles voient leurs figues d'automne arriver à maturité (cycle 5b). Puis les larves commencent à se développer (cycle 6a), mais l'hiver vient bloquer leur développement et un nouveau cycle peut alors recommencer (Caraglio,2005).

I.7. Agro-écologie du figuier

Le figuier est considéré comme une plante subtropicale, ou des climats tempérés à chauds, mais elle peut être cultivée en altitude (jusqu'à 1500 m) dans de nombreux pays tropicaux (Leroy, 1968). Il est distribué dans la région sud-ouest de l'Asie et la méditerranéenne, de la Turquie à l'est jusqu'au Portugal à l'ouest en passant par le nord de l'Afrique. Il est aussi cultivé aux Etats Unis (Californie), au Chili mais encore en Arabie, aux pays Perses, en Inde, en Chine et au Japon (Chawla et *al.*, 2012).

Parmi toutes les plantes, le figuier semble le moins exigeant. Il peut pousser dans les sols les plus rocheux en présence d'un minimum d'eau (Valizadeh et *al.*, 1987). Par la richesse alimentaire des tissus qui enveloppent ses fruits, il attire les consommateurs (mammifères et oiseaux) capables de distribuer ses graines à des kilomètres. Il est ainsi le premier agent de la formation des terres cultivables dans les zones arides (Garrone et *al.*, 1998). Les figuiers producteurs méritent plus d'attention ils nécessitent une irrigation en temps chaud et un sol profond bien drainé, modérément fertilisé et riche en matières organiques. Un sol lourd et humide tend à encourager la croissance par rapport à la production (Lim, 2012). Selon Oukabli (2003), les besoins réels annuels en eau du figuier sont estimés à 600 mm apportés surtout au printemps et en début d'été. Selon (Walali et *al.*, 2003), le pH optimal du sol varie entre 6 et 7,7. Le figuier peut tolérer la salinité des zones côtières et les périodes glaciales d'hiver ; selon Stover et *al.*, (2007), il peut résister à -10°C. L'élagage au printemps, à la montée de la sève, permet le contrôle de la taille de l'arbre et augmente la production (Lim, 2012).

La propagation du figuier est effectuée, soit par bouture de bois qui se fait en mois de Février durant la dormance (repos végétatif), soit par bouture herbacée qui se pratique en Juin-Juillet avec les pousses vertes de l'année ou par greffage si c'est un changement de variété qui est envisagé (Brien et Hardy, 2002). La distance entre les plantations varie selon la richesse du sol, la hauteur pluviométrique annuelle et les possibilités d'irrigation. Elle est de 3 à 6 m sur le rang et de 5 à 7 m entre les lignes (soit de 250 à 400 plants par hectare). La mise à fruit débute à partir

de la 3^{ème} année mais le rendement maximal (5 tonnes/ha en terrain sec à plus de 20 tonnes/ha en culture irriguée) est atteint après 6 ans (Oukabli, 2003).

I.8. Répartition géographique du figuier

I.8.1. Dans le monde

Les figues étaient l'un des premiers fruits cultivés dans la région méditerranéenne, et une ressource génétique sauvage pour les espèces de figues qui existent encore dans de nombreux pays. La Syrie et l'Anatolie sont les habitats naturels du figuier, et de là, il a été transféré au nord Afrique, Espagne, Mexique, Chili, Pérou et Californie. Il a également été transporté en Amérique du Sud via la France et en Mésopotamie, l'Iran et l'Inde d'Anatolie (Preedy et Watson, 2014). C'est d'ailleurs le Moyen Orient qui est le premier producteur mondial (notamment la Turquie). Le figuier se rencontre depuis très longtemps dans tout le Bassin Méditerranéen, de la Syrie au Maroc et de la Turquie au Portugal. Au fil des siècles, le figuier a été introduit sur tous les continents (Afrique du Sud, Australie, et surtout Amérique du Nord et du Sud par les colons espagnols). Le figuier est cultivé partout où règne un climat présentant de fortes similitudes avec le climat méditerranéen (Vidaud, 1997). La figue commune, *F. carica* est l'une des premières espèces fruitières cultivées et est devenue une culture importante dans le monde (Shamin-Shazwan et al., 2019).

I.8.2. En l'Algérie

Le figuier compte parmi les trois productions fruitières principales de l'Algérie : olivier, figuier et agrumes. La grande majorité des plantations se trouve en Kabylie (Chouaki et al., 2006). La région nord centre de l'Algérie englobe la majorité des figuières avec plus de 61% du verger national, suivie par la région des hauts plateaux est avec plus de 19%. Les régions Nord-Ouest et Nord Est totalisent plus de 11% (Tableau 01). La Figuière est concentrée dans les wilayate de la Kabylie à savoir Béjaia avec 13 352 ha soit 28,65% du verger, suivie de la wilaya de Tizi-Ouzou avec 6 387 ha soit 13,70%. Ces deux wilayate, à elles seules, représentent plus de 40% de la figuière, puis viennent les wilayate de Sétif avec 4 922 ha soit 10,56%, Borj Bou Arredj avec 2 033 ha soit 4,36% et Bouira avec 1 928 ha soit 4,31%. Le nombre total d'arbres est de 6 044 550 dont 4 719 950 en masse et 1 324 600 isolés avec 4 610 040 figuiers en rapport. Les plantations se localisent le plus souvent en zone de montagne sur des sols de qualité médiocre et à forte charge caillouteuse. Le figuier occupe un espace morcelé en petites parcelles accidentées (ITAFV, 2003).

Tableau 01 : Répartition des espèces arboricoles en Algérie par région

(vigne et palmiers dattiers non compris) (MADR, 2005).

Regions	Oliviers (ha)	Agrumes (ha)	Figuiers (ha)	Espèces à noyaux et/ou à pépins (ha)	Superficie totale (ha)
MOSTAGANEM	4 671	4 079	1 085	7 687	17 522
ORAN	3 962	674	680	5 370	10 686
A.TEMOUCHENT	2 875	483	934	5 772	10 064
TLEMCEN	4 760	2 446	384	18 257	25 847
BASCRA	9 977	4 232	580	6 527	21 316
RELIZANE	6 262	4 417	460	4 976	16 115
Nord Ouest	36 422	16 338	4 385	56 246	113 391
BOUIRA	18 835	421	1 928	5 223	26 407
BEJAIA	50 663	1 890	13 352	5 962	71 867
TIZI-OUZOU	32 443	1 349	6 378	4 768	44 952
BOUMERDES	6 005	2197	1 155	4 657	14 014
ALGER	19	5 065	32	4 171	9 287
BLIDA	2 411	15 809	845	9 200	28 265
Nord Centre	123 567	38 486	28 486	85 879	276 418
JIJEL	10 520	415	142	2 806	13 883
SKIKDA	5 758	2 214	245	4 236	12 453
MILA	4 274	0	190	1 901	6 365
GUELMA	7 143	835	172	4 718	12 868
EL-TARF	1 982	2 127	141	2 082	6 332
SOUK-AHRAS	1 392	0	118	2 849	4 359
Nord Est	31 871	6 113	1 109	21 205	60 298
TIARET	1 573	0	836	14 434	16 843
SAIDA	2 732	0	338	3 800	6 870
NAAMA	552	2	82	1 763	2 399
EL-BAYADH	405	0	750	4 492	5 647
Haut Plateaux Ouest	5 262	2	2 006	24 489	31 759
MSILA	1 755	30	868	11 398	14 051
DJELFA	2 807	0	144	8 722	11 673
LAGHOUAT	162	26	96	4 110	4394
Haut Plateaux Centre	4 724	56	1 108	24 230	30 118
CETIF	12 865	0	4 922	6 617	24 404
B.B.ARREDJ	15 947	0	2 033	4 306	22 286
BATNA	3 526	0	320	9 941	13 787
O.E.BOUAGHI	142	0	66	1 203	1 411
TEBESSA	2 006	0	824	5 553	8 383
KHENCHELA	1 440	5	1 034	10 940	13 425
Haut Plateaux Est	35 926	5	9 199	38 566	21
BECHAR	21	22	45	158	246
TINDOUF	7	0	35	35	77
ADRAR	0	0	0	0	0

I.9. Les problèmes liés à la culture du figuier

De nos jours, le secteur de la figue est confronté à plusieurs adversités comme:

- L'abandon des vergers ainsi que l'urbanisation, le développement des infrastructures routières et hydrauliques (installation de plusieurs barrages) ont également été des causes principales de la disparition de certains cultivars et le vieillissement des arbres (Chouaki et al., 2006).
- La plantation d'autres cultures fruitières telles que la grenade, la prune et la pêche dans les zones de production de figues (Arpaci, 2015).
- Le figuier se développe bien dans des zones à faible hygrométrie, fort ensoleillement et des étés chauds et secs. Au stade jeune, les pousses en croissance peuvent être endommagées (à -1°C) (Walali et al., 2003).
- Un autre facteur affectant négativement la production de figues est survenu avec l'augmentation potentiel d'irrigation (Arpaci, 2015).
- Le figuier s'adapte à une large gamme de sols, de puis les sols lourds argileux jusqu'aux sols sableux, mais craint les fortes concentration en sodium et bore (Walali et al., 2003).
- Dans les vergers mal entretenus (pas de taille), la cochenille du figuier ou kermès (*Lepidosaphes ulmi*) se développe sur l'écorce, les feuilles et les fruits, sécrétant une substance cireuse blanc-rosâtre. Suite à ces attaques, la fumagine se développe sur les arbres ; les fruits récoltés sont alors impropres à la consommation .D'autres maladies sont aussi fréquentes telles que *l'Aspergillus niger* et *botrytis cinerea* . Parmi les insectes, on peut citer le psylle de figuier qui s'attaque aux feuilles et aux jeunes pousses et la mouche noire des figues qui peut faire chuter certains années 60 à 70% des fruits (Walali et al., 2003).

Chapitre II :



La figure

Chapitre II. La figue

II.1. Description et morphologie

Le «fruit» de la figue est un composite formé d'une coquille creuse de tissu réceptacle renfermant des centaines de drupelets pédicellés individuels qui se développent à partir des fleurs femelles individuelles tapissant la paroi du réceptacle, avec une petite ouverture à l'échelle (appelée l'ostiole ou l'œil) à l'extrémité distale. Les minuscules fleurs et même le prosyconium initial sont si petits que les figues étaient autrefois considérées comme portant des fruits sans jamais former de fleurs. Ce fruit composite est appelé «syconium». Le fruit mûr de la figue comestible a une peau un peu dure, une croûte intérieure blanchâtre et une pulpe gélatineuse douce composée des drupelets mûrs individuels (Figure 05). Les graines dans les drupelets vont de pratiquement inexistantes à subtilement croquants (Stover *et al.*, 2007). La couleur des figues varie du violet foncé au vert, à maturité, le fruit a une couleur violette-violet foncé étrange, atteignant environ 7,5 cm de long et pesant entre 60 et 90 g. La pulpe des figues est de couleur rose-rouge et présente une cavité centrale (Silva *et al.*, 2009). Il existe plus de 700 variétés de figues. Les plus courantes sont la figue noire (sucrée et plutôt sèche), la figue verte (juteuse et à la peau fine) et la figue violette (plus sucrée, plus juteuse, plus fragile) (Haesslein et Oreiller, 2008).

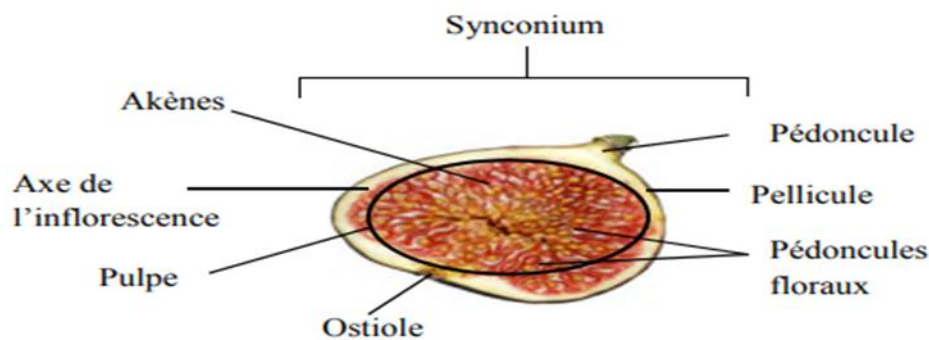


Figure 05 : Caractéristiques morphologiques de la figue (Haesslein et Oreiller, 2008).

II.2. Classification des figues

Quatre types de figues sont décrits en fonction des caractéristiques des cultures et de la pollinisation.

II.2.1. Les figues persistantes

C'est le type connu sous le nom de figue commune (Flaishman *et al.*, 2008). Ces figues se développent de manière parthénocarpique (sans fécondation) ne nécessitent pas la stimulation de la pollinisation pour faire mûrir la sycone (Condit, 1955).

II.2.2. Les figes caduques (type Smyrna)

Les figes de type Smyrna, qui produisent une seule culture principale, ont une concentration maximale d'amidon au début du printemps, au milieu de l'été et à l'automne tardif (Flaishman et al., 2008). Les variétés de ce type produisent des fruits remplis de vrais akènes. Les blastophages et les caprifigues sont nécessaires pour le développement normal des figes. Si la pollinisation n'a pas lieu, les fruits tombent de l'arbre. Les figes de ce type sont généralement vendues sous forme sèche (Lim, 2012).

II.2.3. Les figes intermédiaires (type San Pedro)

Les figuiers de cette catégorie donnent deux récoltes en une seule saison : la première récolte appelée Breba (figes fleurs) est portée par l'unité de croissance de l'année précédente les figes sont parthénocarpiques et ne nécessitent pas de pollinisation. Les fruits de la deuxième récolte se développent sur la pousse de l'année en cours, les figes sont de type Smyrna et requiert une pollinisation (Lim, 2012).

II.2.4. Les caprifigues

Les figes de ce type ne sont pas comestibles, mais produisent le pollen essentiel pour la production des figes comestibles de types Smyrna et San Pedro (Lim, 2012).

II.3. Reproduction et maturité

Le système de reproduction des espèces du genre *Ficus* est unique. Chaque espèce de *Ficus* a une espèce associée de guêpe agaonide. Les espèces de *Ficus* ne peuvent être pollinisées que par leurs guêpes agaonides associées et à leur tour, les guêpes ne peuvent pondre des œufs que dans leur *Ficus* fruit. Pour une pollinisation et une reproduction réussies des espèces de *Ficus*, il faut que la guêpe pollinisatrice associée doit être présente. Inversement, pour une reproduction réussie des guêpes agaonides, leurs espèces *Ficus* associées doivent être présentes. La guêpe pollinisatrice de *F. carica* est *Blastophaga psenses* (L.) (Starr, 2003).

Le processus de maturation de la figue est classé comme climactérique, montrant une élévation dans le taux respiratoire et la production d'éthylène au début de la phase de maturation (Marei et Crane, 1971) (Figure 06). Le développement du fruit révèle une double courbe sigmoïde. Le diamètre du fruit augmente rapidement durant la première période de croissance mais l'augmentation du poids est lente. Il n'y a presque pas de changement dans le diamètre ou le poids du fruit durant la deuxième période de croissance. Le diamètre et le poids de la figue sèche et cuite augmentent rapidement durant la troisième période. La phase III est un résultat de l'expansion cellulaire, c'est aussi la phase de maturation, qui comprend le changement de couleur

et ramollissement du fruit, avec altération de la texture de la pulpe à un état comestible. 7% du poids sec et 90 % des sucres totaux sont accumulés durant cette phase de croissance qui dure de 2 à 5 semaines dans la plupart des variétés (Åkesson, 2010) (Figure 07).

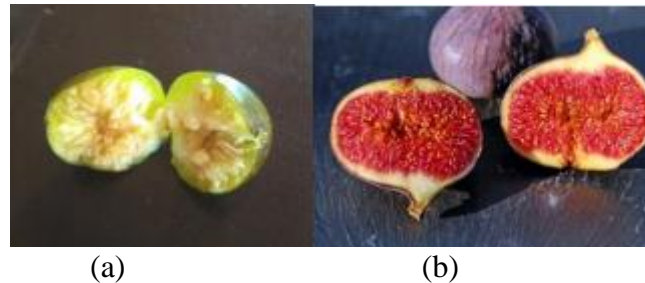


Figure 06: (a) figue immature; (b) figue mature (Afriyanti et *al.*, 2018).



Figure 07: Les différentes étapes de développement des fruits, l'extérieur comme à l'intérieur (Crisisto et *al.*, 2011).

II.4. Composition et valeur nutritive de la figue

Les figues sont une excellente source de minéraux, vitamines et fibres alimentaires; ils sont gras et sans cholestérol et contiennent un nombre élevé d'acides aminés. Comme pour les autres espèces de fruits, les figues contiennent des sucres et des acides organiques qui influencent leur qualité (Mahmoudi et *al.*, 2018).

II.4.1. Les glucides

Les fruits de la figue ont une grande valeur commerciale et sont un complément important à la nutrition humaine, en apportant des composés énergétiques sous forme d'amidons et de sucres comme le glucose et le fructose (Mendoza-Castillo et *al.*, 2019). L'analyse qualitative des glucides de la figue a révélé la présence des sucres libres essentiellement le glucose, le fructose, une faible quantité de saccharose et des traces de galactose et d'arabinose (Golubev et *al.*, 1987). D'après Omondi Owino et *al.*, (2004) la figue contient aussi la xylose. La basse concentration de saccharose dans les figues pourrait être le résultat de processus anabolisants et de la respiration pendant le développement du fruit (Veberic et Mikulic-

Petkovsek, 2016). A l'état frais, le taux total de sucre varie de 9.8 à 18.9% (Babazadeh darazi, 2011). Les données avancées par Lim (2012), montrent que 100 g de figues fraîches contiennent 19,18 g de glucides totaux dont 16,26 g de sucres. La même portion de figues sèches apporte 63,87 g de glucides dont 47,92 g de sucres (24,79 g de glucose, 22,93 g de fructose, 5,07 g d'amidon, 0,13 g de galactose et 0,07 g de saccharose).

II.4.2. Les protéines et les acides aminés

D'après Lim (2012), la figue fraîche contient 0,75 g/100 g de protéines. Elle contient environ 17 acides aminés dont les acides aspartique et glutamique (Solomon et *al.*, 2006). D'après l'étude réalisée par Lim (2012), les teneurs en acides aminés « acides » sont plus élevées que celles des autres acides aminés contenus dans la figue, qu'elle soit fraîche ou sèche (Tableau 02).

Tableau 02: Composition en acides aminés des figues fraîches et sèches (Lim, 2012).

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

II.4.3. Les lipides

La figue contient une faible quantité en lipides environ 1,9%, malgré leur faible teneur, les lipides ont une influence fondamentale sur la durée de stockage, les propriétés organoleptiques et la valeur nutritionnelle et biologique de la figue (Kolesnik et *al.*, 1987). Les

lipides de la figue sont caractérisés par un taux élevé d'insaturation (>68%) des acides gras monovalents, dont la majorité sont polyinsaturés et qui dans certains cas peuvent expliquer la responsabilité de la détérioration oxydative de la figue et ses dérivés. Les lipides neutres représentent la plus grande fraction des lipides totaux, Leur composé le prédominant est le triacylglycérol avec un taux de 50% ; les esters de stérol, les esters d'acide gras et des stérols libres sont aussi présents avec une quantité considérable. Les phospholipides ne représentent qu'une petite fraction (Kolesnik et *al.*, 1987).

II.4.4. Les fibres alimentaires

La figue est une plante fibreuse (Guvenc et *al.*, 2009) , les fibres alimentaires regroupent la lignine et quelques glucides tels que la cellulose, les hémicelluloses, les pectines, les amidons résistants et les oligosaccharides non-digestibles. Elles sont divisées en deux groupes selon leur solubilité dans l'eau : fibres solubles, visqueuses et fermentescibles et les fibres insolubles, non visqueuses et lentement fermentescibles (Ramulu et Rao, 2003). L'étude effectuée par Ramulu et Rao (2003), a montré que la figue fraîche contient 5 g de fibres alimentaires pour 100 g de matière fraîche, dont 2,6 g de fibres insolubles et 2,4 g de fibres solubles (48% des fibres totales). Grâce à sa richesse en fibres, la figue constitue un excellent remède contre la constipation (Bidri, 2018). Ses fibres se montrent très efficaces pour stimuler les intestins (Du Toit et *al.*, 2001).

II.4.5. Les vitamines

Les figues sont riches en vitamines hydrosolubles B1, B2 et C (Farahnaky et *al.*, 2009) . Les vitamines liposolubles sont aussi présentes dans la figue avec une dominance des vitamines E et K (Lim, 2012). D'après Pande et Akoh (2010), la teneur des figues en vitamine E est de 0,3mg/100g pour sa forme γ , 0,2mg/100g de MS pour sa forme α et des traces pour la forme β . Selon Guvenc et *al.*, (2009) le fruit entier contient les vitamines K1 (4,05 μ g/100 g), D2 (0,2 μ g/100 g) et D3 (3,57 μ g/100 g), l' α -tocophérol (0,35 μ g/100 g), le γ -tocophérol (0,9 μ g/100 g) et le δ -tocophérol (0,20 μ g/100 g). Les fruits secs de *Ficus carica* ont été signalés comme une source importante de vitamines (Mawa et *al.*, 2013).

II.4.6. Les minéraux

La figue contient un taux de cendres de 0,66 g/100 g de figues fraîches (Lim, 2012). De plus, elle contient des quantités importantes de minéraux nécessaires au métabolisme, à savoir le P, K, Ca, Mg, Na, Fe et Z (Mendoza-Castillo et *al.*, 2019) (Tableau 03) . En plus des minéraux

déjà cités ,Favier et *al.*, (1993) ont rapporté la présence de l'iode dans la figue à raison de 1,5 µg/100 g de figue fraîche. Ils ont noté aussi la présence du fluor (20 µg/100 g).

Tableau 03: Composition en minéraux des figues fraîches (Lim, 2012) .

Constituant	Figue friche (mg/100g)
Possium (K)	232
Calcium (Ca)	35
Phosphora (P)	14
Magnésium (Mg)	17
Sodium (Na)	1
Fer (Fe)	0.37
Zinc (Zn)	0.15
Cuivre (Cu)	0.07
Manganèse (Mn)	0.128
Sélénium (Se)	0.2 µg /100g

II.4.7. Les acides organiques

La figue est très riche en acides organiques tels que l'acide oxalique, malique, citrique, shikimique et fumarique (Oliveira et *al.*, 2009) . L'étude menée par Pande et Akoh (2010), a révélé que les figues fraîche contient en plus des acides organiques cités l'acide oxalique (17,9 mg/100 g), l'acide ascorbique (14,2 mg/100 g) et l'acide succinique (10,2 mg/100 g).

II.5. Propriétés thérapeutiques de la figue

Les figues comestibles, *Ficus carica* L. occupent une place importante dans la nutrition humaine et animale dans le monde entier. Les êtres humains ont consommé les fruits de ces arbres depuis les premiers temps, et les ont utilisés ainsi que d'autres parties de ces arbres à des fins médicinales.

La consommation régulière de figues contribue à abaisser l'hypertension artérielle, contrôler le cholestérol, soulager la constipation, prévenir le cancer du côlon, contrôler le taux de glucose dans le sang, prévenir l'apparition du diabète de type 2 et constitue un important draineur des voies respiratoires et intestinales. Récemment, les aspects pharmacologiques de *Ficus carica* ont été spécifiquement examinés et ont montré que cette plante (Zhang et Jiang, 2006) :

- ✓ Possède des effets antitumoraux, en réduisant la toxicité et les effets secondaires en actinothérapie et en chimiothérapie
- ✓ Permet de contrôler l'hyperglycémie et l'hyperlipidémie, et renforcer la résistance à l'oxydation.
- ✓ A une action contre les bactéries et les virus.

La richesse de la figue en fibres et en potassium contribue à prévenir de nombreuses affections. Les fibres améliorent la digestion, permettent de mieux absorber les nutriments et contrôlent le taux de sucre absorbé durant le repas, l'empêchant d'augmenter trop rapidement. Les fibres protègent également de nombreuses affections intestinales et les études démontrent qu'une consommation élevée en fibres protège des affections cardiovasculaires. L'alimentation occidentale est généralement beaucoup trop riche en sodium et favorise les affections cardiaques, une bonne façon de contrecarrer les effets dans l'organisme d'une trop haute consommation de sodium, est d'augmenter la consommation de potassium que l'on retrouve en bonne quantité dans la figue. La figue renferme une enzyme qui lui est particulière, connue sous le nom d'enzyme de la figue ou "Ficine", et dont le rôle important dans la digestion a été prouvé. Il a été également prouvé que ce fruit est bénéfique pour l'écoulement du lait, pour le traitement des hémorroïdes, la constipation chronique, la goutte, les maladies pulmonaires, les douleurs prémenstruelles, l'épilepsie, les ulcères buccaux, la gingivite, l'amygdalite, la pharyngite, le vitiligo, la cicatrisation des blessures et des différents ulcères (Lansky et Helena, 2011).

II.6. Production des figues

II.6.1. La production mondiale

La production mondiale des figues représente plus d'un million de tonnes (FAO, 2016) (Tableau 04). Cette production est largement basée sur la figue sèche, plus résistante et mieux conservable, principalement dominée par les pays méditerranéens. Les producteurs majeurs sont la Turquie avec 29.16% de la production mondiale, suivi par l'Égypte avec 16% et l'Algérie avec 12.58% (FAO, 2016).

Tableau 04: Production mondiale de la figue (Tonnes) (FAO, 2016).

Pays	Production en Tonnes
Turquie	305450
Egypte	167622
Algérie	131798
Iran	70178
Maroc	59881
Syrie	43098
Etats unis	31600
Brésil	26910
Espagne	25224
Tunisie	22500

II.6.2. La production algérienne

La production de figues en Algérie, surtout à l'état sec, est aussi importante que la production de la datte et des agrumes. Le figuier se rencontre en petites plantations un peu partout au nord d'Algérie : à Oran, aux environs de Mostaganem, Mascara, à Constantine, mais 80% des arbres producteurs sont concentrés dans les régions de Tizi-Ouzou et de Bejaïa. Pour cette raison, la figueraie kabyles forment le fond de la production algérienne (Anonyme, 2005). La culture du figuier est spécifiquement développée dans la région de la Kabylie, où se rassemblent les conditions socioculturelles favorables. Reste le facteur climatique, caractérisé par une haute pluviométrie en automne qui représente un sérieux problème pour les stations de séchage qui sont généralement traditionnelles.

II.7. Technologie de la figue

II.7.1. Transformation et utilisation de la figue

Les figues peuvent être mises à différents usages traditionnels et industriels. Elles sont largement consommées fraîches ou séchées. Les figues fraîches sont très périssables, c'est pourquoi elles sont surtout séchées ou mises en conserve. Elles peuvent également être utilisées pour la fabrication de beaucoup de produits alimentaires tels que la confiture, les fruits confits,

les boissons alcoolisées, etc. Pelées ou non pelées, les fruits peuvent être cuits de diverses manières, comme dans les tartes, puddings, gâteaux, pain ou d'autres produits de boulangerie, ou ajoutés à la crème glacée mélangée. Les propriétaires conservent les fruits entiers au sirop de sucre ou de les préparer en confiture, marmelade, ou de pâte. Figue pâte (avec du blé et d'ajouter de la farine de maïs, le lactosérum, le sirop, les huiles et d'autres ingrédients) forme le remplissage du produit de boulangerie (Chawla et *al.*, 2012). Les feuilles du figuier peuvent être également utilisées comme aliment de bétail. Le latex, séché et poudré, et utilisée pour la coagulation du lait. Les cultures cellulaires de figues sont également évaluées comme une source de protéase. Plusieurs autres utilisations médicinales des produits de la figue sont rapportées (Oukabli, 2003).

II.7.2.1. La figue sèche

Le séchage des figues (fruits du *Ficus carica L.*) est généralement réalisé de façon traditionnelle sans aucun traitement avec des séchoirs ou par exposition au soleil (Haesslein et Oreiller, 2008). Les figues destinées au séchage doivent acquérir sur l'arbre une consistance pâteuse. La peau est non seulement fendillée, mais ridée et flétrie. Les figues sont récoltées en temps frais avec une humidité de 40 à 60% (Ait Haddou, 2014). Les deux principaux prétraitements nécessaires au séchage des figues sont le blanchiment et le sulfitage. Le blanchiment est un traitement thermique destiné à détruire les enzymes susceptibles d'altérer les figues. Il influe sur la vitesse du séchage (Ferradji et *al.*, 2011).

Selon Ouauiche et Chimi, (2005) les matières premières destinées à être séchées sont toujours soumises à une préparation préliminaire (nettoyage, triage, calibrage, blanchiment/fumigation, etc.) en vue des traitements ultérieurs. Ces opérations de préparations varient selon la nature de la matière première et le produit que l'on veut obtenir. Les principales d'entre-elles sont mentionnées dans le schéma ci-dessous (Ouauiche et Chimi, 2005) (Figure 08).

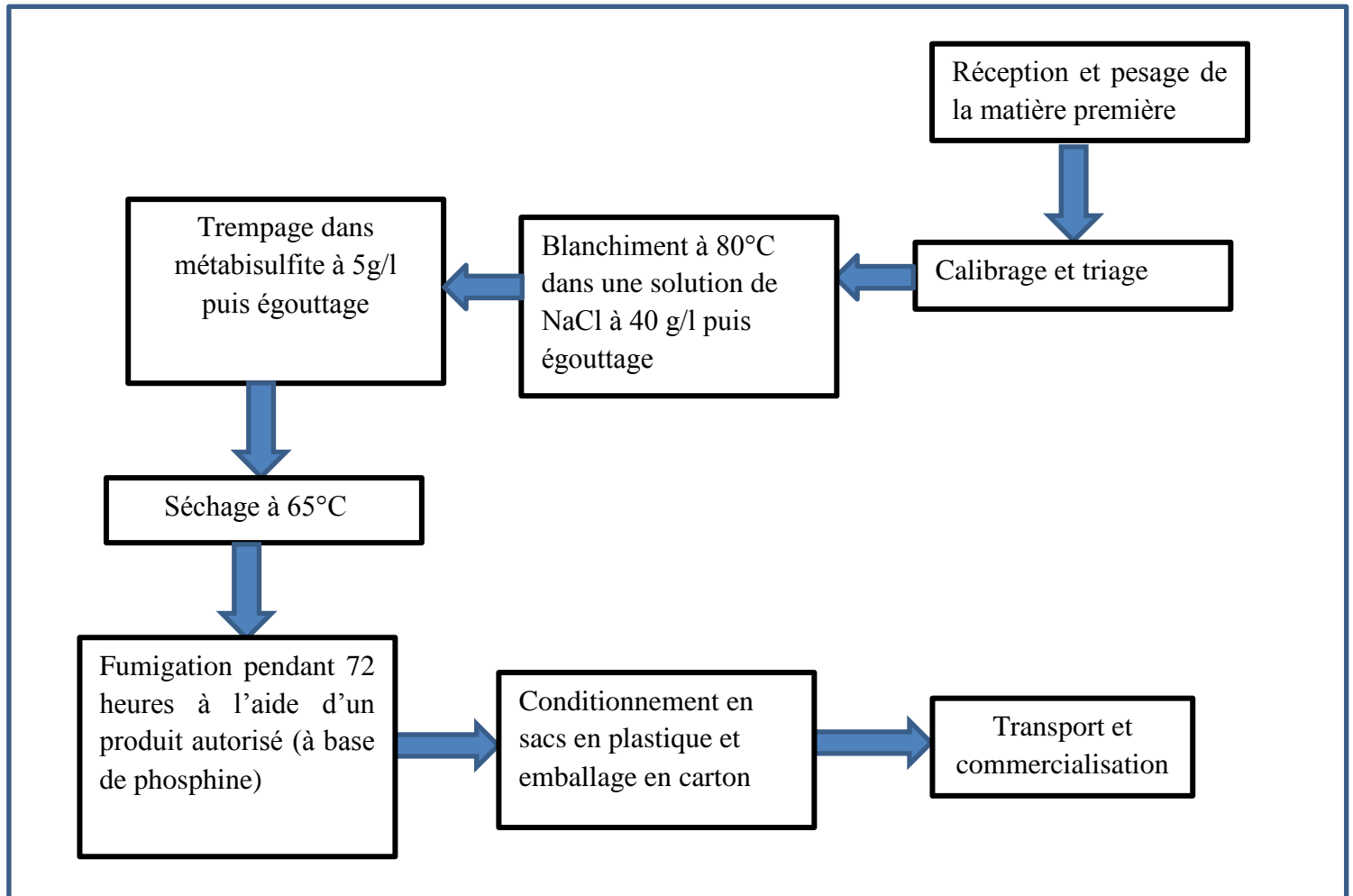


Figure 08: Diagramme de fabrication de la figue sèche (Ouauiche et Chimi, 2005).

II.7.2.2. La confiture de figue

La confiture joue un rôle très important dans l'alimentation humaine surtout dans les premiers repas du jour. Ceci est dû à sa composition et sa richesse en fruits. Sa richesse en sucre, constitue la part la plus importante de sa valeur énergétique. Le fruit apporte de 10 à 15 % de cellulose brute, des éléments minéraux, des matières pectiques, et des acides organiques à l'état de trace. 100 grammes de confiture donne 260 à 285 calories (Leroux et Schuber, 1983). La température et la durée de conservation sont parmi les facteurs les plus influençant sur la qualité des produits alimentaires. La température optimale de stockage des confitures est d'environ 4°C et cela pour éviter la dégradation de certains composants (Amora et *al.*, 2012). Il faut donc principalement bien contrôler les températures de stockage et même de cuisson pour préserver la qualité des confitures.

C'est dans cette optique que s'inscrit le travail réalisé par Patil et *al.*, (2017) qui porte sur la normalisation de la recette de fabrication de la confiture de figues pour évaluer sa qualité et

étudier l'impact de la température sur sa conservation. Pour ce faire les auteurs ont suivi les étapes illustrées dans la figure 09 pour fabriquer la confiture de figue.

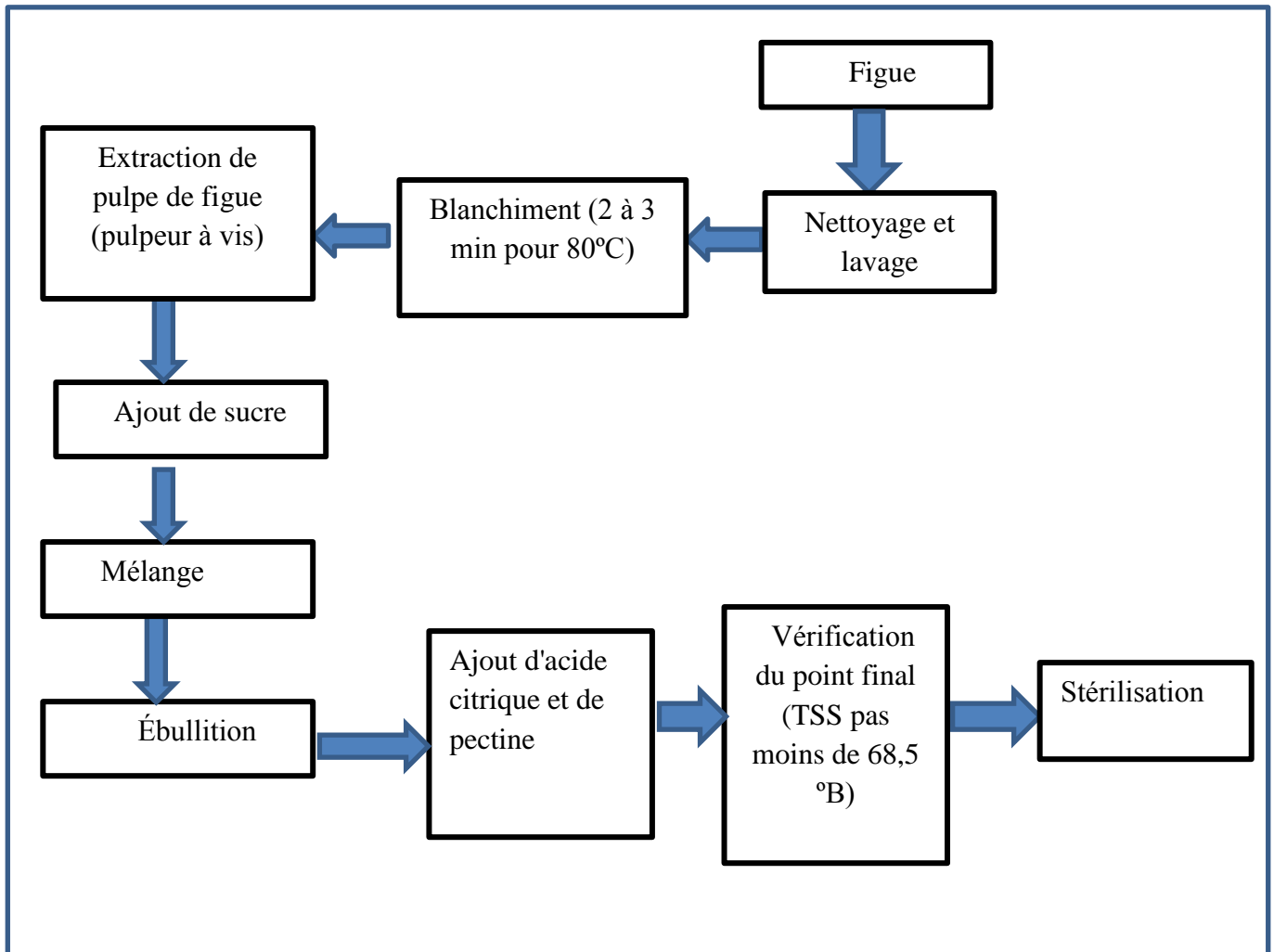


Figure 09: Diagramme de fabrication de la confiture de figue (Patil *et al.*, 2017).

II.7.2.3. Le sirop de figue

Le sirop de figue est un concentré de fruits utilisé comme ingrédient commun dans la préparation des aliments typiques et en particulier dans les gâteaux (Puoci *et al.*, 2011).

Gabriele *et al.*, (2010) dans leur étude consacrée à l'analyse de l'influence des paramètres tels le pH, température.... sur la rhéologie du produit, ont préparé un sirop de figue en mélangeant des figues sèches avec de l'eau distillée bouillante. Cette première étape permet l'extraction des polysaccharides, des sucres simples (fructose et saccharose) et notamment des arômes. Après macération la solution a été filtrée puis concentrée jusqu'à l'obtention de sirop de figue (Figure 10).

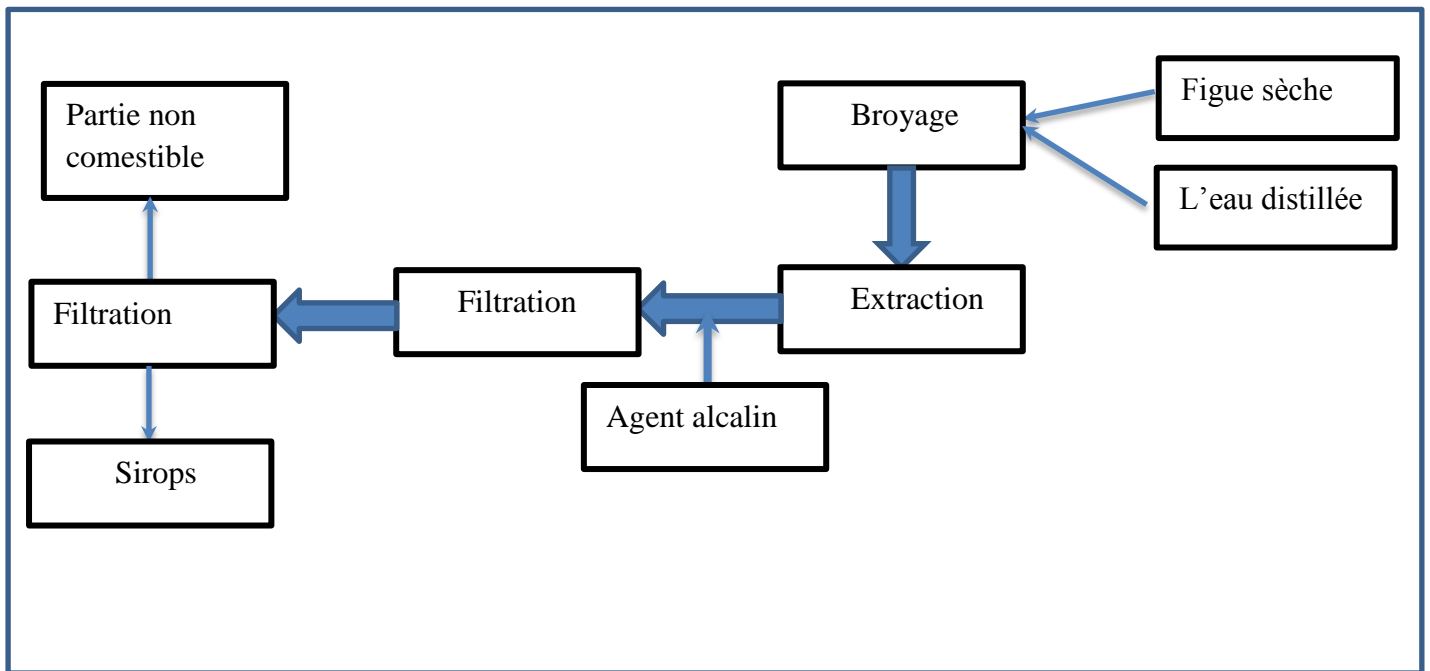


Figure 10: Diagramme de fabrication du sirop de figes (Gabriele et *al.*, 2010).

II.7.2.4. Le lait fermenté enrichi de figes

Aujourd'hui un intérêt croissant pour la production des laits fermentés présentant des qualités thérapeutiques et nutritionnelles en additionnant des additifs naturels riches en facteurs antioxydants et en fibres est remarqué (Simoneliene et *al.*, 2014 et Alaa et *al.*, 2015). Selon plusieurs auteurs, la consommation de ces produits enrichis peut prévenir diverses maladies comme l'hypertension, l'hypercholestérolémie, les troubles gastro-intestinaux, le diabète et le cancer (Bingham et *al.*, 2003 ; Ven et Mann, 2004 ; Pereira et *al.*, 2004).

Le travail réalisé par Abd-Eltawab et Ebid, (2019) s'insère dans cette optique et a pour objectif de mettre au point la production d'un lait fermenté probiotique brassé enrichi de figue (*Ficus carica L.*). En effet ce lait sera une source d'ingrédients laitiers comme les protéines du lait, le calcium, le magnésium, la vitamine B12 et les bactéries probiotiques en plus des ingrédients riches dans le fruit tels que les fibres alimentaires, les polyphénols, les antioxydants et les différents minéraux. La figure 11 illustre le diagramme de fabrication du lait fermenté enrichi de figes appliqué dans cette étude (Abd-Eltawab et Ebid, 2019).

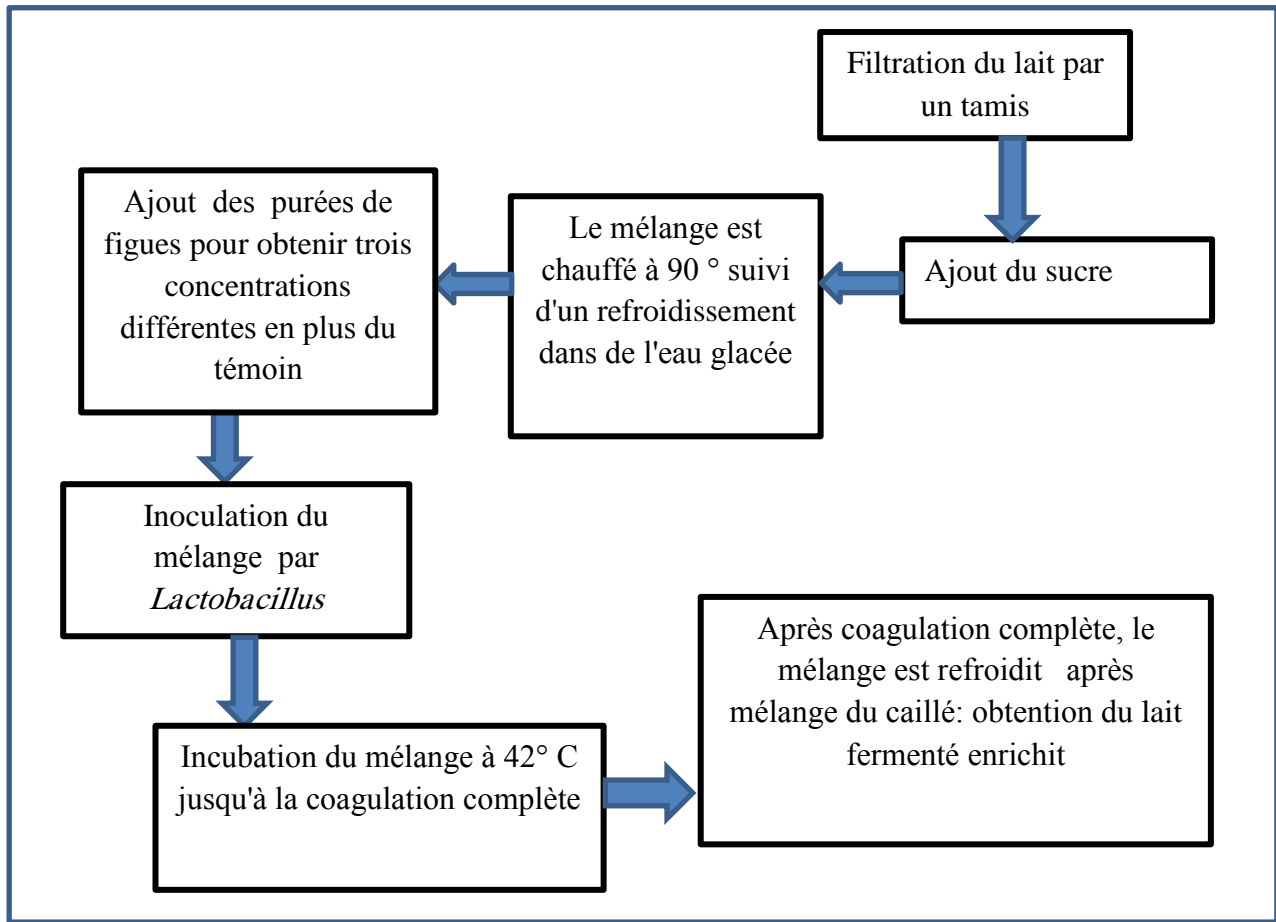


Figure 11: Diagramme de fabrication du lait fermenté enrichi de figes (Abd-Eltawab et Ebid, 2019).

II.7.2.5. Le vinaigre de figue

Le vinaigre de figue est un produit fermenté traditionnel produit principalement à partir de figes fraîches ou séchées. Le vinaigre de figue a une grande importance dans le développement historique de la production de vinaigre. Il existe différentes recettes et techniques de production pour le vinaigre de figue.

Dans l'étude réalisée par Sengun (2013), en vue de l'évaluation de la qualité microbiologique et physicochimique du vinaigre de figue produit traditionnellement deux recettes ont été élaborées (Figure12).

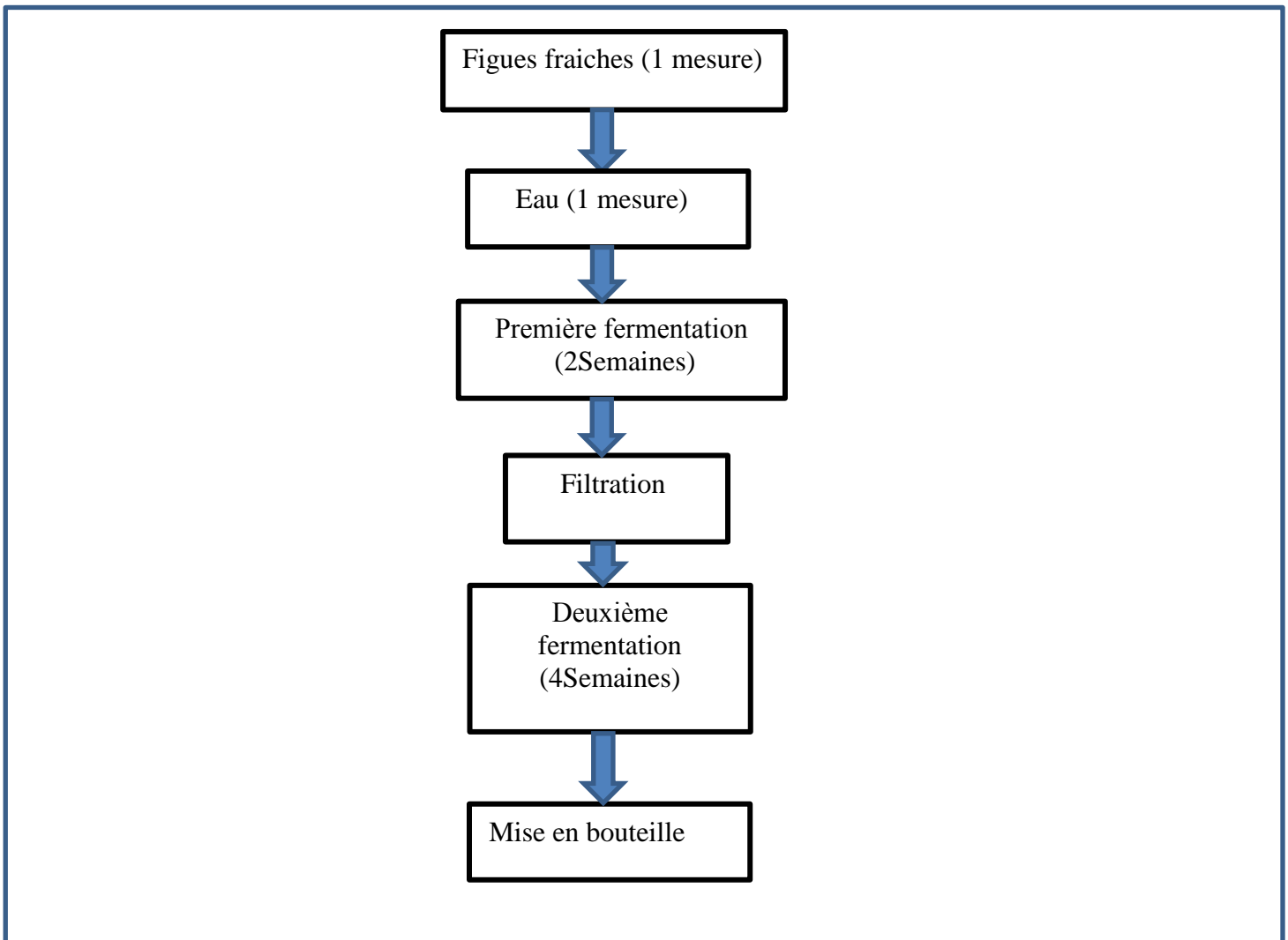


Figure 12: Diagramme de fabrication du vinaigre de figue (Sengun, 2013).

II.7.2. Le conditionnement de la figue

Les techniques de conditionnement des fruits ont été bien améliorées au cours des dernières années. Des caisses en carton, de taille moyenne avec des alvéoles en plastique permettent, comme pour les nectarines, d'individualiser chaque fruit (Assaf, 2001) (Figure 13).

Le conditionnement et l'emballage permettent de :

- ✓ Contenir le produit et faciliter sa manipulation et sa commercialisation en établissant des standards quant au nombre ou au poids du contenu de chaque emballage.
- ✓ Protéger le produit des meurtrissures (impacts, compression, frottement et lésions) et des conditions extérieures défavorables (température, humidité) pendant le transport, le stockage et la commercialisation.
- ✓ Offrir des informations au client, concernant la variété, le poids, le nombre, la démarche de sélection ou le niveau de qualité du produit, le nom du producteur, le pays, la région

d'origine, etc. Il est aussi tout à fait fréquent de joindre à l'emballage des recettes, la valeur nutritive, les codes barres du produit ou toute autre information permettant de retracer son origine (Lopez Camelo, 2007) .



Figure 13: Produit conditionné (Ouauiche et chimi, 2005).

Les figes destinées à la consommation fraîche ont une durée de vie post-récolte limitée de 7 à 14 jours dans des conditions atmosphériques ordinaires à $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ avec 95% HR. La durée de conservation après récolte de la figue fraîche est très inférieure en raison du tissu épidermique délicat et de la croissance des levures et des moisissures. Il est nécessaire d'utiliser des techniques post-récolte qui permettent la prolongation de la durée de vie après récolte des figes fraîches, comme emballage sous atmosphère modifiée (Del Carmen et *al.* , 2014).

✓ **L'emballage sous atmosphère modifiée**

L'emballage sous atmosphère modifiée, communément appelé MAP, est utilisé pour améliorer la durée de conservation des produits périssables. Dans MAP, les produits périssables sont conditionnés dans une atmosphère où la composition des gaz est différente de celle de l'air. En règle générale, une réduction de l' O_2 et une concentration accrue de CO_2 sont utilisées pour prolonger la durée de conservation des produits frais entiers et prédécoupés. Par conséquent, le MAP prolonge efficacement la durée de conservation après récolte des produits frais en retardant leur brunissement enzymatique, en réduisant le rythme respiratoire, en minimisant l'activité métabolique et en préservant leur apparence visuelle .

Une prolongation substantielle de la durée de conservation peut être obtenue en combinant le MAP avec la réfrigération. Le traitement combiné du MAP à basse température est largement utilisé pour maintenir la qualité sensorielle et microbiologique des produits frais pendant leur stockage à long terme (Waghmare et *al.*, 2018).

Chapitre III :

Profil phénolique de la figue et son pouvoir antioxydant

αντιοξειδωτική

πίσηε ετ ζου βουλοπ.

Chapitre III. Profil phénolique de la figue et son pouvoir antioxydant

III.1. Les composés phénoliques

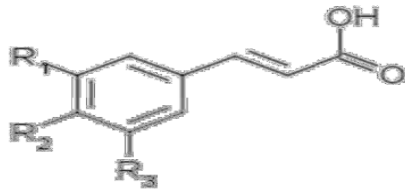
Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires communs des plantes (Caliskan et Polat, 2011). ils sont connus pour leur rôle protecteur contre le cancer, les maladies cardiovasculaires et la cataracte (Hollman et *al.*, 1996). Ces composés contiennent un cycle aromatique portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (Jean-Jacques Macheix, 1996). Les figues représentent une très bonne source des composés phénoliques (59.0 mg EAG/100 g MF) (Marinova et *al.*, 2005). Dans l'étude menée par Slatnar et *al.*, (2011), 8 composés phénoliques ont été identifiés dans les figues fraîches et sèches. Ces composés appartiennent à 4 groupes : les acides hydroxy-cinnamiques, les flavan-3-ols, les flavonols et les anthocyanines. Leur taux se diffère habituellement non seulement selon la variété (56-281,1 mg EAG/100g MS) pour les variétés sombres et de (48,6-50 mg EAG/100g MS) pour les variétés claires), mais aussi d'une partie à une autre du même fruit (Solomon et *al.*, 2006). En outre, *Ficus carica* est souvent préparé par épluchage (Caliskan et Polat, 2011) alors que la peau contient une quantité plus élevée des polyphénols (123-463mg EAG/100g MS) (variétés sombres) et (41,7-65,5mg EAG/100g) (variétés claire) par rapport à la chaire. Cette dernière, contient un taux compris entre (36,5-100,6mg EAG/100g MS) pour les variétés sombres et (37-59,1mg EAG/100g) pour les variétés claires (Solomon et *al.*, 2006).

Les composés phénoliques peuvent moduler l'activité d'un grand nombre d'enzymes et de récepteurs cellulaires (Manach et *al.*, 2004). Leur activité antioxydant est due principalement à leur propriété d'oxydoréduction, qui leur permet d'agir comme des agents réducteurs, donneurs d'hydrogène, chélateurs de métaux et piègeurs de l'oxygène singulet (Rice-Evans et *al.*, 1995).

III.2. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés organiques qui possèdent au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Bruneton, 1999). Ce sont parmi les composés phénoliques les prédominants dans la figue et se concentrent principalement dans la peau (Caliskan et Polat, 2011). Les deux groupes essentiels des acides phénoliques sont les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques qui dérivent respectivement de l'acide benzoïque C6-C1 (l'acide gallique et dérivés) et de l'acide cinnamique C6-C3 (acide férulique, acide chlorogénique et dérivés) (Figure 14) (Budić- Leto et Lovrić, 2002).

Acides hydroxybenzoïques



Acides hydroxycinnamiques

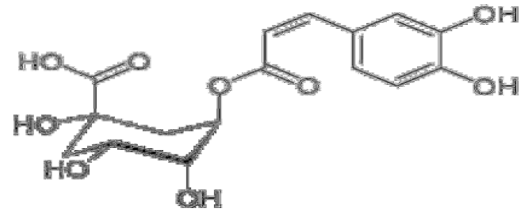


Figure 14: Structure de quelques acides phénoliques rencontrés dans la figue (Handique et Baruah, 2002).

L'activité antioxydante des acides phénoliques dépend du nombre et de la position des groupements hydroxyles; elle augmente avec le degré d'hydroxylation, comme dans le cas d'acide gallique trihydroxylé. Cependant, la substitution des groupement hydroxyles en positions 3 et 5 par les groupements méthoxyles réduit l'activité (Tomas-Barberan et Clifford, 2000; Manach *et al.*, 2005; Balasundram *et al.*, 2006).

III.3. Les flavonoïdes

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Seyoum *et al.*, 2006), du point de vue structurale, les flavonoïdes se répartit en plusieurs classes de molécules, en effet plus de 6400 structures ont été identifiées (Harborne et Williams, 2000) (Figure 15). Ce sont les groupes de métabolites secondaires les plus répandus dans les plantes et par conséquent un des groupes les plus étudiés (Formica et Regelson, 1995). Selon Marinova *et al.*, (2005), la concentration des flavonoïdes totaux dans la figue fraîche est de 20 mg EC/100g MF . La figue sèche est le fruit le plus riche en flavonoïdes (105,6mg E.Q/100g MS) par rapport aux autres fruits séchés (Ouchemoukh *et al.*, 2012).

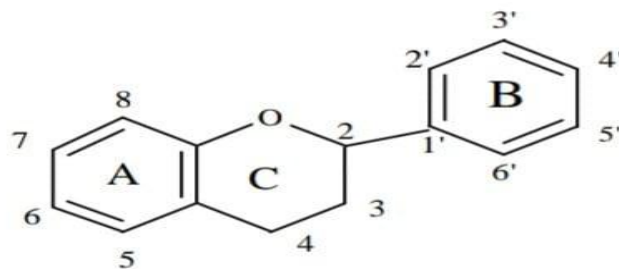


Figure 15: Structure de base d'un flavonoïde (Coa *et al.*, 1997).

Les flavonoïdes sont des agents antioxydants très puissants. En effet, de nombreuses revues leur confèrent le rôle d'excellents piègeurs d'espèces réactives directement issues de l'oxygène provenant de biomolécules telles que les lipoprotéines, les protéines et les acides oligonucléique (ADN,ARN). Cette faculté, tant étudiée et si reconnue, est fréquemment citée comme étant une clé pour la prévention et/ou la réduction du stress oxydatif en lien direct avec des maladies

chronique comme les maladies cardiovasculaires, la carcinogénèse et les maladies neurodégénératives. Les radicaux libres seraient aussi impliqués dans le processus de vieillissement (Quideau et *al.*, 2011) . Leur capacité antioxydant est renforcée avec l'augmentation du nombre de groupements hydroxyles, l'O-méthylation et la diminution du nombre de groupements glycosides (Nijveldt et *al.*, 2001 ; Amiaë et *al.*, 2003). Ils sont généralement très mal résorbés dans le tractus gastro-intestinal (Formica et Regelson, 1995).

III.4. Les flavonols

Les flavonols sont les composés flavonoïdiques les plus répandus dont notamment : la quercétine, le kaempférol, la myricétine et l'apigénine (Figure 16). Les dihydroflavonols (dihydrokaempférol, dihydroquercétine) sont considérés comme des flavonoïdes minoritaires en raison de leur distribution naturelle restreinte (Ghedira, 2005). La quercétine étant la plus abondante des bioflavonoïdes, est présente en bonne quantité dans les aliments d'origine végétale tels que, le thé, le brocoli et le vin rouge (Scalbert et Williamson, 2000). Tout dépendant de la source, la quercétine peut se retrouver sous la forme d'un glucoside (oignons), d'un galactoside (pommes) ou encore d'un arabinoside (baies) (Erlund, 2004). Des 20 à 35 mg de flavonols ingérés quotidiennement dans notre diète (Manach et *al.*, 2005), près de 16 mg sont de la quercétine (quantité exprimée sous forme aglycone) (Hertog et *al.*, 1993). Les flavonols sont les flavonoïdes dominants dans les aliments (Manach et *al.*, 2004).

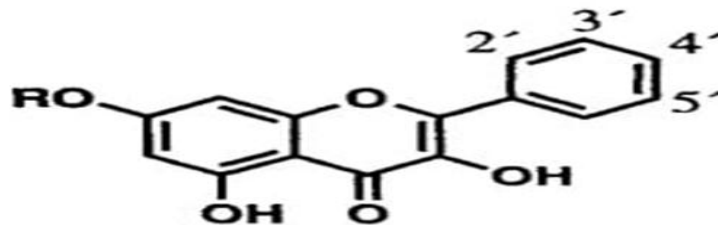


Figure 16: Structure des flavonols (Anderson et *al.*, 1996).

Selon Del caro et Piga, (2008), les variétés de figes noires sont plus riches en flavonols que les variétés de figes blanches. L'analyse par HPLC a révélé que le constituant majoritaire étant la rutine (quercétine-3-O-rutinoside) , la rutine étant une forme glycosylée, elle est mieux absorbée par le corps humain que la forme non glycosylée (quercétine) (Veberic et *al.*, 2008). Les flavonols ont des propriétés bénéfiques dans le traitement des maladies cardiaques et de certains cancers (Vinson et *al.*, 1995), ou encore des activités antitumorales et chimiopréventives (Lacaille-Dubois et Wagner, 1996).

L'activité antioxydante des flavonols est très importante (Lugasi et al., 2003), notamment dans la protection contre l'oxydation des LDL, le traitement clé de l'athérosclérose ; ils jouent aussi un rôle important dans la protection contre le diabète chez l'homme, et contre les dommages oxydatifs de l'ADN (Lean et al., 1999). La quercétine peut contribuer significativement au potentiel antioxydant car sa structure permet la stabilisation du radical aryloxy en donnant l'atome d'hydrogène (Zheng et Wang, 2003).

III.5. Les anthocyanes

Le mot anthocyane dérivé de deux grecs mots: anthos, qui signifie fleurs, et kyanos, qui signifie bleu foncé. Les anthocyanes se distinguent des autres flavonoïdes en raison de leur capacité à former cations flavilium. Les anthocyanes sont des pigments naturels solubles dans l'eau et sont responsables de la pigmentation bleue, du violet, du rouge et couleur orange de nombreux fruits et légumes (Miguel, 2011).

Ouchemoukh et al., (2012) ont montré dans leur recherche que la figue sèche est le fruit le plus riche en anthocyanine (5,9 mg EC/100g MS) par rapport aux autres fruits secs tels que les prunes (2 mg/100g de MS) et les raisins (1mg EC /100g de MS). Les anthocyanines majoritaires de la figue sont la cyanidine 3-O rutinoside et lacyanidine 3-glucoside (Figure17) (Del Caro et Piga, 2008 ; Dueñas et al., 2008).

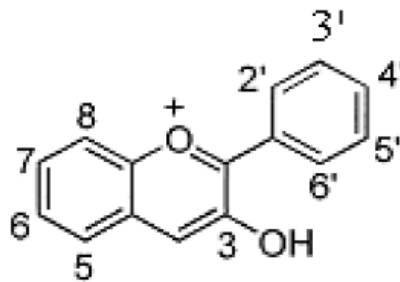


Figure 17: Structure des anthocyanidines (Robards, 2003).

La structure de base des anthocyanes est caractérisée par un noyau flavone généralement glucosylé en position C-3 (Vandi et al., 2016). L'effet antioxydant des anthocyanes est expliqué en partie par le piégeage des radicaux libres et la chélation des métaux. Par ailleurs, le cyanidol forme un complexe de pigmentation avec l'ADN, protégeant ainsi cette molécule critique des altérations oxydatives. Les anthocyanes inhibent les enzymes protéolytiques de dégradation du collagène (élastase, collagénase), ce qui explique leurs propriétés vasoprotectrices et anti-œdémateuses. Il s'agit, en outre, de composés veino-actifs doués d'une propriété vitaminique « P ». Les anthocyanes bloquent la production du NO (monoxyde azote) à partir des polynucléaires

neutrophiles au cours de la phase précoce de l'inflammation et sont considérés comme molécules anti-inflammatoires (Derbel et Ghedira, 2005).

III.6. Les tanins

Les tanins sont des polyphénols hydrosolubles de masse molaire comprise entre 500 et 3000 g/mol. Les tanins présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines. Ils sont trouvés dans toutes les parties de la plante, l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines à différentes concentrations. (Vandi et al., 2016). D'après Mahmoudi et al., (2018) les teneurs des tanins condensés de neuf variétés de figues algériennes étudiées étaient de 0.388 µg d'équivalent catéchol / g PF pour la peau et 18.468 µg EC/g PF pour la pulpe. Sur le plan structural, les tanins sont divisés en deux groupes :

III.6.1. Les tanins condensés (proanthocyanidine)

Sont des polymères d'unité flavanique le plus souvent liés entre elles par des liaisons c4-c8. Les précurseurs sont des flavan-3-ols (catéchine et épicatechine) et flavan-3,4-diols (Figure 18). Cette classe de tanins est la plus présente dans le monde végétale (Zimmer et Cordesse, 1996).

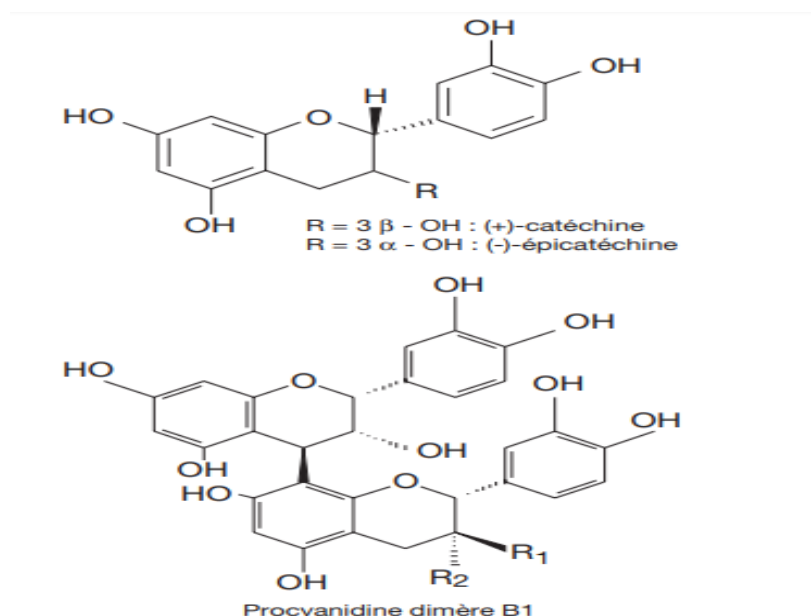


Figure 18: Structure de la catéchine, de l'épicatechine et d'un tanin condensé (proanthocyanidol) (Derbel et Ghedira, 2005).

III.6.2. les tanins hydrolysables

Ce sont des esters d'acide gallique et des esters d'acide hexahydroxydiphénique. Par hydrolyse (acide, alcaline ou enzymatique), les acides phénoliques libérés sont l'acide gallique

ou l'acide éllagique, à partir des tanins galliques (gallo-tanins) et les tanins éllagiques (éllagitanins) respectivement (Figure19) (Zimmer et Cordesse, 1996).

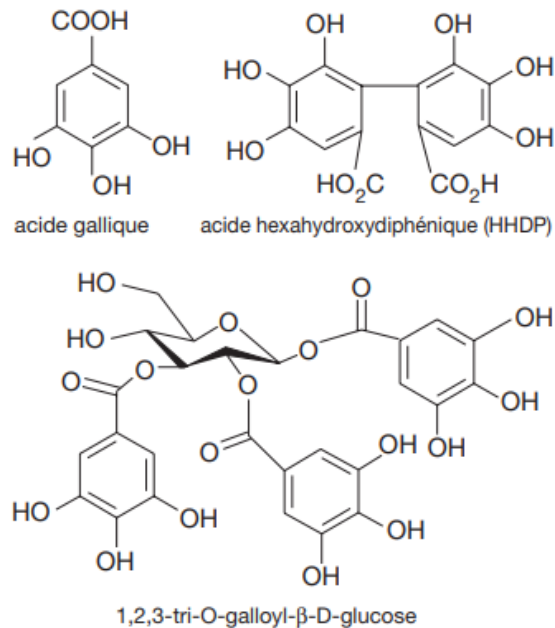


Figure 19: Structure de l'acide gallique, de l'acide hexahydroxydiphénique et d'un tanin gallique (Derbel et Ghedira, 2005).

Les tanins sont doués d'un pouvoir antioxydant important. Les tanins hydrolysables inhibent la peroxydation des lipides et les tanins condensés inhibent la formation des superoxydes. Les catéchols du thé piègent les radicaux libres, chélatent les ions métalliques et préservent d'autres antioxydants comme la vitamine E. Ces composés polyphénoliques inhibent les activités enzymatiques de la protéine-kinase C, de la 5-lipoxygénase et de l'enzyme de conversion de l'angiotensine et sont actifs sur la thermogénèse. Certains tanins présentent également des propriétés vitaminiques « P » (ou quercétine) est l'ancien nom de la vitamine C2 (Derbel et Ghedira, 2005).

III.7. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels appartenant à la famille des tétra-terpènes. Ils se composent de quatre unités terpéniques, chacune contenant 10 atomes de carbone. Leur structure contient des doubles liaisons et parfois anneau(s), avec ou sans atomes d'oxygène attachés (Arvaniti et al., 2019). Ils sont responsables des colorations rouge, orange et jaune des fruits et légumes (Rao et Rao, 2007). Il existe deux grandes classes de caroténoïdes :

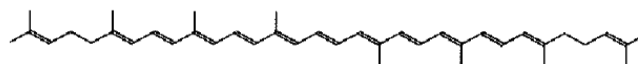
- Les xanthophylles contiennent un ou plus d'atomes d'oxygène. La lutéine est le composé le plus populaire de cette classe.
- Les carotènes dépourvus d'oxygène se composent uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Le β -carotène est le principal composé du groupe des carotènes (Arvaniti et al., 2019).

Les caroténoïdes sont reconnus d'avoir un impact important sur la santé en agissant comme des antioxydants lipophiles. Ils sont des désactivateurs efficaces des molécules sensibilisées excitées électroniquement impliquées dans la génération de l'oxygène singlets et du radical peroxyde (Young et al., 2001; Tapiero et al., 2004).

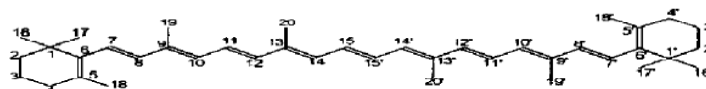
Les propriétés antioxydantes des caroténoïdes sont associées à leurs propriétés d'élimination des radicaux et leurs capacités exceptionnelles de désactivation de l'oxygène singlet. Les caroténoïdes peuvent piéger les radicaux libres selon trois réactions: transfert d'électron; abstraction d'hydrogène et addition (El-Agamey et al., 2004).



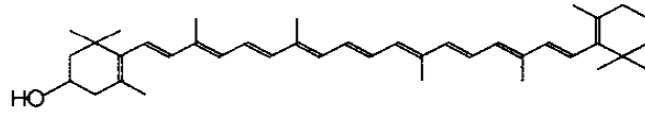
Certaines des caroténoïdes ont des propriétés provitaminiques A à des degrés variables tel que les carotènes dont la forme la plus active est le β -carotène (forme trans), ainsi que la cryptoxanthine, et leurs dérivés (Couplan, 1998). Les figues fraîches et séchées contiennent une variété de composés caroténoïdes (figure20) (Arvaniti et al., 2019). Selon l'étude de Kakhniashvili et al., (1987) sur le profil des caroténoïdes de la figue, les résultats ont montré que la figue contient des caroténoïdes entre 1,59 et 4,32 mg/100 g dont les deux majoritaires dans la figue sont la lutéine et l' α -carotène (figure21).



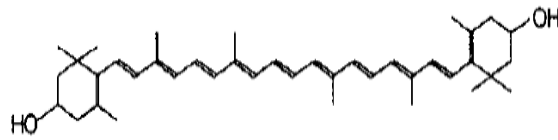
Lycopène



β -Carotène



β -Cryptoxanthine



Zéaxanthine

Figure 20: Structure de quelques caroténoïdes (Arvaniti et *al.*, 2019).

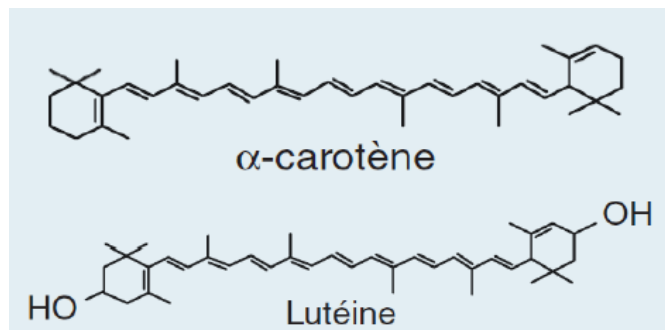


Figure 21: Structures de l' α -carotène et de la lutéine (Borel et *al.*, 2005).

Chapitre IV

Etudes antérieures sur
Ficus carica L.

Ficus carica L.

Chapitre IV. Etudes antérieures sur *Ficus carica* L.

Les figues comestibles, *Ficus carica* L. occupent une place importante dans la nutrition humaine et animale dans le monde entier. Les êtres humains ont consommé les fruits de ces arbres depuis les premiers temps, et les ont utilisés ainsi que d'autres parties de ces arbres à des fins médicinales. Récemment beaucoup de travaux se sont concentrés à étudier la qualité de ce fruit que ça soit nutritionnelles physicochimiques ou pharmacologiques.

IV.1. Etudes antérieures traitant la qualité nutritionnelle

Comme un aliment saisonnier, la figue représente un constituant important du régime alimentaire méditerranéen et présente une composition très diversifiée. Elle contient une faible quantité de lipides et est une excellente source de minéraux, vitamines et fibres alimentaires (Mahmoudi et al., 2018).

Il est connu que la composition nutritionnelle des aliments intéresse directement le consommateur. Pour cela l'analyse de valeurs nutritionnelles permet d'établir ou confirmer le contenu nutritif des produits alimentaires. Ces analyses permettent aussi de valoriser la composition de nos aliments, en mettant en avant leurs qualités nutritionnelles (contenu en fibres, minéraux spécifiques, vitamines, sucres,... etc).

Dans cette optique, plusieurs recherches et études se sont concentrées sur la caractérisation nutritionnelle de *Ficus carica*.

Les protéines alimentaires d'origine végétale occupent une grande part dans l'alimentation humaine même si elles ont une valeur biologique moins importante que celle des protéines d'origine animale. Elles remplissent des fonctions essentielles puisqu'elles peuvent être des enzymes, des transporteurs de nutriments et mêmes des agents de défense, comme elles peuvent être à l'origine de quelques réactions allergiques (Lacroix, 2008). Les protéines, notamment celles de la figue sont dosées par plusieurs auteurs (Abou-Farrag et al., 2013 et Pereira et al., 2017).

Ces auteurs s'appuient généralement sur la méthode de Bradford (1976). Le principe du dosage est basé sur la liaison du Bleu de Coomassie G-250 aux résidus d'acides aminés aromatiques présents dans les protéines pour donner un complexe coloré qui absorbe les rayons ultras violets à 595nm. La teneur en protéines solubles par la suite est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage obtenue à partir d'une solution de sérum albumine bovine (BSA).

L'étude menée par Abou-Farrag et al., (2013) sur trois variétés de figues fraîches égyptiennes a montré que la teneur des protéines variaient de 4.15% à 5.38%. Ces résultats sont légèrement inférieurs à ceux obtenus par Pereira et al., (2017) qui ont rapporté des valeurs moyennes

variant de 4.4 % à 6.7 % pour neuf variétés de figes fraîches cultivées en Estrémadure (Espagne).

Les fruits contiennent 0,1 à 1,5 % de composés azotés dont 35 à 75 % de protéines. Les acides aminés libres représentent en moyenne 50 % des composés azotés solubles. La composition en acides aminés est typique pour chaque fruit ; ainsi, elle peut être utilisée pour la caractérisation analytique des produits à base de fruits (Belitz et *al.*, 2009).

La détermination colorimétrique de la teneur en acides aminés est basée sur la réaction avec la ninhydrine. L'intensité de la coloration formée est proportionnelle à la quantité d'acides aminés dans l'extrait (Yemm et Cocking, 1955).

La teneur en acides aminés est déterminée par la suite en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue à partir d'une solution de standard (solution de glycine par exemple). Les résultats sont exprimés en g par 100 g MS.

Le dosage de la teneur en acides aminés totaux dans l'étude menée par Huang et *al.*, (2010) qui portait sur l'analyse de la qualité nutritionnelle et de l'activité antioxydante de 13 plantes comestibles et médicinales de Hong Kong dont la fige fraîche a révélé une teneur de 9,29 g/100 g. Une teneur moyenne inférieure en acides aminés libres des figes fraîches de 0,82 g/100 g a été rapportée par Favier et *al.*, (1993).

Les glucides totaux regroupent l'ensemble des polysaccharides, les oligosaccharides et les monosaccharides. Ils constituent la majeure partie de notre alimentation et sont apportés surtout par les fruits (Lee et *al.*, 1970). La concentration en glucides des fruits est d'un grand intérêt, à cause de leur influence sur les propriétés organoleptiques et constitue un critère d'évaluation de la maturation ; elle conditionne aussi la stabilité et la conservabilité des fruits (Golubev et *al.*, 1987 ; Jiang et *al.*, 2013).

Les sucres totaux sont généralement déterminés par la méthode phénol-acide sulfurique de Dubois et *al.*, (1956). Les glucides, à chaud en présence d'acide fort, se déshydratent et forment des dérivés furaniques (furfural dans le cas de pentoses et hydroxyméthylfurfural dans le cas d'hexoses), qui se condensent avec le phénol pour donner un complexe jaune-orangé dont le maximum d'absorption est entre 480 et 490 nm. Le taux de glucides totaux est calculé par référence à une courbe d'étalonnage préalablement établie avec un standard (le glucose). Les résultats sont exprimés en g d'équivalent standard (glucose) par 100 g MS.

Les résultats de l'étude réalisée par Trad et *al.*, (2014) sur cinq cultivars tunisiens de figes ont rapporté des teneurs en sucres totaux variant de 11.8 à 16.4 g/100 g. Dans une étude

comparative menée par Mahmoudi et *al.*, (2018) sur neuf variétés de figes fraîches algériennes, les teneurs en sucres totaux de pulpe étaient supérieurs (9,453 g / 100 g à 26,016 g / 100 g) par rapport à celles obtenues dans la peau (0,958 g / 100 g à 11,594 g / 100 g).

La quantité des sucres dans la figue est importante notamment pour les industries alimentaires : pour la production de la confiture et des figes sèches (Darjazi, 2011).

L'étude réalisée par Aljane et *al.*, (2006) sur quatorze variétés de figes fraîches du sud de la tunisien, a montré que les valeurs obtenues pour le glucose variaient de 1,216 à 6,133g / 100 g de matière fraîche et les valeurs obtenues pour le fructose variaient de 1,916 à 4,658 g / 100 g matière fraîche. Par contre l'étude de Awatef et *al.*, (2010) réalisée sur trois cultivars de figes fraîches du Sud-est tunisien présente une teneur en glucose variant de 8.53 à 10.46g / 100 g matière fraîche et une teneur en fructose variant de 7.25 à 9.35g / 100 g matière fraîche.

Les minéraux sont des micronutriments impliqués dans de nombreux processus biochimiques, et un apport approprié de ces minéraux est essentiel pour la prévention des maladies liées aux l'insuffisance des minéraux (Mahmoudi et *al.*, (2018). La figue est considéré comme une bonne source de minéraux surtout le potassium et le calcium (Lim, 2012).

Le dosage des minéraux est basé sur la minéralisation qu'est la reprise de cendres, obtenues par incinération de la prise d'essais d'échantillons de figue à 550°C sous forme liquide. La détermination de la teneur en éléments minéraux se fait par la norme (NF V 05-113, 1972), en utilisant la spectrophotométrie d'absorption atomique.

Plusieurs auteurs ont dosé les sels minéraux dans la figue dont Aljane et *al.*, (2006) qui ont trouvé que les teneurs en sels minéraux de quatorze variétés de figes fraîches récoltées du sud tunisien sont de 541.27 à 875 pour le potassium (K), de 151.76 à 448.07 pour le calcium (Ca), de 51.69 à 91.22 pour le magnésium (Mg), de 19.7 à 57.52 pour le sodium (Na), et de 0.77 à 2.08 pour le zinc (Zn). Ces valeurs sont exprimées en mg / 100 g de matière sèche. Par contre Aksoy et *al.*, (1987), Ozer et Derici, (1998), ont trouvé des teneurs en sels minéraux pour des cultivars de figes turques variant de 680 à 1050 pour le potassium (K), de 167 à 333 pour le calcium (Ca), de 11 à 107 pour le magnésium (Mg), de 20 à 67 pour le sodium (Na) et de 0,8 à 2,0 pour le zinc (Zn). Ces valeurs sont exprimées en mg / 100 g de matière sèche.

Les figes sont riches en vitamines hydrosolubles B1, B2 et C et des vitamines liposolubles comme la vitamine A (Farahnaky et *al.*, 2009), vitamine D2, vitamine D3, vitamine K1 et α -Tocophérol ainsi que γ -Tocophérol, δ -Tocophérol et acétate de α -Tocophérol. Le taux de ces

vitamines varie entre les différentes parties du fruit. La vitamine C travaille avec la vitamine E et l'enzyme glutathion peroxydase pour arrêter des radicaux (Cheikh-Traoré, 2006). elle réagit non seulement avec les radicaux hydroxyles, mais aussi avec les radicaux superoxydes et leur forme protonée et capte les radicaux peroxydes (Gardès-Albert et *al.*, 2003). Au cours de ces réactions l'ascorbate est oxydé en radical ascorbyle qui sera recyclé, tout au moins en partie, par dismutation (Gardès-Albert et *al.*, 2003).

L'acide ascorbique est la forme réduite de la vitamine C. Il possède deux isomères : l'acide L-ascorbique et l'acide D-ascorbique. Seule la forme L est métabolisée de façon efficace chez l'Homme (Sekli-Belaidi, 2011). Il a plusieurs rôles physiologiques et est impliqué dans l'élimination de carcinogènes et des nitrosamines dangereuses (Liao et Seib, 1988). Son dosage se base sur une réaction d'oxydoréduction en milieu acide en utilisant le 2,6-dichloro-indophénol (DCIP). En présence de l'acide ascorbique, le DCIP (bleu) est réduit en DCIPH₂ (incolore). L'excès de DCIP donne une coloration rose caractéristique dont le maximum d'absorption est à 515 nm (Tabart et *al.*, 2010).

L'étude menée par Mahmoudi et *al.*, (2018), sur neuf variétés des figes fraîches algériennes a montré que les concentrations de la vitamine C dans les pulpes et pelures variaient de 1.33 à 10.67 mg /100 g. Par contre l'étude de Abou-Farrag et *al.*, (2013) sur trois variétés de figes fraîches égyptiennes présentait des concentrations de la vitamine C variant de 2.16 à 6.71 mg/100g.

Les fibres alimentaires regroupent la lignine et quelques glucides tels que la cellulose, les hémicelluloses, les pectines, les amidons résistants et les oligosaccharides non-digestibles. La fige contient les deux types de fibres (solubles et insolubles). Elle constitue un excellent remède contre la constipation (Bidri, 2018). Ses fibres se montrent très efficaces pour stimuler les intestins (Du Toit et *al.*, 2001).

Selon la méthode décrite par l'AOAC 985.29 et adoptée par Pereira et *al.*, (2017), le principe de dosage des fibres consiste dans une première étape en une digestion des échantillons à l'aide d'un cocktail enzymatique (α amylase, protéase et amyloglucosidase), puis un traitement avec de l'éthanol afin de précipiter les fibres solubles et d'extraire les protéines et le glucose. Le précipité obtenu est lavé, séché et pesé.

Les résultats de Pereira et *al.*, (2017), ont montré que le contenu en fibres alimentaires de neuf variétés de figes fraîches cultivées en Estrémadure (Espagne) variaient de 4% à 7,4%. Ces résultats sont supérieures à ceux obtenues par Abou-Farrag et *al.*, (2013) qui ont rapporté des teneurs en fibres variant de 3.91% à 5.17%.

IV.2. Etudes antérieures traitant la qualité physicochimique

La fonction principale d'un figuier est de produire de délicieux fruits, nourrissants à l'état frais ou sec, Pendant la période de récolte, on trouve des produits frais en abondance, mais le reste du temps, ils sont difficiles à trouver. La plupart des fruits tel que la figue ne reste que très peu de temps consommable si on ne les conserve pas rapidement (James et Kuipers , 2003). Le potentiel de développement d'une production accrue de figues est lié à l'introduction des techniques agricoles modernes et la sélection de cultivars productifs avec détermination des paramètres physico-chimiques liés à la qualité des fruits (Pereira et *al.*, 2017). Ces paramètres sont utilisés comme indicateurs du seuil de maturité (Chahidi et *al.*, 2008), tels que le pH, l'humidité, l'acidité titrable, les solides solubles totaux (SST), l'indice de maturation (IM), le poids, les cendres et la fermeté.

Le pH est un important paramètre pour le contrôle de la qualité des denrées alimentaires. C'est un critère de classification des fruits et légumes et tient un rôle limitant dans leur conservation (Board, 1987).

Selon Abbas et *al.*,(2016), les valeurs de pH enregistrées étaient comprises entre 4,0 et 4,7 pour les figues de Pakistan. Les valeurs obtenues dans cette étude étaient inférieures à celles rapportées par Caliskan et Polat (2008), qui ont obtenu des valeurs entre 4,6 et 5,4 pour les figues de Turquie. Il est tout de même intéressant de souligner que Simsek (2009), qui a mesuré le pH du jus de sept variétés de figues fraîches du Sud de la Turquie, récoltées dans deux années successives a rapporté des valeurs allant de 4,67 à 6,04.

Dans une autre investigation, Abou-Farrag et *al.* , (2013) ont obtenu des valeurs de pH de trois variétés de figues fraîches de l'Egypte variant entre 5,28 à 5,50. Des valeurs légèrement supérieures allant de 5.16 à 6.39 ont été enregistrées par Pereira et *al.* , (2020) pour neuf variétés de figues de l'Espagne.

Cette divergence peut s'expliquer par l'influence des conditions environnementales sur la qualité des fruits (Valero et Serrano, 2010).

Outre le pH, l'humidité est également un autre paramètre important dans la valorisation de la qualité physicochimique. Les figues fraîches sont très sensibles à la détérioration microbienne, même dans des conditions de stockage au froid et sont très périssables à température ambiante, en raison de l'humidité élevée (Abou-Farrag et *al.*, 2013).

L'humidité représente la différence entre le poids de l'échantillon avant et après la dessiccation lorsque le poids soit constant (Al Askari et *al.*, 2012). En effet, pour déterminer la teneur en eau,

une dessiccation de la matière fraîche est réalisée à la température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ dans une étuve isotherme ventilée à la pression atmosphérique jusqu'à une mesure pratiquement constante.

L'étude menée par Aljane et Ferchichi (2009), sur une dizaine de variétés de figes fraîches tunisiennes a montré des teneurs en eau allant de 63,46 à 83,47%. Les valeurs obtenues dans cette étude étaient inférieures à celles obtenues par Abbas *et al.*, (2016), dont le taux d'humidité varie entre 78,21 et 85,94% pour quatre variétés de figes de Pakistan . Des valeurs proches à celles obtenues par Abbas *et al.*, (2016), ont été rapportées par Abou-Farrag *et al.*, (2013) avec des teneurs en eau comprises entre 77,81 et 82,91% pour trois variétés de figes fraîches de l'Egypte.

Dans la caractérisation physicochimique il est aussi important de mesurer l'acidité titrable. En effet, c'est un élément important pour la détermination de la date de la récolte. C'est un indicateur de la maturité des fruits en relation avec les sucres. En général, la teneur en acides organiques diminue durant la maturité (Chahidi *et al.*, 2008).

Pour la détermination de l'acidité titrable, l'aliment est d'abord dilué si la concentration d'acides organiques est importante. Une portion de la solution diluée est ensuite titrée par une solution standardisée de NaOH 0,1N, en présence d'un indicateur. Pour les aliments trop colorés, on utilise un pH mètre pour la détection du point de virage (pH 8,3 pour la phénolphthaléine).

L'étude réalisée par Pereira *et al.*, (2017) a montré que les données concernant l'acidité titrable à divers stades de maturation de neuf variétés de figes cultivées en Estrémadure dans l'ouest de l'Espagne varient de 0,1 à 0,2 g/100 g . Les valeurs obtenues dans cette étude étaient inférieures à celles obtenues par Caliskan et Polat (2012), qui ont rapporté des valeurs variant entre 0,11 et 0,35 g/100 g pour les figes de la région de la Méditerranée orientale de la Turquie. Simsek (2009) a rapporté des valeurs comprises entre 0,14 et 0,29 g/100 g pour sept variétés de figes fraîches du Sud de la Turquie.

D'après Ercisli *et al.*,(2012) l'acidité titrable de génotypes et cultivars de figue du nord-est de la Turquie oscillent varie entre 0,16 et 0,47% . Il faut noter; que pour obtenir des figes de meilleure qualité, l'acidité titrable doit se situer entre 0,22 et 0,30% (Ercisli *et al.*,2012) .

Un autre paramètre, les solides solubles totaux (SST) sont parmi les principales propriétés physico-chimiques à analyser également dans les figes fraîches. Une augmentation du contenu en SST pendant le stockage peut être due à la conversion des polysaccharides en sucres solubles (Abbas *et al.*, 2016).

Les solides solubles totaux (SST), sont généralement mesurés à l'aide d'un réfractomètre.

D'après Abbas et *al.*, (2016), le total des solides solubles (SST) de quatre variétés de figes de Pakistan variaient de 9,65 BRIX° pour la variété anglaise, 10,63 BRIX° pour la variété brun foncé, 12,82 pour la variété noir foncé et 10,70 BRIX° pour la variété sauvage. Il a été observé que le total des solides solubles dans tous les échantillons a augmenté pendant le stockage de 30 jours. Le total des solides solubles dans la variété anglaise a augmenté de (9,4 à 10,2 BRIX°), pour la variété de fige marron foncé de (10,2 à 11,10 BRIX°), pour la variété noire foncée de (12,2 à 13,6) et pour le cultivar sauvage de (10,2 à 11,14 BRIX°). Ces résultats ont été corrélés avec ceux de Del Carmen villalobos et *al.*, (2016), qui ont également trouvé une augmentation des valeurs du SST lors du processus de maturation pour les deux cultivars de figes étudiés «Cuello Dama Blanco» et «Cuello Dama Negro».

C'est au cours de la maturation que s'élabore la qualité organoleptique des fruits (accumulation de sucres et d'acides, production d'arômes, modifications de la texture...). Pour cela l'évaluation de l'indice de maturation, qui représente le ratio SST/ AT dans l'analyse physico-chimiques des figes fraîches est importante, car ce ratio est un indicateur de l'acceptabilité du consommateur et de la qualité du fruit, puisque la douceur perçue du fruit mûr dépend du ratio SST/AT (Pereira et *al.*, 2017).

D'après Pereira et *al.*, (2017) les valeurs de l'IM pour neuf variétés de figes fraîches de l'Espagne, variaient de 108 à 221. Les ratios SST / AT obtenus dans cette étude étaient beaucoup plus supérieures à celles obtenues par Abou-Farrag et *al.*, (2013) pour trois variétés de figes de l'Égypte qui ont rapporté des valeurs allant de 90,6 à 155,8.

Par ailleurs, le poids est aussi un des paramètres physiques à ne pas négliger. En effet, du point de vue commercial et économique, un gros fruit est synonyme d'une bonne production et est plus facilement vendu (attraction du consommateur). Les fruits de fige de petite taille sont plus adéquats pour la fabrication de la confiture et les fruits de grande taille sont plutôt destinés à la consommation à l'état frais.

Lors de l'analyse de sept variétés de figes fraîches du Sud de la Turquie, Simsek (2009) a rapporté des poids qui varient entre 30,88 et 56,29 g. Pereira et *al.*, (2017) ont obtenu une gamme de poids légèrement plus large pour les figes fraîches de l'Espagne (36,9 à 56,8 g). De plus Crisosto et *al.*, (2010) ont rapporté des poids variant entre 35,60 et 55,60 g pour les figes des États-Unis, alors que pour Caliskan et Polat (2012), les poids oscillent entre 12,30 et 99,40 g. Les différences entre les résultats peuvent être expliquées par l'effet variétal, la caprification des figes, les variations géographiques et écologiques incluant l'effet des conditions de culture.

Le dosage des cendres est aussi un paramètre important. Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. Les cendres représentent environ 1 à 5% de la masse d'un aliment sur une base humide.

L'étude menée par Abou-Farrag et *al.*, (2013) sur trois variétés de figes égyptiennes. a montré des teneurs en cendres allant de 2,53 à 3,08%, Les valeurs obtenues dans cette étude étaient beaucoup plus supérieures à celles rapportées par Guvanc et *al.*, (2009) qui ont obtenu des valeurs comprises entre 0,48 et 0,85% pour les figes fraîche de Turquie. Il faut noter aussi que plusieurs études ont montré que les teneurs en cendres augmentaient légèrement pendant le stockage (Abbas et *al.*, (2016), Sandhu et *al.*, (2001)).

La mesure de la fermeté des fruits est aussi un paramètre important. C'est un des critères permettant d'estimer le meilleur moment pour récolter. Il donne une indication quantifiée de la dureté ou de la tendreté d'un fruit et par conséquent établir le point de maturité optimal pour éviter que les fruits deviennent plus susceptibles d'être endommagé pendant le transport et le stockage. En effet, la maturation des fruits, comme d'ailleurs certaines altérations dues à des carences, des maladies ou des conditions défavorables de conservation, se traduisent par des modifications de composition des lamelles inter-membranaires, des membranes elles-mêmes ou de la turgescence des cellules qui en fin de compte peuvent se déceler par des changements de résistance à l'écrasement des tissus (Pereira et *al.* , 2017).

Selon Pereira et *al.* , (2017), les valeurs moyennes de fermeté de neuf variétés de figes cultivées en Estrémadure dans l'ouest de l'Espagne variaient de 1,9 à 7,1 Nmm⁻¹. La variété «Brown Turkey» a montré la valeur la plus élevée de fermeté (7,1 Nmm⁻¹). Inversement, «Cuello Dama Blanco» était la variété qui a enregistré la valeur la plus basse de fermeté (1,9 Nmm⁻¹). Des différences importantes ont été également constatées entre les stades de maturation. En général, la fermeté a été fortement affectée par le stade de maturation du fruit, diminuant progressivement avec la maturité.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Del Carmen Villalobos et *al.*, (2016), qui ont trouvé également une diminution de la fermeté tout au long de la période de stockage pour les deux cultivars de figes étudiés «Cuello Dama Blanco» et «Cuello Dama Negro» .

IV.3. Etudes antérieures traitant le dosage des composés phénoliques et l'activité antioxydante

Il est connu que les plantes possèdent des métabolites dits « secondaires » par opposition aux métabolites primaires qui sont les protéines, les glucides et les lipides. Ces métabolites

secondaires sont classés en plusieurs grands groupes: parmi ceux-ci, les composés phénoliques. Ce groupe renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités biologiques. Un certain nombre d'études se sont concentré sur l'extraction de ces métabolites secondaires dans les figes et la valorisation de ces composés en évaluant différentes activités notamment l'activité antioxydante.

L'extraction des composés phénoliques est une étape cruciale pour la valorisation des principes actifs. Elle est influencée par leur structure chimique, la méthode d'extraction, la taille des particules formant l'échantillon, le temps et les conditions de stockage ainsi que la présence d'interférents (Naczka et Shahidi, 2004). Elle dépend également du solvant d'extraction, qui est aussi l'un des paramètres qui peut affecter l'extraction des polyphénols (Troszynska et al., 2002). L'extraction peut s'effectuer par plusieurs solvants tels que: l'eau, le méthanol, l'éthanol et l'acétone. Par ailleurs, les solvants aqueux donnent les meilleurs rendements d'extraction que les solvants absolus (Spignone et al., 2007). Il a été aussi montré que parmi les trois solvants, chloroforme, éthyle acétate, et méthanol, le méthanol est le plus utilisé pour l'extraction des composés antioxydants (Osawa et Namiki, 1981). En effet plusieurs auteurs ont utilisé le méthanol pour la préparation des extraits de figes (Mahmoudi et al., (2018), Solomon et al., (2006), Jokić et al., (2014)).

La teneur par la suite des composés phénoliques totaux des extraits de figes est généralement estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu. Cette méthode spectrophotométrique est l'une des méthodes adoptées dans la plupart des travaux concernant la quantification des polyphénols totaux (Mahmoudi et al., (2018), Caliskan et Polat (2011), Meziant et al., (2015), Spigno et al., (2007). Ce test, basé sur une réaction d'oxydo-réduction, peut être également considéré comme une méthode permettant d'évaluer l'activité antioxydante (Prior et al., 2005). De ce fait, les extraits les plus riches en composés phénoliques peuvent être également considérés comme les plus antioxydants. En effet, lors du dosage, la teneur des polyphénols est estimée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec un standard comme l'acide gallique et la teneur par la suite est exprimée en milligramme équivalent standard (exemple l'acide gallique) par gramme d'extrait brut ou par gramme de poids de figes fraîche ou même par gramme du poids sec.

En Algérie, d'après des investigations antérieures, le taux moyen des polyphénols contenus dans les extraits issus de *figus carica* variait généralement entre 217 à 342 mg EAG / 100 g de poids sec (Meziant et al., 2015). En Tunisie, Aljane (2018) et en en Turquie, Caliskan et Polat (2011)

ont détecté des teneurs nettement plus basses qui variait entre 51.50 à 100.23 mg et 28,6 à 211,9 mg EAG / 100 g de matière fraîche respectivement.

D'autres études effectuées sur les polyphénols de *Ficus carica* ont pu mettre en évidence la présence des composés phénoliques suivants: l'acide gallique, l'acide chlorogénique, acide syringique, (+)-catéchine, épicatechine et rutine, avec la teneur la plus élevée en rutine (jusqu'à 28,7 mg par 100 g PS) (Veberic et *al.*, 2008).

Les flavonoïdes représentent la classe la plus abondante et la plus étudiée des polyphénols. La majorité des recherches entamées sur les extraits de figues ont essayé aussi d'estimer la teneur de ces métabolites. L'estimation quantitative des flavonoïdes totaux contenus dans les extraits est effectuée généralement selon la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl₃) (Mahmoudi et *al.*, (2016), Harzallah et *al.*, (2016), Meziant et *al.*, (2015), Jokić et *al.*, (2014)).

La quantité des flavonoïdes contenue dans les extraits est calculée à l'aide d'une gamme d'étalonnage établi avec un standard. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent standard par gramme d'extrait brut ou par gramme de poids de figues fraîches ou même par gramme du poids sec.

Les teneurs moyennes des flavonoïdes dans les extraits de figues algériennes de la région de Bejaia variaient entre 11,13 à 19,20 mg Equivalent de Quercétine (EQ) / 100 g de poids sec (PS) (Meziant et *al.*, 2015). Les travaux de Mahmoudi et *al.*, (2018) ont indiqué des teneurs moyennes en flavonoïdes dans les extraits de figues de la région de Bouira comprises entre 11.56 et 16.36 mg EQ / 100 g PS . Deux variétés de figues cultivées dans la région de Tirana en Albanie présentaient des teneurs en flavonoïdes variant entre 42,47 à 269,54 mg équivalent de catéchine (EC)/ 100 g de poids frais (PF) (Hoxha et Kongoli, 2016). Dans une autre investigation, Solomon et *al.*, (2006), ont rapporté des valeurs en flavonoïdes totaux de six variétés de figues fraîches variant entre 2,1 et 21,5 mg EC/100 g PF. Par ailleurs, Petkova et *al.*, (2019) ont montré que le taux des flavonoïdes dans l'échantillon de figues fraîches de Bulgarie était plus élevé (11,4 mg EQ / 100 g PF) en comparaison avec les échantillons de figues congelées (3,6 mg EQ / 100 g PF) et la confiture de figues (6,6 mg EQ / 100 g PF).

L'étude menée par Aljane et Sdiri (2014), sur une dizaine de variétés de figues fraîches cultivées dans le Sud-est tunisien a montré des teneurs en flavonoïdes variant entre 4,30 à 9,60 mg de catéchine / 100g PF.

Les anthocyanines appartiennent aussi à la classe des composés phénoliques, et sont responsables de la couleur orange, rose, rouge, violet et bleu de plusieurs fruits et légumes (Sass-Kiss et *al.*, 2005 ; Rogez et *al.*, 2011). Ce sont des pigments solubles dans les solvants polaires (Kong et *al.*, 2003).

Il faut noter que la procédure la plus commune pour extraire les anthocyanes utilise des solvants tels que le méthanol ou l'éthanol avec différentes proportions d'acide chlorhydrique (HCl 0.1-1%). L'utilisation d'un solvant organique a l'avantage d'inactiver les enzymes présentes dans les tissus végétaux et de faciliter le traitement subséquent de l'extrait obtenu, car il est facilement évaporé. Néanmoins, dépendant de la nature de l'échantillon, il peut s'avérer nécessaire d'ajouter de l'eau afin de réaliser une extraction complète des anthocyanes.

D'après Mahmoudi et *al.*, (2018), les teneurs des anthocyanes de neuf variétés de figues algériennes étudiées étaient comprises entre 25,4 et 54,78 µg d'équivalents cyanidine-3 rutinoside / g du poids frais pour la peau et entre 4,488 et 8,077 µg d'équivalents cyanidine-3 rutinoside / g du poids frais pour la pulpe . Ces teneurs sont plus basses par rapport à celles enregistrées par Duenas et *al.*, (2008), qui ont étudié cinq variétés différentes de figues en Espagne et dont la teneur totale en anthocyanes dans la peau variait entre 32 et 97 µg d'équivalents cyanidine-3 rutinoside / g et entre 1,5 et 15 / µg d'équivalents cyanidine-3 rutinoside/ g dans la pulpe.

Une autre étude réalisée par Aljane et Sdiri (2014), sur dix variétés cultivées dans le Sud-est tunisien a montré que les teneurs en anthocyanes étaient comprises entre 0,55 et 9,16 mg équivalents cyanidine -3-glucoside (ECG) / 100g PF. L'étude menée par Caliskan et Polat (2011) sur plusieurs variétés de figues dont San Pedro, Smyrna type de la province de Hatay située dans l'est région méditerranéenne de la Turquie a montré des teneurs en anthocyanines variant de 0.7 à 298.9 mg équivalent cyanidine-3 rutinoside / g PF.

Egalement, d'après des investigations phytochimiques sur les figues, les anthocyanidines dont la cyanidine 3-O-rutinoside et cyanidine 3-O-glucoside ont été trouvés. En outre, d'après une étude de Del Caro et Piga (2008), la cyanidine 3-O-rutinoside était le deuxième composé représentatif dans la figue après la rutine. Duenas et *al.*, (2008) ont détecté par HPLC-DAD-MS en plus des anthocyanes déjà citées, la présence d'autres types d'anthocyanes: la pelargonidine 3-glucoside, la pelargonidine 3-rutinoside et la petunidine 3-rutinoside. La pelure des figues noires a montré une teneur appréciable en cyanidine 3-O-rutinoside tandis que la cyanidine 3-O-glucoside a été détectée seulement dans la pelure des figues. Ces données confirment celles rapportées par Solomon (Solomon et *al.*, 2006).

Les tanins condensés, également connus sous le nom de proanthocyanidines – dérivés polymériques de flavan-3-ol, sont aussi estimés dans les extraits des figues. Le principe de la détermination des tanins condensés consiste à dépolymériser les tanins en milieu méthanolique acide, et après réaction avec la vanilline, à les transformer en anthocyanidols de couleur rouge facilement analysables à 500 nm Sun et *al.*, (1998). Les concentrations des tanins condensés sont déduites à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec le standard (exemple la catéchine) et sont exprimées en milligramme d'équivalent standard par gramme de matière végétale sèche (mg EC/g MS) ou même par gramme du poids de figue fraîche.

D'après Mahmoudi et *al.*, (2018), les teneurs des tanins condensés de neuf variétés de figues algériennes étudiées étaient de 0.388 µg d' équivalent catéchol / g PF pour la peau et 18.468 µg EC/g PF pour la pulpe. Harzallah et *al.*, (2016) en travaillant sur trois extraits à savoir les jus d'écorces, les pulpes et les fruits entiers de trois variétés de figues (la variété Kohli, Hamri et Bidhi) cultivées en Tunisie ont obtenu des teneurs en tanins condensés qui varient en fonction de la partie étudiée. En effet, les auteurs ont rapporté que les teneurs les plus élevées ont été obtenues avec la variété Bidhi avec 75,98 mg EAT / g PF dans le jus d'écorce, 65,87 mg EAT / g PF dans les pulpes et 60,35 mg EAT / g PF dans les fruits entiers.

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles (Ferreiro-Vera et *al.*, 2011), synthétisés par les plantes mais pas par l'organisme humain. Ils se trouvent en faibles quantités dans les fruits et légumes, et sont responsables de la couleur jaune, orange et rouge. Le dosage des caroténoïdes est réalisé après une étape d'extraction à l'aide de solvants appropriés et la concentration est par la suite estimée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant un standard comme le β-carotène.

Ficus carica représente l'une des sources des caroténoïdes avec environs 11 mg EβC/100g MS d'après Ouchemoukh et *al.*, (2012). Des teneurs de 3.52 µg /g PF, 1.73 µg /g PF et 1.94 µg /g PF ont été enregistrées pour les figues fraîches, congelées et les confitures de figues de Bulgarie respectivement selon Petkova et *al.*, (2019). Par ailleurs, l'étude réalisée par Aljane et Sdiri (2014), sur une dizaine de variétés de figues fraîches cultivées dans le Sud-est tunisien a montré des teneurs en caroténoïdes variant entre 0,04 à 0,56 µg / 100g PF.

Dans une autre étude, les caroténoïdes suivants ont été mis en évidence : le cryptoxanthine (avec une teneur de 3.01 µg /100g PF), le β carotène (avec une teneur de 7.19 µg /100g PF) et l' α-carotène (avec une teneur de 78.24 µg /100g PF) Ouchemoukh et *al.*, (2016). Solomon et *al.*, (2006), ont rapporté la présence de plusieurs caroténoïdes dont la lutéine , le crypthoxantine et le lycopène.

La différence notée dans les teneurs en composés phénoliques entre les différentes études peut être due à plusieurs facteurs dont les méthodes d'extraction et d'analyse, l'origine géographique (taux d'ensoleillement), le degré de maturité et les conditions de stockage (Rodriguez Montealegre et *al.*, 2006).

De nombreuses maladies telles que le cancer, l'inflammation, l'athérosclérose, la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson sont liées à des dommages médiés par les ROS des macromolécules biologiques, qui résultent d'un déséquilibre entre les systèmes générateurs de radicaux et piègeurs de radicaux (Taubert et *al.*, 2003).

Pour cela, plusieurs recherches réalisent également l'évaluation du potentiel antioxydant des extraits polyphénoliques. L'évaluation de l'activité antioxydante peut être effectuée par plusieurs méthodes différentes entre autres: le 2, 2-azinobis (3-éthylbenzothiazoline) - Acide 6-sulfonique (ABTS), 1,1-diphényl- 2-picrylhydrazil (DPPH) et le test du pouvoir réducteur du fer (Aljane ,2018).

Le test DPPH est largement utilisé pour déterminer la capacité antiradicalaire de divers échantillons. En effet, Lorsqu'une solution de DPPH est mélangée avec une substance qui peut donner un atome d'hydrogène, cela donne lieu à la forme réduite avec une perte de la couleur violette. La décoloration sera directement proportionnelle au nombre de protons captés et peut être suivie par la lecture de l'absorbance du milieu réactionnel à 517 nm. Elle permet d'évaluer le taux de réduction du DPPH et fournit donc un moyen pratique pour mesurer le pouvoir antioxydant des extraits étudiés.

L'étude réalisée par Arumugam et *al.*, (2018) sur les peaux et les pulpes a montré que l'activité de piégeage du radicale DPPH de l'extrait de peaux était plus élevée (72.84%) par rapport à l'extrait de pulpe (38.51%).

D'après Lahmadi et *al.*, (2019), les profils de l'activité antiradicalaire obtenus ont révélé que l'extrait de *Ficus carica* possède une activité antiradicalaire concentration dépendante. Le pourcentage d'inhibition variait de 11, 31% à 87, 03%. L'étude menée par Aljane, (2018) en travaillant sur plusieurs variétés de figes tunisiennes a rapporté des pourcentages d'inhibition allant de 11,36 % pour la variété Besbessi à 64,737 % pour la variété Bouharrag avec une moyenne générale de toutes les accessions de 36,62 %.

Comme le test au DPPH, La détermination du pouvoir réducteur du fer est une analyse simple dans son application et est en tout point complémentaire au test DPPH.

Cette méthode est basée sur l'aptitude des extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}). Le mécanisme est connu comme étant un indicateur de l'activité donatrice d'électrons, caractéristique de l'activité antioxydante des polyphénols (Yildirim et al., 2001). En effet, Le complexe ferrique-tripyridyltriazine est réduit en la forme ferreux-tripyridyltriazine en présence d'antioxydants; le complexe perd sa couleur jaune pour un bleu foncé. Cette coloration mesurée à 700 nm est proportionnelle à la concentration en antioxydants présents dans les échantillons.

Les résultats obtenus par Lahmadi et al.,(2019), sur l'extrait de *Ficus carica* du Maroc ont permis de remarquer que la réduction du fer est proportionnelle avec les concentrations utilisées. Les absorbances variaient de 0,113 à 0,494. Même constatation a été rapportée par l'étude de Harzallah et al., (2016) sur différentes variétés de figes cultivées en Tunisie avec des absorbances variant selon la partie du fruit de 2,33 (fruit entier) à 3,36 (peau).

La méthode de piégeage du radical-cation $\text{ABTS}^{\bullet+}$ est basée sur la capacité des composés à piéger le radical-cationique $\text{ABTS}^{\bullet+}$, (sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis(3-éthylbenzothiazoline)-6-sulfonique), qui présente un spectre d'absorption dans le visible avec trois maxima à 645, 734 et 815 nm (Thaipong et al., 2006). En réagissant avec le persulfate de potassium ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), l'ABTS forme le radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$, de couleur bleue à verte. L'ajout d'un antioxydant va réduire ce radical et provoquer la décoloration du mélange. La décoloration du radical, mesurée par spectrophotométrie à 734 nm, est proportionnelle à la concentration en antioxydants. Le radical cationique $\text{ABTS}^{\bullet+}$ est formé par arrachement d'un électron (e^-) à un atome d'azote de l'ABTS. En présence d'un antioxydant donneur de H^\bullet , l'atome d'azote concerné piège un H^\bullet , conduisant à l' ABTS^+ , ce qui entraîne la décoloration de la solution (Lien et al., 1999).

l'étude réalisée par Arumugam et al., (2018) sur les peaux et les pulpes de *ficus carica* a montré que le pourcentage du piégeage du radical-cation ABTS de l'extrait de peaux était plus élevé (75,42%) par rapport à l'extrait de pulpe (53,31%). Par ailleurs en Algérie, un pourcentage de 68,98 % a été rapporté par Ouchemoukh et al.,(2017).

Conclusion

V. Conclusion

La figue est l'une des plus anciennes espèces de fruits domestiquées qui pousse généralement dans les zones climatiques chaudes et sèches. Les fruits des arbres de figuier sont largement utilisés. Ils sont une excellente source de minéraux, de vitamines, d'acides aminés, de fibres brutes ainsi que de composés phénoliques.

La figue a été traditionnellement utilisée pour ses vertus médicinales comme remèdes contre plusieurs maladies cardiovasculaires, respiratoires, antispasmodique, anti-inflammatoire, expectorant, et comme médicament hémorroïdaire depuis les temps anciens.

Aujourd'hui, l'industrie agroalimentaire accorde une importance à ce fruit pour ses diverses utilisations. Il est transformé en confitures ou marmelades, ainsi qu'en jus.

La qualité de la figue a une importance primordiale pour le consommateur, y compris la qualité organoleptique (maturité, fermeté, odeur et saveur), la qualité nutritionnelle (teneur en protéines, fibres, sucres, acides aminés, minéraux et vitamines) et la composition phytochimique (teneur en polyphénols et différents antioxydants).

En général, l'ensemble des travaux réalisés nous ont permis de confirmer l'avantage de la consommation de ce fruit vue son intérêt nutritionnel et sa richesse en antioxydants.

Enfin, en guise de perspective, on souhaite réaliser une étude expérimentale sur les différentes variétés de figes (*Ficus carica*) existantes dans notre région "Jijel" en :

- ✓ Evaluant la qualité physicochimique, nutritionnelle, phytochimique et notamment l'activité antioxydante.
- ✓ Des tests *in vivo* qui permettraient une meilleure évaluation de l'activité antioxydante de la figue fraîche.
- ✓ La quantification d'autres éléments antioxydants afin de prévoir leur effet sur la santé.
- ✓ Il serait intéressant d'effectuer des analyses sensorielles et la qualité microbiologique des figes fraîche.
- ✓ De suivre le changement de la couleur et l'odeur au cours du stockage des figes fraîche.

Références bibliographiques

bibliographiques.références

Références bibliographiques

- Abbas, T., Khatoon, S., Alam, R., Hussain, B., Hussain, Z., Gonzalez, M. Y., Abbas, Y., Ali, N., & Hussain, N. (2016). A Physico-Chemical study of different Fig (*Ficus Carica* L.) varieties in Haramosh valley, Gilgit-Pakistan. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1(3), 517-525.
- Abd-Eltawab, S., & Ebid, W. (2019). Production and Evaluation of Stirred Synbiotic Fermented Milk Fortified with Fig Fruit (*Ficus carica* L.). *Egyptian Journal of Food Science*, 47(2), 201-212.
- Abou-Farrag, H.T., Abdel-Nabey, A.A., Abou-Gharbia, H.A., & Osman, H.O. A.(2013). Physicochemical and Technological Studies on Some Local Egyptian Varieties of Fig (*Ficus carica* L.). *Alexandria Science Exchange Journal*, 34(2), 189-203.
- Afriyanti, M., Mulyono, A., Basuki, J., & Sukaryani, S. (2018). Improving The Quality of Fig (*Ficus carica*. L) Processing from Posdaya Lancar Barokah Pokoh Kidul Wonogiri. In *International Conference on Applied Science and Engineering (ICASE 2018)*. Atlantis Press. agroalimentaires. In *industries alimentaire et agricole*, 96,15-628.
- Ahmad, S., Bhatti, F. R., Khaliq, F. H., Irshad, S., & Madni, A. (2013). A review on the prosperous phytochemical and pharmacological effects of *Ficus carica*. *International Journal of Bioassays*, 2, 843-849.
- Ait Haddou, L., Blenzar, A., Messaoudi, Z., Van Damme, P., Boutkhil, S., & Boukdame, A. (2014). Effet du cultivar, du prétraitement et de la technique de séchage sur quelques paramètres physico-chimiques des figues séchées de sept cultivars locaux du figuier (*Ficus carica* L.) au Maroc. *European Journal of Scientific Research*, 121(4), 336-346.
- Åkesson, M. T., & di Caracalla, V. D. T. (2010). Avant-Projet De Niveaux Maximaux Pour Les Aflatoxines Totales Dans Les Figues Sèches, 11, 5-27.
- Aksoy, U., Hakerlerler, H., Anac, D., & Duzbastilar, M. (1987). Soil properties and mineral content of Sarilop fig orchards in Germencik and relationship between mineral nutrients and yield and fruit quality parameters (Turkish). *Triangle Research and Developing Center, Bornova*, 34.

- Al Askari, G., Kahouadji, A., Khedid, K., Charof, R., & Mennane, Z. (2012). Caractérisations physico-chimique et microbiologique de la figue sèche prélevée des marchés de Rabat-Salé, Temara et Casablanca. *Les technologies de laboratoire*, 7(26).
- Alaa H., Ibrahim S. and Khalifa A., (2015). Improve sensory, quality and textural properties of fermented camel's milk by fortified with dietary fiber. *Journal of American science*. 11(3), 42-54.
- Aljane, F. (2018). Evaluation des composés phénoliques et des activités antioxydantes des figues (*Ficus carica* L.). *Bari-Chania-Montpellier-Zaragoza*.
- Aljane, F., & Ferchichi, A. (2009). Postharvest chemical properties and mineral contents of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Tunisia. *Journal of Food Agriculture and Environment* 7 (2), 209-212.
- Aljane, F., & Sdiri, N. (2014). Phytochemical characteristics as affected by fruit skin color of some fig (*Ficus carica* L.) accessions from southeastern Tunisia. *Journal of New Sciences*, 35, 10-139.
- Aljane, F., Toumi, I., & Ferchichi, A. (2007). HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 6(5), 599-602.
- Amaro, L. F., Soares, M. T., Pinho, C., Almeida, I. F., Ferreira, I. M. P. L. V. O., & Pinho, O. (2012). Influence of cultivar and storage conditions in anthocyanin content and radical-scavenging activity of strawberry jams. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 69.
- Amić, D., Davidović–Amić, D., Beslo, D., & Trinnajstić, N. (2003). Structure-Radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica Chemica Acta*, 76 (1), 55-61.
- Anderson, C.M., Hallberg, A., & Hogberg, T.(1996). Advances in the development of pharmaceutical antioxidants. *In Advances in Drug Research*, 28, 65-180.
- Anonyme. (2005). documents Algériens, Série économique : agriculture le figuier et l'exportation des figues en Algérie. n°67 ; 10 mars 1950.

- Arpaci, S. (2015). An overview on fig production and research and development in Turkey. *In International Symposium on Fig, 1173*, 57-62.
- Arumugam, P., Haritha , M., Keerthana, R., Vijayalakshmi ,M., Saraswathi, K. (2018). comparative antioxidant and antimicrobial activities of peel and pulp of fruits of *figus carica L*, 7(15), 1176-1195.
- Arvaniti, O. S., Samaras, Y., Gatidou, G., Thomaidis, N. S., & Stasinakis, A. S. (2019). Review on fresh and dried figs: Chemical analysis and occurrence of phytochemical compounds, antioxidant capacity and health effects. *Food Research International, 119*, 244-267.
- Assaf, R. (2001). Sélection des variétés locales et techniques de culture du figuier en Israël. *Fruits, 56*(2), 101-121.
- Awatef, E., Fethi, M. R., Nizar, C., Afraa, R., Belgacem, L., Leila, B. Y., & Ali, F. (2009). Evaluation de la composition en sucres totaux de trois cultivars locaux de figuier avant et après séchage. *Evaluation, 15*, 16-17.
- Babazadeh Darazi, B. (2011). Morphological and pomological characteristics of fig (*Ficus carica L.*) cultivars from Varamin, Iran. *African Journal of Biotechnology, 10* (82), 19096-19105.
- Badgujar, S. B., Patel, V. V., Bandivdekar, A. H., & Mahajan, R. T. (2014). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: A review. *Pharmaceutical biology, 52*(11), 1487-1503.
- Bakshi, D. N.G., Sensarma, P., & Pal, D. C. (1999). A lexicon of medicinal plants in India. Naya Prakash, Calcutta, 424-425.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Sammam, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agricultural by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry, 99*, 191–203.
- Bayer, E., Buttler, K.P., Finkenzeller, X., & Grau, J. (2005). Guide de la flore méditerranéenne. *édition Tec et Doc, Lavoisier Paris*.12-13.

- Bedioul, A., & Alouane, L. (2010). Plantes traditionnelles et alimentation. Tunisie, 22-23.
- Belitz, H.D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Fruits and Fruit Products. Food Chemistry. *Edition Springer*, 807-861.
- Bidri, M. (2018). Maturation précoce des figes par l'huile d'olive: Implication de la voie de signalisation de l'éthylène. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(4), 489-493.
- Bingham, S. A., Day, N. E., Luben, R., Ferrari, P., Slimani, N., Norat, T., & Tjønneland, A. (2003). Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. *The lancet*, 361(9368), 1496-1501.
- Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 230S-242S.
- Board, B. W. (1987). contrôle de la qualité dans l'industrie du traitement des fruits et légumes. Etude FAO: Alimentation et Nutrition (FAO) fre notas 39, 70p .
- Borel, P., Drai, J., Faure, H., Fayol, V., Galabert, C., Laromiguière, M., & Le Moël, G. (2005). Données récentes sur l'absorption et le catabolisme des caroténoïdes. In *Annales de Biologie Clinique*, 63, 165-177.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, (72), 248-254.
- Brien, J., & Hardy, T.S. (2002). Fig growing in NSW, Agfact H3.1.19, first edition Order N°H3.1.19 Agdex 219. Edited by Ann Munroe, 1-8.
- Bruneton, J. (1999). "Pharmacognosie." *Phytochimie. Plantes médicinales, édition Tec-Doc, Paris*.
- Budić, L. I., & Lovrić, T. (2002). "Identification of phenolic acids and changes in their content during fermentation and ageing of white wines Pošip and Rukatac. *Food Technology and Biotechnology*, 40(3), 221.

- Caliskan, O., & Polat, A.A. (2008). Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 115, 360-367.
- Çalışkan, O., & Polat, A.A. (2011). Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128(4), 473-478.
- Caliskan, O., & Polat, 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.
- Cao, G., Sofic, E., & Prior, R. L.(1997). Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. *Free Radical Biology & Medicine*, 22(5), 749-760.
- Caraglio.(2005) . Les secrets du figuier. Les sorties nature : passage del'automne à l'hiver.
- Chahidi, B., El-Otmani, M., Jacquemond, C., Tijane, M. H., El-Mousadik, A., Srairi, I., & Luro, F. (2008). Utilisation de caractères morphologiques, physiologiques et de marqueurs moléculaires pour l'évaluation de la diversité génétique de trois cultivars de clémentinier. *Comptes Rendus Biologies*, 331(1), 1-12.
- Chawla, A., Kaur, R., & Sharma, A. K. (2012). *Ficus carica* Linn.: A review on its pharmacognostic, phytochemical and pharmacological aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 1(4), 215-232.
- Cheikh,T. M. (2006). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de quelques plantes utilisées dans le traitement traditionnel de la dysmenorrhée au Mali. Thèse de doctorat, 175.
- Chouaki, S., Bessedik, F., Chebouti, A., Maamri, F., Oumata, S., Kheldoun, S., Hamana,M ., Douzene,M ., Bellah, M., & Kheldoun, A. (2006). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. Institut National De La Recherche Agronomique, 91P.
- Condit, I. (1955). Fig varieties: a monograph. *Hilgardia*, 23(11), 323-538.
- Couplan, F. (1998). Guide nutritionnel des plantes. ED. Sophie Daguin.

- 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.
- Crisosto, H., Ferguson, L., Bremer, V., Stover, E., & Colelli, G. (2011). Fig (*Ficus carica* L.). In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* 134-160, Woodhead Publishing.
- Darjazi, B.B. (2011). Morphological and pomological characteristics of fig (*Ficus carica* L.) cultivars from Varamin, Iran. *African Journal of Biotechnology*, 10 (82), 19096-19105.
- Del Carmen Villalobos, M., Serradilla, M. J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Pereira, C., & de Guía Córdoba, M. (2016). Synergism of defatted soybean meal extract and modified atmosphere packaging to preserve the quality of figs (*Ficus carica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 111, 264-273.
- Del Carmen Villalobos, M., Serradilla, M. J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Pereira, C., & de Guía Córdoba, M. (2014). Use of equilibrium modified atmosphere packaging for preservation of ‘San Antonio’ and ‘Banane’ breba crops (*Ficus carica* L.). *Postharvest biology and technology*, 98, 14-22.
- Del Caro, A., & 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.
- Derbel, S., & Ghedira, K. (2005). Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie*, 3(1), 28-34.
- DSA. (2017). (Direction des Services Agricole). Béjaia.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- Dueñas, M., Pérez-Alonso, J. J., Santos-Buelga, C., & Escribano-Bailón, T. (2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(2), 107-115.

- El-Agamey, A., Lowe, G. M., McGarvey, D. J., Mortensen, A., Phillip, D. M., Truscott, T. G., & Young, A. J. (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of biochemistry and biophysics*, 430(1), 37-48.
- Ercisli, S., Tosun, M., Karlidag, H., Dzubur, A., Hadziabulic, S., & Aliman, Y. (2012). Color and antioxidant characteristics of some fresh fig (*Ficus carica* L.) genotypes from Northeastern Turkey. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67(3), 271-276.
- Erlund, I. (2004). Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition research*, 24(10), 851-874.
- Faleh, E., Oliveira, A. P., Valentão, P., Ferchichi, A., Silva, B. M., & Andrade, P. B. (2012). Influence of Tunisian *Ficus carica* fruit variability in phenolic profiles and *in vitro* radical scavenging potential. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22(6), 1282-1289.
- FAO. (2016). (Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'Agriculture).
- Farahnaky, A., Ansari, S., & Majzoobi, M. (2009). Effect of glycérol on the moisture sorption isotherms of figs. *Journal of Food Engineering*, 93, 468-473.
- Favier, J.C., Ireland-Ripert, J., Laussucq, C., & Feinberg, M. (1993). Répertoire général des aliments. Tome 3 : table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. *Editions Office de la recherche scientifique et technique outre-mer (ORSTOM) et Tech & Doc, L'Institut national de la recherche agronomique (INRA)*, 31-34.
- Ferradji, A., Chabour, H., & Malek, A. (2011). Séchage solaire des figues: Bilan thermique et isotherme de désorption. *Revue des énergies renouvelables*, 14(4), 717-726.
- Ferreiro-Vera, C., Mata-Granados, J. M., Gómez, J. Q., & de Castro, M. L. (2011). On-line coupling of automatic solid-phase extraction and HPLC for determination of carotenoids in serum. *Talanta*, 85(4), 1842-1847.
- Flaishman, M. A., Rodov, V., & Stover, E. (2008). The fig: botany, horticulture, and breeding , 34,119-125.

- Formica, J. V., & Regelson, W. (1995). Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. *Food and chemical toxicology*, 33(12), 1061-1080.
- Freiman, Z.E, Rodov, V., Yablovitz, Z., Horev, B., & Flaishman, M.A. (2012). L'application avant la récolte du 1-méthylcyclopropène inhibe le mûrissement et améliore la qualité de conservation des brins de «dinde brune» (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae*, 138, 266-272.
- Gabriele, D., Migliori, M., & De Cindio, B. (2010). Innovation in fig syrup production process: a rheological approach. *International journal of food science & technology*, 45(9), 1947-1955.
- Gardès, A. M., Bonnefont, R. D., & Abedinzadeh, Z. (2003). Espèces réactives de l'oxygène : comment l'oxygène : peut-il devenir toxique. *L'actualité chimiques*, 91-96.
- Garrone, B. (1998). Le figuier. Les écologistes de l'Euzière. 2ème édition, *Presses du Midi, Montpellier, 111* .
- Gausson, H., Leroy, J.F., & Ozenda, P. (1982). Précis de botanique, tome II : végétaux supérieure. Masson, grenadier. *Transfer Génétique en Agriculture*, 105, 558-560.
- Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.
- Golubev, V.N., Pilipenko, L.N., & Kakhniashvili, T.A. (1987). Fractionation and composition of the carbohydrates of *Ficus carica*. *Plenum Publishing Corporation*, 631-634.
- Guttneau, G. (1992). Connaitre et reconnaître la flore et la végétation méditerranéenne, Ed. Ouest-France, 331.
- Guvenc, M. E. (2009). Analysis of fatty acid and some lipophilic vitamins found in the fruits of the (*Ficus carica*) variety picked from the Adiyaman district. *Research Journal of Biological Sciences*, 4 (3), 320-323.
- Haesslein, D., & Oreiller, S. (2008). Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Filière Nutrition et diététique. *Haute Ecole de Santé Genève*, 1-4.

- Handique, J.G., & Baruah, J.B. (2002). Polyphenolic compounds an overview. *Reactive & Functional Polymers*, 52, 163-188.
- Harborne, J.B., Williams, C.A.(2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481-504.
- Harzallah, A., Bhourri, A. M., Amri, Z., Soltana, H., & Hammami, M. (2016). Phytochemical content and antioxidant activity of different fruit parts juices of three figs (*Ficus carica* L.) varieties grown in Tunisia. *Industrial Crops and Products*, 83, 255-267.
- Hertog, M. G., Hollman, P. C., Katan, M. B., & Kromhout, D. (1993). Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in The Netherlands. *Nutrition and Cancer* 20, 21-29.
- Hollman, P.C., Hertog, M.G.L., & Katan, M.B. (1996). Analyse and health effects of flavonoids. *Food Chemistry*, 57, 43-46.
- Hoxha, L., & Kongoli, R. (2016). Evaluation of antioxidant potential of albanian fig varieties “krapa zi” and “krapa bardhe” cultivated in the region of Tirana. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 16, 70-74.
- Huang, W.Y., Cai, Y.Z., Corke, H., & Sun, M. (2010). Survey of antioxidant capacity and nutritional quality of selected edible and medicinal fruit plants in Hong Kong. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 510-517.
- Ibrahim, A. H., & Khalifa, S. A. (2015). Improve sensory quality and textural properties of fermented camel's milk by fortified with dietary fiber. *Journal of American Science*, 11(3), 42-54.
- Imran, A., Jat, R. K., & Varnika, S. (2011). A review on traditional, pharmacological, pharmacognostic properties of *Ficus carica* (Anjir). *International Research Journal of Pharmacy*, 12, 124-127.
- ITAFV. (2003). Etude sectorielle de l'arboriculture fruitière et de la viticulture en Algérie. l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne, 30 P.

- James, I. F., & Kuipers, B. (2003). AD03F La conservation des fruits et des légumes. *Agromisa Foundation*, 94P.
- Jean-Jacques, M. (1996). Les composés phénoliques des végétaux : quelles perspectives à la fin du XX^e siècle . *Acta Botanica Gallica* , 473-479.
- Jiang, L., Shen, Z., Zheng, H., He, W., Deng, G., & Lu, H. (2013). Noninvasive evaluation of fructose, glucose, and sucrose contents in fig fruits during development using chlorophyll fluorescence and chemometrics. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 333-342.
- Jokić, S., Mujić, I., Bucić-Kojić, A., Velić, D., Bilić, M., Planinić, M., & Lukinac, J. (2014). Influence of extraction type on the total phenolics, total flavonoids and total colour change of different varieties of fig extracts. *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 3(2), 90-95.
- Kakhniashvili, T. A., Kolesnik, A. A., Zherebin, Y. L., & Golubev, V. N. (1986). Liposoluble pigments of the fruit of *Ficus carica*. *Chemistry of Natural Compounds*, 22(4), 477-479.
- Kjellberg, F., Doumesche, B., & Bronstein, J. (1988). Longevité of fig wasp (*Blastophaga psenes*). *Proceeding of the Koninklijke Nederlandse Academie Van Wetenschappen. Serie C*, 122-171.
- Kolesnik, A. A., kakhniashvili, T.A., Zherebin, Y. L., Golubev, V. N., & Pilipenko, L. N. (1987). Lipids of the fruit of *Ficus carica*. *Plenum Publishing Corporation Ukraine*, 394-397.
- Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933.
- Lacaille-Dubois, M.A., & Wagner, H. (1996). Importance pharmacologique des dérivés polyphénoliques. *Acta botanica gallica*, 143(6), 555-562.
- Lacroix, M. (2008). Variations qualitatives et quantitatives de l'apport en protéines laitières chez l'animal et l'homme : implications métaboliques. Thèse pour obtenir le grade de docteur d'Agro Paris Tech.

- Lahmadi, A., Filali, H., Samaki, H., Zaid , A., Aboudkhal , S., (2019). Phytochemical screening, antioxidant activity and inhibitory potential of *Ficus carica* and *Olea europaea* leave. *Bioinformation*, 15(3), 226.
- Lansky, E. P., Paavilainen, H. M., Pawlus, A. D., & Newman, R. A. (2008). *Ficus* spp.(fig): Ethnobotany and potential as anticancer and anti-inflammatory agents. *Journal of Ethnopharmacology*, 119, 195-213.
- Lansky, E.P., & Paavilainen, H.M. (2011). Traditional herbal medicines for modern times: Figs the Genus *Ficus*. ED. *Taylor and Francis Group, LLC Chemical Rubber Company Press*, 357.
- Lean, M. E., Noroozi, M., Kelly, I., Burns, J., Talwar, D., Sattar, N., & Crozier, A. (1999). Dietary flavonols protect diabetic human lymphocytes against oxidative damage to DNA. *Diabetes*, 48(1), 176-181.
- Lee, C.Y., Shallenberger, R. S., & Vittum, M. T. (1970). Free sugars in fruits and vegetables. *Food Science and Technology*, 1, 1-12.
- Leroux, H., & Schuber, T. E. (1983). les applications des pectines dans les industries agroalimentaires. In: industries alimentaire et agricole, 9,615-628.
- Leroy , J.F. (1968). Les fruits tropicaux et subtropicaux. Institut français de la recherche fruitière outre-mer. 1ère édition, Presse universitaire de France,7-50.
- Liao, M.L., & Seib, P.A. (1988). Chemistry of L-ascorbic acid related to foods. *Food Chemistry*, 30, 289-312.
- Lien, E. J., Ren, S., Bui, H. H., & Wang, R. (1999). Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(3-4), 285-294.
- Lim, T.K.(2012). Edible medicinal and non-medicinal plants: *Ficus carica*. *Moraceae*. Edition Springer Sciences Media B.V. *Fruits*, 3, 362-376.

- Lopez Camelo, A. F. (2007). Manuel pour la preparation et la vente des fruits et des legumes. Du champ au marche. Bulletin des Services Agricoles de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 151, 39-182.
- Lugasi, A., Hóvári, V., Sági, K., & Bíró, L. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegediensis* 47(1-4), 119-125.
- MADR. (2005). Statistiques agricoles, série A et B, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural (Alger).
- MADR. (2012). Ministry of Agriculture and Rural Development .Service of the Statistics (Algiers, Algeria).
- 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.
- Mahmoudi, S., Khali, M., Benkhaled, A., Boucetta, I., Dahmani, Y., Attallah, Z., & Belbraouet, S. (2018). Fresh figs (*Ficus carica* L.): Pomological characteristics, nutritional value, and phytochemical properties. *European Journal of Horticultural Science*, 83(2), 104-113.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747.
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., & Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 230S-242S.
- Marei, N., & Crane, J. C. (1971). Growth and respiratory response of fig (*Ficus carica* L. cv. Mission) fruits to ethylene. *Plant Physiology*, 48(3), 249-254.
- Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). Total phénolics and total flavonoïds in bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40 (3), 255-260.

- Mars, M. (2001). Fig (*Ficus carica* L.) genetic resources and breeding. In *II International Symposium on Fig*, 605 , 19-27.
- Mawa, S., Husain, K., & Jantan, I. (2013). *Ficus carica* L.(*Moraceae*): phytochemistry, traditional uses and biological activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1-8.
- Mehraj, H., Sikder, R. K., Haider, M. N., Hussain, M. S., & Jamal Uddin, A. F. M. (2013). Fig (*Ficus carica* L.): a new fruit crop in Bangladesh. *International Journal of Business, Social and Scientific Research*, 1(1), 1-5.
- Mendoza-Castillo, V. M., Pineda-Pineda, J., Vargas-Canales, J. M., & Hernández-Arguello, E. (2019). Nutrition of fig (*Ficus carica* L.) under hydroponics and greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 42(11-12), 1350-1365.
- Meziant, L., Saci, F., Bachir Bey, M., & Louaileche, H. (2015). Varietal influence on biological properties of Algerian light figs (*Ficus carica* L.). *International Jourenal. Bioinform Biomed Engineering*, 1, 237-243.
- Miguel, M.G. (2011). Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(6), 7-15.
- Montealegre, R. R., Peces, R. R., Vozmediano, J. C., Gascueña, J. M., & Romero, E. G. (2006). Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 687-693.
- Naczki, M., & Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of chromatography A*, 1054(1-2), 95-111.
- Nijveldt, R. J., Van Nood, E. L. S., Van Hoorn, D. E., Boelens, P. G., Van Norren, K., & Van Leeuwen, P. A. (2001). Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *clinical nutrition*, 74, 418-425.
- Oliveira, A.P., Valentão, P., Pereira, J.A., Silva, B.M., Tavares, F., & Andrade, P.B. (2009). *Ficus carica* L.: Metabolic and biological screening. *Food and Chemical Toxicology*, (47), 2841-2846.

- Omondi Owino, W., Nakano, R., Kubo, Y., & Inaba, A. (2004). Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 32(1), 67-77.
- Osawa, T., & Namiki, M. (1981). A novel type of antioxidant isolated from leaf wax of Eucalyptus leaves. *Agricultural and biological chemistry*, 45(3), 735-739.
- Ouaouich, A., & Chimi, H. (2005). Guide du sécheur de figes. 1ère édition. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Maroc, 10, 28.
- Ouchemoukh, N., Ouchemoukh, S., Meziat, N., Idiri, Y., Hernanz, D., Stinco, C. M., & Luis, J. (2017). Bioactive metabolites involved in the antioxidant, anticancer and anticalpain activities of *Ficus carica* L., *Ceratonia siliqua* L. and *Quercus ilex* L. extracts. *Industrial Crops and Products*, 95, 6-17.
- Ouchemoukh, S., Hachoud, S., Boudraham, H., Mokrani, A., & Louaileche, H. (2012). Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. *LWT-Food Science and Technology*, 49(2), 329-332.
- Oukabli, A. (2003). Le Figuier : un patrimoine génétique diversifié à exploiter. L'Institut national de la recherche agronomique (INRA), Transfert de technologie en agriculture, 106(4).
- Ozer, B.K., & Derici, B. (1998). A research on the relationship between aflatoxin and ochratoxin a formation and plant nutrients. *Acta Horti*, 480, 199-206.
- Pande, G., & Akoh, C.C. (2010). Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Journal of Food Chemistry* 120, 1067-1075.
- Patil, A. P., Kad, V. P., & Shelar, S. D. (2017). Studies on Preparation of Fig Jam Without Preservative. *Journal of Agriculture Research and Technology*, 42(3), 204.
- Pereira, C., López Corrales, M., Martín, A., Villalobos, M.D.C., Córdoba, M.D.G., & Serradilla, M. J. (2017). Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh consumption from nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain). *Journal of Food Quality*, 2017, 1-12.

- Pereira, C., Martín, A., López-Corrales, M., de Guía Córdoba, M., Galván, A. I., & Serradilla, M. J. (2020). Evaluation of the Physicochemical and Sensory Characteristics of Different Fig Cultivars for the Fresh Fruit Market. *Foods*, 9(619), 1-16.
- Pereira, M. A., O'Reilly, E., Augustsson, K., Fraser, G. E., Goldbourt, U., Heitmann, B. L., & Spiegelman, D. (2004). Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies. *Archives of internal medicine*, 164(4), 370-376.
- Petkova, N., Ivanov, I., & Denev, P. (2019). Changes in phytochemical compounds and antioxidant potential of fresh, frozen, and processed figs (*Ficus carica* L.). *International Food Research Journal*, 26(6), 1881-1888.
- Preedy, V. R., & Watson, R. R. (2014). The mediterranean diet: an evidence-based approach. *Academic press*, 629-637.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- Puoci, F., Iemma, F., Spizzirri, U. G., Restuccia, D., Pezzi, V., Sirianni, R., & Picci, N. (2011). Antioxidant activity of a Mediterranean food product: "fig syrup". *Nutrients*, 3(3), 317-329.
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C., & Pouysegu, L. (2011). Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3), 586-621.
- Rameau, J. C., Mansion, D., & Dumé, G. (2008). *Flore forestière française: guide écologique illustré. Région méditerranéenne 3, Forêt privée française.*
- Ramulu, P., & Rao, P. U. (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of food composition and analysis*, 16(6), 677-685.
- Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological research*, 55(3), 207-216.

- Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Bolwell, P.G., Bramley, P.M., & Pridham, J.B. (1995). The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Research*, 22, 375-383.
- Robards, K. (2003). Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. *Journal of chromatography A*, 1000(1-2), 657-691.
- Rogez, H., Pompeu, D. R., Akwie, S. N. T., & Larondelle, Y. (2011). Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: a comparison between açai fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. *Journal of food Composition and Analysis*, 24(6), 796-800.
- Sandhu, K.S., Singh, M., & Ahluwalia, P. (2001). Studies on processing of guava into pulp and guava leather. *Journal of Food Science and Technology*, 38, 622-624.
- Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M. M., & Toth-Markus, M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38(8-9), 1023-1029.
- Sekli-Belaidi, F. (2011). Fonctionnalisation de surfaces d'électrodes par un film de poly (3, 4-éthylènedioxythiophène) PEDOT pour l'élaboration de microcapteur spécifique des acides ascorbique et urique: application à l'étude des propriétés antioxydantes du sérum sanguin (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- Scalbert, A., & Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of nutrition*, 130(8), S2073-S2085.
- Sengun, I. Y. (2013). Microbiological and chemical properties of fig vinegar produced in Turkey. *African Journal of Microbiology Research*, 7(20), 2332-2338.
- Seyoum, A., Asres, K., & El-Fiky, F.K. (2006). Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*, 67(18), 2058-2070.
- Shamin-Shazwan, K., Shahari, R., Amri, C. N. A. C., & Tajuddin, N. S. M. (2019). Figs (*Ficus Carica* L.): Cultivation Method and Production Based in Malaysia. *Engineering Heritage Journal*, 3(2), 06-08.

- Silva, L. C., Harder, M. N., Arthur, P. B., Lima, R. B., Modlo, D. M., & Arthur, V.(2009). Physical-chemical characteristics of figs (*Ficus carica*) prereddy to submitted to ionizing radiation. *International Nuclear Atlantic Conference*, 41(26),1-9 .
- Simoneliene, A., Treciokiene, E., Lukosiunaite, G., Vysniauskas, G., & Kasparaviciute, E.(2014). Rheology, technological and sensory characteristics of fortified drink products with fibers. *Foodbalt*, 294-297.
- Simsek, M.(2009). Fruit performances of the selected fig types in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (11), 1260-1267.
- Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F., & Veberic, R. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(21), 11696-11702.
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z., & Flaishman, M.A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54, 7717-7723.
- Spigno, G., Tramelli, L., & De Faveri, D. M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of food engineering*, 81(1), 200-208.
- Stalin, C., Dineshkumar, P., & Nithiyanthan, K.(2012). Evaluation of antidiabetic activity of methanolic leaf extract of *Ficus Carica* in alloxan- induced diabetic rats. *Asian Journal of pharmaceutical and clinical Research*, 5, 1-3.
- Starr, F., Starr, K., & Loope, L. (2003). *Ficus carica* Edible fig *Moraceae*. *Haleakala Field Station, Maui, Hawaii*, 1-6.
- Stover, E., Aradhya, M., Ferguson, L., & Crisosto, C. H. (2007). The fig: overview of an ancient fruit. *HortScience*, 42(5), 1083-1087.
- Sun, B., Ricardo-da-Silva, J. M., & Spranger, I. (1998). Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(10), 4267-4274.

- Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J.O. & Dommes, J. (2010). Evaluation of spectrophotometric methods for antioxidant compound measurement in relation to total antioxidant capacity in beverages. *Food Chemistry*, 120, 607-614.
- Tapiero, H., Townsend, D. M., & Tew, K. D. (2004). The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 58(2), 100-110.
- Taubert, D., Breitenbach, T., Lazar, A., Censarek, P., Harlfinger, S., Berkels, R., & Roesen, R. (2003). Reaction rate constants of superoxide scavenging by plant antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, 35(12), 1599-1607.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkink Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 669-675.
- Tomas, B. F.A., & Clifford, M.N. (2000). Dietary hydroxyl benzoique derivatives nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1024-1032.
- Trad, M., Bourvellec, C., Gaaliche, B., Renard, C. M., & Mars, M. (2014). Nutritional compounds in figs from the southern Mediterranean region. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 491-499.
- Troszyńska, A., Estrella, I., López-Amóres, M. L., & Hernández, T. (2002). Antioxidant activity of pea (*Pisum sativum* L.) seed coat acetone extract. *LWT-Food Science and Technology*, 35(2), 158-164.
- Tu Toit, R., Volstedt, Y., & Apostolides, Z. (2001). Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. *Toxicology*, 166(1-2), 63-69.
- Valero, D., & Serrano, M. (2010). "Fruit ripening," in *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. *Chemical Rubber Company*, 4-47.

- Valizadeh, M., Valdeyron, G., Kjellberg, F., & Ibrahim, M. (1987). Flux génique chez le figuier. *Ficus carica* : dispersion par le pollen dans un peuplement dense. *Acta Oecologica*, 8 (22), 143-154.
- Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., & Mpondo, E. M. (2016). Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance des plantes à tanins et à anthocyanes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(3), 4797-4814.
- Veberic, R., & Mikulic-Petkovsek., M.(2016). Phytochemical composition of common fig (*Ficus carica* L.) cultivars. In Nutritional composition of fruit cultivars. *Academic Press*, 235-255.
- Veberic, R., Colaric, M., & Stampar, F. (2008). Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food chemistry*, 106(1), 153-157.
- Ven, B., & Mann, J. (2004). Cereal grains, legumes and diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(11), 1443-1461.
- Vidaud, J. (1997). Le figuier. Monographie de CTIFL (Centre international interprofessionnel des fruits et légumes), 267.
- Vinson, J. A.(1999). The functional food properties of figs. *Cereal foods world*, 44(2), 82-87.
- Vinson, J. A., Dabbagh, Y. A., Serry, M. M., & Jang, J. (1995). Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(11), 2800-2802.
- Waghmare, R. B., & Annapure, U. S. (2018). Integrated effect of radiation processing and modified atmosphere packaging (MAP) on shelf life of fresh fig. *Journal of food science and technology*, 55(6), 1993-2002.
- Walali, L., Skiredj, A., & Alattir, H. (2003). Fiches Techniques: L'amandier, l'olivier, le figuier, le grenadier. *Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture*, 105, 3-4.
- Yemm, E.W., & Cocking, E.C. (1955). The determination of amino acids with ninhydrine. *Analyst*, 80, 209-213.

- Young, A.J., & Lowe, G.M. (2001). Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. *Archives of Biochemistry and biophysics*, 385(1), 20-27.
- Zhang, K., & Jiang, R. (2006). Pharmacological study of *Ficus carica*. *Zhongguo LinchuangKangfu*, 10, 226–8
- Zheng, W., & Wang, S.Y.(2003). Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in Blueberries, Cranberries, Chokeberries, and Lingonberries. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 51, 502-509.
- Zimmer, N., & Cordesse, R. (1996). Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. *Productions animales*, 9(3), 167-179.

Résumé

Résumé

La figue (*Ficus carica* L.), est le fruit du figuier, un arbre de la famille des Moracées, qui est l'emblème du bassin méditerranéen où il est cultivé depuis des millénaires. Les pays méditerranéens sont les principaux producteurs de figues. L'Algérie produit 12,54% de la récolte mondiale totale de figues. Ce fruit est une riche source de fibres, d'oligo-éléments, de polyphénols antioxydants, de protéines, de sucres, d'acides organiques et de composés volatils qui fournissent un arôme caractéristique agréable. Récemment beaucoup d'investigations se sont intéressées à la qualité de ce fruit que ça soit nutritionnelles physicochimiques ou pharmacologiques. Ainsi, La composition proche du fruit de la figue est rapportée par différents chercheurs comme 77,5 à 86,8% d'humidité, 2,53 à 3,08 % de cendres, 9,453 à 26,016 (g / 100 g) de glucides, 4.4 à 6.7 % de protéines et 4 à 7,4% de fibres sur le poids frais. Les composés phénoliques sont un groupe de métabolites secondaires qui contribuent non seulement au goût sucré, amer et astringent, mais également à l'arôme du fruit. Les figues sont riches en flavonols glycosidiques, anthocyanes et autres polyphénols, ce qui augmente l'activité antioxydante et par conséquent sa consommation peut avoir des effets bénéfiques sur la santé.

Mots clés : *Ficus carica* L., qualité nutritionnelle, qualité physicochimique, polyphénols, activité antioxydante.

Abstract

The fig (*Ficus carica* L.) is the fruit of the fig tree, a tree of the *Moraceae* family, which is the emblem of the Mediterranean basin where it has been cultivated for millennia. The Mediterranean countries are the main producers of figs. Algeria produces 12.54% of the total world harvest of figs. This fruit is a rich source of fiber, trace elements, antioxidant polyphenols, proteins, sugars, organic acids and volatile compounds that provide a characteristic pleasant aroma. Recently, many investigations have focused on the quality of this fruit, whether nutritional, physicochemical or pharmacological. Thus, the proximate composition of fig fruit is reported by different researchers as 77.5 to 86.8 % moisture, 2.53 to 3.08 % ash, 9.453 to 26.016 (g / 100 g) carbohydrate, 4.4 to 6.7 % protein and 4-7.4% fiber on fresh weight. Phenolic compounds are a group of secondary metabolites that contribute not only to the sweet, bitter and astringent taste, but also to the aroma of the fruit. Figs are rich in flavonol glycosides, anthocyanins and other polyphenols, which increases antioxidant activity and therefore its consumption can have beneficial effects on health

Key words: *Ficus carica* L., nutritional quality, physicochemical quality, polyphenols, antioxidant activity.

ملخص

التين هو ثمرة شجرة التين ، وهي شجرة من عائلة الماركسيات (*Moraceae*) ، تعتبر هذه الفاكهة شعار حوض البحر الأبيض المتوسط أين تم زراعتها منذ آلاف السنين. بحيث تمثل دول البحر المتوسط المنتج الرئيسي للتين. تنتج الجزائر حوالي 12.54% من إجمالي المحصول العالمي للتين. تعتبر هذه الفاكهة مصدر غني بالألياف والعناصر النزرة والبوليفينولات المضادة للأكسدة والبروتينات والسكريات والأحماض العضوية والمركبات المتطايرة التي توفر رائحة مميزة. في الآونة الأخيرة ، ركزت العديد من الدراسات على جودة هذه الفاكهة ، سواء كانت غذائية أو فيزيوكيميائية أو دوائية. وبالتالي ، أفاد باحثون مختلفون أن التكوين التقريبي لفاكهة التين هو عبارة عن 77.5 إلى 86.8% من الرطوبة ، 2.53 إلى 3.08% من الرماد ، 9.453 إلى 26.016 غرام على 100 غرام من الكربوهيدرات ، 4.4 إلى 6.7% من البروتين و 4-7.4% عبارة عن ألياف في حالة الفاكهة الطازجة. المركبات الفينولية هي مجموعة من المستقلبات الثانوية التي تساهم ليس فقط في الطعم الحلو والمر والقابض، ولكن أيضًا في رائحة الفاكهة. التين غني بالجليكوسيدات، الفلافونول، الأنثوسيانين، والبوليفينولات الأخرى، مما يزيد من نشاط مضادات الأكسدة وبالتالي يمكن أن يكون لاستهلاكه آثار مفيدة على الصحة.

الكلمات المفتاحية : التين، الجودة الغذائية ، الجودة الفيزيوكيميائية ، البوليفينول ، النشاط المضاد للأكسدة.