

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université de Blida I**

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**

**Département des sciences d'agro-alimentaires**



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master  
académique en Science de la nature et de la vie «SNV »**

**Spécialité: Sciences Alimentaires**

**Thème :**

**Etude des caractéristiques physico-chimiques,  
microbiologiques et Evaluation de l'activité antioxydante de  
deux variétés des figes sèches**

Présenté par :

Date de soutenance : 23-10-2013

**M<sup>elle</sup>OUZZINE MERIEM**

Devant le juré composé de :

M<sup>me</sup> ACHEHEB.H    MAA    USDBPrésidente    M<sup>me</sup> HADJ-ZIANE-ZAFOUR.A  
MCA    USDB    Promotrice

M<sup>me</sup> FERNANE.S    MAB    USDBExaminatrice

M<sup>r</sup>BOUSBIA.N MCB    USDBExamineur

M<sup>elle</sup> ALILECHE.K    Ingénieur    USDB    Co-Promotrice

Année universitaire : 2012-2013

# *Remerciements*

Je remercie tout d'abord ALLAH tout puissant de m'avoir donné la patience, la santé et la volonté pour réaliser ce mémoire.

Je dois remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, en particulier :

Mme Hadj- Ziane-Zafour, la promotrice pour sa patience tout au long de mon encadrement, et pour sa contribution dans la méthodologie de ce travail ainsi que Melle Alileche Khokha ma co-promotrice  
Mes remerciements vont également à mes enseignants qu'i m'ont honoré en acceptant d'être membres du jury : Pr. Acheheb comme président et Dr. Bousbaia et Dr. Fernane les examinateurs.

Je remercie l'ensemble du personnel du laboratoire du l'ITAFV (Institut technique d'Arboriculture fruitière et de la vigne.et le personnel du laboratoire de Farroudja

Enfin, mes remerciement à tout mes enseignants de la faculté des Sciences Agrovétérinaires et Biologiques qui m'ont formé durant mon cursus universitaire.

# ***DEDICACES***

*Je dédie ce travail à mes chers parents pour  
Leur soutien et leur patience.*

*Je le dédie également à :*

*Mes frères : Samir, Mohamed, Nacereddine,  
Abdesselem.*

*Mes sœurs : Ouassila, Iméne.*

*Toutes les familles Ouzzine, Bekkai, Chergui.*

*Mes vraies amies : Ibtissem, Siham, Samira, Amina,  
Hakima, Louiza, Fatima, Safia, Iméne, Rokia et  
Wafia.*

*Je dédie enfin ce modeste travail à tous les  
étudiants voulant bénéficier de toute information  
scientifique qui y apportée.*

***Meriem***



## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau I :</b> Evolution des superficies des premiers producteurs de figues de figue dans le monde en (ha) 2000- 2008.	<b>2</b>
<b>Tableau II.</b> Variétés des figues dans quelque pays	<b>6</b>
<b>Tableau III :</b> modification de la valeur nutritive de la figue par séchage.	<b>12</b>
<b>Tableau IV:</b> Résultats d'analyse microbiologie des figues sèches noires (FSN) et des figues sèches blanches (FSB).	<b>53</b>
<b>Tableau V :</b> Détermination de la quantité des composés phénoliques des figues sèches.	<b>53</b>
<b>Tableau VI :</b> pouvoir d'inhibition par le DPPH.	<b>55</b>
<b>Tableau VII :</b> pouvoir réducteur des extraits étudiés	<b>56</b>
<b>Tableau VIII :</b> production national des figues sèches pour l'année 2011	<b>Annexe I</b>
<b>Tableau IX:</b> Evolution des importations de la figue sèche dans le monde en 2005/2008 en tonne	<b>AnnexeII</b>
<b>Tableau X:</b> Résultats des analyses physico-chimiques (FSN, FSN).	<b>Annexe V</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Répartition géographique du figuier dans le monde.	<b>1</b>
<b>Photos 2</b> :les racines du figuier.	<b>4</b>
<b>Photos 3</b> : les feuilles du figuier.	<b>4</b>
<b>Figure 4</b> : Coupe longitudinale d'une figue.	<b>5</b>
<b>Figure 5</b> : Séchage des figues sur claies en roseau.	<b>9</b>
<b>Figure 6</b> : les étapes de la fabrication des figues sèches	<b>10</b>
<b>Figure 7</b> : Déséquilibre de la balance entre pro-oxydant et antioxydant	<b>15</b>
<b>Figure 8</b> : Définitions des différents types de flavonoïdes à partir du squelette flavane	<b>19</b>
<b>Figure9</b> : Structure de base des tanins condensés.	<b>20</b>
<b>Figure 10</b> : Biosynthèse des composés phénoliques	<b>21</b>
<b>Figure 11</b> : les étapes d'extraction des polyphénols	<b>43</b>
<b>Figure 12</b> :Teneur en eau des figues sèches (FSN ,FSB)	<b>47</b>
<b>Figure 13</b> : PH des figues sèches (noires et blanches).	<b>48</b>
<b>Figure. 14</b> : l'acidité titrable totale des figues sèches.	<b>48</b>
<b>Figure 15</b> : Teneur en cendres des figues sèches (noires et blanches).	<b>49</b>
<b>Figure 16</b> : La teneur en protéines des figues sèches.	<b>50</b>
<b>Figure 17</b> : Teneur en lipides totaux des figues sèches	<b>50</b>
<b>Figure 18</b> : Teneur en fibres alimentaires des figues sèches	<b>51</b>
<b>Figure19</b> : Teneur en sucres totaux de figues sèches.	<b>52</b>
<b>Figure 20</b> : quantité des composés phénoliques.	<b>54</b>
<b>Figure 21</b> : pourcentage d'inhibition des (FSB, FSN et Vitamine C) en fonction de la concentration	<b>55</b>
<b>Figure22</b> : Pouvoir réducteur des extraits méthanoliques.	<b>56</b>
<b>Figure 23</b> : Répartition nationales des figues sèches en Algérie	<b>Annexe I</b>
<b>Figure 24</b> : Les appareils utilisés aux laboratoires	<b>Annexe III</b>
<b>Figure 25</b> : Courbe d'étalonnage des sucres	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 26</b> : Recherche des moisissures	<b>Annexe VI</b>
<b>Figure 27</b> Recherches des coliformes fécaux et totaux	<b>Annexe VI</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

**µg** : Microgramme.

**AFNOR** : Association français de normalisation.

**DO** : la densité optique.

**DPPH**: Radical 2, 2- diphényle 1-1- picryl-hydrazyl.

**FSB** : Figses sèches blanches.

**FSN** : Figses sèches noires.

**G** : gramme

**H%** : Humidité.

**ml** : Millilitre.

**PH** : Potentiel hydrogène.

**PI**: Pouvoir d'inhibition.

**SEST** : sucres éthanol solubles totaux.

**UFC** : unité formant colonie.

**USDB** : Université Saad Dahleb De Blida.

**UV** : ultra violet.

**VRBL** : Bouillon lactose bilié au vert brillant.

## *Glossaire*

**Caprifiguiers** : figuier sauvage ou figuier mâle, figuier utile à la pollinisation du figuier domestique ou femelle.

**Blastophage** : insecte de l'ordre des Hyménoptères responsable de la pollinisation sexuée du Figuier.

**Mamme** : se dit à la figue du caprifiguiers.

**Figue d'automne ou figue fruit ou second** : figue de deuxième récolte. Sur figuier femelle unifère ou bifère.

**Figue-fleur, ou première** : figue de première récolte (début de l'été). Sur figuier femelle bifère.

**Sycone** : type particulier d'inflorescence du figuier dans laquelle les fleurs sont disposées sur un réceptacle charnu qui se referme sur lui-même emprisonnant les fleurs dans une cavité interne ne laissant qu'un petit orifice au sommet, à la fructification ce réceptacle devient charnu.

**Akène** : du point de vue botanique, l'akène est un fruit sec contenant une seule graine et qu'il ne s'ouvre pas (fruit indéhiscent). Les graines enfermées à l'intérieur de la figue sont des akènes.

**Bifère** : se dit à des variétés de figuiers qui produisent deux récoltes de figues comestibles la même année : les figues fleurs ou figues de printemps en juin-juillet sur le bois de l'année précédente et les figues d'automne (ou second) sur la pousse de l'année entre septembre et les premières gelées

( Vidaud et al., 1997)

## ملخص

الهدف من هذا العمل الذي قمنا به هو دراسة المكونات الفيزيائية (نسبة الماء، الحموضة، درجة الحموضة) والمكونات البيو كيميائية (السكريات البروتينات، الألياف، والأحماض الدسمة) والخصائص الميكروبيولوجية لنوعين من التين الجاف (الأسود والأبيض) وكذلك دراسة النشاط الأوكسجيني باستخلاص البوليفينول من التين باستعمال الميثانول كمحلل.

إن النتائج المتحصل عليها فيما يخص التركيبة الفيزيائية و الكيميائية ، أظهرت أن محتوى الماء في التين الأبيض 18,23 % بينما في التين الاسود 22,19 % هذه النسبة تعطي للتين أفضل بحيث لا يكون فسادها بسرعة ، يعتبر التين من الفواكه الحامضة ، وتكون حاجزا لمنع نمو بعض البكتيريا .

نسبة الرماد المتواجدة في التين الأبيض 7,72 % إلى 8 % (التين الأسود) ونسبة الألياف 7 % (التين الأبيض) إلى 6 % (التين الأسود)، يحتوي على الأحماض الدسمة بنسبة 2,43 % إلى 2,54 % ، غني بالبروتينات 2,74 % (التين الأبيض ) 2,88 % (التين الأسود) ونسبة السكر في 54,58 % (التين الأسود) و 57,25 % للتين الأبيض.

النتائج الميكروبيولوجية أكدت بعدم وجود الفطريات إلا أنها معرضة للتعفن لوجود السكريات في التين إن دراسة النشاط المضاد للأكسدة بمستخلص الميثانول تم بطريقتين: إرجاع الحديد وتثبيق الجذر الحر نسبة البوليفينول 27% التين الأسود والتين الأبيض 26 % .

التين الأسود تكو نفيه مضادات الاكسدة اكثر من التين الأبيض

**الكلمات المفتاحية:** المكونات الفيزيائية ،المكونات البيوكيميائية والبيولوجية ،التين الجاف (الأسود والأبيض)

،البوليفينول. النشاط المضاد للأكسدة.

## RESUME

L'objectif de ce travail est l'étude des caractéristiques physico-chimiques (teneur en eau, pH, acidité et teneur en cendres), les analyses biochimiques (sucres, protéines, cellulose, lipides) et les analyses microbiologiques pour la recherche des coliformes fécaux (*Escherichia coli*) ainsi que les levures et moisissures de deux variétés des figes sèches noires (Azerdjar) et blanches (Taranimt) et aussi l'évaluation de l'activité antioxydante par extraction des polyphénols des figes sèches par le méthanol comme solvant.

Les analyses physico-chimiques ont montré que les deux variétés présentent une teneur eau qui s'échelonne entre (18,23 et 22,19% Ms), ce qui leur confère une richesse en matière sèche par conséquent une grande stabilité lors de la conservation. Le pH des figes sèches tend vers l'acidité constituant une barrière contre le développement de certaines flores, le taux de cendre pour les FSB est de 7,72 % et 8 % pour les FSNL. Les analyses biochimiques ont montré que les sucres sont les constituants les plus importants dans les FSB (57,25 %) et (54,58) dans les FSN, les teneurs en cellulose des FSB est de 7 % et 8 % pour l'autre variété. Les figes sèches sont riches en protéines avec une teneur variant entre 2,74 et 2,88 % pour les figes deux variétés respectivement, ces teneurs sont variables selon le sol, l'ensoleillement et la méthode de séchage.

L'analyse microbiologique a montré que les coliformes fécaux sont absents ainsi que les moisissures, néanmoins ces variétés sont énormément sujettes à la contamination par des levures osmophiles, ces résultats sont conformes aux normes.

Le rendement en extrait méthanoliques réalisé par la méthode de macération simple a enregistré une teneur de 27% pour la variété Taranimt et 26% pour la variété Azendjar.

L'activité antioxydante évaluée par deux méthodes (réduction du fer et par le DPPH) a montré que les figes de couleur noire sont plus riches en antioxydants que les variétés de couleur pâle.

**Mots clés :** les analyses physico-chimiques, les analyses microbiologiques, l'activité antioxydante, les polyphénols, figes sèches Blanches et noires.



## SUMMARY

The objective of our work is the study of the characteristics, physicochemical (water content, pH, acidity, ash content) and the analysis biochemical (sugars, proteins, cellulose, lipids) and the analyzes microbiological for the research of the fecal coliformes (*Escherichia coli*) and the yeasts and the moulds of two varieties of black dry figs (Azendjar) and white (Taranimt) and also the evaluation of the antioxydant activity which is done starting from the extraction of polyphenols of dry figs by the use of methanol like solvent. .

the physicochemical analyzes, we noted that the two varieties have a content water which spread out between (18,23 and 22,19% ms) what gives them a high content in dry matter, therefore a great stability at the time of the conservation, for the pH of dry figs tends towards acidity constituting a barrier against the development of certain flora, the contents cellulose of the FSB is of 7,72% and 8% for the FSN, the biochemical analyzes showed that sugars are the most important components in the FSB (57,25%) and (54,58) in the FSN, for fibers from the FSB (7%) and 8% for the other variety, are rich, out of proteins which vary between (2,71 and 2,88%), these contents are variable according to the ground, ensoleiloment, method of drying.

The microbiological analysis showed that the fecal coliformes are absences and also the moulds but which it is enormously prone to the contamination by yeasts osmophiles, these results are in conformity with the standard.

The output in extract methalonic carried out by the method of maceration simple records a content of 27% for the Taranimt variety and the Azendjar variety of 26%.

The study of the antioxydant activity which is done by two methods, the reduction of iron and the DPPH shows that the black figs of color would contain of antioxydant advantage that the varieties of color blade.

**Key words:** physicochemical analysis, microbiological analysis, the antioxidant activity, polyphenols, White and Black dry figs.

# Sommaire

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Glossaire**

**Résumé**

**Introduction**

## **Etude Bibliographies**

### **Chapitre I : Le figuier et la figue**

I-1 Le figuier ( <i>Ficus carica</i> L).....	1
I-1-1 Historique et origine.....	1
I-1-2 Importance de la culture du figuier dans le monde .....	1
I-1-3 Systématique et classification du figuier.....	2
I-1-4 Caractères botaniques.....	3
I-2 La figue.....	4
I-2-1-Origine et description générale.....	4
I-2-2- Définition et description générale.....	4
I-2-3- Croissance et maturation de la figue.....	5
I-2-4- variétés de figues.....	6
I-2-5- Caractéristiques morphologiques et physicochimiques des figues.....	7
I-2-6- composition et valeur nutritionnelle de la figue fraîche.....	7
1-3-Séchage des figues.....	8
1-3-1-Séchage à l'aire libre traditionnelle.....	8
1-3-2-Séchage artificiel.....	9
1-3-3-Transformation des figues .....	11
I-3-2-Facteurs de modification des qualités lors figues séchées.....	12
I-3-3-Composition et valeurs nutritive des figues séchées.....	11
I-4-Intérêt thérapeutique et nutritionnel de la figue.....	13

## **CHAPITRE II : Les antioxydants alimentaires**

II-1-Définition d'un radical libre.....	14
II-2- Différents type des ERO .....	14
II-3-Stress oxydant .....	15
II-4-Les antioxydants .....	15
II-5-Les polyphénols.....	16
II-5-1-Classification des polyphénols.....	17
II-5-2-Biosynthèse des composés phénoliques.....	20
II-5-3-Rôle physiologiques et biologiques des composés phénoliques.....	22
II-5-4-Intérêt thérapeutique des composés phénoliques .....	22
II-5-5-Propriétés des polyphénols.....	23
II-5-6-Efficacité des antioxydants.....	24

### **Etude Expérimentale**

## **Chapitre III: Matériel et méthode**

III-1-Matériel.....	25
III-1-1-Matériel végétal :.....	25
III-1-2-Matériel de laboratoire.....	26
III-2-Méthodes analytiques.....	26
III-2-1-Caractérisation physico-chimique des figues sèches.....	26
III-2-1-1-Détermination de la teneur en eau.....	26
III-2-1-2-Détermination du PH.....	27
III-2-1-3-Détermination de l'acidité titrables totale .....	28
III-2-2-Caractérisation biochimiques des figues sèches.....	29
III-2-2-1-Détermination de la teneur de cendres totales.....	29
III-2-2-2-Détermination de la teneur en protéines.....	30
III-2-2-3-Détermination de la teneur en lipides totaux.....	33
III-2-2-4-Dosage des sucres totaux.....	34
III-2-2-5-Détermination de teneur en cellulose .....	36
III-2-3-Caractérisation microbiologiques.....	38
III-2-3-1-Dénombrements des levures osmophiles des figues sèches.....	38

III-2-3-2-Recherche et dénombrement des moisissures.....	41
III-2-3-3-Recherche des coliformes.....	42
III-3-Méthodes d'extraction des polyphénols.....	43
III-3-1-l'activité antioxydant des composés phénoliques des figues sèches.....	44

## **Chapitre IV : Résultats et discussion**

IV-1-Résultats de la caractérisation physico-chimique.....	47
IV-1-1-Teneur en eau.....	47
IV-1-2-PH.....	48
IV-1-3-Acidité titrable totale.....	48
IV-2-Résultats de la caractérisation biochimique.....	49
IV-2-1-Cendres.....	49
IV-2-2-Protéines.....	50
IV-2-3- lipides totaux .....	50
IV-2-4-Cellulose .....	51
IV-2-5- Les sucres totaux.....	52
IV-3- Résultats de la Caractérisation microbiologique.....	52
V-Résultats de l'activité antioxydant des composés phénoliques des figues sèches.....	53
• Conclusion	
• Références bibliographiques	
• Annexes	

# **INTRODUCTION**

## . Introduction

La consommation des fruits et légumes constituent désormais une des principales recommandations formulées par les autorités de santé publique (**Scalbert, A. 1991**). Plus personne ne conteste aujourd'hui l'impact positif de la consommation des fruits et légumes sur la santé. Consommés en quantités suffisantes (environ 600 g/jour), ils participent à la prévention des principales pathologies qui affectent nos sociétés : cancers, cardio-vasculaire, ostéoporose ou obésité (**Scalbert, A.1991**).

Les fruits et les légumes sont riches en fibres, minéraux, vitamines et les antioxydants ces derniers, apparaissent de plus en plus clairement essentiels à la protection de notre organisme et autres maladies dégénératives (**Scalbert, A. 1991**).

Les végétaux produisent une grande variété de métabolites secondaires, en particulier des composés phénoliques, dont les multiples propriétés chimiques ou biologiques donnent à ces molécules et aux plantes qui les contiennent un intérêt économique certain qui est pris en compte par les industries agro-alimentaires et pharmaceutiques (**Macheix et al, 2005**).

Mais certainement dans le domaine de la santé humaine que l'implication économique des polyphénols est la plus importante. En effet, l'industrie du médicament fait effectivement appel à de nombreuses plantes riches en molécules phénoliques actives, pour leurs propriétés antiseptiques, antibactériennes, antifongiques et anti-oxydantes (**Macheix et al. 2005**)

Les antioxydants végétaux ont des propriétés protectrices en matière de vaisseaux sanguins, leurs vertus anti-âge et leurs implications probables dans la prévention des pathologies liées aux stress oxydatif.

Les figues sont des fruits appartenant par le figuier qui est l'arbre spécifique de nos terres, plus que l'olivier qui le suit de près. C'est une espèce bien adaptée au

climat méditerranéen et aux zones arides, elle est capable de valoriser des terres marginales et des eaux saumâtres (**Mars, 1994**).

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés à l'étude des figues sèches de variété blanches (Taranimt) et noires (Azendjar) et l'activité antioxydants de ces derniers choisis pour son intérêt économique, ces effets thérapeutiques et sa grande capacité antioxydant.

Cette étude est constitué en 2 parties, tout d'abord la partie bibliographique qui comprend deux chapitres, dont le premier présente le figuier et la figue (fraîche et sèche), le deuxième chapitre traite les antioxydants alimentaires. La seconde partie rapporte les méthodes analytiques utilisées et les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Notre étude est réalisée selon le plan suivant

.Analyse physico-chimiques des figues sèches.      2

-Analyse Microbiologiques des figues sèches.

-Extraction des polyphénols des figues sèches.

-Evaluation de l'activité antioxydants.

Enfin ce travail est achevé par une conclusion générale dans laquelle des perspectives et des recommandations seront présentées pour la poursuite de l'étude de cette espèce vue les teneurs élevées en polyphénols constatées, on pourrait conseiller ainsi la communauté scientifiques à prendre conscience des richesses des produit de notre pays surtout ses merveilles que sont les figues, vérité prouvée et approuvé par notre Sain coran.

**CHAPITRE I**  
**LE FIGUIER ET LA FIGUE**

**Chapitre I : Le figuier et la figue****I-1-Le figuier (*figus carica L.*)****I-1-1 Historique et origine :**

Le figuier est une espèce domestiquée et cultivée depuis les profonds âges de l'histoire, il est souvent cité dans le coran et la bible (Solemant, 1978), est un arbre familier de la région méditerranéenne. Consommés dès la plus haute antiquité à l'état frais, s'est ensuite propagée au-delà de son aire naturelle, sous forme séchée, dès le XIV<sup>ème</sup> siècle. Bien qu'originaire du Moyen-Orient. Le figuier est cultivé dans d'autres zones géographique : en Amérique, en Afrique du Sud ou en Australie. Mais c'est du bassin méditerranéen que provient l'essentiel de la production mondiale. Son aire d'implantation y déborde celle de l'olivier, (Vidaud et al, 1997).

**I-1-2-Importances de la culture du figuier dans le monde :**

Le figuier s'est parfaitement acclimaté dans le nouveau monde tant en Amérique du Nord (Californie) qu'en Amérique du sud (Brésil, Argentine) dans des situations climatiques identiques (Vidaud et al, 1997).

La production mondiale du figuier se répartit, par ordre d'importances, entre la Turquie, la Grèce, l'Algérie (Voir annexe 1), le Portugal, et les pays voisins (Valdeyron, 1984).



**Figure 1 :** Répartition géographique du figuier dans le monde (Vidaud 1997).

A l'échelle mondiale le Portugal est le 1<sup>ère</sup> producteur avec une superficie moyenne 86 111 ha qui représente 20,11%. Il est suivi par la Turquie et l'Algérie et l'Iran qui est en 4<sup>ème</sup> position.

Les pays 10 cités dans le tableau suivant représentent 87.7% de la superficie figuicole dans le monde. Le reste des pays représente 12.3% de cette superficie.

**Tableau I:** Evolution des superficies des premiers producteurs de figue dans le monde en (ha) 2000- 2008 : Source : la FAO stat

<b>Année Pays</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>Portugal</b>	85900	85900	85900	85900	86000	86500	86500	86500
<b>Turquie</b>	58750	60000	60625	60625	59100	62240	61594	57944
<b>Algérie</b>	48644	50641	44030	45920	46592	49180	48790	47273
<b>Iran</b>	42596	43000	45000	47494	51256	48000	45000	39074
<b>Maroc</b>	43400	43200	42800	42700	43800	44000	44441	42381
<b>Egypte</b>	29105	26444	25550	27521	29000	73320	76258	78139
<b>Espagne</b>	18958	19250	19829	19446	19314	12332	12344	12509
<b>Tunisie</b>	15000	15000	15000	15000	18600	18380	15000	15000
<b>Syrie</b>	10744	10072	10000	9800	10000	8570	9796	9700
<b>Grèce</b>	15000	15000	5000	6500	6478	6452	6319	4800
<b>Total Monde</b>	41905	42006	40567	40989	42920	45885	45844	44706

### I-1-3 Systématique et classification du figuier :

Le figuier fait partie de la famille botanique des Moracées, qui se caractérise par la présence d'un latex (lait blanc ou incolore) qui s'écoule au niveau de toutes les blessures de la plante elle comprend environ 1500 espèces classées en 52 genres parmi lesquels le genre ficus décrit par Linné (vidaud, 1997).

Le genre *figus* comprend 700 espèces, reconnaissables toutes par la présence d'une figue ou sycone. *Ficus carica* L est la seul espèce actuellement cultivée pour ces fruits comestible (**Lespinasse et Leterme, 2005**).

D'après **Bach(1955)**, le figuier est appartient à :

<b>Règne :</b>	plantae
<b>Embranchement :</b>	Spermaphytes
<b>Sous embranchement :</b>	Angiospermes
<b>Classe :</b>	Dicotylédones
<b>Ordre :</b>	Urticales
<b>Famille :</b>	Moracée
<b>Genre :</b>	<i>figus</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Ficus carica</i> L.

#### **I-1-4 Caractères botaniques :**

Le figuier est un arbre ou arbrisseau de « 4 à 5 mètres » de haut, pouvant s'acclimater à des conditions edaphoclimatique assez difficiles (**Dury, 1992**), il est quelquefois sarmenteux (**Ait Youssef, 2006**), C'est une espèce dioïque avec des feuilles polymorphes, un port buissonnant qui présente à sa base des rejets (**Mazri, 2000**).

Il entre en production à partir de sa 5ème année. Cet arbre peut atteindre 12 à 15 mètres de hauteur dans les régions septentrionales (**Kadir et al ,2010**).

- **Les racines :** la densité du chevelu racinaire assure l'alimentation de l'arbre en eau et en éléments nutritifs. Le système est développé surtout dans les milieux drainants ou les racines peuvent croître rapidement et atteindre une grande surface (**Vidaud, 1997**)(photos 2).
- **Les organes aériens :** Le figuier a des feuilles simples à nervation palmée, grandes et très décoratives, mesurant « 10 à 20 cm » de long. Elles sont profondément découpées en 3 à 5

lobes (**Kadir et al, 2010**) (**photos 3**).

- **Les fleurs** sont petites et unisexuées, monoïques, apétales, enfermées dans une inflorescence. Cette dernière est une urne piriforme avec un réceptacle globuleux plus ou moins ouvert en haut et renfermant des fleurs mâles dans la partie supérieure et des fleurs femelles dans la partie inférieure (**Ait youcef, 2006**).



**Photos 2:les racines du figuier**



**photos 3 : les feuilles du figuier**

### 1-2 La figue :

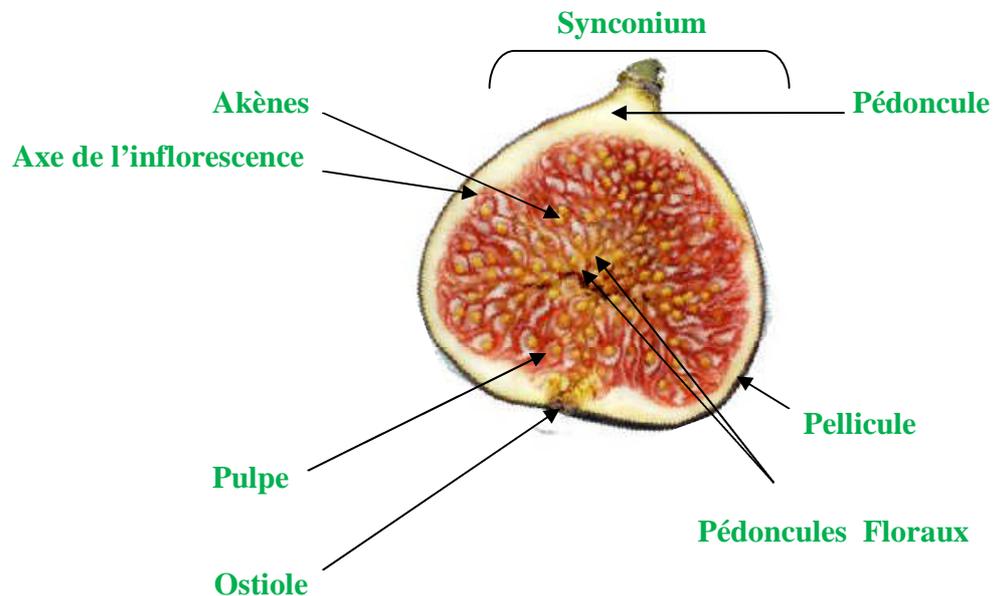
#### I-2-1 Origine et description générale :

Originnaire du moyen orient la figue est reconnue depuis l'antiquité pour ses propriétés thérapeutiques et nutritives, A l'époque elle servait déjà d'aliment (sous forme fraîche, grillé ou séchée) de médicament ainsi que d'agent sucrant (**Haesslein et Oreiller, 2008**).

Elle est reconnue comme fruit sacré et figure dans tous livres saints, elle est citée dans la « Soura-AL-tine » du Coran .La consommation la plus élevée de ce fruit coïncide avec les festivités religieuses, comme Noël, paques ou Ramadan (**Jeddi, 2009**).

#### I-2--2-Définition :

La figue est un fruit sphérique ou ovoïde présentant un téton sur lequel est fixée la queue qui la rattache à l'arbre. , possédant une petite ouverture, l'ostiole une inflorescence en forme d'urne qui ne s'ouvre jamais appelés sycone (**Figure 4.**) Le poids du fruit varie selon les variétés de 30à 65 grammes. (**Jeddi, 2009**).



**Figure 4** : Coupe longitudinale d'une figue (Hasselin et Oreiller, 2008)

### I-2-3 -Croissance et maturation de la figue :

La figue présente une allure de croissance en double sigmoïde avec deux pics et trois phases de croissance. Au cours de la première et la troisième phase, le fruit croît en taille et en poids, alors qu'en deuxième phase, il reste stationnaire. Le taux de sucre de la figue croit graduellement durant les premières et les dernières phases de développement du fruit (Elattir et al, 2003).

Des stades d'évolution et de maturité peuvent être clairement définis à partir d'observation simples de critères notamment la fermeté et la couleur .Cependant, d'autres paramètres analysés : pH, acidité, densité, teneur en eau, sont moins représentatifs de cette évolution (Vidaud et al. 1997).

Ainsi, les stades de maturité de figue sont classés d'après (Vidaud et al.1997) comme suit :

**Stade 0** : fruit immature, dur, dont la croissance n'est pas encore achevée.

**Stade I** : fruit vert, dur, dont la croissance est achevée, coloration peu importante occupant moins de 1/3 de la surface.

**Stade II** : fruit peu mur, ferme, coloration occupant 1 /3 à 2 /3 de la surface. Aucune craquelure sur l'épiderme .Fruit destiné à une commercialisation nationale ou internationale.

**Stade III** : fruit mur, moins ferme, coloration occupant plus de 2 /3 de la surface. Epiderme pouvant être craquelé, fruit destiné à un marché local.

**Stade IV** : fruit sur mur, mou. Coloration totale .Consommable mais non commercialisable.

#### I-2-4- variétés des figes :

Certain variétés dites « **unifères** » n'ont qu'une seule fructification par an, soit en automne sur les pousses de l'année, comme c'est le cas pour la variété marseillaise en France, soit en été sur les rameaux ayant hivernée c'est le cas de la variété Gentille .D'autres variétés, dites « **bifères** » fournissent deux récoltes par an, l'une de gros fruits ou figes-fleurs, formées sur les rameaux de l'année précédente, qui mûrissent en juillet-aout, et d'autres de fruits standard, sur les rameaux de l'année, qui mûrissent en septembre-octobre (**Espiard, 2002**).

Il existe des caprifiguiers qui ne produisent pas de grains et des fruits comestibles (**vidaud et al.1997**).

**Tableau II.** Variétés des figes dans quelque pays (**Espiard, 2002, Chaker et al, 1997**).

Variétés /Pays	Figues à peau violette	Figues à peau verte
Espagne	Fraga, Cruello de dama, Burjasot	Blanco Temprano, de Maella, Napolitana
France	Violette de Soliés, Noire de Caromb	Sultane, marseillaise
Maroc	EL Hamran, Medbar	EL Mansour,ferzaoui
Alger	abakur aberkan, ayanim	abakur amellal, tayanimt, tazerart, tadefint

**I-2-5 Caractéristiques morphologiques et physicochimiques des figes :****I-2-5-1-Teneur en eau :**

Selon les variétés des figes, la teneur en eau est différentes elles sont composées environ 82%, ce pourcentages descend à 22% dans un fruit sec (selon **Desai et Salunkhe(1984)** et de 79% selon **Randoin et al(1974)**).cela explique le caractère périssable de ce fruit au de là de 24 heures à 20 C°.

**I-2-5-2-pH et acidité :**

L'acidité de la figue est comprise entre 0,14% et 0,22% exprimée en % d'acide citrique par 100 g de fruits, avec des PH allant de 5 à 5,3(**Mars et Chebli, 1997**) .Le PH de la figue est alors peu acide, ce PH est préjudiciable aux bactéries mais approprié au développement de la flore fongique (**Reynes et al, 1994**).

**I-2-6- composition et valeur nutritionnelle de la figue fraiche :****1-2-6-1- les glucides :**

Les glucides sont responsables de l'essentiel de l'apport énergétique de la figue .leur teneur moyenne est de 12, 3 g aux 100 g mais peut varier de 9 a 18 g en fonction de la variété, de la date de maturité et de l'ensoleillement. Il s'agit en majorité de sucres simples : fructose et glucose. (**Hasselin et oreiller, 2008**)

**I-2-6-2- les protides :**

La figue n'est pas une source de protides, et elle contient en général une teneur en protéines près de 1% seulement d'après la littérature, elle renferme 0,9% selon **Vidaud et al, 1997** et 1% Selon (**Randoin et al, 1974**).

**I-2-6-3-Les lipides :**

Les lipides dans la figue, se trouvent en très faibles proportions, 0,3% selon, **Espiard, 2002**, et 0,5% chez les variétés Mission et Calimyna selon **Desai et Salunkhe 1984**, les lipides jouent ainsi un rôle physiologique et non pas nutritionnel. Malgré cette proportion faible, la fraction lipidique selon **Jeddi, 2009** est constituée de 0,114g d'AGPI, de 0,066g d'AGMI et de 0,060 g d'AGS.

### **I-2-6-4-Les fibres alimentaires :**

Les fibres contenues dans la figue fraîche atteignent 2,5g /100g. Elles sont constituées pour les 2/3 par des fibres insolubles et pour 1/3 par des solubles (elles renferment 2g/100g de pectine selon (Neyrat, 2000). Celles-ci ont la capacité de retenir l'eau, elles favorisent donc une élimination régulière des selles en augmentant leur volume et en modifiant leur consistance. De ce fait, la figue est particulièrement indiquée en cas de tendance à la constipation (Hasselin et Oreillet, 2008).

### **I-2-6-5-Les éléments minéraux :**

Comparée aux autres fruits, la figue fraîche constitue (pour 100) une bonne source de potassium (232 mg), du phosphore (23mg), de magnésium (18 mg) et de fer (0,8 mg) (Martin, 2001).

### **I-2-6-6-Les vitamines :**

D'après (Tazairt, 2006), la figue contient un bon apport en vitamines du groupe B, mais pauvre en vitamine C.

### **1-2-6-6-Autres constituants :**

Les figues contiennent des antioxydants (flavonoïdes et composés phénoliques qui se trouvent en grande partie dans la pelure des figues, qui est habituellement consommée (Solomon et al. 2006) Celles-ci ayant la capacité de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain jouent un rôle considérable pour le bon fonctionnement du cœur, du cerveau et du système nerveux (Jeddi, 2009).

**I-3--Séchage des figues :** Les figues fraîches sont très périssables, c'est pourquoi elles sont surtout séchées ou mises en conserve. Il existe deux types de séchages :

#### **1- 3-1Séchage à l'air libre « traditionnel » :**

Le mode de séchage le plus répandu dans la plupart des pays producteurs reste le séchage naturel au soleil. Celui-ci est utilisé pratiquement par les producteurs eux-mêmes généralement dans le verger ou à proximité des bâtiments de l'exploitation. Le succès du séchage à l'air libre est amélioré si les figues à sécher sont récoltées sous un climat chaud, fortement ensoleillé et durant

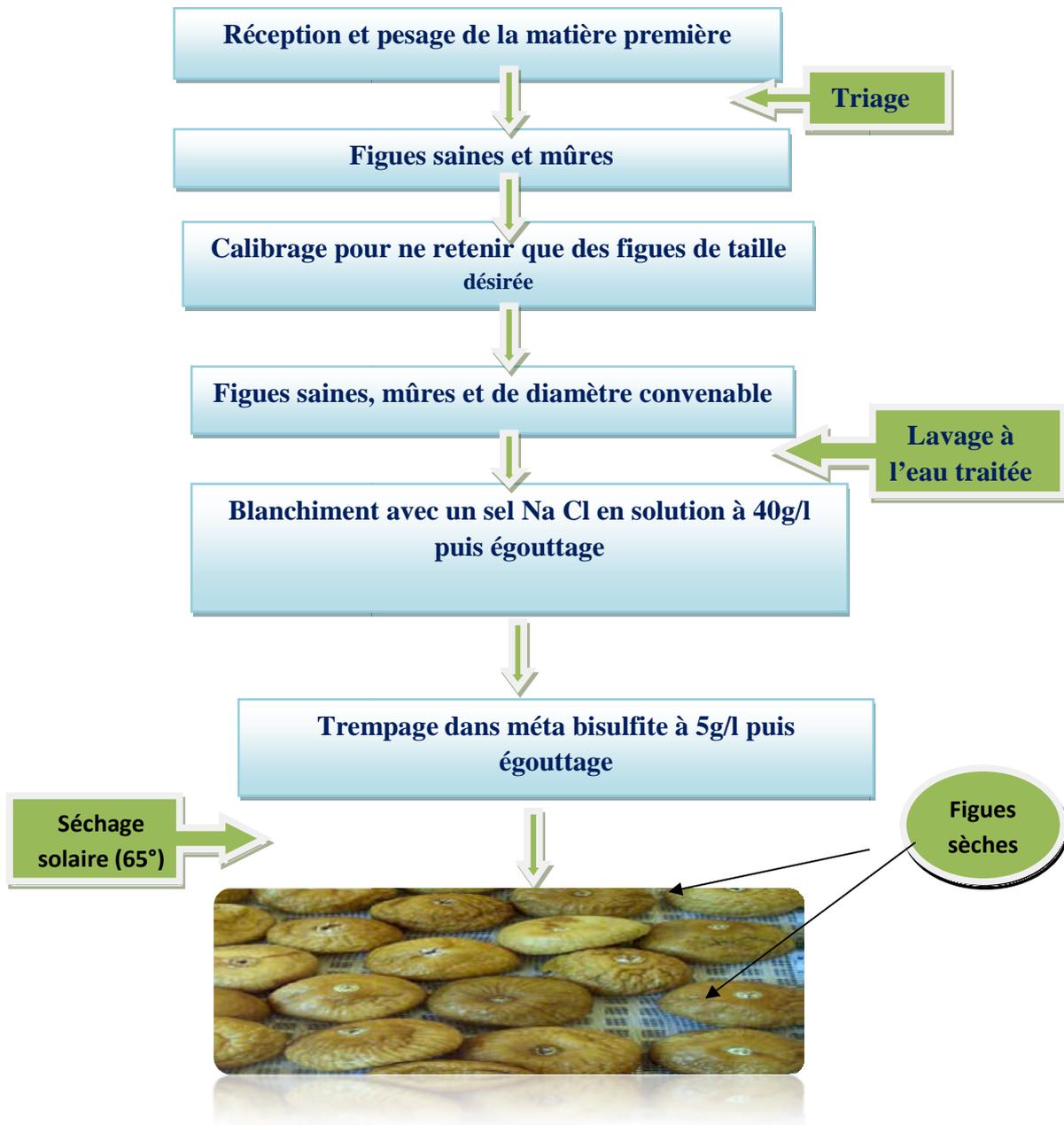
une période séchée, l'absence de pluie, et protégées contre l'humidité nocturne, les figues sont disposées sur des claies au soleil, et doivent être retournées pour être de tous cotés. L'opération totale, selon l'état initial de la récolte et selon les conditions climatique de la période, peut durer de 2 à 3 semaines, voire 4 semaines lors d'automne brumeux et séchées humides (**Vidaud et al, 1997**).

Les techniques actuelles de séchage utilisent des séchoirs solaires avec une enceinte de séchage fermée permettant d'optimiser l'énergie, de maîtriser les paramètres de séchage (températures de séchage, temps de contact, l'humidité relative....etc.) et d'assurer au produit les normes d'innocuité et de qualité requises (**Jeddi, 2009**).



**Figure 5:** Séchage des figues sur claies en roseau (**A. Ferradji et al.2011**).

**I-3-2- Séchage artificiel :** Les figues après triage, sont trempées pendant un temps qui varie selon les variétés (trentes cinq(35) à cinquante(50) secondes dans de l'eau bouillante contenant 4 kg de sel marin pour 100 litres. Elles sont ensuite soumises à l'action de vapeur de d'anhydride sulfureux (2 kg de soufre par tonne de fruit frais) pendant 2 heures, ce qui améliore leur couleur et leur assure une meilleure conservation (**Mezri, 2000**). Dans les séchoirs artificiels, les figues sèchent plus rapidement et les produits obtenus sont plus hygiéniques et moins endommagés par les insectes et animaux nuisibles .Les concentrations d'aflatoxines sont également plus basses (**Imessaoudene, 2009**).



**Figure 6:** les étapes de la fabrication des figues sèches (Chimi et Ouaouich, 2005).

**1-3-3-Transformation des figues :**

Selon **Vidaud(1997)** les figues séchées peuvent aussi subir une transformation supplémentaire pour donner des produits comme la confiture, la pate, le jus, l'alcool, la confiserie, la figue torréfiée.

**✚ Confiture :**

Toutes les variétés de figues peuvent être utilisées pour la fabrication de la confiture.

**✚ Pâte de figue :**

Elle est souvent fabriquée à partir des déchets industriels des usines de conditionnement de figue séchée. Ces derniers sont cuits et réduites en purée et incorporées aux préparations des tartes, gâteaux, pains .....etc. Jus de figue fabriqué à partir de la pâte de figue pressé et centrifugé le jus épais et doux obtenu est ensuite appertisé, et utilisé exclusivement comme ingrédient dans la pâtisserie ou dans la cuisine locale de certains pays producteurs.

**✚ Alcool de figue :**

Un alcool industriel des figues est fabriqué à partir de jus de figue mélangé avec des déchets de raisin.

Dans les pays du Maghreb, un alcool de figue très fort « Boukra » peut donner du goût aux glaces et au chocolat.

**✚ Confiserie :**

Les fruits confits de figue sont fabriqués et procurent un produit excellent qui est vendu tel un produit de luxe surtout en Europe.

**✚ Figue torréfiée :**

Utilisée comme chicorée (Europe centrale) après torréfaction des figues.

**I -3-4- Composition et valeurs nutritive des figues séchées :**

La figue fraîche est nutritive, la figue séchée est un aliment encore plus nourrissant car ses éléments nutritifs sont concentrés (**Tableau 7**) (**Fortin, 1998**).

**Tableau III:** modification de la valeur nutritive de la figue par séchage  
(Randoïn et al, 1974).

<b>Composants</b>	<b>Figue fraîche</b>	<b>Figue sèche</b>
<b>Valeur calorifique (Kcal)</b>	80	275
<b>Principe énergétique :</b>		
-Protides(g)	1	4,2
-Lipides(g)	0,1	1
-Glucides(g)	18	62
<b>Cellulose(g)</b>	1	35
<b>Fibres totales(g)</b>	33	93
<b>Eléments minéraux (mg) :</b>		
-Soufre	10	34
-phosphore	30	116
-chlore	16	55
-Sodium	5	17
-potassium	285	983
-Magnésium	21	72
-Calcium	38	170
-Fer	1,50	3
-Zinc	0,25	0,86
<b>Vitamines (mg) :</b>		
-Vitamine C	5	ND (non définie)
-Acide pantothénique	0,50	1,70
-Caroténoïdes actifs	0,24	0,40
<b>Calcium /phosphore</b>	1,2	1,46

**I-4-Intérêts nutritionnels et thérapeutiques de la figue :**

La figue est un fruit chargé de symboles et les significations sont diverses, associant des conseils de gastronomie, de fertilité sexuelle (**Oukabli, 2003**), elle est considérée comme émolliente ,qu'il s'agisse d'inflammation de la bouche ou de la gorge, laxative et pectorale, recommandée en cas de bronchite, de grippe, de rhume ou de toux(**Boullard,2001**).

Le latex laiteux renferme une diastase analogue au suc pancréatique (**Duraffourd et Lapraz, 2002**), il est capable de soigner les verrues, mais parfois responsable d'allergie de contact (**Boullard, 2001**).

En médecine, Ce fruit est très conseillé comme aliment regorgé de plusieurs nutriments, dont les fibres, le potassium, le calcium et le fer. Il fournit de précieux antioxydants ayant la capacité à neutraliser ou à réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain Grâce aux acides gras essentiels oméga-3 et oméga-6 et au phytostérol que contiennent les figues sèches, celles-ci jouent un rôle considérable dans la réduction du taux de cholestérol. Les acides gras oméga-3 et oméga-6 sont connus pour ne pas être synthétisés par l'organisme et que leur seule source est notre alimentation. En outre, ils sont indispensables pour le bon fonctionnement du cœur, du cerveau et du système nerveux (**Jeddi, 2009**).



**CHAPITRE II**  
**LES ANTIOXYDANTS**  
**ALIMENTAIRES**

**II-1-Définition d'un radical libre :**

Un radical est une molécule ou un fragment moléculaire qui contient un électron (ou plus) non apparié. De part sa structure particulière, il a tendance à attirer les électrons d'autres atomes et molécules pour atteindre la stabilité. Plusieurs voies peuvent être à l'origine de l'existence d'un radical libre.

- La première voie consiste en un transfert d'électrons catalysé par les métaux de transition (Fe, Cu), ils transforment  $H_2O_2$  en radical hydroxyle (OH), encore plus toxiques, et accélèrent la peroxydation lipidique.
- La deuxième voie se fait au niveau de la scission homolytique des liaisons covalentes des molécules, cette voie nécessite de l'énergie qui pourra être fournie par les radiations ionisantes, par la lumière, la chaleur et les ultrasons (Turrens et al 1985).

**II-2- Différents type des ERO :****II-2-1-Espèces réactives dérivées de l'oxygène(ERO) :**

L'oxygène doit sa grande réactivité à sa structure particulière, En effet, il possède deux électrons célibataires non appariés sur sa couche orbitale externe, cette molécule est essentielle au bon fonctionnement de l'organisme.

**a- Ion superoxyde :  $\cdot O_2$** 

L'ion superoxyde ( $O_2$ ) est un dérivé très réactif de l'oxygène, relativement stable, il n'est pas très toxiques pour l'organisme, mais il est à l'origine de cascades de réactions conduisant à la production de molécules très nocives

**b-Radical libre hydroxyle : OH**

Le radical libre hydroxyle(OH) est très réactif, il permet de réagir avec de nombreuses molécules comme l'ADN, les glucides, les nucléotides, les protéines et être à l'origine de lésions de nécrose.

**c-oxygène singulet  $O_2$  :**

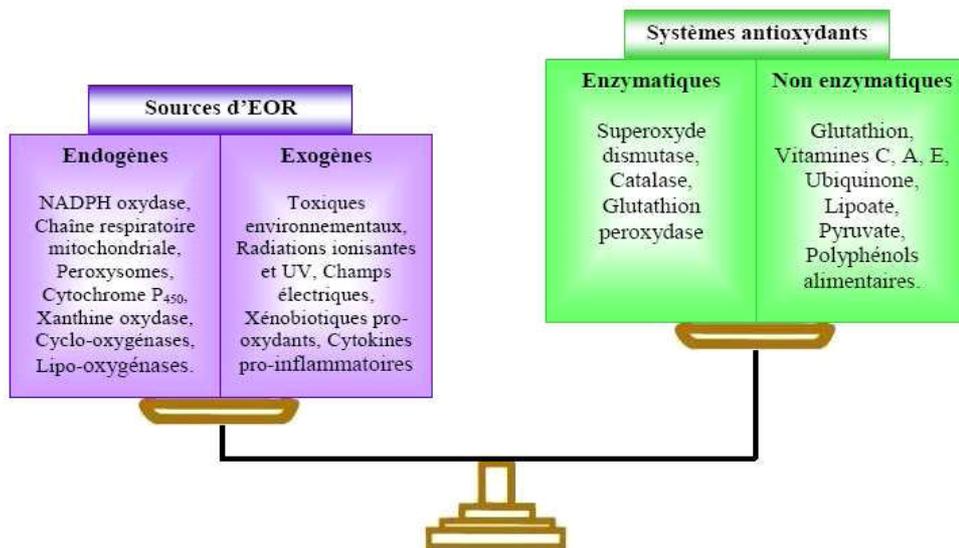
Lorsque l'énergie est apportée à l'oxygène, celui-ci passe à l'état singulet qui représente la forme activée.

**II-2-2-Espèces libres non oxygénées :**

Les espèces libres non oxygénées sont les produits des réactions de certaines molécules avec les espèces réactives de l'oxygène (**Turrens et al 1985**).

**II-3-Stress oxydant :**

Le stress oxydant est le déséquilibre entre la génération des espèces oxygénées réactives ERO et la capacité du corps à, les neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs, ce déséquilibre a pour conséquences l'apparition de dégâts souvent irréversibles pour les cellules (**.Aravodis E., 2005**) comme illustré sur l'organigramme ci-après :



**Figure 7** : déséquilibre de la balance entre pro-oxydant et antioxydant (**Halliwell B.1994**).

**II-4-Les antioxydants :****II-4-1-Définition :**

Un antioxydant est une molécule qui diminue ou empêche l'oxydation, il est défini comme étant toute substance qui, en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat. C'est une molécule qui est capable de neutraliser les formes actives de l'oxygène et permet de maintenir au niveau de la cellule et de l'organisme des niveaux non cytotoxiques de radicaux libres (**Hallimell. 1995**).

**II-4-2-utilisation des antioxydants :**

- Dans l'industrie chimique : pour éviter le durcissement de caoutchouc ou en métallurgie pour protéger les métaux de l'oxydation.
- Dans l'industrie agroalimentaire : pour éviter le rancissement des corps gras.
- Dans l'industrie de la teinturerie : pour éviter l'oxydation des colorants au soufre ou des colorant de cuve lors de la teinture (**Hallimell, 1995**)

**II-4-3-classification des antioxydants :**

- 1-Antioxygènes de synthèses.
- 2-Les substances synergiques.
- 3-Les antioxygènes d'origine végétales.

**II-4-3-1-Antioxygènes de synthèses :**

les antioxydants de synthèses sont introduits dans toutes les formulations contenant des corps gras insaturés et parfois aussi dans des phases aqueuses ou se trouvent des extraits végétaux riches en oxydase (**perrin J.L, 1992**)

**II-4-3-2-Les substances synergiques :**

Ce sont des molécules qui améliorent l'action de certains antioxydants, parmi eux se trouvent: les acides lactiques, tartrique, et ortho phosphorique et leurs sels de sodium, potassium, ou calcium.

**II-4-3-3-Les Antioxygènes d'origine végétale :**

Les plantes constituent des sources très importantes d'antioxydants ; c'est le cas des figes qui comportent les antioxydants suivants : les composés phénoliques, tocophérol et les caroténoïdes, ces derniers plus abondants dans la fige fraîche son le lycopéne, suivi par la lutéine et le Béta-carotène (**Su et al, 2002**)

**II-5-Les polyphénols :**

Les polyphénols également dénommés composés phénoliques constituent un ensemble de molécules très largement répandues dans le règne végétal (**Marouf, 2000**). Ils présentent l'une des principales classes de métabolismes secondaires (**Lugasi et al, 2003**). Les composés phénoliques sont des molécules biologiques qui ont en commun la présence d'un ou de plusieurs

cycles benzéniques (structure aromatique), portant une ou plusieurs fonctions hydroxyle (**Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**).

#### **II-5-1-Classification des polyphénols :**

C'est une famille constituée d'environ 8000 composés répartis en différentes classes selon leur structure chimique de base (**Gomez-Caravaca, 2006, Guendouze, 2005**), cependant plusieurs classifications sont citées dans la littérature (**Ribéreau-Gayon 1972**) a classé les Polyphénols de la façon suivante :

- Les Acides-phénols
- Les flavones
- Les anthocyanes
- Les tanins

**Calabrese, 2003** a, quant à lui classé les polyphénols comme suit

- Acides phénoliques
- Acides hydroxycinnamique
- Flavonoïdes
- Tanins

##### ➤ **Les acides phénoliques :**

On globe sous la dénomination générale d'acides phénoliques ; d'une part les acides benzoïques en C6-C1 et d'autre part les acides cinnamiques en C6-C3 (**Cheynier, 2005**).

##### ➤ **Les flavonoïdes :**

Les flavonoïdes du nom latin flavus (jaune), sont généralement des substances colorées très répandues chez les végétaux et surtout dans les organes jeunes (feuilles et boutons floraux). Ils sont universellement présents dans la cuticule foliaire et dans les cellules épidermiques des feuilles (**Hadi, 2004**), présents dans les aliments de nature végétale et les boissons (**Marfak, 2003**).

Les flavonoïdes sont des piègeurs efficaces des radicaux libres les plus prooxydants, particulièrement impliqués dans la peroxydation tel que le cuivre et le fer qui à l'état libre sont des substances liposolubles et hydrosolubles (**Puppo, 1992**)

La famille des flavonoïdes se divise en six classes qui diffèrent par leurs structures chimiques : flavanols, flavones, flavonols, flavanones, isoflavones et anthocyanidines (**Medic et al, 2004**)

- **les flavonols (hydroxy-3-flavones) :**

Les flavonols se différencient des flavones par l'existence d'un OH en position 3. Ce sont les flavonoïdes les plus répandus ; Les 3 principales structures sont le Kaempferol, la quercétine et la Myricétine (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Les flavones :**

Ont un rôle moins important que les flavonols, cependant l'apigénine et la lutéoline, dont l'hydroxylation correspond respectivement à celle du kaempferol et la quercétine sont des constituants assez fréquents dans les différentes familles d'angiosperme (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Les isoflavones :**

Telle que la génistéine n'ont pas la structure classique en C6-C3-C6 des autres flavonoïdes, elles sont beaucoup moins répandus que les précédentes, mais il existe dans cette famille un grand nombre de structures peu classiques (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Les flavanones :**

Les flavanones ou dihydro-2,3-flavones dérivent des flavones par disparition de la double liaison de l'hétérocycle central. Ils sont également assez peu répandus, les principales substances sont les maringénines et l'éridictyol qui sont hydroxylés, comme le kaempférol et la quercétine (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Les flavanes :**

Les flavanes contiennent un hétérocycle central, dont d'une part est entièrement saturée et d'autre part ne possède pas de groupements -CO-, on les rencontre fréquemment dans les tissus végétaux

- les anthocyanes :

Ce sont des pigments végétaux se caractérisant par leur changement de couleur selon le pH du milieu : ils sont rouges en milieu acide et bleu-mauve en milieu alcalin (Audigie et Zonszain, 1991).

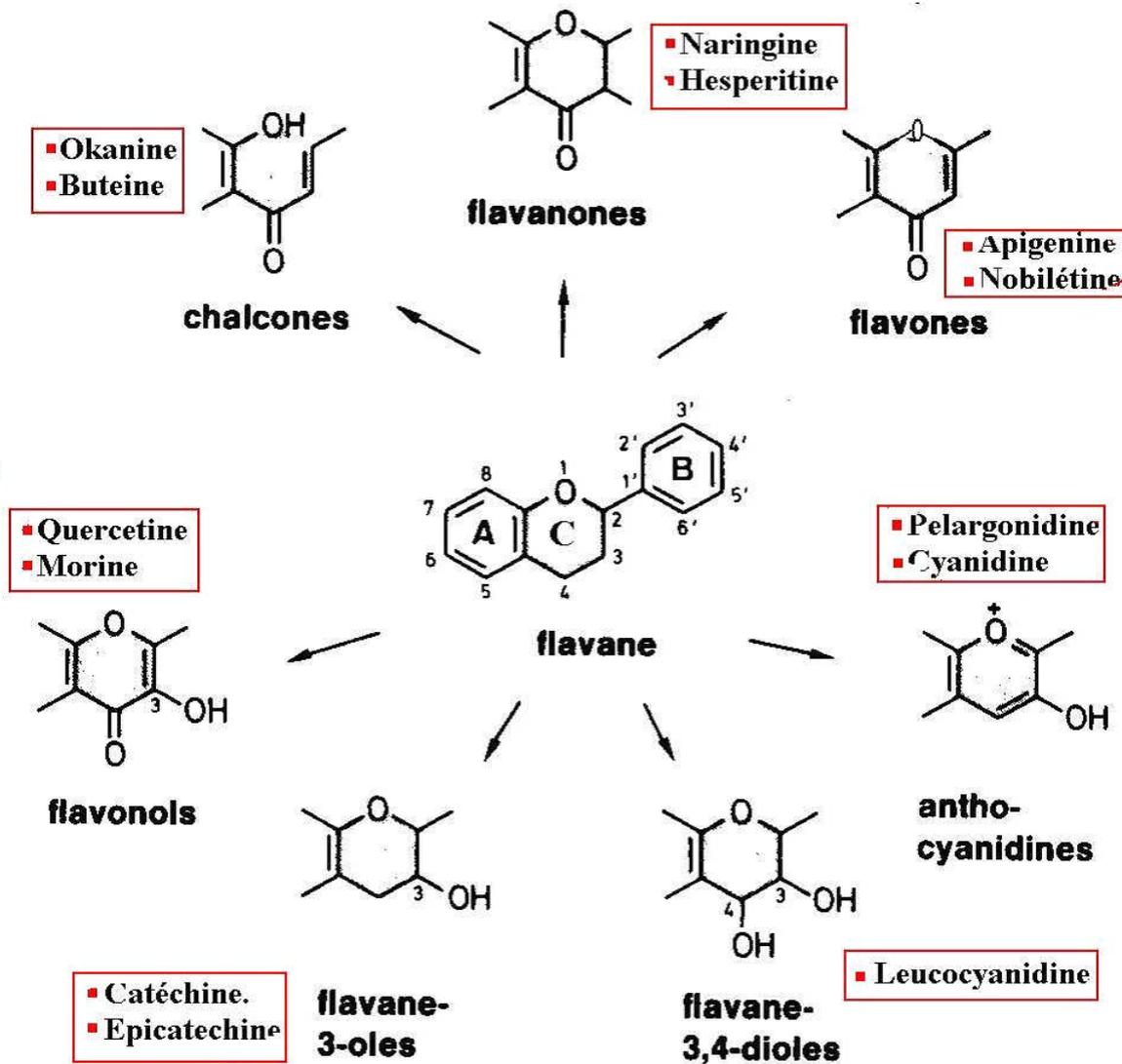
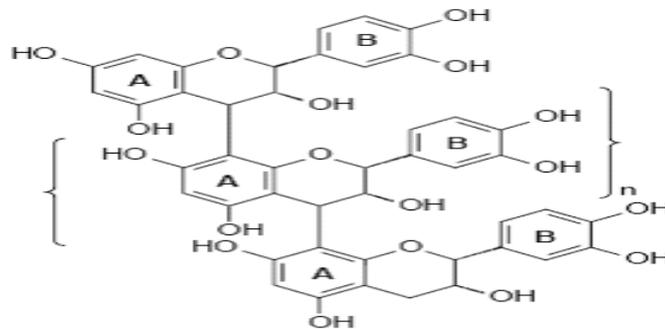


Figure 8: Définitions des différents types de flavonoïdes à partir du squelette flavane (Dacosta2003 ; Louis, 2004).

➤ **Les tannins :**

Les tannins sont des polyphénols polaires d'origine végétale (**Berthod et al, 1999**). Ils existent dans presque chaque partie de la plante : écorce, bois, feuilles, fruits et racines (**Cowan, 1999**), ils se trouvent dans le cytoplasme des cellules végétales, ou concentrés dans des poches spéciales : les vacuoles à tanin, ils colorent en brun rouge les organes qui les contiennent (**Volak et Stodola 1983**). Ils dérivent de l'acide gallique et d'autres acides polyphénoliques. Il existe deux groupes de tanins : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (**Bruneton, 1999**).



**Figure 9** : Structure de base des tanins condensés (**Lis, 2004**).

### II-5-2-Biosynthèse des composés phénoliques :

Le ou les cycles aromatiques d'un composé phénolique sont principalement issus du métabolisme de l'acide shikimique et / ou de celui de l'acétate (Figure 11) :

Les polyphénols sont synthétisés à partir des métabolites primaires via deux voies principales :

- **Voie de l'acétate** : il y a formation des acides phénols et des autres composés phénoliques à partir d'unités d'acétates, cette voie s'apparente à la biosynthèse des acides gras (**Vercauterne et al, 1998**)
- **Voie du Shikimate** : c'est la formation de métabolites secondaires à partir des glucides, cette voie représente le principal mode d'accumulation des phénols dans les plantes (**Ribereau-Gayon, 1968**).

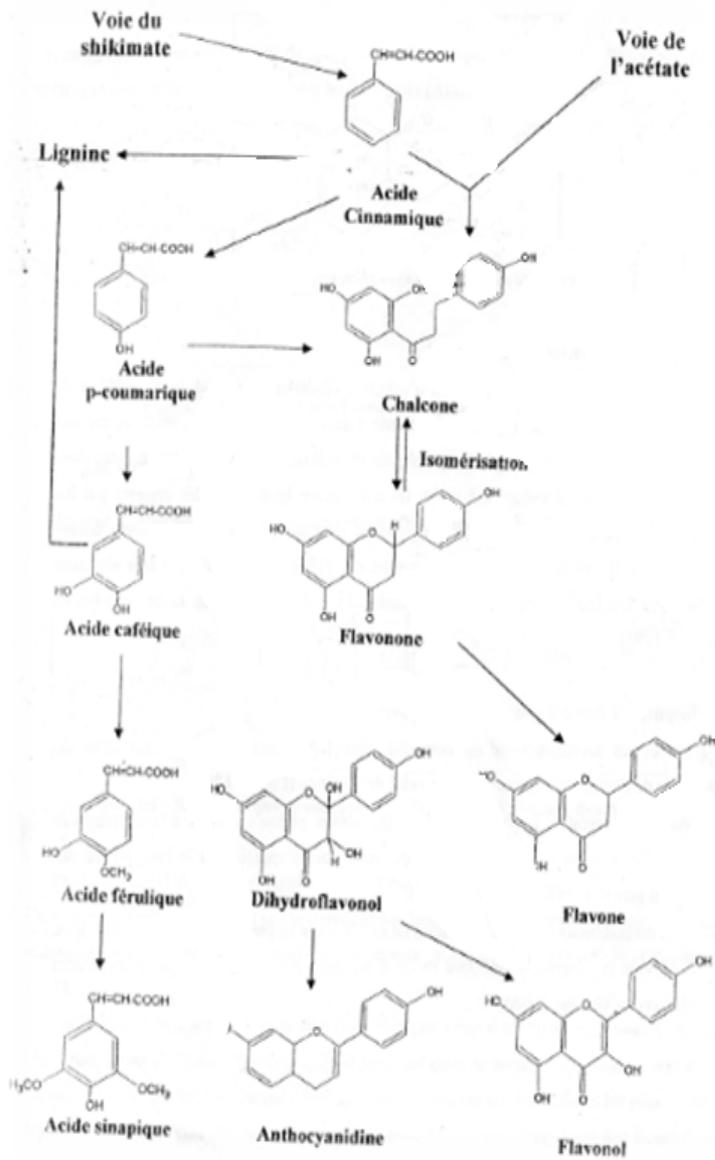


Figure 10: Biosynthèse des composés phénoliques d'après Bioley et al (1987).

**II-5-3-Rôle physiologiques et biologiques des composés phénoliques :**

-les flavonoïdes et d'autres polyphénols sont partiellement responsables des qualités sensorielles et alimentaires des aliments végétaux (**Lugasi et al, 2003**).

-Les composés phénoliques interviennent dans la maturation des fruits et dans le comportement des plantes vis-à-vis du stress (**Brouillard et al. 1995**).

-Les pigments responsables de la coloration des fleurs représentent des signaux visuels qui attirent des animaux pollinisateurs. La plupart de ces pigments sont des anthocyanes, des aurones et des chalcones (**Brouillard et al, 1997**).

-Les tannins sont à l'origine de la sensation d'astringence des fruits non murs, les flavonones sont responsables de l'amertume des Citrus et peuvent donner naissance par transformation chimique à des dihydrochalcones à saveur sucrée (**Dubois et al, 1977**).

**II-5-4-Intérêts thérapeutiques des composés phénoliques :****❖ Les acides phénols :**

-les acides phénols agissent comme antiviraux et antiallergiques (**Coory et al, 2004**)

-Les acides phénoliques sont considérés comme substances photochimiques avec des effets prebiotiques, antioxydants et anti-inflammatoires

-L'acide caféique et l'acide benzoïque ont une activité antibactérienne (**Didry et al, 1982**).

-L'acide caféique a une activité hypertensive, il est utilisé comme analgésique en pharmacologie (**Andray, 1993**).

**❖ Les anthocyanes :**

-Les anthocyanosides sont généralement utilisés en association avec le B-carotène et sont prescrits dans le traitement des troubles de la vision (**Hurabielle et paris, 1981**).

❖ **Les tanins :**

-Ils sont utilisés comme bactéricides et anti inflammatoire (**Volak et Stodoka, 1983**).

-En usage interne : ce sont des anti-diarrhéiques, ils présentent une activité antiseptique (**Bruneton, 1999**).

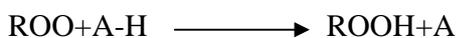
**II-5-5-Propriétés des polyphénols :**❖ **propriétés antioxydants :**

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres découlant aussi bien des réactions d'oxydation de différents nutriments que de celles de l'organisme.

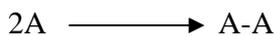
L'oxydation est un phénomène irréversible, qui peut et qui doit être ralentie, parmi les solutions les meilleurs sont surement issues de la nature, comme les désormais célèbres tocophérols et polyphénols, ces derniers doivent leur activité à, comme leur nom l'indique, un très grand nombre de résidus hydroxyles qui sont autant de munitions pour lutter contre les radicaux libres (**Rolland, 2004**).

Les polyphénols étant des antioxydants primaires et radicalaires peuvent ralentir la formation de radicaux libres et interrompre la chaîne autocatalytique.

Dans le cas particulier des lipides les polyphénols (A-H) réagissent avec un radical libre lipidique pour le convertir soit en acides gras de départ-R-H soit en hydroperoxyde R-OOH ou en dérivé hydroxylipidique de type R-OH simultanément, un radical A issu de l'antioxydant est formé celui est plus stable que le radical lipidique.



En règle général, les formes radicalaires de l'antioxydant peuvent soit subir des réactions de réarrangement interne, soit réagir entre elle pour donner des dimères ou encore réagir avec un second radical lipidique pour stopper la chaîne radicalaire.



De plus, le radical phénolique A peut être régénéré par un synergisant comme l'acide citrique(AcH) qui en plus est un chélateur des métaux largement utilisé en technologie des corps gras.



#### **II-5-6-Efficacité des antioxydants :**

Les antioxydants les plus efficaces sont ceux qui ont les énergies de liaison les plus faibles au niveau du groupe donneur d'hydrogène.l'efficacité des antioxydants phénoliques est due en particulier à la stabilisation des radicaux phénoxyliques par la délocalisation des électrons autour du cycle aromatique l'efficacité d'un composé phénolique dépend également de nombre de fonction OH à l'hydrogène labile (**Yaacoub .R.2009**).

**CHAPITRE III**  
**MATERIEL ET METHODES**

➤ **Objectif :**

L'objectif de notre étude consiste à caractériser de notre échantillon (figues sèches), qui se fait par la détermination des critères physico-chimique (Teneur en eau, pH, acidité) et les analyse biochimique (protéines, les cendres, lessucres, cellulose et les lipides), et aussi par identification des critères microbiologiques ainsi l'évaluation de l'activité antioxydants des figues sèches.

➤ **Lieu du stage :**

- Les analyses physico-chimiques (teneur en eau, acidité titrable, pH) et les analyses biochimique (protéine, cendres totales, les lipides et cellulose) ont été réalisées au niveau des laboratoires centraux à l'ITAFV (Institut technique d'Arboriculture fruitière et de la vigne), Pour les sucres totaux ont été faits au niveau de laboratoire biochimique de l'université de Blida.
- Les analyses microbiologiques (levure, moisissures, les coliformes (fécaux et totaux) ont été réalisés au niveau de laboratoire de l'hôpital farroudja.
- L'extraction des polyphénols ont été effectuées au niveau de laboratoire biochimique de l'université de Blida.
- Evaluation de l'activité antioxydant ont été réalisé au niveau des laboratoires centraux à l'ITAFV (Institut technique d'Arboriculture fruitière et de la vigne).

### **III-1-Matériel :**

#### **III-1-1-Matériel végétal :**

Notre étude a été réalisée sur les figues de deux variétés, les variétés blanches(**taranimt**) et les variétés noires (**Azendjar**) provenant de la région de Haizer (Tikjeda) la wilaya du Bouira, récoltées à la saison mois Aout 2012.

Les figues fraîchement récoltées, ont été lavées et séchées à l'air libre traditionnellement puis stockées dans le laboratoire au réfrigérateur à 4 C° jusqu'au au délai des analyses.

#### **II-1-2-Matériel de laboratoire**

- ✓ Appareillage : Annexe III
- ✓ Verreries : AnnexeIV
- ✓ Réactifs et solution : Annexe V.

**III-2-Méthodes analytiques :****III-2-1-Caractérisation physico-chimique des figes sèches :****III-2-1-1-Détermination de la teneur en eau (NF V 05-108,1970) :****A /Principe :**

La méthode utilisée est la dessiccation par évaporation. On procède à la dessiccation du matériel végétal à la température de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dans une étuve ventilée jusqu'à poids constant.

La teneur en eau est définie comme étant la perte de poids subit lors de la dessiccation (Audigié *et al*, 1978).

**B /Appareillage :**

- Etuve ventilée : réglée à  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Dessiccateur : garni d'un agent desséchant efficace.
- Capsule en porcelaine.
- Balance de précision.

**C/Mode opération :**

- Bien nettoyer les capsules et les sécher à l'étuve, puis les refroidir dans un dessiccateur.
- peser  $20\text{g} \pm 0,01\text{g}$  de morceaux de fruits dans les capsules.
- placer les capsules dans l'étuve  $110^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures.
- faire sortir les capsules puis les laisser refroidir dans dessiccateur, pendant 15 minutes.
- peser les capsules puis les placer dans l'étuve pendant une heure.
- Répéter cette opération jusqu'à ce que le poids des capsules soit constant.
- Effectuer deux déterminations pour le même échantillon.

**D/Expression des résultats :**

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{H}\% = (M_1 - M_2) / M \times 100$$

Soit :

H% : Teneur en eau.

M<sub>1</sub> : Masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en (g).

M<sub>2</sub> : Masse de la capsule + matière sèche après séchage en (g).

M : Masse de la prise d'essai (masse de la capsule + prise d'essai-masse de la capsule vide)

$$\text{Matière sèche \%} = 100 - H \%$$

### III-2-1-2-Détermination du PH (NF V05-108, juillet 1970).

#### A/Principe :

La méthode est applicable aux liquides, épais congelés ou non et au produit secs après dilution appropriée.

#### B/Matériels :

-PH-mètre.

-Bécher.

-papier-filtre

#### C/Mode opération :

- Etalonner le PH-mètre avec deux solutions au moins (acide et base).
- placer 10 g d'échantillon broyé convenablement, dans un bécher et ajouter au moins deux à trois fois son volume d'eau distillée.
- Mélanger bien la solution pour quelle soit homogène.
- Filtrer la solution.
- Prolonger l'électrode dans le filtre.

#### D/Expression des résultats :

- Lire directement le résultat sur le cadre du pH-mètre.

**III-2-1-3- Détermination de l'acidité titrable totale (NF V 05-101,1974).****A/Principe :**

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse de figues sèches avec une solution de NaOH à 0,1N en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

**B/Appareillage :**

- Bain –marie : permet de chauffer à 80 C° ou à l'ébullition.
- Réfrigérant à reflux.
- Ballon et Erlenmeyer : de 250 ml de capacité.
- Balance analytique.
- Entonnoir : muni d'un papier filtre plissé.
- Becher.
- Pipette : permet de prélever 25 ml.
- Burette : de 50 ml.

**C/Réactifs :**

- Eau distillée : récemment bouillie et refroidie.
- Indicateur coloré : en solution à 1% (phénolphthaléine).
- Hydroxyde de sodium (NaOH) : Solution à 0,1N.

**D/Mode opératoire :**

- Peser à 0.01 g près 25 g de morceaux de fruits.
- Placer l'échantillon dans un ballon de 250 ml avec 50 ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélanger pour obtenir un mélange homogène.
- Adapter un réfrigérant à reflux au ballon puis chauffer le contenu au bain-marie pendant 30 min lorsque la température dépasse 80 C°, et l'ébullition soit visible.
- Refroidir le ballon et transvaser son contenu dans un Erlenmeyer de 250 ml et compléter le volume jusqu'à 250 ml avec l'eau distillée récemment bouillie et refroidie, mélanger le tout et filtrer en utilisant un entonnoir et papier filtre plissé.
- Prélever à la pipette, 25 ml du filtrat et les verser dans un bécher.

- Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine et tout en agitant, titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose pâle persistante pendant 30 seconde.

**NB :**

- Il ne faut pas pousser la couleur au-delà du virage car cela peut surévaluer les résultats
- Si la détermination du point du virage est difficile, titré avec pH-mètre.

#### **E/Expression des résultats :**

L'acidité titrable totale est exprimée en gramme d'acide citrique monohydrate pour 100 g de produit :

$$\text{Acidité} = (250 V_1 \times 100 / V_0 \times M \times 10) \times 0,07$$

Soit :

M : Masse en gramme de la prise d'essai (soit 25 g).

V<sub>0</sub> : volume en ml de la prise d'essai (soit 25 ml).

V<sub>1</sub> : volume en ml de la solution de NaOH à 0,1N utilisée pour le titrage.

0,07 : Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique monohydraté.

### **III-2-2-Caractérisation biochimique des figes sèches :**

#### **III-2-2-1-Détermination de la teneur des cendres totales (NF V 05-113,1972) :**

##### **A/Principe :**

Elle consiste à un passage au four du matériel végétal à une température de 550°C, jusqu'à destruction totale de toute particule.

##### **B/Appareillage :**

- Four à moufle.
- Etuve : pour le séchage.
- Dessiccateur : garni d'un agent desséchant efficace.
- Creusets en porcelaine.

**C/Mode opération :**

- Sécher une quantité d'échantillon dans l'étuve jusqu'à combustion de la matière organique (le séchage a été ainsi fait à 130 C° pendant 30 mn, une pré incinération est ainsi faite).
- Dans chaque capsule en porcelaine, peser 2g d'échantillon ainsi privé de son eau et pré incinéré.
- Placer les capsules dans le four à moufle où la température est réglée à 600 C° pendant 5 heures dont il ne reste dans les capsules que des résidus blanchâtres (Les cendres).
- Retirer les capsules du four et les refroidir dans un dessiccateur, puis les peser à la précision de 0,001 g.

**D/Expression des résultats :**

La teneur en matière organique des fruits est calculée par la formule suivante :

$$MM \% = (P_2 - P_0 / P_1 \times MS) \times 100$$

Soit :

-P<sub>0</sub> : poids de la capsule vide.

-P<sub>1</sub> : poids prise d'essais.

-P<sub>2</sub> : poids de la capsule après incération.

-MS : Matière sèche.

**III-2-2-2-Détermination de la teneur en protéine (Méthode Kjeldhal)(ISO 8968-1)****A /Principe :**

La méthode Kjeldhal est la méthode de référence pour la détermination des protéines dans les aliments. La détermination des protéines par la méthode Kjeldhals'effectuée en trois étapes (Salghi,2007) :

**Etape 1 : Digestion ou minéralisation de l'échantillon :**

Pendant l'étape de la digestion, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique concentré à haute température, en présence d'un catalyseur et d'un sel, l'acide sulfurique concentré a pour but d'oxyder la matière organique et de transformer l'azote protéique en ammoniac NH<sub>3</sub>. Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous la forme de sulfate d'ammonium, par action de la base avec

l'acide. L'addition du sel  $K_2SO_4$  a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique. Le catalyseur utilisé peut être le  $CuSO_4$ .

### **Etape 2 : Distillation de l'ammoniac :**

Avant de distiller l'ammoniac à la vapeur, on doit libérer l'ammoniac sous la forme du sel  $(NH_4)_2SO_4$  par l'addition d'une solution concentrée de NaOH en excès.

L'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégée dans une solution d'acideborique.

L'ammoniac réagit avec l'acide borique pour former des sels borates d'ammonium.

### **Etape 3 : titrage de l'ammoniac :**

L'ammoniac sous la forme de borates d'ammonium est titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide, tel que HCL ou  $H_2SO_4$ , et d'un indicateur.

On fait un blanc en mettant tous les réactifs sauf l'échantillon, pour soustraire l'ammoniac contenu dans les réactifs de l'ammoniac contenu dans l'échantillon.

#### **❖ Calcul du % de protéines dans l'échantillon :**

Le % des protéines dans l'échantillon est obtenu en multipliant le % d'azote par un facteur F dépendant du type d'aliment analysé ( $F=6,25$ ).

### **B/ Appareillage :**

- Minéralisateur kjeldhal.
- Distillateur kjeldhal.
- Matras de kjeldhal.
- Titracteur automatique à HCL.
- Erlenmeyer.
- Balance de précision.

### **C/ Réactifs :**

- Acide sulfurique : solution concentrée.
- Eau distillée.
- Acide chlorhydrique : solution à 0,25N.
- Sulfate de cuivre.
- Sulfate de potassium.
- indicateur coloré mixte (rouge de méthyle et bleu de méthylène).

**D/ Mode opération :**

- Introduire dans chaque matras de minéralisateur 5 g d'échantillon (morceaux de fruits) 6 g de sulfate de potassium et 1g de sulfate de cuivre utilisé comme catalyseur.
- Ajouter 25 ml d'acide sulfurique pur.
- Porter dans un minéralisateur à une température de 350 C° pendant 3 à 4 heures.
- Quand la solution devient limpide (minéralisation terminée), elle est refroidie avec l'eau distillée puis refroidie à nouveau, la quantité de l'eau distillée ajoutée est de 50ml
- La distillation se fait dans un distillateur automatique ou l'ajout de 100 ml de NaOH à 35 % dans le matras, et de 50 ml d'acide borique à 4 % dans un Erlenmeyer de 250 ml, est réalisé selon un programme établi.
- Le dégagement d'ammoniac est capté par la solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré ((rouge de méthyle et bleu de méthylène) de couleur rouge, viré au bleu-vert à la fin de cette opération.
- L'excès d'ammoniac est titré par une solution d'HCL à 0,25N dans un titrateur automatique jusqu'au virage de la couleur au rose.

**NB :** Les essais à blanc ont montré des résultats négatifs (absence d'azote).

**C/Expression des résultats :**

La teneur en protéines est déterminée par la formule suivante :

$$P \% = [(0,14 \times 0,25 \times 100 \times (V_1 - V_2) \times 6,25)] / M$$

Soit :

P% : teneur en protéines en g/100 g de MF ou (%).

0,14 : facteur d'azote.

0,25 : Normalité de la solution de HCL utilisée.

V<sub>1</sub> : Volume en ml de la solution de HCL utilisée pour le titrage de la prise d'essai.

V<sub>0</sub> : Volume en ml de la solution de HCL utilisée pour le titrage du blanc.

M : Masse en gramme de la prise d'essai soit (1g).

6,25 : Facteur de conversion de la teneur an azote totale en protéines.

**III-2-2-3-Détermination de la teneur en lipides totaux (Méthodes Soxhlet) :****A /Principe :**

Les corps gras sont les substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits et végétaux par des solvants organiques non polaires au moyen de l'extracteur Soxhlet. La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés (Salghi, 2007).

**B/Appareillage :**

- Extracteur Soxhlet.
- Ballons :de 250 ml de capacité.
- Chauffe-ballons.
- Etuve :pour séchage.
- Balance de précision.
- Rotavapeur.
- Cartouches en papier filtre.
- Dessiccateur :garni d'un agent desséchant efficace.

**C/Réactifs :**

- Eau distillée : de qualité analytique.
- Solvant d'extraction : le n-Hexane (point d'ébullition entre 68 et 70 C°)

**D/Mode opératoire :**

- Sécher les ballons de 250 ml à l'étuve à plus de 80 C° jusqu'à séchage complet.
- Refroidir les ballons aux dessiccateurs pendant 15 mn.
- Peser les ballons à la précision de 0,001 g.
- Peser environ 10 g morceaux de fruits et marquer le poids avec précision de 0,001 g
- Introduire la prise d'essai dans une cartouche de papier filtre.
- Placer les cartouches avec les prises d'essai à l'intérieur du dispositif Soxhlet.
- Verser 200 ml de n-Hexane dans le ballon.
- Chauffer le ballon sur le chauffe ballon pendant 5h30 à 70 C° jusqu'à épuisement de toute matière grasse de l'échantillon.
- Verser de temps en temps quelques ml de solvant n-Hexane dans l'extracteur Soxhlet afin de pousser le siphonage.

- Récupérer les ballons et distiller leur contenu en solvant sous vide à l'aide d'un Rotavapeur.
- Sécher les ballons avec les résidus solides dans l'étuve à 70-80 C° pour éliminer les traces de solvant.
- Refroidir les ballons au dessiccateur pendant 15 min.
- Peser les ballons avec la matière grasse récupérée à la précision de 0,001 g.

**E/Expression des résultats :**

La teneur en matière grasse totale est calculée selon la formule suivante :

$$\text{MG \%} = (P2 - P1) / M \times 100$$

Soit :

P2 : Poids du ballon avec la matière grasse extraite(g).

P1 : Poids du ballon vide (g).

M : Masse de la prise d'essai (g).

**III-2-2-4-Dosage des sucres totaux :****A/Principe :**

le dosage des sucres totaux a été fait par la méthode du **Dubois et al .1956**, la méthode repose sur la mesure de l'intensité de coloration (jaune orange) développée par les sucres en présence du phénol et de l'acide sulfurique, la densité optique est déterminée à 490 nm.

**B/Appareillage :**

-Bain-marie à système à reflux.

-Balance analytique.

-Tubes à essais.

-Spectrophotomètre UV /vis.

-Verrerie.

-Centrifugeuse.

-Rotavapeur.

**C/Réactifs :**

-Eau distillée : de qualité analytique.

-Ethanol : solution à 80 %(v/v).

-Glucose.

- Phénol : solution à 5 % (p/v).
- Acide sulfurique : solution concentrée.

#### **D/Mode opératoire :**

##### **1 Extraction des sucres éthanol solubles totaux (SEST) :**

L'extraction des sucres dits « éthanol solubles totaux » est réalisée selon la technique décrite par **Reynes et al .1994** modifiée ainsi 3g de morceaux de fruits à analyser sont additionnés de 100 ml d'éthanol à 80 % (V/V) et chauffés entre 80°C et 90°C au bain marie sous reflux pendant 30min. cette opération est répétée deux fois

Récupérer les deux extraits par filtration et les deux extraits sont ensuite réunis dans un ballon et concentrés au rotavapeur (**BUCHI**) afin d'évaporer l'éthanol la température ainsi utilisée ne dépasse pas 65°C pour éviter toute dégradation éventuelle des sucres a température élevée) après concentration , le volume de l'extrait est ajusté à 50ml avec de l'eau distillée puis centrifugé à 2400 rpm pendant 30min sur papier filtre plissé . L'extrait obtenu est appelé extrait alcoolique brute qui sert au dosage des sucres totaux selon la méthode **Dubois et al .1956**.

##### **2 /Préparation de la gamme étalon du glucose monohydraté :**

Une série des tubes à essai a été préparé a partie d'une solution étalon mère à 80µg/ml du glucose monohydrate de la façon suivante :

- Dissoudre 100 mg soit 0 ,01 de glucose monohydrate dans 100g d'eau distillée.
- Prendre de cette solution un volume de 4ml et le complété à 50ml avec de l'eau distillée (ainsi 1ml renferme 80µg /ml).
- Préparer une série de tubes à essais, dans les quels est versé : 0,1, 0,2, 0,3,..... 0,8 de la solution précédente (80µg /ml).
- Ajuster tous de suite les volumes dans chaque tube à essai à 1ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter à chaque tube, 1ml du phénol à 5% et agiter soigneusement.
- Ajouter 5ml de la solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrée.

**NB :** A cause de l'effervescence dégagée et l'élévation brutale de la température, l'ajoute de la solution H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de doit se faire lentement et graduellement sous la hotte.

**3 /préparation de l'aliquote à analyser :**

- A partir de l'extrait alcoolique obtenu, on prélève 1ml et on l'ajoute à 100ml avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 ml. Puis à partir de cette solution on prélève 1ml dans un tube essai on ajoute 9 ml d'eau distillée, la dilution 1/1000 de l'échantillon est ainsi préparée.
- Dans un tube à essai, 1ml de la solution à  $10^{-3}$  est additionné de 1 ml de la solution du phénol à 5% et de 5ml de la solution d'  $H_2SO_4$  à 98% comme est indiqué dans l'étape précédente.
- La lecture spectrophotométrique se fait dans un spectrophotomètre UV/vis (**HELIOS**) à la longueur d'onde de 490nm, contre un blanc constitué de : 1ml d'eau distillée, 1ml du phénol à 5% et de  $H_2SO_4$  à 98% en utilisant une cuve de mesure en verre de 1cm d'épaisseur.

**NB :** La courbe d'étalonnage du glucose monohydraté(voir Annexe V).

**III-2-2-4-Détermination de cellulose :**

La cellulose est déterminée par la méthode de **weende (AfnOR-NFVo<sub>3</sub>, février 1977)**.

L'indice d'insoluble dit « cellulosique » constitue le résidu insoluble après traitement du produit alimentaire dégraissage au préalable, puis hydrolyse par un acide et par une base.

Le principe consiste après broyage et dégraissage éventuel, en un traitement de l'insoluble, à ébullition par une solution d'acide sulfurique de concentration déterminée, puis séparation et lavage de l'insoluble. Ensuite traitement à ébullition de l'insoluble obtenu par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration déterminée, puis séparation, lavage, dessiccation, pesée du résidu insoluble et détermination de sa masse par incinération.

**A/Principe :**

Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin. La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose varie, une partie de lignine et les résidus d'hémicellulose

**B/Matériel :**

-Réfrigérant à reflux.

- Ballons à vide de 500 ml.
- Etuve réglée à 105 C°.
- Creusets filtrants.
- Centrifugeuse.
- Four à moufle réglé à 500 C°.
- Dessiccateur.

**C/Réactifs :**

- Solution d'acide Sulfurique 0,128 M=12,5ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilués dans un litre d'eau distillée.
- Solution d'hydroxyde de sodium 0,312 M :12,5 g de NaOH dissoutes dans un litre d'eau distillée

**D/Mode opération :**

Se déroule en 3 étapes :

**a-Hydrolyse acide :**

Peser 1 g d'échantillon de chaque lot, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante d'acide sulfurique à 0,128 M. chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 min exactement agité régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant et laisser refroidir.

Transverse dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon, centrifuger le contenu des tubes pendant 4 min à 3000 tours /min et récupérer la pâte (précipité) en éliminant le surnageant et si nécessaire répéter l'opération en ajoutant un peu d'eau distillée dans le ballon jusqu'à la clarification totale du liquide.

**b-Hydrolyse alcaline :**

Introduire le résidu récupéré de la première étape dans le même ballon en le détachant du tube à centrifuger avec 100 ml de solution bouillante d'hydroxyde de sodium à 0,312M. Faire bouillir durant 30 min exactement enlever le ballon, laisser refroidir et filtrer leur contenu sur un creuset filtrant et si nécessaire ajouter l'eau distillée dans le ballon pour récupérer tout l'échantillon.

**c-Dessiccation :**

Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105 C° pendant 24 heures, après

refroidissement au dessiccateur durant 30 min, le peser puis incinérer dans le four à moufle à 500 C° pendant 3 heures. Refroidir au dessiccateur durant 1 heure et peser à nouveau.

### **E/Expression des résultats :**

La teneur en cellulose brute exprimée en pourcentage est donnée par la formule suivante :

$$\text{CB \%} = (P_1 - P_2 / P) \times 100$$

P1 : Poids du creuset +résidu après dessiccation, en gramme.

P2 : Poids du creuset + résidu après incinération, en grammes.

P : Poids de la prise d'essai, en gramme.

### **III-2-3-Caractérisation microbiologique :**

#### **III-2-3-1-Dénombrement des levures omophiles des figues sèches :**

##### **A/Définition :**

Les levures osmophiles, sont des champignons microscopiques unicellulaires capables de se développer en présence de 20% ou plus de glucose ou saccharose (**Ghiraud, 2004**).

##### **B/Principe :**

- Ensemencement en profondeur d'une quantité déterminé d'un milieu de culture, coulé dans deux boites de pétri, avec une quantité définie de la suspension mère.
- Dans les mêmes conditions, ensemencement des dilutions décimales des autres boites obtenues à partir de la suspension mère.
- Incubation de ces boites en aérobiose à 25 C° pendant 48h.
- Calcul du nombre de levures osmophiles par gramme d'échantillon, à partir du nombre colonies obtenues dans des boites choisies aux niveaux de dilutions donnant un résultat significatif.

##### **C/Milieu de culture et diluant :**

-Diluant : eaupeptonée tamponnée.

-Milieu de culture : gélose dite MY50 (voir annexe VI) à l'extrait de malt de levure et à 50% de glucose.

**D/Appareillage et verrerie:**

Il s'agit de matériels courant de laboratoire et microbiologique, et notamment :

- Appareil pour la stérilisation en chaleur humide (autoclave à  $120 \pm 1 \text{C}^\circ$ ).
- Etuve : pour incubation réglable à  $25 \pm 1 \text{C}^\circ$ .
- Pipettes : automatique réglable à 1 ml ou pipette pasteur de 10 ml.
- Tubes à essais : avec couvercles stérilisés à l'autoclave.
- Balance analytique : de 0,01 g de sensibilité
- Bac Bunsen.
- pipettes graduée : permet de prélever 10 ml.
- sacs stomacher stériles.
- Boites de pétri.

**E/Mode opération :****E-1/préparation de la suspension mère et des dilutions :**

- Dans un sac Stomacher, peser à 0,01 g près 10 g de morceaux de fruits.
- Ajouter 90 ml d'eau péptonée tamponnée (diluant) de façon à ce que le poids total obtenu est de 100 g.
- Fermer le sac Stomacher, et l'introduire dans l'appareil d'homogénéisation Stomacher.
- Faire fonctionner l'appareil pendant 1 min. La dilution ou la suspension mère  $10^{-1}$  est ainsi préparée. A partir de cette suspension, on commence à préparer les dilutions décimales  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$  dans des tubes à essais contenant 9 ml de diluant (eau péptonée tamponnée).
- Transvaser avec pipette, 1 ml de la dilution primaire (dilution  $10^{-1}$ ) dans un tube à essai contenant 9 ml du même diluant stérile, à la température ordinaire, en évitant le contact entre la pipette et le diluant. Mélanger soigneusement soit à la main ou par agitateur vortex pendant 1 min, le tube à essai pour obtenir la dilution  $10^{-2}$
- Préparer de la même façon la dilution  $10^{-3}$  tous en utilisant une nouvelle Pipette.

**E-2 /Ensemencement et incubation :**

- Prendre deux boîtes de pétri stériles. Transférer dans chacune de ces boîtes, à l'aide d'une pipette stérile 1 ml de la suspension mère.
- Répéter l'opération avec chacune des dilutions  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$
- Couler dans chaque boîte de pétri, une quantité de gélose MY50 en surfusion jusqu'à ce que toute la superficie des boîtes de pétri soit recouverte de la gélose.
- Mélanger soigneusement l'inoculum avec la gélose dans des boîtes de pétri par des mouvements de va et vient en 8.
- Laisser ensuite ces boîtes se solidifier sur pailleasse.
- Préparer également une boîte témoin avec quelque ml de gélose MY50 sans inoculum, pour vérifier sa stérilité. Opérer de la même façon pour le diluant.
- Retourner les boîtes de pétri et les placer à l'étuve à  $25C^{\circ} \pm 1 C^{\circ}$  pendant 48 h avec la lecture chaque 24 heures d'incubation.

**NB :** si on voit après 24 h ou plus d'incubation une culture microbienne dans les boîtes témoins, toute l'analyse microbiologique est à refaire.

**F/Expression des résultats :**

Le nombre de levures osmophiles dans un gramme de fruits est calculé selon la formule recommandée par la norme AFNOR :

$$N = \square C / V (n_1 + 0,1 n_2) \times d$$

Soit :

-Compter les colonies sur les boîtes de pétri contenant entre 10 et 300 colonies.

$\square C$  : Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes de pétri retenues.

$n_1$  : nombre de boîtes retenues à la première dilution.

$n_2$  : nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution.

$d$  : dilution correspondant à la première dilution retenue.

$V$  : volume d'inoculum appliqué à chaque boîte.

**III-2-3-2-Recherche et dénombrement des moisissures :****A/Définition :**

Ce sont les champignons microscopiques filamenteux capables de se développer sur milieu OGA à 25 C° (Ghiraud, 2004).

**B/Principe :**

L'analyse repose sur le même principe de l'analyse précédente.

**C/Milieu de culture et diluant :**

-Diluant : eau péptonée tamponnée.

-Milieu de culture : gélose glucosée à l'oxytétracycline dite OGA (voir annexeV) additionnée de Gentamycine

**D/ Mode opératoire :**

- A partir des dilutions préparées, transférer 1 ml dans les boîtes de pétri stériles à l'aide des pipettes à raison de deux boîtes par dilution.
- Couler la gélose OGA en surfusion additionnée de 0,1 ml de gentamycine, antibiotique ajouté pour inhiber toute croissance bactérienne.
- Répartir l'inoculum avec la gélose par des mouvements de va et vient en 8.
- Laisser les boîtes se solidifier sur pailleasse.
- Retourner et incuber les boîtes à 25 C° pendant 3,4 et 5 jours.
- Faire la lecture chaque jour.

**NB** : incuber une boîte témoin contenant la gélose seule pour vérifier sa stérilité.

**E/ Expression des résultats :**

Selon la directive microbiologique générale, à ne prendre que les boîtes contenant un nombre de colonies inférieur à 150. Le calcul du nombre de moisissures dans un gramme de fruits(N) se fait par la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1n_2) d}$$

Soit :

$\Sigma C$  : Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues.

$n_1$  : nombre de boîtes donnant un résultat significatif de la première dilution.

$n_2$  : nombre de boîtes donnant un résultat significatif de la deuxième dilution.

d: première dilution retenue (exemple : d=10<sup>-1</sup>)

**NB** : si après 5 jours d'incubation on ne voit pas de colonies sur les boites de pétri on considère que N est inférieur à 10.

### III-2-3-3-Recherche des coliformes :

- **Méthode :**

Dans les denrées alimentaires les coliformes sont dénombrés en milieu par la technique du nombre le plus probable (NPP) à l'aide du bouillon VBL (Liquide lactose au vert brillant), reparti à raison de 9ml par tube munis d'une cloche de Durham (Normes AFNOR NF V08 - 050) cette technique fait appel à deux tests consécutifs.

- Test de présomption : Recherche des coliformes totaux.
- Test de confirmation : Ou test de MACKENZIE réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

#### ► Test de présomption

Préparer les tubes contenant le milieu VBL à raison de 3 tubes par dilution. A partir de chaque dilution décimale ( $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ ) on met aseptiquement 1ml dans les trois tubes correspondant du milieu VBL.

On mélange la suspension pour chasser le gaz présent éventuellement dans la cloche et on incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Le résultat positif se traduit par :

- un dégagement de gaz (Supérieur à 1/10 de la hauteur de cloche)
- Observation d'un trouble dans le milieu

Les deux caractères étant témoin de la fermentation de lactose dans les conditions opératoires décrites.

#### ► Test de confirmation :

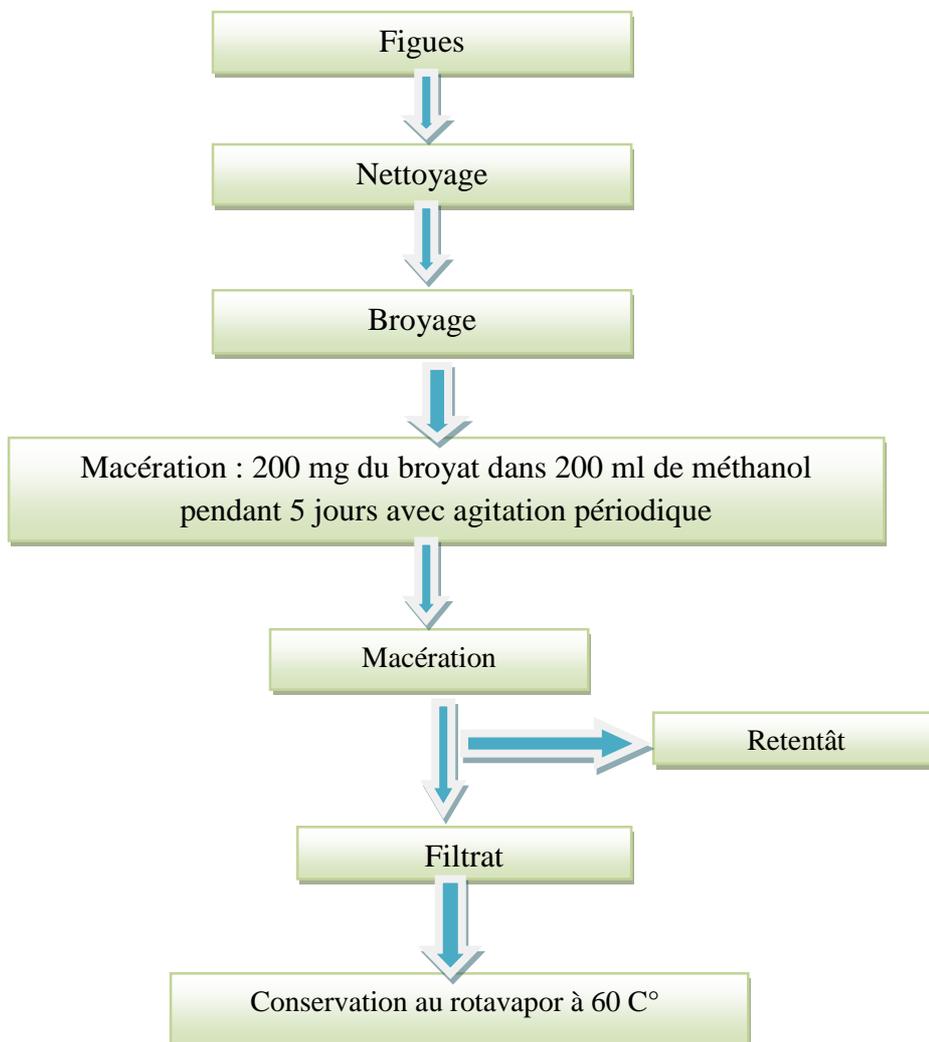
Pour rechercher les coliformes fécaux (*Escherichia Coli*) on additionne 0.1ml de chacun des tubes positifs du test de présomption à un tube contenant le milieu VBL + cloche de Durham et à un autre contenant d'eau péptonée exempte d'indole. On incubé les tubes à 44°C pendant 24 heures à 48 heures.

Le résultat positif se traduit par un dégagement de gaz dans la cloche du tube VBL et une apparition d'un anneau rouge à la surface de tube, après addition de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovac. Les deux caractères étant témoin de la fermentation du lactose (Production du gaz) et production d'indole par *Escherichia Coli* dans les conditions opératoires décrites

### III-3- Méthodes d'extraction des polyphénols :

Il s'agit d'une extraction solide-liquide, le principe consiste en ce que le solvant doit franchir la barrière de l'interface solide-liquide, dissoudre le principe actif à l'intérieur du solide et l'entraîner à l'extérieur. La plus part des auteurs suggèrent que l'entrée du solvant se fait par un mécanisme osmotique et la sortie du soluté par dialyse ou par diffusion. Le solvant utilisé dans cette présente étude est le méthanol pur (99%). Celui-ci possède l'avantage d'être plus facilement éliminé sous-vide. Il donne en plus un meilleur rendement d'extraction (**Diallo et al, 2004, Omen et Johns, 1999. Vercautern et al .1996, Ribéreau-Gayon, 1968**) de 7 fois. Le rendement d'extraction en polyphénols augmente aussi avec le temps de contact (**Lapornik et al, 2004**).

Le procédé d'extraction est réalisé comme suit :



**Figure11:** Les étapes d'extraction des polyphénols.(**Owens et John, 1999**).

✓ **Rendement d'extraction**

$$\text{Taux de matière extraite (\%)} = [(P_1 - P_0) / E] \times 100$$

Soit :

P1 : poids du ballon après évaporation.

P0 : poids du ballon vide (g).

E : poids de l'échantillon (g)

**II-3-1-l'activité antioxydant des composés phénoliques des figes sèches:**

Dans notre étude nous avons utilisé deux tests chimiques à savoir : le test DPPH et le test Ferric Reducing / Antioxydant-power Assay qui mesure le pouvoir de réduction des ions de fer

➤ **Test au DPPH :****Principe :**

Le diphényle picryl-hydrazyle (DPPH), un radical libre stable, violet en solution et présentant une absorbance caractéristique à 517 nm. Cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit en diphényle picryl-hydrazine par un composé à propriété antiradicalaire, entraînant ainsi une décoloration (l'intensité de la coloration est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (**Sanchez-Moreno, 2002**)). On peut résumer la réaction de la manière suivante :



Où (AH)<sub>n</sub> représente un composé capable de céder un hydrogène au radical DPPH (violet) pour le transformer en diphényle picrylhydrazine (jaune). Ceci permet de suivre la cinétique de décoloration à 517 nm.

• **Protocol expérimental :**

Pour étudier l'activité antioxydante des différents extraits, nous avons utilisé le test au 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH), selon le protocole décrit par (**Kim et al, 2003**). 25 µl de la solution méthanolique de l'extrait phénolique (reconstitué selon la concentration voulue) et 0,975 ml de la solution méthanolique de DPPH (0,0024 g / 100 ml Méthanol) sont ajoutés dans une cuvette après incubation pendant 30 min et l'absorbance a

été mesuré à 517 nm contre le méthanol.

Les résultats obtenus pour chaque extrait testé sont comparés à ceux obtenus pour l'acide Ascorbiques pris comme antioxydant standard .

L'activité antiradicalaire (AA) est estimée selon la formule suivant :

$$\% \text{ d'inhibition} = (\text{Abs}_t - \text{Abs}_e) / \text{Abs}_T \times 100$$

Ou :

**Abs<sub>t</sub>** : Absorbance du témoin.

**Abs<sub>e</sub>** : Absorbance de la solution DPPH contenant l'extrait.

➤ **La réduction du fer FRAP (Ferric reducing antioxidant power) :**

Le pouvoir réducteur mesure la capacité des antioxydants à donner un électron pour réduire l'ion ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) en ion ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en présence d'agent chromogène, ferricyanure de potassium ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) et en milieu acidifié par l'acide trichloroacétique la forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur des extraits phénoliques (Oyaizu, 1986).

• **Protocol expérimental**

L'activité réductrice du fer de notre extrait est déterminée selon la méthode décrite par Oyaizu (1986), basée sur la réduction du  $\text{Fe}^{+3}$  présent dans le complexe  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  en  $\text{Fe}^{+2}$ . Un millilitre de l'extrait de différentes concentrations est mélangé avec 2,5ml d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 2,5 d'une solution de ferricyanure de Potassium  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  à 1%.

- L'ensemble est incubé au bain marie à 50°C pendant 20 minutes ensuite :
- 2,5ml d'acide trichloroacétique à 10% sont ajoutées pour stopper la réaction :
- Les tubes sont centrifugés à 3000 tours/min pendant 10 minutes :
- 2,5ml du surnageant sont mélangés 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml d'une solution de chlorure ferrique fraîchement préparé à 0,1%.

La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700nm contre un blanc semblablement préparé, un remplaçant l'extrait par l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre). Le contrôle positif est représenté par une solution

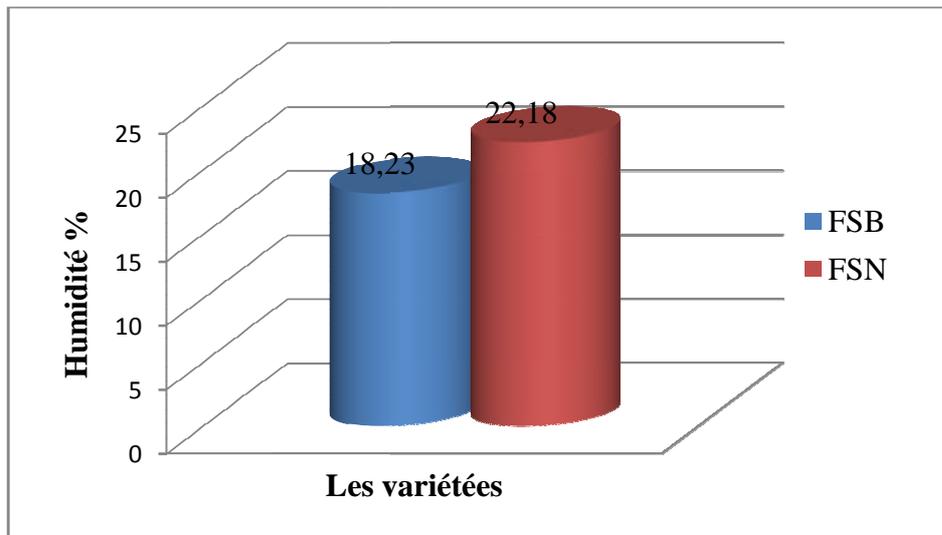
d'un antioxydant standard : l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond une augmentation du pouvoir réducteur de l'extrait testé (**Hubert, 2006**).

#### IV-1-Résultats de la caractérisation physico-chimique :

Les résultats des analyses physico-chimiques des figues sèches noires et blanches sont représentés respectivement sur les figures 12, 13, 14.

##### IV-1-1-Teneur en eau :

Les résultats des teneurs en eau de deux variétés des figues sèches (FSB et FSN) sont illustrés sur la figure 12.



**Figure 12** :Teneur en eau des figues sèches (FSN ,FSB).

FSB : figues sèches blanches(Taranimt).

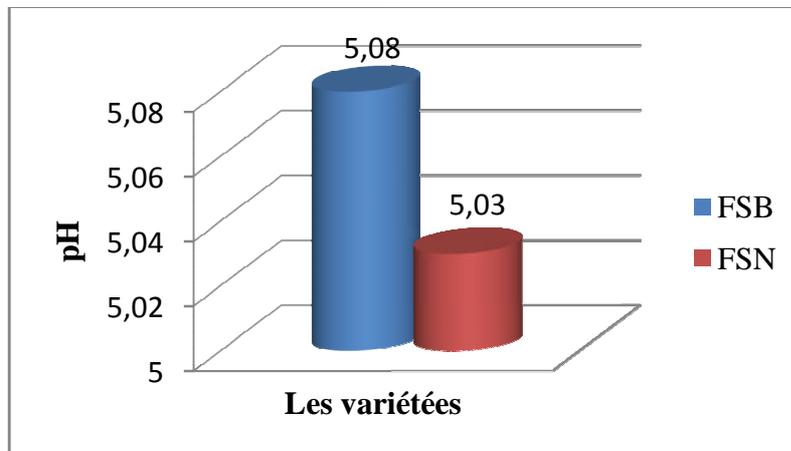
FSN : figues sèches noires (Azendjar).

Cette figure montre que la teneur en eau des figues sèches noirs est 22,19 % alors que les figues blanches elle est de 18,23 %,A partir de ces résultats, l'humidité de ces figues est accord avec celles fixées par la réglementation en vigueur (elle est  $\leq 26$  % selon la norme (CEE-ONU) (anonyme, 2004) cette teneur enregistrée nous amène à classer les figues sèches parmi les aliments à humidité intermédiaire (AHI) qui renferment entre 10à50% d'eau avec activité de l'eau entre 0.6 et 0.9 (Davies al. 1975 ; jayaraman ,1995).

D'après jayarama(1955), les produits à base de fruits à humidité intermédiaire, sont stables sans réfrigération ni traitement thermique pendant un an, et peuvent être consommés tels quels sans réhydratation.

#### IV-1-2-pH

Les résultats du pH des figues sèches (FSB et FSN) sont illustrés sur la figure 13.



**Figure 13 :** PH des figues sèches (noires et blanches).

FSB : figues sèches blanches (Taranimt).

FSN : figues sèches noires (Azendjar).

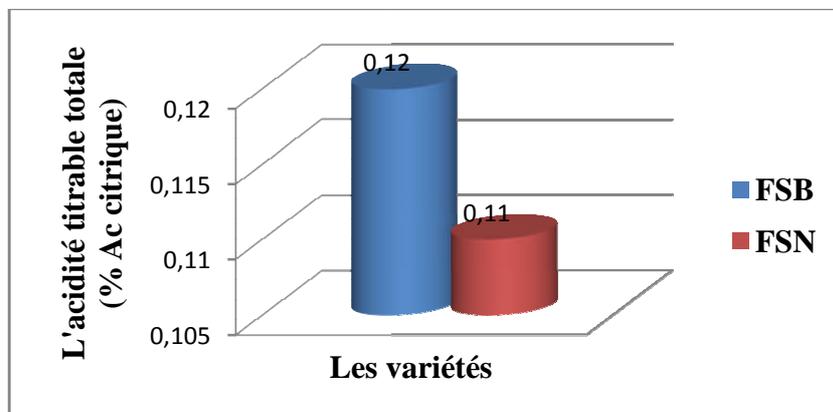
La figure 13 montre que le pH des figues sèches noires est 5,03, alors que les figues sèches blanches est de 5,08. Ce pH est comparable aux pH trouvés par **Bostan et al (1997) et chebli**

**et Mars (1997)** chez les figues fraîches (pH entre 5 et 5,3).

Par ailleurs, les valeurs du pH trouvées nous indiquent que les deux variétés des figues sèches sont des aliments acides dont la contamination et le développement des bactéries sont moindres, exceptées les bactéries lactiques capables de contaminer les denrées végétales.

#### IV-1-3-l'Acidité titrable totale :

Les résultats de l'acidité sont illustrés sur la figure 14



**Figure. 14 :** l'acidité titrable totale des figues sèches.

FSB : figes sèches blanches(Taranimt).

FSN : figes sèches noires (Azendjar).

L'acidité titrable totale moyenne des figes sèches blanches analysées est de 0,12 % alors que les figes sèches noires est de 0,11 % (**Figure 14**). A titre comparatif, ces résultats sont largement inférieur à ceux de la bibliographie, dont l'acidité titrable des figes fraîches est comprise entre 0,14 % et 0,22%.

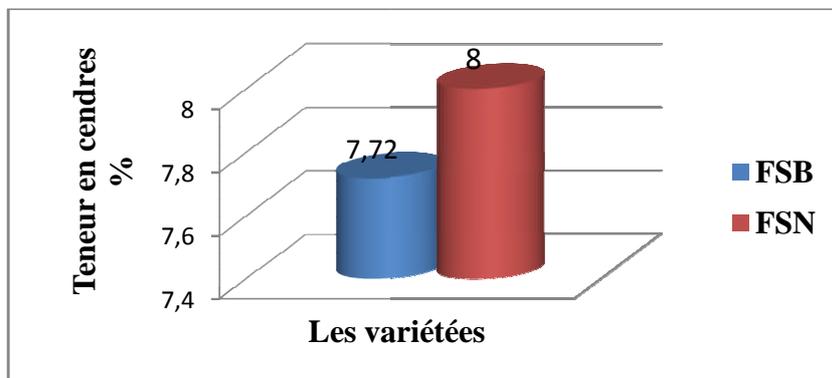
La diminution de l'acidité titrable des figes sèches résulte soit, des pertes des acides organiques volatils pendant le séchage prolongé à l'air libre, par évaporation, soit de l'activité oxydative que les levures contaminants de figes exercent vis-à-vis des acides organiques des fruits (**Leyral et Vierling, 2001**).

#### IV-2-Résultats de la caractérisation biochimique:

Les résultats des analyses biochimiques (les cendres, les protéines, les lipides, les fibres alimentaires et les sucres totaux,) sont respectivement présentés sur les figures 15, 16, 17, 18, 19.

##### IV-2-1 : Les Cendres totaux :

Les résultats des cendres totaux sont illustrés sur la figure 15 :



**Figure 15:** Teneur en cendres des figes sèches (noires et blanches).

FSB : figes sèches blanches(Taranimt).

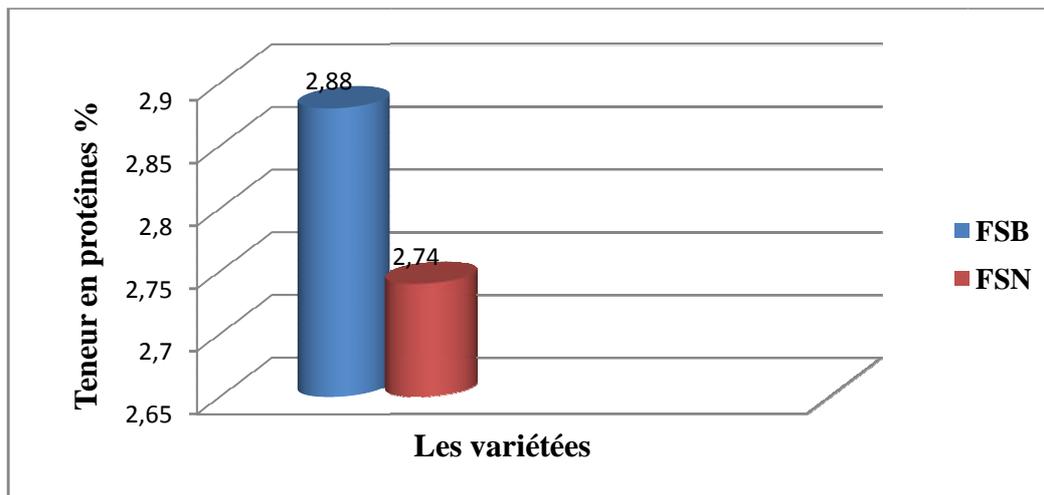
FSN : figes sèches noires (Azendjar).

Cette figure montre que la teneur moyenne en cendres des figes sèches noires est de 8% et de 7,72% pour les figes sèches blanches, elle reflète la richesse de ce fruit en éléments minéraux. Ces résultats se rapprochent un peu à ce qui a été trouvé dans la bibliographie d'après **Tazairt(2006)**, la fige sèche est un fruit reminéralisant de par sa richesse en éléments minéraux et oligo-éléments nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme.

Parmi les éléments minéraux les plus abondants des figes sèches : le potassium (682 mg/100 g MF) et le calcium (174 mg/100 g MF). Et parmi les oligo-éléments abondants dans la fige sèches, le fer (2,5 mg/100g MF) (**Desai et Salmukhe, 1984**).

#### IV-2-2-Protéines :

Les résultats du taux de protéine sont présentés sur la figure 16.

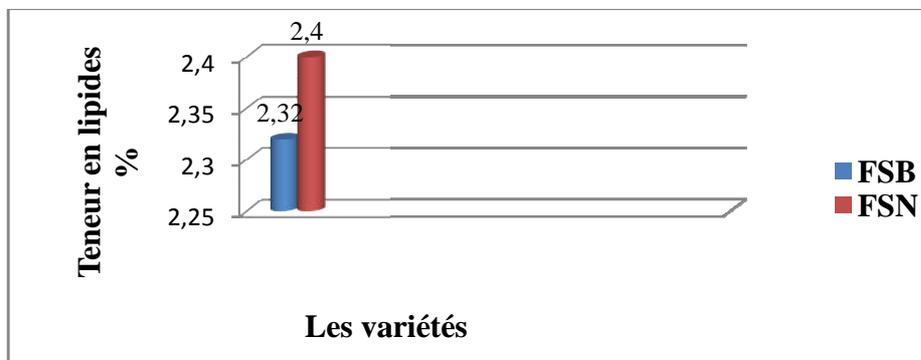


**Figure 16:** La teneur en protéines des figes sèches.

Cette figure montre que la teneur en protéine des figes sèches noires est de 2,74 % alors que les figes blanches est de 2,88 %, nos résultats est comparable aux résultats bibliographique dont la teneur est situé aux environ de 3 % MF, par exemples : d'après **Desai et Salunkhe (1984)**, la variété Calimyrnasèche renferme 3 % MF et la variété Mission sèche en contient 2,82 % MF.

#### IV-2-3-les lipides

Les résultats du teneur des lipides sont présentés sur la figure 17 :



**Figure 17:** La Teneur en lipides totaux des figes sèches.

FSB : figes sèches blanches(Taranimt).

FSN : figes sèches noires (Azendjar).

La teneur moyenne des lipides des figes sèches blanches est de 2,32 %, alors que les figes sèches noires est de 2,40 % (**figure 17**), ces résultats sont variables d'une variété à autre et aussi selon le stade de maturité, dans la variété Mission (0,9 %) cependant, la variété Climyrna en enferme 1,9 % MF, autre variété renferme 2,7 % MF **d'après Desai et Salunkhe (1984)**

Les figes que ce soit fraîches ou sèches sont pauvres en lipides, cette pauvreté est justifiée et expliquée par le fait que les lipides dans les figes tout comme les autres fruits hydratés, ne jouent qu'un rôle physiologique pour le fruit dans son arbre fruitier, et n'ont pas un rôle nutritif majeur pour les consommateurs de ces fruits.

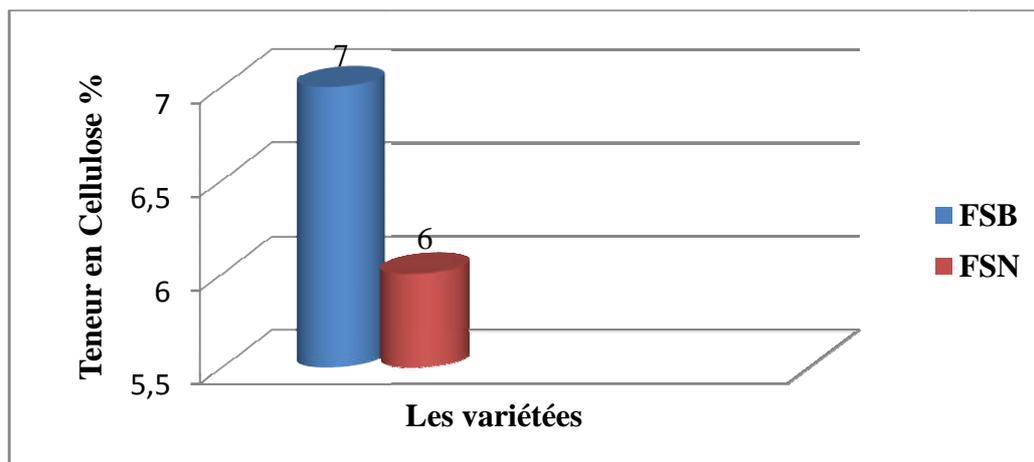
Malgré cette carence, la fraction lipidiques des figes sèches est importante au point de vue nutritif car elle répond à la composition suivante (**Randoin et al, 1974**)

AGS=0,23 %, AGMI =0,26 %, AGPI =0,56 %.

#### IV-2-4-détermination de la teneur en cellulose :

Les résultats du taux de cellulose sont présentés sur la figure 18.

La teneur moyennes de cellulose pour les figes sèches blanches analysé est de 7% alors les figes sèches noires est de 6 % selon **Randoin, 1974** les figes fraîches la teneur en cellulose est de 1% et les figes sèches 3.5 %.ces teneur sont variables d'une variété à l'autre.



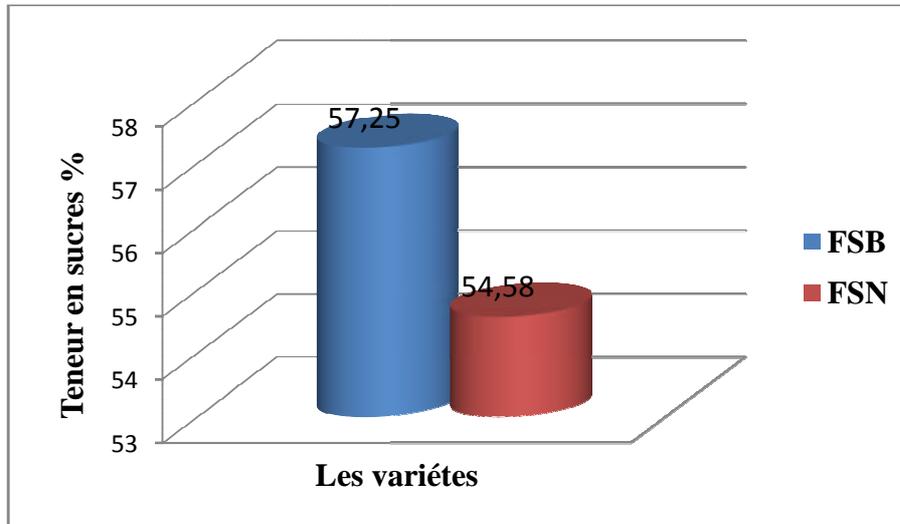
**Figure 18:**La teneur en Cellulose des figes sèches.

FSB : figes sèches blanches(Taranimt).

FSN : figes sèches noires (Azendjar).

**IV-2-5 -détermination de la teneur des sucres totaux :**

Les résultats de la teneur des sucres totaux sont présentés sur la figure 19



**Figure19:** La Teneur en sucres totaux des figes sèches.

FSB : figes sèches blanches(Taranimt).

FSN : figes sèches noires (Azendjar).

La teneur moyenne en sucres totaux pour les figes sèches noires est de 54,58% et de 57,25% pour les figes sèches blanches (figure 18), ces teneurs sont variables d'une variété à l'autre. Par exemple, d'après **Desai et Salunkhe (1984)**, la variété Calimyrnasèche contient 58,2 % MF et la variété Mission contient 50,1 % MF

D'après **Hasselin et Oreiller (2008)**, ont signalé que la teneur en sucres est variable selon les variétés, le stade de maturité et l'ensoleillement, mais en général, les figes sèches sont très riches en sucres donc en calories (242 kcal / 100 g selon **Vidaud et al (1997)**) car les sucres constituent l'essentiel de l'apport calorique de ce fruit, d'où son importance dans les régimes alimentaires des enfants et des personnes pratiquants des efforts physiques et intellectuels.

**NB :** Tous les essais des analyses physique-chimique et biochimique sont présentés dans l'annexe V.

**IV-3-Résultats des caractérisations microbiologiques :**

Les résultats des analyses microbiologique des figes sèches noires(FSN) et figes sèches blanches (FSB) sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau IV** : Résultats d'analyse microbiologie des figes sèches noires (FSN) et des figes sèches blanches (FSB).

Germes Echantillon	CT	CF	L	MOI
FSB	Abs	Abs	12	1
FSN	Abs	Abs	3	Abs
Norme*	<3	<3	<10	<10 <sup>2</sup>

**Norme\*** : Journal Officiel de la République Algérienne. (J.O.R.A N° : 35 21 du 27 Mai 1998).

Pour le dénombrement des levures osmophiles dans les FSN (**Azendjar**) nous avons trouvé 3UFC/g donc conforme aux normes, et pour les FSB (**Taranimt**) nous avons trouvé 12 UFC/g sont légèrement supérieur à la norme permise cela elle est due aux conditions du stockage, type de séchage.

Le taux des levures osmophilestrouvé, indique et justifie par le fait que les figes sèches agiraient comme un véritable milieu favorable pour le développement de ce groupe microbien car elles sont dotés d'un pH acide et d'une teneur en sucre simple supérieur à 20 % pour les deux variétés les moisissures sont absences dans les FSNet en trouve une seule ce résultat s'expliquer par antagonisme microbien qui se défini dans notre cas par une surcharge de levure dans le produit au détriment de moisissures, cesrésultats sont conformes aux norme.

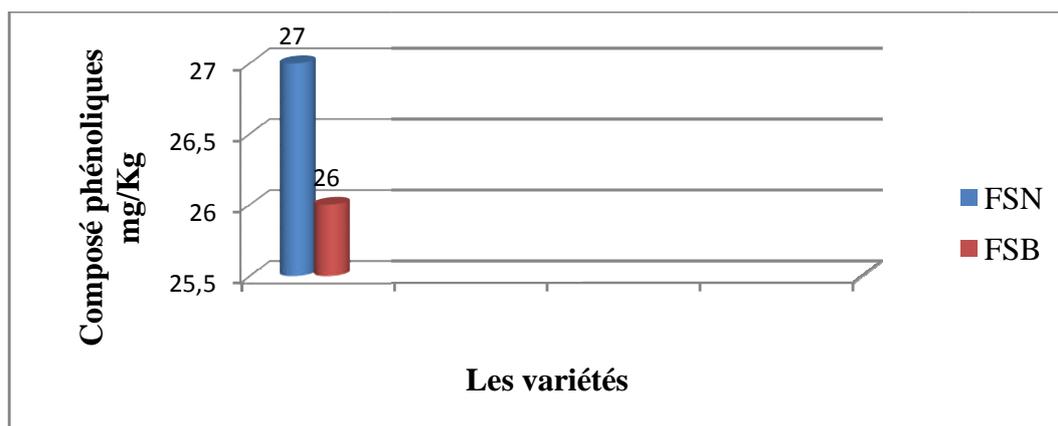
#### **V-Résultats de l'activité antioxydant des composés phénoliques des figes sèches :**

##### **A-Détermination de la quantité des composés phénolique :**

Les résultats sont illustrés dans le tableau V et la **figure 20**

**Tableau V** : Détermination de la quantité des composés phénoliques des figes sèches.

Echantillons	Composés phénoliques (mg/Kg)
FSN	27%
FSB	26%



**Figure 20 : quantité des composés phénoliques dans les figes sèches.**

FSB : figes sèches blanches(Taranimt).

FSN : figes sèches noires (Azendjar).

D'après ces résultats on remarque que la quantité des polyphénols des figes sèches noires est de 27% et les figes sèches Blanches de 26%.

#### **B/ Activité Scavenging du radical DPPH :**

Pour évaluer l'activité antioxydant des figes sèches noires et blanches et de la vitamine ascorbiques, nous avons utilisé la méthode au DPPH. Ce radical libre présente une coloration violette, lorsqu'il est piégé par des substances antioxydantes, la forme réduite confère à la solution une coloration jaune pâle, le virage de cette coloration et l'intensité de la décoloration de la solution dépend de la nature, la concentration et la puissance de la substance anti radicalaire.

Le tableau suivant représente les pourcentages d'inhibitions (Pi) (**Tableau VI**).

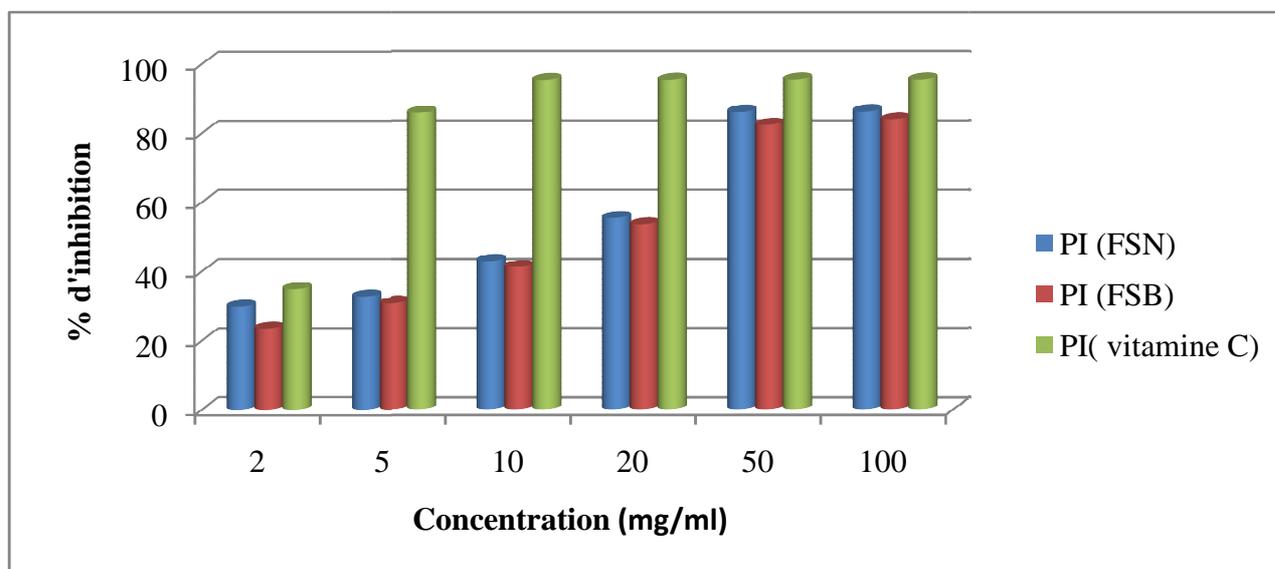
**Tableau VI : pouvoir d'inhibition par le DPPH.**

Les échantillons	Les concentrations					
	2	5	10	20	50	100
Pi (FSN)	29,81	32,77	35	43,33	86,14	86,29
Pi (FSB)	23,51	40,74	41,29	53,51	83,29	83,92
Acide Ascorbique	34,87	85,87	95,22	95,27	95,34	95,36

D'après ce tableau en remarque que le pouvoir d'inhibition (Pi) d'acide ascorbique (95%) est plus élevées que les deux extraits étudiées (FSB, FSN) (23,51%...83,92%) (29,81%...86,29%) successivement et sont corrèles avec la concentration.

La figue noire possède un pouvoir d'inhibition plus élevé que la figue blanche et cela explique que la figue noire possède des polyphénols plus que la figue blanche.

Les résultats obtenus nous permettent de présenter graphiquement la variation de pouvoir d'inhibition à 517 nm en fonction de la concentration des extraits méthaloniques et de la concentration du standard d'acide ascorbique (Vitamine C) (**Figure21**).



**Figure 21:** pourcentage d'inhibition des (FSB, FSN et Vitamine C) en fonction de la concentration.

FSB : figes sèches blanches(Taranimt).

FSN : figes sèches noires (Azendjar).

Notre résultat est proche aux travaux des autres auteurs (**Dr Joe A. Vinson, Février 1999**). Dans une étude effectuée par l'Université de Scranton, on a montré que les figes sèches présentent un taux plus élevé en phénol, qui est plus riche en antioxydants, que les autres fruits. Le phénol est utilisé comme antiseptique pour détruire les micro-organismes. Le taux de phénol dans la figue est beaucoup plus élevé que celui des autres fruits ou légumes.

La pelure des figes, qui est habituellement consommée, contient la majorité des antioxydants du fruit. Les figes de couleur foncée (par exemple la variété Mission) contiendraient davantage d'antioxydants que les variétés de couleur plus pâle.

C/Le pouvoir réducteur :

Les résultats sont illustrés dans le tableau VI

Tableau VI : le pouvoir réducteur des extraits étudiés :

Les échantillons	Les concentrations					
	2	5	10	20	50	100
DO(FSN)	0,034	0,348	0,565	1,094	1,134	1,24
DO(FSB)	0,017	0,128	0,245	0,334	1,012	1,23
Acide Ascorbique	0,075	0,213	0,434	0,934	2,353	2,541

D'après ce tableau on remarque que la densité optique d'acide ascorbique (2,541%) est plus élevée que les deux extraits étudiés (FSB, FSN) (0,017%...1,23%) (0,034%...1,24%) successivement et sont corrélés avec la concentration et DO(FSN) est plus que la DO(FSB). Donc le pouvoir réducteur des FSN est plus élevé que la FSB.

Les résultats obtenus nous permettent de présenter graphiquement la variation de la densité optique à 700 nm en fonction de la concentration des extraits méthanoliques et de la concentration du standard d'acide ascorbique (Vitamine C) (**Figure 23**).

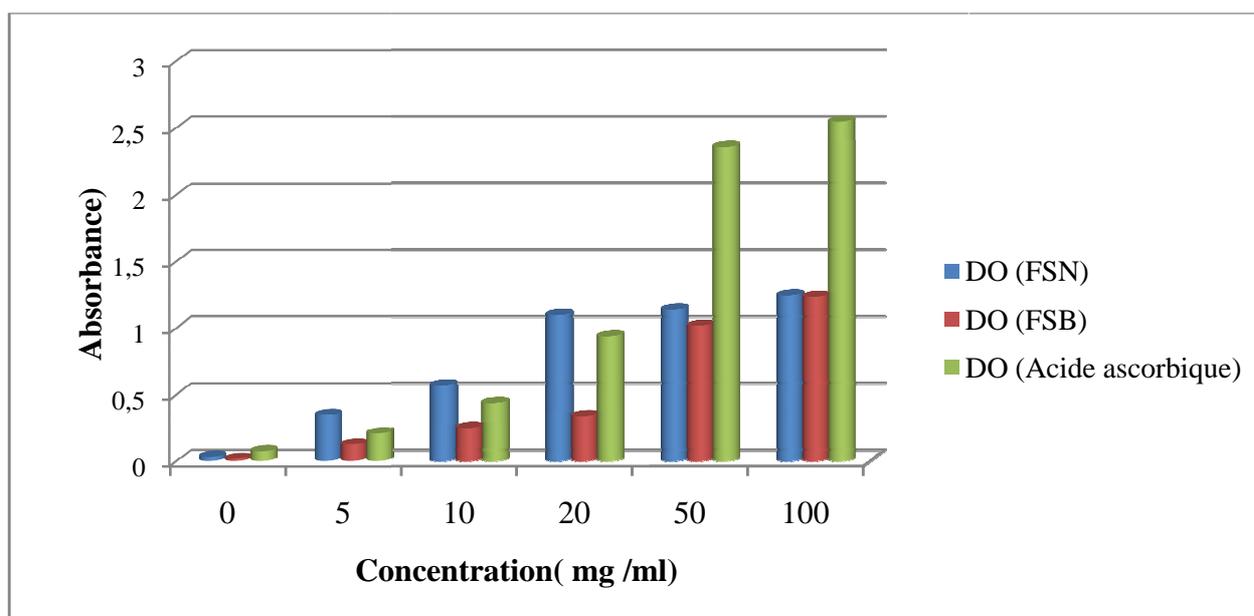


Figure 22: Pouvoir réducteur des extraits méthanoliques

FSB : figes séches blanches(Taranimt).

FSN : figes sèches noires (Azendjar).

On a constaté que le pouvoir réducteur des FSN est plus élevé que la FSB De plus, une portion de figes fraîches aurait un pouvoir antioxydant plus élevé qu'une portion de figes séchées. En effet, certains composés phénoliques contenus dans les fruits frais seraient détruits ou convertis en des formes non antioxydantes au cours du processus de séchage Les figes séchées de couleur foncé possèdent une bonne capacité antioxydant, mais elle est moins élevée que celle d'autres fruits séchés comme les abricots, les pruneaux et les raisins **(Pellegrini et al,2006).**

# **CONCLUSION**

## Conclusion générale et perspectives

Le présent travail a porté sur l'étude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques de deux variétés de figues sèches noires et blanches et ainsi nous avons tenté de contribuer à la valorisation des richesses végétales se trouvant en Algérie en établissant une relation entre la composition chimique et les activités biologiques.

C'est ainsi que la teneur en protéines a été évaluée à 2,88% pour la variété Taranimt, relativement supérieure à celle de la variété Azendjar qui est de 2,71%. La détermination de la teneur en sucre totaux est de 57,25% pour la variété Taranimt et de 54,58% pour l'autre variété. L'évaluation du taux de la matière grasse montre une teneur plus faible pour la variété Taranimt de 2,32% et de 2,37% pour l'autre variété. Les résultats de la teneur en humidité montrent que la variété Taranimt présente un taux de 18,23% et 22,18% pour la variété Azendjar. L'évaluation du taux en cendres montre que la variété Azerdjar présente un taux supérieur à celui de la variété Taranimt.

Pour la teneur en fibres, la variété Taranimt présente un taux de 7% et 8% pour l'autre variété.

Les analyses microbiologiques des figues sèches noires et blanches mettent en évidence l'absence partielle de contaminations.

Le criblage phytochimique basé sur le test spécifique a permis de caractériser les polyphénols totaux qui ont une grande valeur thérapeutique, l'estimation quantitative des polyphénols totaux est de 27% pour les figues sèches noires et 26% pour les figues sèches blanches.

Enfin, ces résultats restent préliminaires et ce travail est loin d'être achevé, il serait donc intéressant de poursuivre les investigations sur les différentes parties du fruit.

Utilisation d'autres techniques de détermination de l'activité antioxydante in vitro pour une recherche plus détaillée sur le pouvoir antioxydant de l'extrait des végétaux

- Mettre en évidence d'autres méthodes d'extraction plus rigoureuses permettant d'évaluer la composition chimique avec exactitude et l'influence sur sa capacité biologique.
- Réaliser le test microbiologique pour consolider leur utilisation et leur qualité hygiénique
- Elargir l'utilisation des extrait végétaux dans le secteur agroalimentaire en raison de leurs forts pouvoirs biologiques (antioxydants et antimicrobiens)

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**