



**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN  
ABDELLAH FACULTE DES SCIENCES ET  
TECHNIQUES DE FES**



**Projet de Fin d'Etudes**

**Licence Sciences & Techniques**

**Biotechnologie et Valorisation des PhytoRessources**

**Caractérisation physico-chimique et biochimique de  
certaines variétés de figes locales commercialisées  
au nord du Maroc**

**Présenté par : MESROUJ Khaoula**

**Encadré par :**

- **PR MIKOU Karima**                      **FST FES**
- **Dr CHARAFI Jamal**                      **INRA, CRRA-Meknès**
- **PHS Hssaini Lahcen**                      **INRA, CRRA-Meknès**
- **Mme GUIRROU Ibtissame**                      **INRA, CRRA-Meknès**

**Soutenu le :05/06/2018**

**Devant le jury composé de :**

- ❖ **Dr CHARAFI Jamal**
- ❖ **PR MIKOU karima**
- ❖ **Mr Amrani Khalid**
- ❖ **Mr Hssaini Lahcen**

**Année universitaire 2017/2018**



## **DEDICACE**



**Je dédie ce travail à mon premier amour dans la vie mon père qui m'encouragee toujours d'avancer et qui fait tout son possible pour ma réussite dans mes études et dans ma vie.**

**A ma mère, source d'amour éternelle et tendresse, qui me donne toujours le soutien pour réaliser tous mes rêves.**

**Au frère que la vie m'offre, mon ami intime Mouad merci pour ton soutien et ton encouragement pendant ces quatre années je te remercie encore parce que tu ne me laisse jamais seule.**

**A mes chers amis Khalid, Fadoua, Imane, Naïma, Jihan Achraf ,Hajar et Zineb merci pour tous les souvenirs que vous m'avez créés toutes ces années et merci pour le beau temps que je passe avec vous.**

**Je vous aime beaucoup**

## **REMERCIEMENTS**

**Je remercie en premier lieu Allah d'avoir donné à l'homme le pouvoir de raisonner et d'exploiter les vérités de l'univers et le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné pour achever ce travail.**

**Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mes tuteurs de stage au sein de L'INRA de Meknès Mr. CHARAFI JAMAL et Phs HSSAINI LAHCEN pour tout le temps qu'ils m'ont consacré, leurs directives précieuses, et pour la qualité de leur suivi durant toute la période de mon stage. .**

**Mes profonds remerciements vont à mon encadrant à la FST Mme MIKOU KARIMA qui a accepté d'encadrer avec patience mes travaux durant la réalisation de ce travail de fin d'études. Ses conseils m'ont été bien utiles, notamment pour la rédaction de ce mémoire.**

**Mes plus vifs remerciements s'adressent aussi à tout le cadre professoral et administratif de la FST de Fès. Je voudrai remercier également les membres du jury, qui m'ont honorée en acceptant de juger ce modeste travail.**

**Je tiens aussi à remercier vivement tout le personnel de L'INRA de Meknès pour leur gentillesse et leur soutien**

**Mes remerciements vont à tous les stagiaires qui m'aident à passer mon stage en bonne conditions et enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.**



Dédicace .....	page 1
Remerciement .....	page 2
Liste d'abréviations .....	page 4
Liste de figures .....	page 6
Liste de tableaux .....	page 7
Introduction .....	page 8
<b>Partie I : Présentation du contexte de stage</b> .....	page 9
<b>Partie II synthèse bibliographique.....</b>	page 10
<b>I. CLASSIFICATION ET DESCRIPTION BOTANIQUE .....</b>	Page 10
<b>II. ORIGINE ET IMPORTANCE MONDIALE ET NATIONALE</b> .....	page 11
<b>III. PATRIMOINE GENETIQUE DU FIGUIER AU MAROC</b> .....	page 12
<b>IV. IMPORTANCE ALIMENTAIRE ET VALEUR NUTRITIVE DES</b> <b>FIGUES.....</b>	page 12
<b>V. SECHAGE DU FIGUIER.....</b>	page 14
1. Notion du séchage.....	page 14
2. Procédés de séchage.....	page 14
a. Séchage traditionnelle au soleil.....	page 14
b. séchoirs industriels.....	page 15
i. Chargement du séchoir.....	page 16
ii. Démarrage du séchage.....	page 16
iii. Déchargement du séchoir .....	page 16
<b>Partie III Matériels et Méthodes.....</b>	page 17
<b>I. Matériel végétal.....</b>	page 17
<b>II. méthodes d'analyse.....</b>	page 17

1. Couleur de l'épiderme des fruits	.....page 17
2. Analyses biochimiques.....	page 18
➤ Extraction.....	page 18
➤ Dosage des sucres solubles totaux .....	page 19
➤ Dosage des anthocyanines totaux.....	page 20
➤ Dosage des polyphénols totaux.....	page 20
➤ Acidité titrable.....	page 22
<b>Partie IV Résultats et discussions.....</b>	<b>page 23</b>
<b>I. Caractérisation morphologique .....</b>	<b>page 23</b>
1. La couleur de l'épiderme du fruit	.....page 23
<b>II. Caractérisation biochimique .....</b>	<b>page 24</b>
1. Teneur en sucres solubles totaux	.....page 25
2. Acidité titrable .....	page 25
3. Teneur en polyphénols totaux .....	page 26
4. Teneur en anthocyanines totaux .....	page 26
<b>CONCLUSION GENRALE .....</b>	<b>page 28</b>
<b>Référence .....</b>	<b>page 29</b>



**CAT : Composition en Anthocyanines Totaux**

**CRRA : Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès**

**FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture**

**INRA : Institut National de Recherche Agronomique**

**PPT : Polyphénols Totaux**

**SST : Sucres Solubles Totaux**



<b>Figure 1 : photo de figue fraiche .....</b>	<b>page 10</b>
<b>Figure2 : zone de développement spontané du figuier sur le pourtour méditerranéen Vidaud, 1997).....</b>	<b>page 11</b>
<b>Figure 3 : photo de figue sèche. ....</b>	<b>page 16</b>
<b>Figure 4 : colorimètre 3 nh .....</b>	<b>page 18</b>
<b>Figure 5 : Schéma d'extraction des composés phénolique sur la matière végétale.....</b>	<b>page 18</b>
<b>Figure 6 : centrifugeuse.....</b>	<b>page 19</b>
<b>Figure 7 : Extraits ethanoliquesconservé à l'obscurité en attente des analyses .....</b>	<b>page 19</b>
<b>Figure 8 : Courbe d'étalonnage du glucose pour le dosage des sucres totaux solubles.....</b>	<b>page 20</b>
<b>Figure 9 : vortex.....</b>	<b>page 21</b>
<b>Figure 10 : spectrophotomètre.....</b>	<b>page 21</b>
<b>Figure 11 : extraits phénoliques .....</b>	<b>page 21</b>
<b>Figure 12 :Droite d'étalonnage de l'acide gallique.....</b>	<b>page 22</b>
<b>Figure 13 :la teneur en SST chez les figues de 2017 et 2018.....</b>	<b>page 25</b>
<b>Figure 14 : Variabilité des teneurs moyennes d'acidité dans les figues sèches.....</b>	<b>page 26</b>
<b>Figure 15 : Variabilité des teneurs moyennes en polyphénols totaux dans les figues sèches.....</b>	<b>page 26</b>
<b>Figure 16: Variabilité des teneurs moyennes en composition des anthocyanines totaux dans les figues sèches.....</b>	<b>page 27</b>





**Tableau 1 : Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde (FAOSTAT, 2015).....page 11.**

**Tableau 2 : Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (Composition moyenne pour 100 g net) (Favier et al.1993).....page 13**

**Tableau 3 : Valeur nutritive de la figue.....page 14**

**Tableau 4 : changement de colorimétrie selon les paramètres  $L^*$ ,  $c^*$  et  $h^\circ$   
.....page 24**

## INTRODUCTION

Le figuier *Ficus carica* L. (Moraceae) est un arbre méditerranéen très ancien cultivé pour ses fruits comestibles (Vidaud et al., 1997; Weiblen 2000). La figue est reconnue comme un fruit sacré et figure dans tous les livres saints. La période de consommation la plus élevée des figues sèches coïncide avec les festivités religieuses. Le séchage s'effectue sur des figues issues de pollinisation qui sont caractérisées par des teneurs élevées en sucres.

Au Maroc, la culture de figuier est très ancienne et elle se trouve dans différentes régions avec des conditions climatiques contrastées. Cette culture est concentrée principalement dans les régions montagneuses du Nord marocain (Taounate, Chefchaouen et Tétouan), mais il existe également dans différents régions (régions côtières, plaines, oasis, ...). Sa culture est orientée principalement vers la production de figues sèches. Cependant, l'exploitation commerciale du figuier et sa contribution au bien-être de la population rurale reste très limitée et pratiquement plus d'un tiers de la production se perd lors du circuit actuel de production et de commercialisation (Jeddi, 2009). Ainsi, La qualité des figues sèches locales est moins concurrentielle au niveau national et international et reste inférieure aux figues importées, telle que celles de la Turquie.

La qualité des figues sèches est due aussi à la non maîtrise des conditions de séchage optimales et aux mauvaises conditions de manipulation des produits finis (manutention, mauvaises conditions de conditionnement, de transport et de conservation). Elle est également due aux problèmes liés au choix variétal et à l'absence d'itinéraire technique

C'est dans ce contexte que l'INRA (CRRA-Meknès) a tracé un programme de recherche qui vise la mise en valeur de la filière de figuier en commençant par un bon choix variétal et en arrivant à un produit final bien valorisé. Ce stage a pour objectif l'étude les paramètres physicochimiques et qualitatifs de certains échantillons des figues sèches commercialisés dans la zone de Meknès-El hajeb dans un objectif d'élucider les contraintes de la valorisation de l'espèce.

## Présentation de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)



### ➤ Institut National de la Recherche Agronomique

L'INRA est un établissement public dont les origines remontent à 1914, ayant pour mission d'entreprendre les recherches pour le développement agricole. C'est un institut de recherche producteur de connaissances scientifiques et technologiques au service du bien-public, accompagnant l'innovation économique et sociale dans les domaines de l'alimentation, de l'agriculture et de l'environnement. Ses recherches sont nourries par une double dynamique : faire progresser les connaissances et répondre à des questions de développement. Ses orientations se définissent et évoluent au contact d'une grande diversité d'acteurs par un collectif pluridisciplinaire d'experts INRA et par ses multiples ancrages académiques, économiques, associatifs ou territoriaux. L'INRA opère à travers dix centres régionaux et 23 domaines expérimentaux répartis sur le territoire national et couvrant les divers agrosystèmes du pays lui permettant d'être à l'écoute de son environnement.

### ➤ Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès

C'est une entité régionale opérant dans une zone incluant différents agrosystèmes, par des recherches, études et actions de recherche-développement visant la promotion d'une agriculture moderne dans la région.

Les orientations de recherche à moyen terme du CRRA Meknès sont :

- Gestion intégrée de l'arboriculture fruitière ;
- Intensification durable des grandes cultures et diversification des systèmes de culture ;
- Gestion des ressources naturelles et dynamiques des espaces montagnards.
- Valorisation des acquis de la recherche par l'assistance technique, le renforcement des capacités et le transfert de technologies.

## Partie I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

### **I. CLASSIFICATION ET DESCRIPTION BOTANIQUE**

Le figuier commun est un arbre fruitier de la famille des Moracées. Cette famille comporte environ 1500 espèces regroupées en 52 genres dont le genre *Ficus* décrit, par Linné qui comprend près de 700 espèces (Weibes, 1979). L'espèce *Ficus carica* comprend environ 700 variétés Vidaud (1997). Plusieurs dénominations existent et une grande variabilité phénotypique liée à l'environnement et l'apparement entre le matériel sauvage et cultivé rend l'identification variétale délicate (Condit, 1955).

**Embranchement** : Spermaphytes

**Sous/Embranchement** : Angiospermes

**Classe** : Dicotylédones

**Sous/classe** : Apétale, série des Apétales unisexuées

**Ordre** : Urticale

**Famille** : Moracées

**Genre** : *Ficus*

**Espèce** : *Ficus carica* Linné



**Figure 1** : Photo de figes fraîches

Les figuiers domestiques se présentent en deux types :

- Fiquier unifère qui ne donne qu'une seule récolte en automne
- Fiquier bifère qui donne deux récoltes : des figes fleurs qui sont portées par le bois de l'année précédente et des figes d'automne qui sont portées par la pousse de l'année (Oukabli, 2003).

De même les figuiers se distinguent en 4 types :

- Figuiers parthénocarpiques capables de donner des fruits sans fécondation (comestibles en une récolte : unifère ou deux récoltes: bifère),
- Type « Smyrne » dont la fécondation est obligatoire pour la production de fruits en automne,
- Type « San Pedro » qui donne deux récoltes; la première est constituée par les figes fleurs (parthénocarpiques). La deuxième récolte qui correspond aux figes d'automne nécessite la caprification

•Caprifiguiers qui ne donnent pas de fruits comestibles (pas d'évolution des fleurs en fruits), mais hébergent des balostrophes qui assurent la caprification des figues.

## II. ORIGINE ET IMPORTANCE MONDIALE ET NATIONALE

Le figuier, souvent évoqué dans tous les livres saints et des textes anciens, est un arbre méditerranéen très ancien qui s'est propagé dans d'autres zones géographiques (Amérique, Afrique,



Australie).

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

La production mondiale de figues s'élève à 1 million de tonnes, dont plus de 90% proviennent du bassin méditerranéen et du moyen orient. Dans ce secteur, la Turquie arrive en tête avec 26 % de la production mondiale. Elle devance l'union européenne (14 %) et l'Égypte (18 %). Parmi les autres producteurs significatifs on relève aussi les pays du Maghreb, l'Iran et la Syrie. Sur le continent Américain se sont les USA et le Brésil qui assurent l'essentiel de la production.

**Tableau 1:** Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde (FAOSTAT, 2015).

Pays	Production en tonnes
<b>Turquie</b>	260508
<b>Égypte</b>	165484
<b>Algérie</b>	120187
<b>Maroc</b>	114770
<b>Iran</b>	75927
<b>Syrie</b>	42944
<b>Espagne</b>	28993
<b>Brésil</b>	26233
<b>Tunisie</b>	26000
<b>Albanie</b>	19600

A l'échelle nationale, la culture du figuier s'étend sur une superficie d'environ 58.300 ha, localisées principalement au niveau des régions Fès-Meknès (44%) et Tanger-Tétouan-Al Hoceïma (35%) (MAPMDREF, 2017). La production de figues qui a atteint 150.111 tonnes en 2015 (FAOSTAT, 2015) et le rendement moyen national est de 2,5 tonne à l'hectare qu'est faible en comparaison avec les 5 à 8 tonnes pour les vergers modernes (El Khaloui, 2010).

### **III. PATRIMOINE GENETIQUE DU FIGUIER AU MAROC**

La diversité des conditions climatiques, les limites étroites entre le sauvage et le cultivé et la domestication locale ont permis au figuier d'acquérir une richesse génétique au Maroc. Les travaux de prospection et les études génétiques ; entrepris par les chercheurs de l'INRA Maroc en collaboration avec ceux de l'INRA France sur les formes cultivées et les formes spontanées, ont révélé une diversité importante est une originalité du patrimoine génétique national (Oukabli&Mamouni, 2008 ; Achtak et al., 2009). De même, le figuier représente une richesse variétale considérable en comparaison avec les autres arbres fruitiers comme l'olivier (Hmimsa et Ater, 2008). L'utilisation de la caractérisation pomologique, morphologique et moléculaire du figuier au Maroc montre une grande diversité génétique (Oukabli et al., 2003 ; Achtak et al., 2009).

L'INRA, dans le souci de conserver les ressources génétiques de figuier, a installé une collection qui renferme plus de 2018 variétés et cultivars issus de prospections dans les différentes régions du Maroc et d'introduction de l'étranger. Cette collection installée au domaine expérimental d'AïnTaoujdate a été caractérisée du point de vue phénotypique, pomologique et moléculaire. Ainsi, des variétés qui présentent des performances agronomiques et technologiques ont été sélectionnées et mis à la disposition des pépiniéristes.

### **IV. IMPORTANCE ALIMENTAIRE ET VALEUR NUTRITIVE DES FIGUES**

La figue (fraîche ou sèche) constitue un élément important dans l'alimentation humaine vue sa teneur élevée en glucides assimilables (fructose et glucose), responsables de l'essentiel de son apport énergétique (75 Kcal/100g de fruit frais et de 250 Kcal/100g de fruit séché), son faible apport en lipides dépourvue de cholestérol et ses fibres très efficaces pour stimuler les intestins d'où elle est particulièrement indiquée en cas de tendance à la constipation.

Elle constitue une bonne source de minéraux et d'oligo-éléments, avec des teneurs assez importants en calcium, phosphore et en potassium et de fer (Infanger, 2004). Elle assure également un apport appréciable en vitamines particulièrement la vitamine C et A.

Selon (Vinson et al., 1998), la figue contient plusieurs caroténoïdes avec une prépondérance du lycopène, suivi de la lutéine et du  $\beta$ -carotène, en plus de la présence de la crypto-xanthine et de l' $\alpha$ -carotène.

**Tableau 2:** *Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (Composition moyenne pour 100 g net) (Favier et al.1993).*

Constituants	Figue fraîche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54	224
Eau (g)	79.5	25
Glucides (g)	13	53
Protéines (g)	0.9	3.2
Lipides (g)	0.2	1.2
Fibres (g)	2.3	8
Vitamine C (mg)	5	1
Vitamine A (mg)	0.046	0.08
Vitamine B1 (mg)	0.05	0.08
Vitamine B2 (mg)	0.05	0.09
Vitamine B5 (mg)	0.30	0.40
Vitamine B6 (mg)	0.11	0.22
Calcium (mg)	60	160
Potassium (mg)	232	770
Sodium (mg)	3	14
Phosphore (mg)	23	71
Magnésium (mg)	18	62
Fer (mg)	0.78	2.5

**Tableau3 : Valeur nutritive de la figue**

	<b>Figues fraîches, 2 fruits moyens (100 g)</b>	<b>Figues séchées, environ 4 fruits (35 g)</b>
<b>Calories</b>	74	84
<b>Protéines</b>	0,8 g	1,1 g
<b>Glucides</b>	19,2 g	21,5 g
<b>Lipides</b>	0,3 g	0,3 g
<b>Fibres alimentaires</b>	2,9 g	3,2 g
<b>Charge glycémique</b>	<b>Faible</b>	
<b>Pouvoir antioxydant</b>	<b>Très élevé</b>	

## **V. SECHAGE DU FIGUIER**

### **1. Notion du séchage**

Le séchage est un processus de transfert de masse et de chaleur entraînant l'élimination de l'humidité de l'eau, par évaporation d'un solide, semi solide ou liquide à un état solide. La technique de séchage est probablement la méthode la plus ancienne et la plus importante de conservation des aliments pratiquée par l'homme depuis longtemps (Kislev et al., 2006). L'élimination de l'humidité empêche la croissance et la reproduction des micro-organismes et minimise les réactions de détérioration déclenchées par l'humidité. Elle entraîne une réduction substantielle du poids et du volume, minimisant ainsi le cout engendré par l'emballage, le stockage et le transport et permet la conservation du produit sous des conditions de température ambiante (Mujumdar, 1995).

### **2. Procédés de séchage**

Les fruits destinés au séchage sont laissés sur l'arbre jusqu'à ce qu'ils atteignent la maturité complète, se dessèchent en partie, et finissent par tomber sur le sol. Les figues sont récoltées en temps frais avec une humidité de 40 à 60% (Ait Haddou, 2014). Il existe différentes méthodes utilisées pour sécher et conserver la qualité des fruits secs.

#### **a. Séchage traditionnel au soleil**

Au Maroc, le séchage solaire est la technique la plus dominante pour réduire l'humidité des figues en vue de les conserver plus longtemps. C'est une technique qui se base sur la convection naturelle par exposition au soleil et circulation de l'air chaud ambiant.

Le séchage solaire traditionnel consiste à aménager une aire de séchage dans un endroit bien exposé au soleil ou sur le toit des maisons. L'aire est ensuite couverte d'un lit de végétation (palmier nain,



roseaux, Alfa, lentisque, ...) pour éviter le contact des fruits avec le sol, faciliter la circulation de l'air chaud autour des fruits et accélérer le séchage. Les figues sont ensuite exposées au soleil, étalées en monocouche, sans aucun prétraitement.

Le séchage dure 3 à 6 jours, selon la température de la saison. Les figues sont considérées sèches lorsqu'elles acquièrent une texture molle ou dure et ne laissent pas s'écouler de sirop sous l'effet d'une pression entre le pouce et l'index. Après séchage, les figues sont ramassées et triées. Les plus grosses 'à peaux blanches' sont aplaties et enfilées dans des fils d'alfa de manière à former des chapelets ; ceux-ci sont destinés à la commercialisation.

Cependant, le séchage solaire traditionnel présente plusieurs inconvénients :

- Le produit est exposé à l'air libre, à la poussière, aux mouches et insectes et aux autres ravageurs ouvrant la voie à des souillures et contaminations variées.
- La durée de séchage est longue (plusieurs jours), d'où une très mauvaise qualité des produits : contaminations multiples, réhydrations les nuits et en temps nuageux, etc.
- Couleur foncée des produits qui perdent beaucoup de leurs composants nutritifs, en particulier les vitamines.

#### **b. Séchoirs industriels**

L'utilisation d'équipements industriels (par exemple, le déshydrateur à débit d'air en tunnel) est une autre alternative pour le séchage au soleil classique. Ses avantages comprennent l'amélioration des conditions sanitaires, les paramètres technologiques contrôlables et uniformes, processus rapide et moins de travail et de mains d'œuvres. La déshydratation de figues de cultivar local non spécifié dans le cabinet d'air tangentielle permis un contrôle complet des paramètres du procédé dans des conditions sanitaires et donne un produit de haute qualité organoleptique.

Pour à petite échelle en zones rurales au Maroc le choix a porté sur le séchoir hybride qui utilise principalement l'énergie solaire indirecte et une source d'énergie comme le gaz ou le diesel pour la nuit et pendant les temps nuageux. L'énergie solaire est cueillie par des collecteurs installés sur le toit et acheminée vers et répartie dans les compartiments de l'enceinte du séchoir par des tubes souples en polyéthylène. Un système de ventilation alimenté par des cellules solaires permet de propulser l'air chaud dans les différentes parties du séchoir. La source d'énergie d'appoint est constituée par un moteur muni d'un brûleur marchant au gaz ou au diesel et qui se déclenche automatiquement dès que la température descend au-delà du minimum requis pour éviter la réhydratation des produits.

Le séchage au séchoir se fait selon trois étapes :

### **i. Chargement du séchoir**

Directement après les opérations de réception, triage, nettoyage, lavage, calibrage, traitement, égouttage, etc., on répartit le produit de façon égale sur les claies, on les place dans le séchoir et on ferme les portes.

### **ii. Démarrage du séchage**

Le processus de séchage est commencé. On règle la température à l'intérieur du séchoir. Cette dernière dépend du type de produit à sécher. La température maximale admissible ne doit pas dépasser 65°C.

### **iii. Déchargement du séchoir**

Traditionnellement après une pression sur le produit entre l'index et le pouce, si l'eau ne sort plus, le produit final est retiré du séchoir. Cependant, pour un séchage moderne, l'utilisation d'un Aw-meter est obligatoire pour déterminer la teneur en eau minimale qui se situe entre 25 et 30% avant l'arrêt du processus de déshydratation.



**Figure3:** *Photo de figues sèches en chapelet*



## Partie II : Matériels et Méthodes

### I. Matériel végétal

Le matériel végétal, objet du présent travail, est composé de figes sèches achetées auprès des commerçants de figes dans la zone de Meknès- El Hajeb. Ces figes ont servi à l'étude de leur qualité en particulier leur l'aspect nutritionnel en relation avec les pratiques de séchage et de conservation.

Un nombre de 29 échantillons de figes sèches sont collectés aléatoirement à partir de différents commerçants et points de vente représentatifs de la zone d'étude. Tous les types mis en vente par chaque vendeur sont mis dans des sacs sous vides à l'abri de la lumière puis étiquetés, lyophilisés et conservés à une température de -20°C.

### II. Méthodes d'analyse

L'ensemble des échantillons ont fait objet d'une caractérisation axée sur deux volets complémentaires. La première porte sur une caractérisation colorimétrique et le deuxième concerne une analyse biochimique de la fige entière sèche.

#### 1. Couleur de l'épiderme des fruits

La couleur de la peau des fruits est mesurée à l'aide d'un colorimètre (Figure 4) après calibration (noir et blanc). Les paramètres de couleur ont été exprimés sous forme de mesures colorimétriques matérialisée par les variables  $L^*$  (lightness ou brightness),  $a^*$  (variation de la couleur du vert au rouge),  $b^*$  (variation de la couleur du jaune au bleu)  $c^*$  (dit Chroma et calculé selon l'équation  $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$  et indique sur l'intensité de la couleur) et  $h^*$  (dit l'angle « hue° » et calculé selon l'équation  $h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ , il s'agit de l'angle de réflexion de la lumière sur l'épiderme du fruit). Les valeurs négatives relatives à  $L^*$  indiquent la noirceur et les valeurs positives indiquent la clarté.

En effet, les valeurs négatives  $a^*$  indiquent une couleur verte alors que les valeurs positives indiquent une couleur rouge en passant par les spectres de couleur intermédiaires. Les valeurs positive de  $b^*$  indiquent une couleur jaune et les valeurs négatives indiquent une couleur bleue. La valeur de  $c^*$  indique l'intensité de la couleur. La variable  $h^*$  correspond au degré de l'angle liée à la couleur de l'épiderme. Il s'agit, selon (Çalışkan & Polat, 2011), d'un paramètre efficace pour évaluation de l'apparence de la couleur visuelle. Ainsi :

$-h^* = 0^\circ$  ou  $360^\circ$  signifie une couleur rouge-violette

- $h^* = 90^\circ$  correspond à une couleur jaune
- $h^* = 180^\circ$  signifie une couleur verte
- $h^* = 270^\circ$  fait référence à une couleur bleue. La couleur de la peau est mesurée à des positions aléatoires sur de 15 fruits par échantillon.



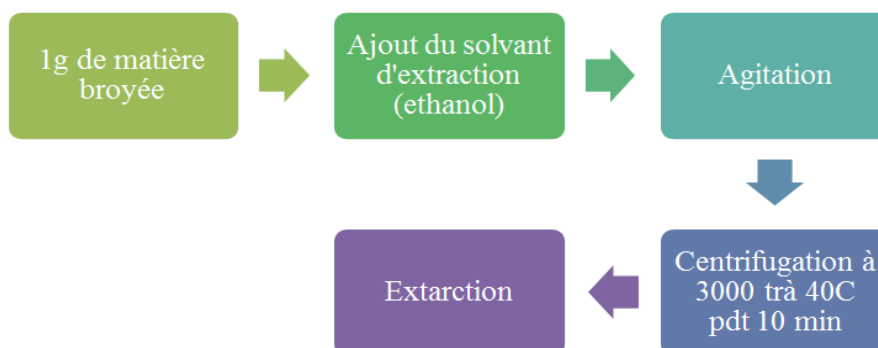
**Figure 4 :** *colorimètre 3 nh*

## 2. Analyses biochimiques

Les analyses biochimiques sont réalisées sur des fruits entiers. Ainsi, trois fruits de chaque échantillon sont congelés à  $-80^\circ\text{C}$  pendant 48 heures, avant de procéder à la lyophilisation. Ces fruits sont, ensuite, broyés à l'aide d'un broyeur mécanique.

### ❖ Extraction

L'extraction des polyphénols est réalisée selon un protocole (Figure 5) basé sur la méthode selon Sanders, McMichael et Hendrix (2000).



**Figure 5 :** *Schéma d'extraction des composés phénolique sur la matière végétale*

1 g de poudre homogène est homogénéisé dans 20 ml éthanol 80% pendant 5 minutes à température ambiante à l'aide d'un vortex. L'homogénat est ensuite centrifugé (Figure 6) à 3000 tr/min pendant 10 min à 4°C et le surnageant est éliminé. Le culot est ré-extrait et homogénéisé deux autres fois et les surnageants sont récupérés comme auparavant. Les surnageants (Figures 7) sont, ensuite, combinés et conservés à l'obscurité à une température de 4°C avant de procéder au dosage des polyphénols totaux, des anthocyanines et des sucres solubles totaux (SST).



**Figure 6:** Centrifugeuse



**Figure 7 :** Extraits éthanoliques conservés à l'obscurité en attente des analyses

#### ➤ Dosage des sucres solubles totaux

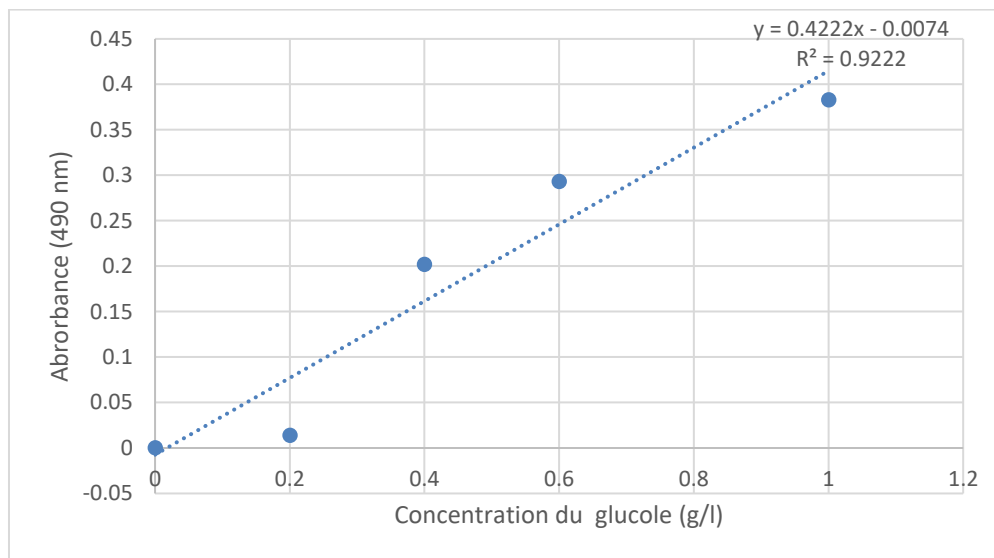
Le dosage des sucres totaux solubles (SST) est réalisé selon la méthode de Dubois *et al* (1956). Cette méthode consiste à doser les oses par le réactif au phénol sulfurique. En effet, les oses sont stables en milieu acide. Cependant, s'ils sont chauffés en milieu acide concentré, ils donnent des furfurals. Ces derniers et leurs dérivés ont la propriété de se condenser avec le phénol pour former des chromophores.

Le dosage des SST est assuré en additionnant 25 µl de chaque extrait à 0,5 ml de phénol et à 1,5 ml de solution d'acide sulfurique concentrée (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Le mélange est chauffé au bain marie à 100

°C pendant 5 minutes. Après refroidissement, la densité optique est mesurée à 490 nm contre un blanc dans lequel 25 µl d'alcool à 80 % remplaçant l'extrait brut.

#### ❖ Droite d'étalonnage et expression des résultats:

La concentration des sucres solubles totaux est calculée à partir de l'équation de régression ( $R^2=0,9222$ ) de la gamme d'étalonnage, établie à l'aide de la solution de référence de glucose (différentes dilutions), à partir des valeurs d'absorbance mesurées. Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalents de glucose par 100 grammes de la matière sèche (Figure 8).



**Figure 8 :** Courbe d'étalonnage du glucose pour le dosage des sucres totaux solubles

#### ➤ Dosage des anthocyanines totaux

La composition en anthocyanines totaux (CAT) est estimée par la méthode du pH différentielle en utilisant deux tampons : tampon chlorure de potassium à pH=1 (25mM) et le tampon acétate de sodium à pH=4.5 (0.4M) (Lako et al, 2007). Pour chaque extrait, **0.4 ml** est mélangé séparément avec **3.6 ml de chacun des deux tampons** et mesurant l'absorbance à **510nm et 700nm après 30 min d'incubation à température ambiante**, ensuite l'absorbance Abs est calculée comme suit :

$$\text{Abs} = (\text{Abs}_{510} - \text{Abs}_{700})_{\text{pH}=1} - (\text{Abs}_{510} - \text{Abs}_{700})_{\text{pH}=4.5}$$

#### ➤ Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des PPT se base sur la méthode du FolinCiocalteu décrite par Singleton et Rossi en 1965. Depuis, elle s'est largement répandue pour caractériser les extraits végétaux d'origines plus diverses. Le réactif de FolinCiocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et d'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, dans un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (Ribereau, 1968).

Un volume de 40µl d'extrait de chaque échantillon a été ajouté à 3160 µl d'eau ultra pure plus 200 µl de reactif de Folin-Ciocalteu et 600µL de la solution de carbonate de sodium (20%) est ajouté après 30 sec et après 8 minute. Le mélange est agité vigoureusement (vortex) (figure 9) et incubé après 30 min à 40 °C à l'obscurité.

L'absorbance est déterminée pour chaque solution à 765 nm par un spectromètre (figure 10). La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits phénoliques (figure11).



**Figure9** :*vortex*

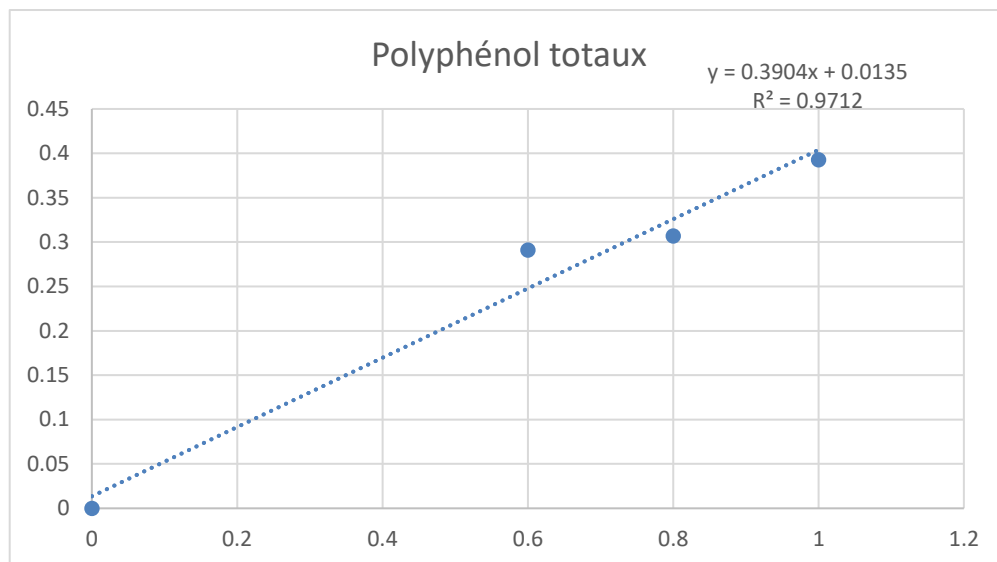


**Figure 10** :  
*spectrophotomètre*



**Figure 11** : *extraits phénoliques*

La concentration des polyphénols est calculée à partir de l'équation de régression ( $R^2 = 0.9712$ ) de la gamme d'étalonnage, établie avec différentes dilutions de l'acide gallique de la forme «  $[AG] = a \times Abs + b$  » et exprimée en milligrammes d'équivalents d'acide gallique (CAE) par 100 g de la matière sèche (Figure 12)



**Figure 12** : Droite d'étalonnage de l'acide gallique.

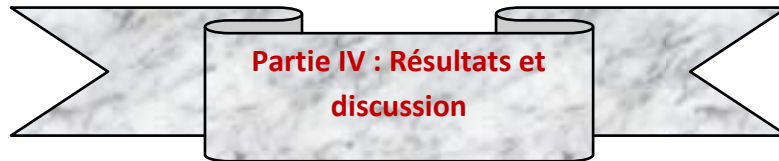
➤ **Acidité titrable**

Pour chaque aliquote on ajoute 2 gouttes de phénolphthaléine (1%(w/v) dans l'éthanol(95%)), dans chaque bécher à partir d'une pipette goutte. Ensuite, on procède à la titration par NaOH 0.1 N sous agitation, le volume de NaOH titré est noté lorsque l'indicateur passe de l'incolore au rose clair. La couleur de l'indicateur doit rester stable (persiste durant au minimum 30s)

L'acidité titrable est calculée moyennant la formule suivante :

$$\% \text{ acidité} = \frac{\text{volume (NaOH ml)} \times 0.1 (\text{N NaOH}) \times 0.064 (\text{facteur d'acidité citrique}) \times 100}{0.5 \text{g (masse d'aliquote)}}$$





**Partie IV : Résultats et discussion**

**I. Caractérisation morphologique**

**1. Couleur de l'épiderme du fruit**

Les coordonnées de couleur des épidermes de figes sèches évaluée ont significativement varié selon les génotypes, essentiellement pour les coordonnées  $L^*$  et  $h^\circ$ . Ainsi, les valeurs de  $L^*$  ont varié de -0,5 au 47 avec une moyenne globale de 17,92, ce qui signifie que la plupart des fruits ont pris une couleur sombre durant le processus du séchage. L'échantillon BAS2 a été doté de l'épiderme la plus clair avec une valeur de 57,46. Ces variations de couleur se confirment à travers l'angle  $h^\circ$  dont également les valeurs ont varié sensiblement en fonction des échantillons objets du travail. Ainsi, les valeurs ont oscillé de 0,15 à 360 selon une moyenne de 71,11. Les figes brunâtres ont généralement des valeurs de  $h^\circ$  autour de  $90^\circ$  indiquant que les fruits ont varié du jaune au jaune-brun (couleur jaunâtre plus sombre). Cependant les figes ayant des épidermes de couleur moins sombre ont des valeurs de  $h^\circ$  inférieures à  $90^\circ$  ce qui témoigne d'un faible niveau de brunissement dû à la réaction de Maillard entre les acides aminés et les sucres contenus dans le fruit

La coordonnée de l'intensité de couleur a également varié en fonction des échantillons selon un intervalle de variation de 0.36 à 188 Avec une moyenne globale de 13.92. Généralement plus l'épiderme est claire plus que la valeur de  $c^*$  augmente (tableau 4).

**Tableau 4 :** *Changement de colorimétrie selon les paramètres L\*, c\* et h°*

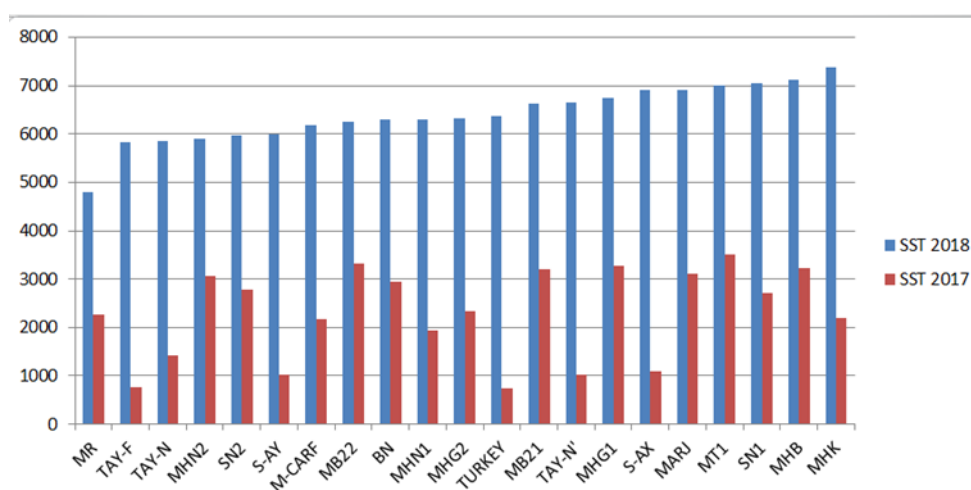
Variétés	L* (Brightness)			C* (Chroma)			h °(Hue)		
	max	moyen	min	max	moyen	min	Max	moyen	Min
SN1	22,61	11,85	-0,49	21,44	13,73	5,79	52,71	36,01	7,84
M-carf	23,04	7,87	-8,02	20,70	10,33	3,60	359,55	99,31	5,10
MARJ	25,30	13,71	-1,36	23,13	13,57	6,09	358,09	73,09	24,71
S-AX	36,15	14,17	-1,86	21,27	12,94	6,65	358,62	56,92	3,81
MB21	47,12	19,35	-3,77	22,71	13,98	5,29	355,17	93,94	16,33
MHB	21,19	7,17	-3,56	24,41	11,49	2,89	347,7	99,69	5,91
Turkey	30,89	17,84	4,87	17,67	10,72	5,27	60,083	41,62	13,62
MHK	40,38	22,52	9,05	18,35	10,75	6,36	62,337	51,07	39,18
MHG2	22,51	11,81	0,43	19,11	8,58	2,58	358,69	109,8	6,29
MB22	39,6	26,41	16,12	25,02	17,87	10,66	62,48	54,01	39,67
MHN1	39,88	19,23	2,03	26,26	17,53	10,29	63,23	47,27	15,71
MT1	33,45	13,67	2,34	24,36	17,44	9,70	65,85	39,37	13,18
BN	25,62	16,71	9,06	20,46	14,25	6,53	58,97	43,63	17,37
MHG1	56,05	21,4	4,52	12,06	5,73	0,85	354,35	59,11	1,26
TAY-F	18,84	9,89	3,22	15,29	9,75	3,01	359,63	60,09	0,15
MHN2	29,12	19,28	11,45	24,43	18,73	14,90	59,88	48,02	40,62
TAY-Q-S	31,24	16,43	3,41	187,76	26,54	3,50	53,68	33,95	6,54
TAY-N'	28,38	14,66	2,67	19,17	12,93	6,56	57,94	39,9	16,78
MR	53,72	28,63	9,89	28,43	15,96	5,35	69,07	53,78	32,16
S-AY	22,7	14,09	7,37	16,50	11,41	3,81	38,85	24,69	3,09
C	37,28	16,18	-2,93	16,00	10,37	3,27	353,16	90,19	10,22
B+A	36,06	19,49	6,22	19,05	11,43	4,01	357,57	88,01	29,67
TAY-N	45,48	30,18	15,9	33,16	19,62	8,19	68,56	55,46	35,26
BAS3	29,00	15,27	-3,34	6,45	3,22	0,36	357,34	288,5	7,42
BAS2	57,46	34,95	18,29	33,09	22,34	15,06	68,97	61,39	52,67
BAS1	45,96	29,73	5,02	27,65	20,58	14,48	66,86	56,71	31,30
FTA3	19,33	8,73	-1,81	17,13	7,08	1,36	359,29	166,2	1,43
FTA2	22,78	12,67	0,89	23,40	14,01	5,15	53,13	35,45	8,92
FTA1	58,93	25,75	10,86	35,82	20,79	11,23	69,20	55,05	35,87

## II. Caractérisation biochimique

## 1. Teneur en sucres solubles totaux

Les teneurs moyennes en sucres totaux exprimées en mg par gramme de matière sèche (figues sèches) sont présentées dans la figure 13 ci-dessous. La figure montre une variabilité importante entre les 29 échantillons en termes de ces éléments. La teneur la plus élevée est enregistrée par l'échantillon MHK qui est conservé depuis une année suivi par les échantillons MT1, SN1, MHB. Tandis que la teneur la plus faible a été enregistrée chez le type MR. Pour les échantillons de l'année précédente la teneur en SST la plus importante a été enregistrée chez le génotype MT1 suivi par les échantillons MHB, MHG1, MB22. La valeur la plus faible a été trouvée chez le type Turkey.

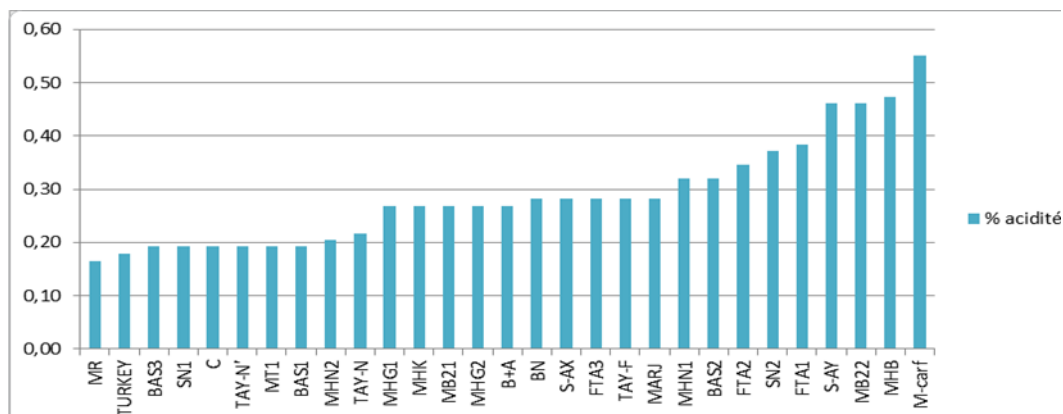
Les résultats montrent que la teneur en SST augmente avec le temps, en presque une année, les valeurs ont été doublées. Ces constatations peuvent être expliquées par les réactions enzymatiques et biologiques qui s'effectuent avec le temps.



**Figure 13 :** Teneur en SST chez les figes de 2017 et 2018

## 2. Acidité titrable

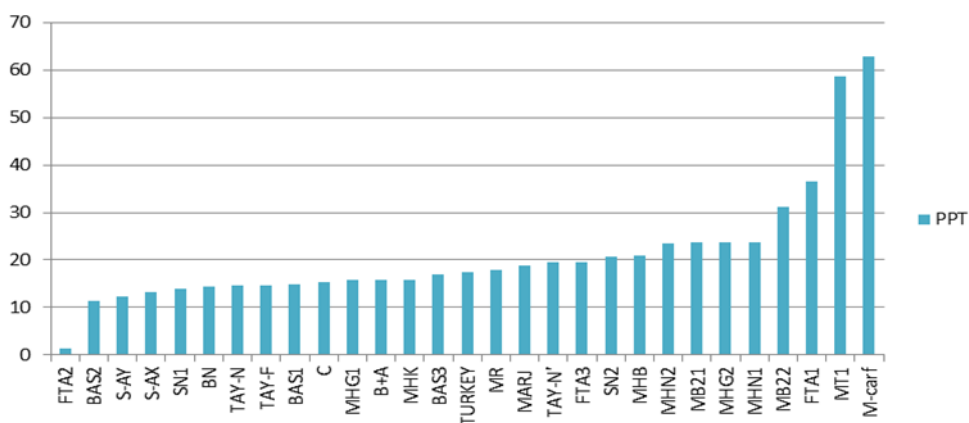
Les teneurs moyennes en acidité présentées dans la figure ci-dessous sont exprimées en g d'acide /100g de MS. Nous constatons qu'il existe une grande variation dans les teneurs en acidité entre les différents échantillons étudiés. En effet la plus forte teneur a été observée chez le génotype "M-carf" avec 0.55g/100g suivi par les échantillons MHB et MB22 avec des valeurs 0,47 et 0,46 respectivement. Alors que, les plus faibles teneurs ont été obtenues avec les échantillons "MR" et "Turkey", dont les valeurs obtenues sont respectivement 0.16 et 0.18.



**Figure 14 :** Variabilité des teneurs moyennes d'acidité dans les figes sèches

### 3. Teneur en Polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols a été réalisé sur les figes sèches et les résultats présentés dans la figure 15, sont exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par g de matière sèche. D'après ces résultats, nous constatons que les teneurs moyennes de polyphénols totaux sont très variables pour les 29 échantillons. La teneur la plus importante a été enregistrée par le génotype "M-carf" avec une valeur de 62,83mg/g suivi par l'échantillon "MT1" avec 58,63 mg/g. En effet la teneur moyenne en polyphénols totaux est de 21.03 mg/g, par contre les échantillons "FTA1" et "BAS2" ont enregistré les valeurs les plus faibles qui sont respectivement 1.31 mg/g et 11.45mg/g.

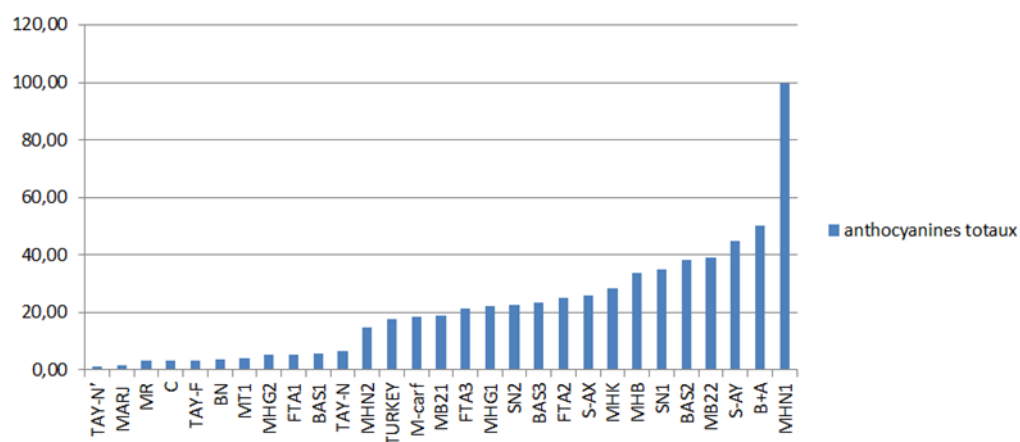


**Figure 15 :** Variabilité des teneurs moyennes en polyphénols totaux dans les figes sèches

### 4. Teneur en anthocyanines totaux

Les résultats obtenus sont exprimés en mg/100g de matière sèche et ils sont présentés dans la figure ci-dessous (figure 16). D'après ces données, on remarque une grande variabilité entre les 29 échantillons en termes de teneurs moyennes en anthocyanines. La teneur la plus élevée a été enregistrée par le génotype "MHN1" avec une valeur de 99,61 mg/g suivie par les échantillons

B+A et S-Ay dont les valeurs obtenues sont respectivement 50.22 mg/g et 44.64 mg/g. La teneur moyenne la plus faible est enregistrée par les échantillons TAY-N', Marj et Mr avec les valeurs 1.03 ; 1,65 ; 3,1 mg/g respectivement.



**Figure 16 :** Variabilité des teneurs moyennes des anthocyanines totaux dans les figes sèches

## Conclusion générale

La figue est un fruit à la chair rose délicieuse, reconnue comme un fruit sacré et figure dans tous les livres saints, elle est considérée comme source de sucres solubles totaux, polyphénols, anthocyanines, flavonoïdes et fibres alimentaires. Son arbre est facilement cultivable dans la région méditerranéenne et en prenant quelques précautions, il le sera aussi dans les autres régions. Il connaît une grande diversité qui revient au facteur du climat.

La figue peut se consommer fraîche ou bien séchée. Le séchage se fait soit par des méthodes traditionnelles ou bien industrielles. Ce fruit est utilisé en médecine traditionnelle grâce à la présence d'activité anti-oxydante et anti-inflammatoire. Donc c'est un fruit qui mérite d'être étudié et valorisé.

L'étude présente a pour but d'évaluer la variabilité qualitative des figues sèches qui sont en vente au niveau de la zone de Meknès El- Hajeb en se basant sur une caractérisation physicochimique. L'étude a montré une variabilité importante pour tous les paramètres analysés. La Couleur des échantillons varient de la plus claire à une autre sombre ou foncé. Ces différences sont dues au type variétale mais aussi en grande partie au phénomène de brunissement qui est sous forme de réactions chimiques entre les sucres et les acides et d'altération qui sont engendrés par les mauvaises procédés de séchage et de conditionnement des fruits.

Pour les paramètres biochimiques la variabilité est aussi très importante. La teneur en sucres solubles totaux augmente avec le temps à cause des réactions enzymatiques et les mauvaises conditions du stockage. Pour l'ensemble des paramètres on peut conclure que les figues sur le marché présentent des aspects qualitatifs différents dont une partie est due au profil variétal très hétérogène. Les mauvaises conditions de séchage et de stockage engendrent aussi des variations importantes et l'altération de la qualité.

Les figues sèches présentent une variabilité en acidité, en polyphénols et en anthocyanines.

En fin on peut conclure que le développement de la filière de figuier au Maroc passe en premier lieu par un bon choix de variétés aptes au séchage et par l'optimisation des procédés de transformation et de conditionnement.



**Références bibliographiques et  
webliographiques**

<http://www.inra.org.ma/publications/ouvrages/journeefiguier.pdf>

<http://genie-alimentaire.com/spip.php?article149>

[http://www.agrimaroc.net/Guide\\_constructeur\\_sechoir\\_hybride.pdf](http://www.agrimaroc.net/Guide_constructeur_sechoir_hybride.pdf)

<http://www.univ-bejaia.dz/dspace/handle/123456789/1318>

[http://www.agrimaroc.net/btt\\_186.pdf](http://www.agrimaroc.net/btt_186.pdf)

<http://www.inra.org.ma/publications/ouvrages/journeefiguier.pdf>

<http://om.ciheam.org/>

<http://agrimaroc.net/105.pdf>

<http://www.inra.org.ma/publications/ouvrages/figuier.pdf>

<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c13/96605640.pdf>

<http://www.e-sante.fr/figue-seche/guide/1642?page=0%2C1>

<http://www.fao.org/docrep/x5018e/x5018E0J.HTM>

<https://www.lanutrition.fr/tout-savoir-sur-la-figue>

<http://www.aprifel.com/fiche-nutri-produit-composition-figue,34.html>

<http://univ->

[bejaia.dz/dspace/bitstream/handle/123456789/5553/Optimisation%20de%20l%E2%80%99extraction%20des%20polyph%C3%A9nols%20du%20m%C3%A9lange%20Figue%20s%C3%A8che%20-%20Huile%20d%E2%80%99olive%20par%20la%20m%C3%A9thode%20de%20Box%20-%20Behnken%20et%20C3%A9tude%20de%20ces%20quelques%20activit%C3%A9s%20biologiques.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://univ-bejaia.dz/dspace/bitstream/handle/123456789/5553/Optimisation%20de%20l%E2%80%99extraction%20des%20polyph%C3%A9nols%20du%20m%C3%A9lange%20Figue%20s%C3%A8che%20-%20Huile%20d%E2%80%99olive%20par%20la%20m%C3%A9thode%20de%20Box%20-%20Behnken%20et%20C3%A9tude%20de%20ces%20quelques%20activit%C3%A9s%20biologiques.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/colorimetrie/3-l-espace-cielab-1976-ou-l-a-b/>

<http://www.profil-couleur.com/ec/115-modele-cie-lab.php>

<http://revues.imist.ma/index.php?journal=technolab&page=article&op=view&path%5B%5D=571&path%5B%5D=474>

<http://www.gerbeaud.com/fruit-legume-de-saison/figue2.php>

[http://theses.univ-batna.dz/index.php/theses-en-ligne/doc\\_download/5380-caracterisation-et-transformation-de-la-figue-de-barbarie-opuntia-ficus-indica-l-elaboration-du](http://theses.univ-batna.dz/index.php/theses-en-ligne/doc_download/5380-caracterisation-et-transformation-de-la-figue-de-barbarie-opuntia-ficus-indica-l-elaboration-du)

<http://www.eurobroker.fr/figues/>

<http://www.univ-bejaia.dz/dspace/handle/123456789/1318?show=full>.

- Achtak H., Oukabli A., Ater M., Santoni S., Kjellberg F., Khadari B. 2009. “ Microsatellite markers as reliable tools for fig cultivar identification”. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 134: 624 - 631.
- Ait Hadou L , Blenzar A , Messaoudi Z, Zinedine F (2014) . Caractérisation pomologique de 22 cultivars locaux du figuier au Maroc
- Condit I. J., 1955. “ Figvarieties : a monograph ”. Ed. Hilgardia, Journal of Agricultural Science, California Agricultural Experimental Station, n° 11 : p 323 - 538.;
- Dubois, M.; Giles, K.A. & Hamilton, J.K. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*
- FAO, 2011. “Statistical Database”
- Favier JC., Ireland –Ripert J. Feinberg M. Répertoire général des aliments. Tome 4. Table composition des fruits exotiques : fruits tropicaux et fruits d’Afrique. (à paraître en 1993)
- Hmimsa Y. and Ater M., 2008. “ Agrodiversity in the traditional agrosystems of the Rif Mountains (north of Morocco) ”. *Biodiversity* 9: 78 - 81.
- Lako J., Trenerry V. C., Wahlqvist M., Wattanapenpaiboon N., Sotheeswaran S., Premier R. (2007). Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chem.* 101, 1727–1741. [10.1016/j.foodchem.2006.01.031](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.031)
- Oukabli A., Mamouni A., Laghezali M., Khadari B., Roger J.P., Kjellberg F. and Ater M., 2003. “ Genetic Variability in Moroccan Fig Cultivars (*Ficus carica* L.) Based on Morphological and Pomological Data ” *Proc. II Ind IS on Fig Eds.* M. LópezCorrales & M.J. Bernalte García.
- Oukabli A. 2003. *Le Figuier : Un patrimoine génétique diversifié à exploiter*. INRA, Transfert de Technologie en Agriculture, 1
- Oukabli, A, et Mamouni, A, 2008, Fiche Technique figuier (*Ficus Carica* L.), installation et conduite technique de la culture, Institut de la recherche agronomique, Maroc.
- RIBEREAU-GAYON P. – 1968 - *Les Composés Phénoliques des Végétaux* ), p. 202, Dunod, Paris.
- Sanders TH, McMichael RW et Hendrix KW (2000b) occurrence of resveratrol in edible peanuts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48, 1243-6.
- Vidaud J., 1997. - *Le Figuier : Monographie*. Edition Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. Paris.
- Weiblen GD, 2000. Phylogenetic relationships of functionally dioecious *Ficus* (Moraceae) based on ribosomal DNA sequences and morphology. *American Journal of Botany*, 87(9):1342-1357.