

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Sciences Alimentaires  
Option : Bioprocédés et Technologie Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

## MASTER

### *Thème*

**Valorisation par transformation de la figue  
sèche (*Ficus Carica*) :**  
**Cas de la production du vinaigre**

Présenté par :

**SMAILI Hamza et KESSAI Brahim**

**Soutenu le : 14 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

M. BACHIR BEY M.	MCB	President
M. Kati D.E.	MCA	Encadreur
Mme. MARZOUK H.	MAA	Examinatrice
M. NOURI H.	MCB	Invité

**Année universitaire : 2015 / 2016**

# *Remerciements*

Nous remercions tous d'abord le bon Dieu de nous avoir donné force, courage, patience et volonté pour mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à Monsieur le Docteur KATI D E, notre promoteur, pour son aide, sa disponibilité et ses bons conseils. Soyez assuré de notre sincère reconnaissance et veuillez trouver ici l'expression de notre profonde et respectueuse gratitude.

Nous tenons à remercier notre co-promoteur Mr NOURI H pour ses conseils et sa disponibilité.

Nous tenons à remercier aussi Mr BACHIR BEY M, pour l'honneur qu'il nous fait d'accepter de présider le jury de notre soutenance.

Nous remercions également à Madame MERZOUK H pour l'honneur qu'elle nous fait d'accepter d'examiner notre soutenance.

Nous remercions aussi à Mlle LOUAILECHE H, Mr MADANI, Mme SMAIL, Mlle TOUATI, Mlle BENKAROU, Mme SAADI AHMED, Mme BRAHMI la secrétaire de notre département et à tous les techniciens du laboratoire microbiologie alimentaire.

Nous tenons à remercier Mr BOULAHOUAT, l'association des figuiculteurs de la W de Béjaia et surtout l'association BEDE pour leurs accompagnements, soutiens et échanges durant ce travail.

## ***Dédicace***

*Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*A mes précieux parents qui m'ont soutenu et qui ont toujours été là pour moi, aucun remerciement ne serait être suffisant pour leur exprimer ma gratitude.*

*A mes chers grands parents (Ahmed, Btitra, djedjega et nana Nadia).*

*Je ne saurais jamais remercier assez, mes chères sœurs « Khoukha et Katia », leurs maris « Mohamed et Hanafi », leurs enfants « Chanez, Islam et Aris » et mes deux petites sœurs Warda et Khira pour la joie que vous me faites sentir, pour votre énergie et votre humour. Je vous remercie d'être toujours présente pour moi. Je vous aime.*

*Je ne remercierais jamais assez Dada Saddek et mes très chers frères « Amar et Kherdin ». pour tout ce qui ont fait pour me voir heureux. Cela m'est cher. Mon souhait est de vous voir fier de moi*

*A tous mes oncles et tantes que je remerciés infiniment ainsi que leurs enfants.*

*A mes meilleures amis(e) Nassima(ange), Asma, Mina et Mina, Hassiba, Kenza, Nadira, Zahra, Nakata, Ghilas L, Ghila A, Ghilas K, Mouhouche, Nassim, Massi, Reduane, Sliman, Mohand, Youba CH, Kiki CH, Kiki T, Halim, Sabri, Youba, Iyas, Amar, Abdou et djem3i.*

*A tous mes camarades et amis (e) du laboratoire BA (Samira, Maya, Kenza, sylvia, warda, meriem) et de la promotion SA.*

*A mon camarade, ami, et frère « SMAILI Hamza » ainsi que toute sa famille.*

***Brahim***

## *Dédicaces*

*Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*A mes précieux parents qui m'ont soutenu et qui ont toujours été là pour moi, aucun remerciement ne serait être suffisant pour leur exprimer ma gratitude.*

*Je ne saurais jamais remercier assez, mes chères frères « Rabah, Nassim et Abd Algani », et leurs femme « Ayacha, Nassima et Kahina », leurs enfants « Rayan, Djidji, Lidia, Riad et houssin » et très chère frère Nacer pour tout ce qui ont fait pour me voir heureux. Cela m'est cher. Mon souhait est de vous voir fier de moi.*

*Je ne remerciais jamais assez et ma sœur Fazia et leurs enfants «Mahmoud et Koudir» pour la joie que vous me faites sentir, pour votre énergie et votre humour. Je vous remercie d'être toujours présente pour moi. Je vous aime.*

*A tous mes oncles et tantes que je remerciés infiniment ainsi que leurs enfants.*

*A mes meilleures amis(e) Nassim, Nadira, Koukou , Zahra, Sofiane, Aziz, Mourad , Farhat, Youba, Faycel ,Amar, Abdou , djem3i, Lyace et Missi.*

*A tous mes camarades du laboratoire BA (Samira, Djoudjou, Kenza, cylie, warda, meriem) et de la promotion SA.*

*A mon camarade et toute sa famille.*

***Hamza***

# *Table des matières*

***Liste des abréviations***

**ACP** : Analyse en composantes principales

**AF** : Azandjar fraîche

**AS** : Azandjar sèche

**°C** : degré Celsius

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**DSA** : Direction des services agricoles

**EAG** : Équivalent acide gallique

**EG** : Équivalent glucose

**FAF** : Fermenteur Azandjar fraîche

**FAO** : Organisation national des Nations Unis pour l'agriculture et l'alimentation

**FAS** : Fermenteur Azandjar sèche

**FTAM** : Flore totale anaérobie mésophile

**FTS** : Fermenteur Taamriwth sèche

**g** : gramme

**IPGRI** : International des ressources génétiques des plantes

**ISO** : Organisation mondiale de la normalisation

**J** : jour

**LSD** : Less significant difference

**m** : masse

**MF**: matière fraîche

**mg** : milligramme

**min** : minute

**ml** : millilitre

**MS** : matière sèche

**N**: Normalité

**n** : nombre

**NF ISO** : Norme française International standard organisation

**nm** : nanomètre

**PCA**: Plat Count Agar

**PDA**: Pomme de terre Dextrose Agar

**pH**: potentiel d'hydrogène

**r**: coefficient de corrélation

**tpm**: tours par minute

**TS**: Taamriwth sèche

**ufc**: unite formant colonies

**UNECE**: United Nations Economic Comission for Europe

**µl** : microlitre

**%** : pourcentage

*Liste des figures*

Figure 1 : Morphologie du figuier ( <i>Ficus carica</i> L).....	4
Figure 2: Caractéristiques morphologiques de la figue .....	8
Figure 3 : Etude des figues utilisées. ....	16
Figure 4 : Flacons du mélange « broyat de figue+ eau ».....	16
Figure 5: Techniques d'élaboration du vinaigre de figue.....	17
Figure 6 : Différents vinaigres élaborés. ....	17
Figure 7 : Taux d'humidité des variétés de figues étudiées. ....	22
Figure 8 : Valeur de pH des figues étudiées. ....	23
Figure 9 : Acidité titrable des variétés de figues. ....	24
Figure 10 : Extraction des composés phénoliques pour les différentes variétés de figue. ....	25
Figure 11 : Teneur des sucres totaux des figues.....	25
Figure 12 : Cinétique d'évolution des paramètres Sucre (1), acidité (2) et pH (3) en fonction du temps. ....	27
Figure 13: Cinétique d'évolution de la microflore : (1) flore fongique ; (2) flore bactérienne.....	29
Figure 14 : Cinétique de l'évolution de la teneur des composés phénoliques en fonction du temps.....	30
Figure 15: Pouvoir discriminant par descripteur. ....	33
Figure 16 : Coefficient des modèles des 4 échantillons .....	34
Figure 17: Corrélations entre les variables et les facteurs. ....	36
Figure 18 : Préférence générale des quatre échantillons de vinaigre.....	37



*Liste des tableaux*

Tableau II : Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels.....	9
Tableau V : Composition du vinaigre .....	13
Tableau VI : Matrice de corrélations des résultats de l'analyse physico-chimique et microbiologique.....	31
Tableau VII : Évaluation du plan d'expérience.....	32
Tableau IIX : Moyennes ajustées par produit.....	35

---



---

## SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction ..... 1

### *Synthèse bibliographique*

#### *Chapitre I*

I- Le figuier ( <i>Ficus carica</i> L.).....	3
I-1- Le figuier : l'arbre « sacré ».....	3
I-2- L'origine.....	4
I-3- La description botanique.....	4
I-3-1- La taxonomie.....	4
I-3-2- La morphologie.....	5
I-4- La biologie du figuier.....	5
I-4-1- Le figuier mâle.....	5
I-4-2- Le figuier femelle.....	6
I-4-3- Le blastophage.....	6
I-5- Le figuiculture en Algérie.....	6
I-5-1- La surface cultivée.....	6
I-5-2- Le rendement.....	7
I-5-3- Les problèmes liés à la culture du figuier.....	7
II- La figue.....	7
II-1- La composition et valeur nutritive.....	10
II-2- L'utilisation thérapeutique de la figue.....	10
II-3- La valorisation de la figue.....	10
III- La production des figues dans le monde.....	10
IV- La production des figues en Algérie.....	11
IV-1- La production nationale.....	11
IV-2- La production à Bejaia.....	11

#### *Chapitre II*

I- Le vinaigre.....	13
I-1- La définition.....	13

I-2- La composition physico-chimiques du vinaigre .....	13
II- La bio-production du vinaigre .....	13
II-1- La fermentation alcoolique .....	13
II-2- La fermentation acétique .....	14
III-Quelques types de vinaigre.....	14
III-1- Le vinaigre de vin.....	14
III-2- Le vinaigre de cidre et de poiré .....	14
III-3- Le vinaigre de glucose.....	14
III-4- Le vinaigre de riz.....	14
III-5- Le vinaigre de bois d'acide acétique .....	15
III-6- Le vinaigre de bière .....	15
IV- L'utilisation du vinaigre .....	15

## ***Partie expérimentale***

### ***I. Matériel et méthodes***

I-Matériel végétal.....	16
II-Élaboration du vinaigre de figues .....	16
III- Analyses physico-chimiques .....	18
III-1-Taux d'humidité .....	18
III-2- Mesure de PH .....	18
III-3- Mesure de l'acidité titrable .....	18
III-4- Dosage des sucres totaux.....	18
III-5- Détermination des composés phénoliques.....	19
III-5-1- Préparation des extraits.....	19
III-5-2- Dosage des composés phénoliques totaux.....	19
IV- Analyse microbiologique .....	19
IV-1- Préparation des dilutions .....	19
IV-2- Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	19
IV-3- Dénombrement des levures et moisissures.....	20
V- Analyse hédonique .....	20
V-1- Codage des échantillons .....	20
V-2- Mise en place du questionnaire .....	20
V-3- Les sujets .....	21

VI- Traitement des resultats..... 21

## **II. Résultats et discussion**

I- Caractères physico-chimiques de la matière première (figue) ..... 22

    I-1- Taux d'humidité ..... 22

    I-2- Le pH..... 23

    I-3- L'acidité titrable ..... 24

    I-4- Les composés phénoliques ..... 25

    I-5- La teneur en glucides totaux ..... 25

II- Suivi cinétique de la double fermentation ..... 27

    II-1- Sucre, acidité et pH ..... 27

    II-2- évolution de la microflore ..... 29

    II-3- Les composés phénoliques..... 30

III- Analyse des corrélations ..... 31

IV- Analyse hédonique ..... 32

    IV-1- Test du plan d'expérience ..... 32

    IV-2- Caractérisation des produits ..... 33

        a- Pouvoir discriminant par descripteur ..... 33

        b- Les coefficients des modèles ..... 34

        c- Les moyennes ajustées par produit..... 35

    IV-3- Analyse en composantes principales (ACP) ..... 36

    IV- 4- préférence générale ..... 37

**Conclusion..... 38**

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

# *Introduction*

## Introduction

L'arboriculture fruitière en Algérie fait partie intégrante de la vie économique et sociale et est considéré comme priorité nationale. L'Algérie, par sa position géographique et ces diverses conditions pédoclimatiques, a en effet le privilège de mettre en culture plusieurs espèces et de produire des fruits frais tout au long de l'année.

La figue, produit de l'arboriculture fruitière, est le fruit du figuier, un arbre de la famille des Moracées, qui est l'emblème du bassin méditerranéen où il est cultivé depuis des millénaires. La figue très appréciée et très nutritif, est riche en sucres, fibres, sels minéraux, composés phénoliques à fort potentiel antioxydantes et molécules volatiles responsables de son agréable arôme caractéristique (Slatnar *et al.*, 2011). Aussi, la biodiversité variétale du figuier a pour conséquence la diversité des apports nutritionnels et potentiel bioactif du fruit. Par ailleurs, les figues sont utilisées pour leurs vertus médicinales dans les traitements contre les affections pulmonaires, la toux, les états d'anorexie, les troubles de la circulation sanguine, les varices, l'asthme, l'irritation de la trachée et de la gorge (Slatnar *et al.*, 2011). Depuis longtemps, les populations rurales en zone méditerranéenne consomment des figues sèches en les associant souvent à l'huile d'olive le matin à jeun en hiver. Les figues sont consommées fraîches ou sèches et sont très appréciées dans le monde entier. Avec une production d'environ 120000 tonnes, l'Algérie se situe entre les cinq premiers producteurs de la figue dans le monde (FAO STAT, 2013).

Lors de la récolte des figues, une différence apparente de la qualité des fruits est constatée. En effet, la période de maturation des fruits est étalée dans le temps et donne lieu à des différences de calibre, de forme et de couleur plus ou moins appréciées. À cela s'ajoute les difficultés et contraintes auxquelles se heurte la figuculture. Les contraintes sont d'ordre environnemental, technique, économique et organisationnel qui ont des conséquences sur la qualité de la figue. Bien que la catégorie de figue de qualité inférieure trouve d'autres utilisations (essentiellement en tant qu'aliment de bétail), il est de plus en plus constaté une diversification de la valorisation de cette dernière (confiture, café, pâte, ingrédients...).

Dans le but de promouvoir ce pilier régional et contribuer à sa valorisation, nous avons pour objectif de tester une nouvelle forme d'utilisation et de commercialisation. Étant donné que la figue présente d'importantes teneurs en sucre, nous avons opté pour la production du vinaigre artisanale de figue. En effet, la simplicité d'élaboration et la valeur ajoutée qu'il peut apporter aux fruits de moindre qualité, sont autant de raisons de valorisation.

En effet, on fait remonter la découverte du vinaigre à plusieurs milliers d'années. En effet, chez les Romains comme chez les Grecs, le breuvage le plus usité resta longtemps l'eau additionnée d'un vinaigre léger. Utilisé quotidiennement pour l'assaisonnement de différentes crudités, le vinaigre possède d'autres fonctions notamment dans le domaine de conservation, applications médicales et même cosmétiques.

Bien que le vinaigre soit connu et diversifié, les mécanismes intervenant lors de son élaboration restent complexes (réactions lors de la double fermentation alcoolique et acétique). C'est pourquoi nous nous sommes intéressées à l'étude cinétique de nombreux constituants agissant dans l'évolution de l'acidité tout au long de son élaboration. Afin de pouvoir comparer plusieurs matières premières nous avons lancé la fabrication de trois vinaigres à base de deux variétés de figues sèche (Azendjar et Taamriwth) et la figue fraîche de la variété Azendjar. Les caractéristiques physicochimiques (humidité, pH, acidité, sucres, composés phénoliques totaux) de la matière première et un suivi cinétique de l'évolution de plusieurs paramètres ont été réalisés (sucres, pH, acidité, composés phénoliques totaux, flores fongique et bactérienne). Enfin, une analyse sensorielle a été réalisée sur les produits obtenus et comparé à un produit du commerce.

*Synthèse*  
*bibliographique*



# *Chapitre I*

## *«La figue»*

## I- Le figuier (*Ficus carica L.*)

### I-1- Le figuier : l'arbre « sacré »

Depuis l'Antiquité, le figuier s'est enraciné en Afrique du Nord, conquérant espace et usage dans la vie quotidienne des habitants. Ses capacités nutritives et thérapeutiques en sont largement à l'origine de cette aura (EL-Bouzidi, 2002). Le figuier est considéré comme le plus ancien arbre cultivé, après la découverte, dans la vallée de Jourdain en Palestine de neuf figes parthénocarpiques, c'est-à-dire ne produisant pas de graines et dont la culture nécessitait l'intervention de l'homme, en recourant aux boutures. Ces figes dateraient de 11400 ans (Kislev et al., 2006).

Le figuier, connu à Babylone et tout le Proche Orient dès le III<sup>e</sup> millénaire, les Ancêtres des Sumériens le cultivaient. Les Égyptiens, il y a 5000 ans de cela, considéraient la fige comme un présent des dieux, ce que montrent les chapelets de figes retrouvées à Saqqah, dans la tombe d'un Pharaon de la XIX<sup>e</sup> dynastie (EL-Bouzidi, 2002).

Pour la mythologie grecque, le figuier était un don de Déméter, déesse de la fertilité et des moissons. Pour protéger ce fruit « *plus précieux que l'or* », les Grecs en interdisaient l'exportation. Ils donnaient aux athlètes olympiques les figes comme aliment énergétique et comme « médaille » pour les vainqueurs (Vinson, 1999 ; Chawla et al., 2012).

Le figuier n'était pas inconnu des Romains, la légende veut que Romulus et son jumeau Remus, fondateurs de Rome, fussent allaités par une louve à l'ombre... d'un figuier, une légende qui voua dès lors un véritable culte à l'arbre (EL Bouzidi 2002).

Les religions monothéistes ont revêtu le figuier d'un aspect sacré. Chez les Hébreux, les figes font partie du trésor que Moïse a promis à son peuple une fois arrivé en Terre promise. Dans le premier Livre de la Bible, la Genèse, c'était de feuilles de figuier qu'Adam et Ève se firent des habits après avoir désobéi à l'ordre interdisant de manger le fruit de l'Arbre interdit (El Bouzidi 2002).

Dans le saint Coran, le figuier est gratifié de toute une sourate, *Atteen*, où le Seigneur jure : « *Par le figuier et l'olivier !* » (Coran 95 :1), ce qui a contribué à le sacraliser dans la société musulmane. La superstition n'est pas du reste, ses rites de labour font enterrer des figes sèches dans le premier sillon, escomptant ainsi une bonne récolte. Pour des soucis de

fécondité, la jeune mariée recevait ainsi des figues sèches placées dans un tamis lors de son arrivée au domicile conjugal (Chaker, 1997).

## I-2- L'oigine

Le figuier est présumé être originaire du Proche-Orient, au sud de la mer Caspienne, en Asie mineure, Transcaucasie, Turkménistan, Iran, berceau des premières civilisations agricoles, des spécimens sauvages y ont été localisés (Leroy, 1968). Les Carthaginois (IX<sup>e</sup> au II<sup>e</sup> siècle av. J-C.) ont été les premiers à le répandre en Afrique du Nord. Les Romains, par la suite, étendirent considérablement son aire en le plantant sur tout le pourtour de la méditerranée (Padilla, 2003).

## I-3- La description botanique

### I-3-1- La taxonomie

Le figuier appartient au genre *Ficus*, regroupant plus de 800 espèces différentes, caractérisées par une très large diversité génétique (Woodland, 1997). La seule espèce qui produit des fruits comestibles est le figuier commun appartenant à l'espèce *ficus carica* (figure 01). En taxonomie, le figuier est classé comme suit (Bakshi et *al.*, 1999) :

Règne : *Plantae*.

Sous-règne : *Tracheobionta*.

Super-division : *Spermatophyta*.

Division : *Magnoliophyta*.

Classe : *Magnoliopsida*.

Sous-classe : *Hamamelidae*.

Ordre : *Urticales*.

Famille : *Moraceae*.

Genre : *Ficus*.

Espèce : *Ficus carica* L. (1753).



**Figure 01** : Morphologie du figuier (*Ficus carica* L)

### I-3-2- La morphologie

Le figuier, en culture, est un arbre buissonnant de 1,5 à 5 mètres de haut, mais qui peut dépasser 10 m en croissance libre, qui se reconnaît aisément à son port évasé et grossier avec plusieurs branches de propagation à la base d'un tronc court (Leroy, 1968). L'écorce des rameaux est grise, plus au moins rugueuse, portant des bourgeons peu ou pas velus constitués de deux stipules couvrant une dizaine d'ébauches de feuilles (Vidaud, 1997). Le système racinaire présente généralement une propagation considérable mais il est peu profond. Les feuilles sont caduques d'un vert sombre, en position alternée sur les branches, portées par des pétioles longs de 5 à 12 cm. Le limbe se présente sous des formes et tailles variables, généralement ovale, à (4) 5-15 (20) cm de long sur (3,5) 5-15 (18) cm de large. Le limbe peut être non divisé (une seule pièce) ou palmatilobé plus ou moins profondément (3 à 5 lobes), avec un contour ondulé ou irrégulièrement denté ; la face supérieure est modérément velu alors que les poils de la face inférieure se localisent sur les nervures latérales (Starr et al., 2003). Dans toutes les parties du figuier circule une sève blanche laiteuse, le latex, à caractère irritant pour la peau à cause de son contenu enzymatique essentiellement constitué d'une protéase appelée « ficine » (Chawla et al., 2012).

### I-4- La biologie du figuier

La biologie florale du figuier est d'un extrême intérêt, car elle porte sur des mécanismes de fécondation et d'adaptation particulièrement complexes et précis (Leroy, 1968). Les figuiers de l'espèce *Ficus carica* sont dioïques, c'est-à-dire que les fleurs unisexuées mâles et les fleurs unisexuées femelles sont portées par deux arbres différents. Mais les figues présumées être mâles contiennent aussi des fleurs femelles à l'intérieur ; ainsi, le figuier est morphologiquement monoïque et fonctionnellement dioïque. Il est essentiel de savoir que lorsque les fleurs femelles des caprifiguiers sont mûres, au moment de la réceptivité de la figue, les fleurs mâles sont encore à l'état d'ébauche, mais lorsque ces dernières atteignent la maturité et leurs étamines capables de libérer le pollen, les fleurs femelles terminent leur développement en galles et sont sur le point de libérer les insectes pollinisateurs (Garrone et al., 1998).

#### I-4-1- Le figuier mâle

Les figuiers mâles ou caprifiguiers ou, appelés « Dekkar », connus à l'état sauvage comme les premiers arbres cultivés, produisent des fruits non comestibles utilisés seulement pour la pollinisation. Les caprifigues contiennent des fleurs mâles productrices de pollen situées tout

autour de l'ostiole et des fleurs femelles à styles courts (brévistyles) importantes pour la reproduction de l'insecte pollinisateur (Vidaud, 1997).

#### **I-4-2- Le figuier femelle**

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

#### **I-4-3- Le blastophage**

Le pollinisateur de *Ficus carica* est un insecte minuscule, un *Hyménoptère* de l'ordre des *Chalcoideae* et la famille des *Agaonideae* : le blastophage ou *blastophaga psenes* L. Le figuier ne peut être pollinisé naturellement que par le blastophage et celui-ci ne peut pas se reproduire en dehors des fructifications du figuier ; ils s'associent en une véritable unité symbiotique. Chaque espèce de *Ficus* possède un pollinisateur spécifique appartenant à la même famille des *Agaonideae* ; il existe autant d'espèces de pollinisateurs que d'espèces *Ficus*. Chez les blastophages, le dimorphisme sexuel est très prononcé, le mâle et la femelle sont morphologiquement différents. L'insecte remplissant le rôle de pollinisateur est la femelle. Elle mesure environ 2 mm de long, noire, ailée, munie d'un ovipositeur qui lui permet de pondre et ayant, à peu près, la même longueur que le style des fleurs femelles brévistylées des caprifigues. Le mâle est plus petit que la femelle, jaunâtre et sans ailes (Garrone et al., 1998).

### **I-5- La figuiculture en Algérie**

#### **I-5-1- La surface cultivée**

Environ 380 000 ha de surface agricole totale, dans le monde, est destinée à la culture de figuier (FAO STAT, 2013). Selon les données les plus récentes, le Portugal est le premier pays qui consacre plus de 80 000 ha à la culture du figuier, ce qui représente environ 22% de la surface mondiale cultivée (**tableau I, voir Annexe 1**). L'Algérie, placée en quatrième position, derrière la Turquie et le Maroc, présente 12% de la surface mondiale cultivée, équiva-

lente à 46000 ha environ. Les six premiers pays contribuent à hauteur de 70% de la surface mondiale cultivée de figuiers.

### **I-5-2- Le rendement**

Bien que la surface consacrée à la culture de figuiers soit considérable en Algérie, le rendement avancé par la FAO (2013) est faible. Il est d'environ 2 tonnes/ha, ce qui place l'Algérie à la 38<sup>e</sup> position. Les meilleurs rendements reviennent à Chypre (27 t/ha), Ouzbékistan (20 t/ha) et la Colombie (17 t/ha). Quant à l'Égypte, l'Italie et la Turquie, les rendements sont respectivement de 5,8 ; 5 et 4,4 t/ha (FAO STAT, 2013).

### **I-5-3- Les problèmes liés à la culture du figuier**

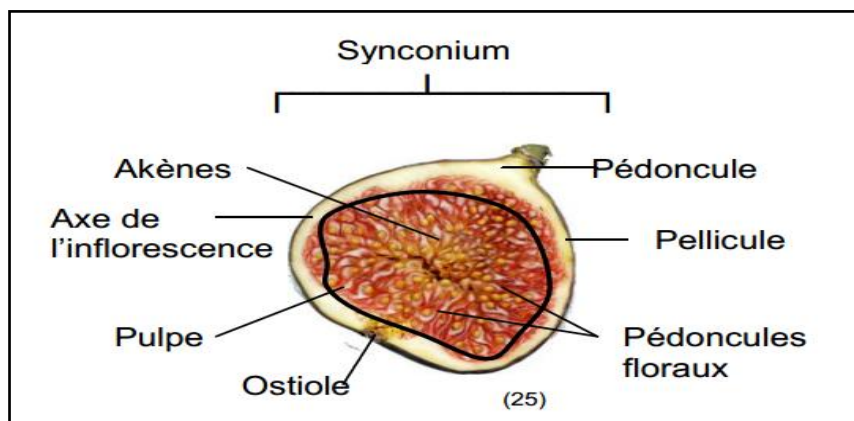
En 1950, on dénombrait dans la région de Bejaia plus de 6 millions de figuiers (Anonyme, 2005). La fréquence des incendies les a réduits à un million, en grande partie vieilliss et peu productifs. Quant aux exportations, il ne reste plus que les quelques kilos vendus dans des foires internationales. Les causes de cette baisse sont nombreuses car la figuiculture est conditionnée par plusieurs contraintes :

- Manques de moyens, matériels et non maîtrise des techniques culturales par les jeunes agriculteurs ;
- Vieillesse des vergers ;
- Changement des habitudes alimentaires ;
- Insuffisance d'études et de travaux de recherche dans le domaine de la figuiculture.
- Changements climatiques.

## **II- La figue**

Le fruit du figuier, la « figue », pousse à l'aisselle des feuilles, solitaire ou par paire, sessile ou accrochée à un pédoncule (jusqu'à 3 cm de long) et se présente sous différentes formes et tailles (Lim, 2012). Bien que considéré comme fruit, le syconium de figuier n'est, en réalité, que l'inflorescence de ce dernier se présentant sous forme de bourse creuse tapissée de minuscules fleurs et qui, après maturation, se transforme en une structure charnue renfermant 30 à 1600 graines « akènes » à l'intérieur, les vrais « fruits » (Brien et Hardy, 2002 ; Chawla et *al.*, 2012). Toute communication des fleurs avec l'extérieur se fait par l'ostiole, ouverture apicale étroite formée par 4 à 5 rangs de bractées (Leroy, 1968 ; Lim, 2012).

Plus de 700 variétés de figues comestibles sont identifiées à travers le monde (Hasselein et Oreiller, 2008). Les critères de classification (descripteurs) ont été bien définis par l'Institut international des ressources génétiques des plantes (IPGRI) en 2003, sur base des travaux d'Aksoy (1994). Selon l'IPGRI, 31 descripteurs au minimum sont considérés hautement discriminants (forme de la feuille et du fruit, nécessité de pollinisation, poids, couleur, hauteur et diamètre des fruits, largeur de l'ostiole, facilité d'épluchage, présence de craquelures sur la peau, etc.). La figure suivante représente les caractéristiques morphologiques de la figue :



**Figure 2:** caractéristiques morphologiques de la figue (Haesslien et Oreiller, 2008)

**II-1- La composition et valeur nutritive****Tableau II :** Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (composition moyenne pour 100 g net\*) (Ciquel-Cneva, 1993).

Constituants	Figue Fraiche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54,0	224,0
Eau (g)	79,5	25,0
Glucides (g)	13,0	53,0
Protéines (g)	0,90	3,2
Lipides (g)	0,2	1,2
Fibres alimentaires (g)	2,3	8,0
Vitamine C : acide ascorbique (mg)	5,0	1,0
Provitamine A : carotène (mg)	0,046	0,08
Vitamine B1 : thiamine (mg)	0,05	0,08
Vitamine B2 : riboflavine (mg)	0,05	0,09
Vitamine PP : niacine (mg)	0,46	0,80
Vitamine B5 : acide pantothénique (mg)	0,30	0,44
Vitamine B6 : pyridoxine (mg)	0,11	0,22
Calcium (mg)	60,0	160,0
Potassium (mg)	232	770,0
Sodium (mg)	3,0	14,0
Phosphore (mg)	23	71,0
Magnésium (mg)	18	62,0
Fer (mg)	0,78	2,5

\* Il s'agit d'une composition moyenne donnée à titre indicatif : les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture, etc.



## II-2- L'utilisation thérapeutique de la figue

La fonction principale d'un figuier est de produire de délicieux fruits, nourrissants à l'état frais ou sec, ou en faisant partie d'une préparation salée ou sucrée. Consommée crue, la figue a un effet laxatif, diurétique, anti-inflammatoire, hypo-cholestérolémique, antidiabétique, anticancéreuse et immuno-modulatrice (Chawla et *al.*, 2012). La figue fraîche traite l'anémie et les troubles hépatiques, soigne la toux irritante et les bronchites (Kahrizi et *al.*). La pulpe soulage la douleur, traite les aphtes et les abcès gingivaux. La figue sèche associée à l'acide acétique est utilisée pour soigner gonflements et tumeurs (Lansky et Paavilainen, 2011). Les figues sèches en pâte traitent les brûlures et l'eczéma, soulagent les hémorroïdes et les crampes abdominales (Lansky et Paavilainen, 2011). Les fruits séchés en décoction soignent la rougeole et la variole (Lansky et Paavilainen, 2011). Le jus du fruit mélangé avec le miel contrôle l'hémorragie (Patil et Patil, 2011).

## II-3- La valorisation de la figue

La transformation de la figue pour la production de produits à base de celle-ci, est considérée comme une initiative positive pour sa valorisation. Ces produits à base de figues sont beaucoup plus fabriqués artisanalement que par procédé industriel, et parmi ces produits on a :

- La figue sèche.
- La figue sèche fourrée ou enrobée de chocolat noir.
- Les gâteaux à base de figues.
- Le café de figue.
- Le miel de figue.
- La confiture de figue.
- La pâte de figue.
- Le vinaigre de figue.

## III- La production des figues dans le monde

La production mondiale de figues est estimée à plus d'un million de tonnes par an (FAO STAT, 2013). Cette production est largement basée sur la figue sèche, plus résistante et mieux conservable. Plus de 70% de la production mondiale est assurée par les six premiers pays producteurs (**tableau III, voir Annexe 1**). La Turquie, à elle seule, assure environ le quart de la production mondiale de figue avec plus de 260 000 tonnes en 2011. Dans la même année,

l'Algérie détient la troisième plus grande production mondiale. Elle représente environ 11% avec plus de 120 000 tonnes.

Cette production a diminué de 1175219 tonnes en 2009 à 1111946 tonnes en 2010 pour atteindre 1101697 tonnes en 2011. Alors que la production de figue en Algérie a augmenté considérablement, de 83801 tonnes en 2009 à 123763 tonnes en 2010, améliorant ainsi sa position de la quatrième place à la troisième, une année après elle accusa une réduction d'environ 3000 tonnes.

## **IV- La production des figues en Algérie**

### **IV-1- La production nationale**

La production de figues en Algérie, est aussi importante que la production de la datte et des agrumes. Le figuier se rencontre en petites plantations un peu partout au nord de l'Algérie ; à Oran, aux environs de Mostaganem, Mascara, à Constantine, mais 80% des arbres producteurs sont concentrés dans les régions de Tizi-Ouzou et Bejaia.

Pour cette raison, il est d'usage de s'attacher plus spécialement à l'étude de figueraies kabyles qui forment le fond de la production algérienne (Anonyme, 2005). La culture du figuier est spécifiquement développée dans la région de la Kabylie où se rassemblent les conditions socioculturelles favorables. Il n'en reste pas moins que le facteur climatique, caractérisé par une abondante pluviométrie en automne représente un sérieux problème pour les stations de séchage qui sont généralement traditionnelles. La production de figues sèches est donc peu compétitive (qualité moindre) et nécessite l'amélioration des conditions de production et l'installation de séchoirs modernes si une activité d'exportation est visée.

### **IV-2- Production à Bejaia**

La wilaya de Bejaia consacre une superficie de 68 300 ha pour la plantation d'arbres fruitiers, répartie d'une manière inégale. La plus grande portion (75%) est réservée à la plantation d'oliviers, suivie par la culture de figuiers qui occupe 16% et les 9% restants de la superficie totale arboricole sont partagés entre les agrumes et les fruits à noyaux et pépins (DSA, 2013).

Les données de la Direction des services agricoles de la wilaya de Bejaia montrent une diminution progressive de la surface occupée par les figuiers (**tableau IV, voir Annexe 1**) du-

rant les cinq dernières années (de 2008 jusqu'à 2012). Il est intéressant de noter que la production est plus orientée à la consommation à l'état frais plutôt qu'à l'état séché.

Le rendement de la production de figues, plus spécifiquement à Bejaia, n'est en réalité que de quelques quintaux par hectare (DSA, 2013) ce qui est loin de la valeur théorique (20 qx/ha) avancée par la FAO (2013). La principale cause de ce constat est la faible densité de plantation dans la région, moins de 50 plantations/ha, généralement associées à des oliviers.

*Chapitre II*  
*«Le vinaigre»*

## I- Le vinaigre

### I-1- La définition

Le vinaigre est un vin rendu aigre par développement de bactéries acétiques. Par extension, est appelé *vinaigre* tout produit obtenu par fermentation acétique des boissons ou de dilutions alcooliques. Pour la législation française, la dénomination du vinaigre est réservée au produit obtenu par fermentation acétique de boissons ou de dilutions alcooliques et renfermant au moins 6% d'acide acétique (Décret du 28 mars 1924). La fabrication du vinaigre est due aux bactéries acétiques du genre *Acetobacter* (Guiraud, 1989).

Selon le Codex Alimentarius, le vinaigre est un liquide, pour la consommation humaine, produit exclusivement à partir de produits adaptés contenant de l'amidon et / ou de sucres par le procédé de double fermentation, la première alcoolique, puis acétique. Le vinaigre contient de l'acide acétique et peut contenir aussi des ingrédients facultatifs.

### I-2- La composition physico-chimiques du vinaigre

Le tableau ci-dessus représente les composés essentiels du vinaigre :

**Tableau V : La composition du vinaigre (Ciquel, 2013)**

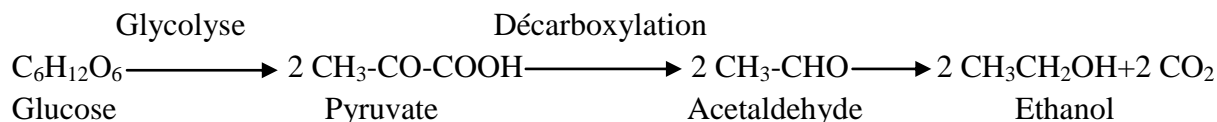
Composition	Quantité (g/100g)
Protéines	0.133
Glucides	0.680
Lipides	0.150
Alcool	0.667
Humidité	92.9
Cendres	0.062

## II- La bio-production du vinaigre

La bio-production du vinaigre passe par deux types de fermentations :

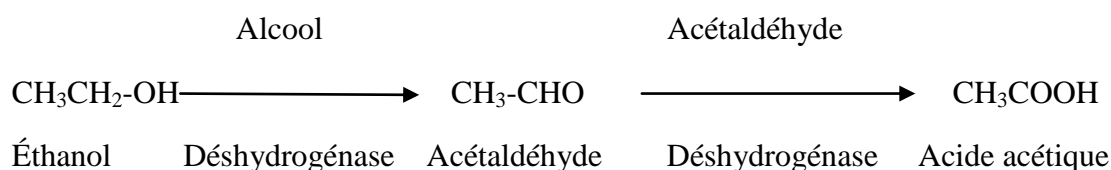
### II-1- La fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique se déroule en milieu anaérobie. Elle est assurée par des levures du genre *Saccharomyces*. Elle est principalement basée sur la transformation des sucres, essentiellement le glucose et le fructose, qui pénètrent dans la cellule de la levure par diffusion facilitée et subissent une phosphorylation aboutissant à la fin de la fermentation à l'alcool éthylique, mais aussi sur la production de différents composés qui accompagnent cette production alcoolique, et jouant un rôle organoleptique majeur sur la qualité du produit (Bougeois et Larpent 1996). La réaction se déroule selon l'équation suivante :



## II-2- La fermentation acétique

La fermentation acétique assurée par les acétobacters qui oxydent l'éthanol en acide en présence d'oxygène. Elle met en jeu des déshydrogénases membranaires liées à des cytochromes (La Fourcade, 1979), selon la réaction suivante:



## III-Quelques types de vinaigre

Il existe différents types de vinaigre, selon le substrat utilisé dans leur fabrication.

### III-1- Le vinaigre de vin

Le vinaigre de vin est un produit constitué de solution aqueuse riche en acide acétique, il résulte d'une fermentation acétique spontanée ou imposée de vin (Bongnou, 1988). Le vinaigre de vin est un vinaigre de couleur blanc jaunâtre ou rouge suivant la couleur du vin dont il provient. Il est d'une odeur agréable. L'odeur est d'autant plus développée lorsque le vinaigre est conservé longtemps en fût avant d'être servi à la consommation. La saveur est de fabrication acide et ne produit pas de sensation désagréable à la langue (Clavet, 1912).

### III-2- Le vinaigre de cidre et de poiré

Vinaigre provenant de l'acétification du cidre et du poiré, il est de couleur jaunâtre, riche en matière pectiques dont la saveur est fortement acide (Clavet, 1912).

### III-3- Le vinaigre de glucose

Ce type de vinaigre est obtenu par acétification d'un liquide alcoolique provenant de la fermentation d'une solution de glucose commercial, son acidité oscille entre 42 et 60,50% (clavet, 1912).

### III-4- Le vinaigre de riz

Le vinaigre de riz est obtenu après hydrolyse de l'amidon de riz et fermentation alcoolique

(Diviees, 1989).

### **III-5- Le vinaigre de bois d'acide acétique**

Il s'obtient par dilution d'acide acétique à haut degré. Il se désigne sous le nom d'essence de vinaigre avec une quantité d'eau suffisante pour abaisser son titre à 8° environ (Clavet, 1912).

### **III-6- Le vinaigre de bière**

Il est produit à partir d'une bière spéciale ne contenant pas de houblon, il se nomme aussi vinaigre de malt (Clavet, 1912).

## **V- L'utilisation du vinaigre**

Au Moyen Âge et dans l'Antiquité, le vinaigre était d'usage plus répandu qu'aujourd'hui. Sans doute a-t-il été le premier antibiotique connu par l'homme. Il est utilisé pour le traitement de certaines maladies internes ou externes telles que la lèpre, la peste et les morsures de serpents ainsi que le soin des plaies comme il a été utilisé pendant la première guerre mondiale pour limiter la propagation du scorbut (Alani Salah, 1982 in Boughnou, 1988). Il est utilisé soit comme condiment, soit comme milieu de conservation pour la conservation des viandes, poissons, fruits de saison et épices (Divies, 1979), les concombres, les cornichons (Botton et *al*, 1990) en raison de son acidité.

Non seulement que le vinaigre est un conservateur, mais encore étendu comme boisson. Il était pendant longtemps le seul breuvage des soldats romains (Borraï, 1963).

# *Partie expérimentale*



# *Matériel et méthodes*

## Matériel et méthodes

### I-Matériel végétal

L'étude porte sur trois échantillons de figes (fraîche et deux sèches), récoltées à la région de Beni-Maouche, Bejaia.

- Échantillon 1 : figes fraîches (Azandjar).
- Échantillon 2 : figes sèches (Azandjar).
- Échantillon 3 : figes sèches (Taamriwth).



Échantillon 1



Échantillon 2



Échantillon 3

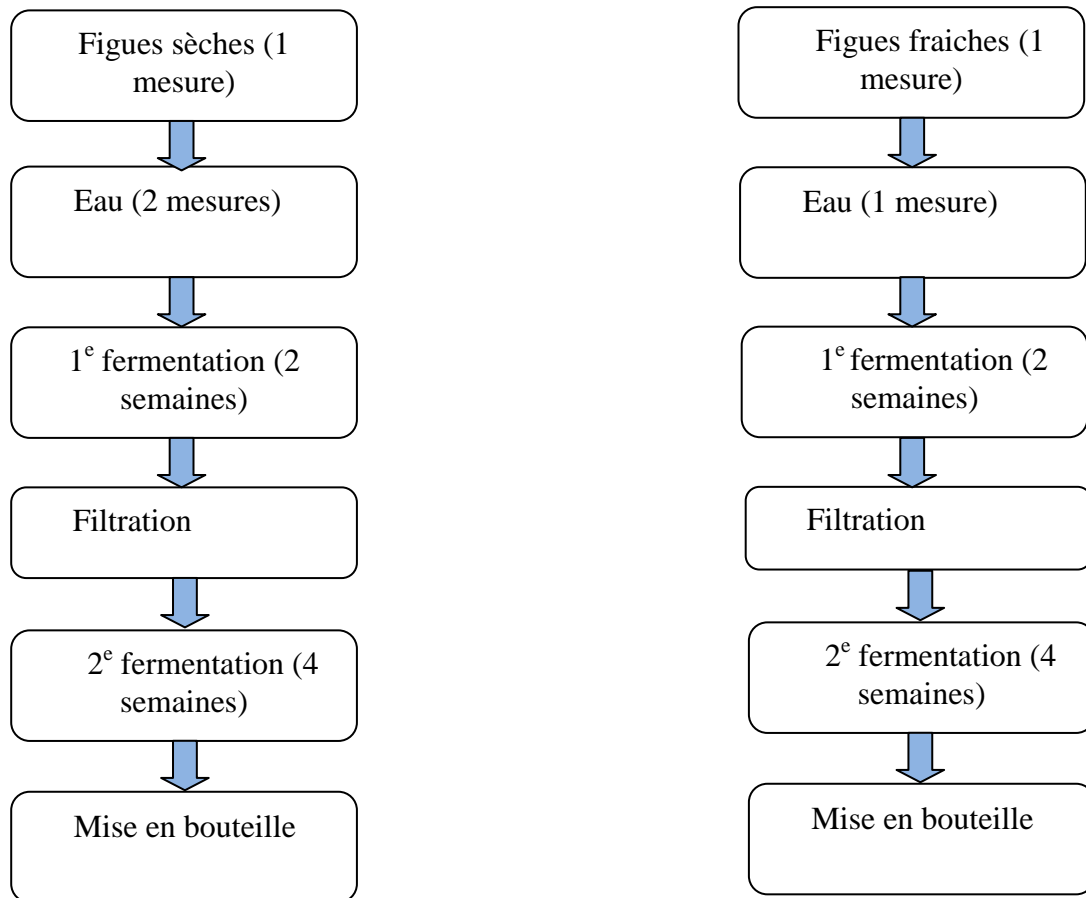
**Figure 3 :** Les différentes figes utilisées.

### II- L'élaboration du vinaigre de figes

Bien qu'il s'agisse d'une double fermentation, le procédé utilisé diffère de la production industrielle. En effet, les deux réactions biotechnologiques se déroulent simultanément, bien que les exigences des organismes unicellulaires intervenant diffèrent en matière d'oxygène (Divies, 1987). La technique d'élaboration de ce vinaigre est artisanale, elle dote le vinaigre élaboré d'avantages organoleptiques et thérapeutiques que l'on ne retrouve pas dans le vinaigre industriel commercialisé (Arab et Guezzoun, 2003). Après triage et broyage des figes, on prend une mesure de celles-ci, on ajoute deux mesures d'eau de source pour la fige sèche et une seule mesure pour la fige fraîche, le tout sera alors mis dans des flacons et laissés à 40 jours à température ambiante.

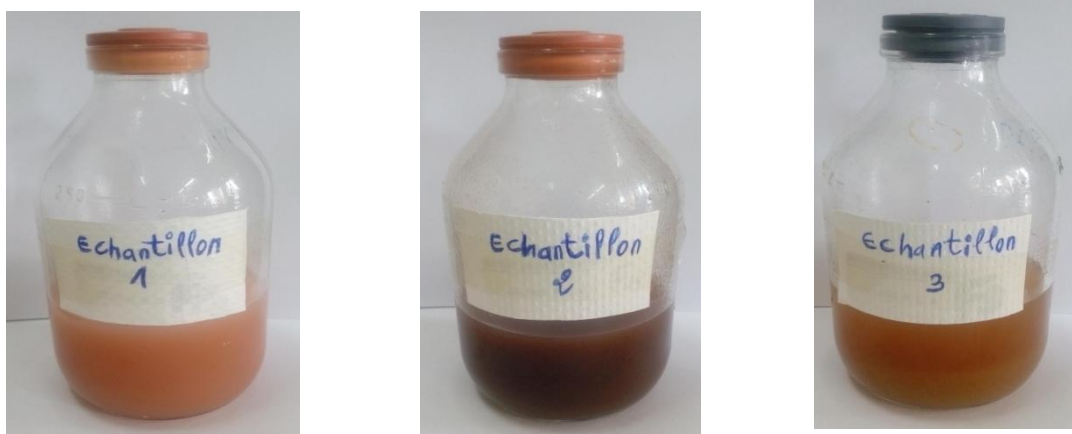


**Figure 4:** flacons du mélange «broyat de fige + eau ».



**Figure 5:** techniques d'élaboration du vinaigre de figue (Ilkin yucel Sengun, 2013)

Après remplissage, on a obtenu les vinaigres suivants :



**Figure6 :** les différents vinaigres élaborés.

### III-Analyses physico-chimiques

#### III-1- Le taux d'humidité

Pour la détermination du taux d'humidité, nous avons prélevé 4g de l'échantillon puis séchés à l'aide d'un dessiccateur infrarouge. Le taux d'humidité est indiqué en pourcentage sur le dessiccateur.

#### III-2- La mesure du pH

1g de l'échantillon auquel sont additionnés 20 ml d'eau distillée, après agitation pendant 33 min à l'aide d'un agitateur magnétique, avec la sonde du pH-mètre est plongée dans la solution. La valeur de ph est déterminée.

#### III-3- La mesure de l'acidité titrable

Après extraction des acides à partir de la solution de 10% de l'échantillon dans de l'eau distillée, l'acidité est titrée en utilisant de la soude (0,01 N) jusqu'à obtenir un pH de 8,1 (ISO 750,1998) les résultats sont exprimés en g d'acide citrique par 100g de figue, en utilisant la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (g /100g)} = \frac{C_{NaOH} \times V_{NaOH} \times 0,064}{Prised'essai} \times 100$$

#### III-4-Dosage des sucres totaux

Les sucres sont extraits en utilisant de l'éthanol 80% suivant la procédure de (Kader et al, 1993). Une aliquote de 0,1g de l'échantillon est mélangée avec 15 ml de solvant puis incubée au bain-marie a 95° C pendant 15 min. Le surnageant est récupéré par centrifugation à 5000rpm/10 min.

La teneur en glucides est déterminée par la méthode de (Dubois et al, 1956). Un volume de 0,3 ml de surnageant est mélangé avec 0,3 ml de phénol (5% m/v) et 1,5 ml d'acide sulfurique concentré. Après incubation à 150°C durant 5 min, l'absorbance est mesurée à 490 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent par 100g de matière sèche (MS) en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec du glucose (Figure 1, voir Annexe 2).

### III-5-Détermination des composés phénoliques

#### ❖ Préparation des extraits :

0,2 g de la pâte de figue sont introduits dans un tube puis 10 ml d'acétone (60%) sont additionnés. Ce tube est incubé dans un bain-marie à 40 ° C pendant 2 heures. Le mélange a été centrifugé à 2250 tpm/10 min puis filtré (Bachir Bey et al., 2013).

#### ❖ Dosage des composés phénoliques totaux

Les polyphénols totaux de l'extrait ont été mesurés en suivant la méthode du réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). 750 µl de réactif de Folin-Ciocalteu et 400 µl de carbonate de sodium 7,5% ont été ajoutés à 200 µl de l'extrait. Le mélange a été agité au vortex et laissé à l'obscurité pendant 90 min. L'absorbance a été mesurée à 720 nm.

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en mg d'équivalent d'acide gallique (EAG)/100 g de MS en utilisant une courbe d'étalonnage (Figure 2, voir Annexe 2).

## IV- Analyse microbiologique

### IV- 1- Préparation des dilutions

1 g d'échantillon est additionné à un flacon contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, la solution est homogénéisée à l'aide d'un vortex puis commence la préparation des dilutions.

1 ml de la solution-mère ( $10^{-1}$ ) est prélevé à l'aide d'une micropipette stérile, introduits ensuite dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile (dilution  $10^{-2}$ ). À partir de cette dilution sont préparés les autres dilutions décimales jusqu'à  $10^{-7}$  (Guiraud et Rosec, 2004 ; Dellarras, 2007).

### IV-2- Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

La FTAM, indicateur d'hygiène important, elle permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité formant colonie) présent dans un produit. Les germes aérobies sont dénombrés sur gélose PCA (Plat Count Agar).

À partir de la solution-mère et des dilutions préparées, sontensemencée dans la masse successivement dans des boîtes de pétri. Un volume de 100 µl de différentes dilutions est mis dans des boîtes de pétri puis une couche de gélose PCA y est additionnée. Après incubation à 30°C pendant 72 h, les colonies sont comptées (de 30 à 300 colonies).

### **IV- 3-Dénombrement des levures et moisissures**

Les levures et les moisissures sont dénombrées sur gélose PDA (pomme de terre dextrose Agar). Un volume de 1 ml estensemencé à partir de la solution-mère et les différentes dilutions mises dans des boites de pétri, une couche de gélose PCA est ajoutée, le tout incubera à 30°C pendant 4 jours (NF ISO 7218).

### **V- Analyse hédonique**

Dans le but de réaliser une évaluation sensorielle des vinaigres, nous avons opté uniquement à une analyse hédonique vue que pour réaliser une analyse qualitative et quantitative (analyse sensorielle) il est nécessaire de l'effectuer auprès d'un jury expert des vinaigres, ce qui n'est pas disponible à notre niveau.

L'analyse hédonique consiste à appréhender l'appréciation d'un produit, son acceptabilité, auprès d'un échantillon de consommateurs naïfs. Ceux-ci donnent une évaluation de produits testés en se basant uniquement sur les caractéristiques sensorielles(olfactives, gustatives, visuelles) des produits (Kergoat et al., 2010).

L'objectif de la réalisation de cette analyse est de déterminer lequel des quatre échantillons de vinaigre préparé, est le mieux apprécié par l'échantillon de consommateurs de l'étude et quelle est la caractéristique la mieux appréciée de ces vinaigres.

#### **V- 1-Codage des échantillons**

Les quatre échantillons de vinaigre sont codés comme suit :

A : Échantillon 1 : vinaigre de figues fraîches (Azandjar).

B : Échantillon 2 : vinaigre de figues sèches (Azandjar).

C : Échantillon 3 : vinaigre de figues sèches (Taamriwth).

D : Échantillon 4 : vinaigre commercial (vinaigre balsamique à saveur de figue).

#### **V- 2- Mise en place du questionnaire**

Pour la réalisation du questionnaire, nous avons choisi les attributs suivants :odeur, couleur, sensation en bouche et saveur. Les participants sont invités à cocher leur préférence par rapport aux attributs cités, puis donnent une note de préférence aux 04 échantillons sur une échelle de 1 à 9 (Voir annexe 3).

### **V- 3- Les sujets**

100 sujets naïfs (non avertis) sont répartis en deux catégories de sexe masculin et féminin sont composés d'enseignants et d'étudiants de l'Université A. MIRA de Bejaïa.

### **VI- Traitement des résultats**

Les résultats obtenus pour l'analyse physico-chimique et microbiologique ont été traité par le logiciel XL, et les différences significatives ont été déterminées par le logiciel STATISTICA.

Les résultats obtenus pour l'analyse hédonique ont été traité par le logiciel XLSTAT-MX qui est un logiciel de statistiques et d'analyse de données développé depuis 1993. Ce logiciel est utilisé afin d'analyser les données sensorielles en utilisant la cartographie des préférences et autres méthodes similaires qui renseignent sur le comportement des consommateurs afin d'identifier des leviers d'amélioration des produits (Addinsoft, 2007).

*Résultats et  
discussions*

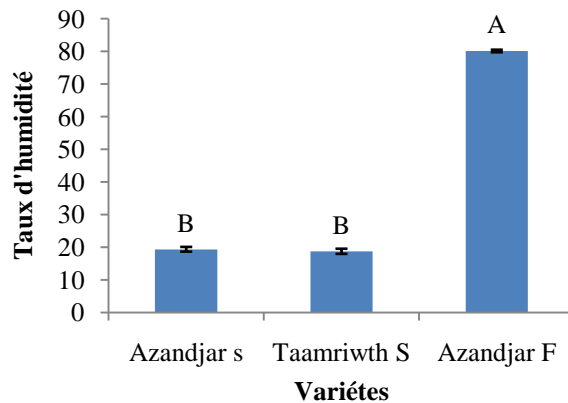


## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### I- Caractères physico-chimiques de la matière première (figue)

#### I-1- Taux d'humidité

La figure ci-dessus représente le taux d'humidité des différents échantillons de figues étudiées.



**Figure 7 :** Taux d'humidité des variétés de figues étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats de figues qui portent des lettres latines différentes sont significativement différents : LSD,  $p < 0,05$ , avec  $A > B > C$ .

La teneur en eau de la variété Azandjar fraîche (AF) est de  $80,10 \% \pm 0,39$  ET. Les deux variétés de figues sèches Azandjar (AS) et Taamriwth (TS) présentent une humidité de  $19,33 \pm 0,73$  et  $18,78 \% \pm 0,79$  respectivement.

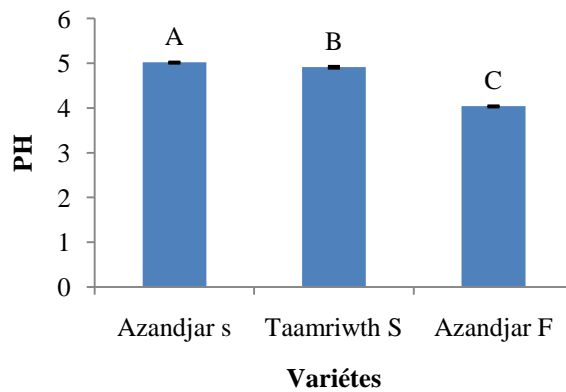
Nos résultats sont compris dans l'intervalle de valeurs décrit par Fevier *et al.* (1993), qui est de 72,0 à 80,0 % pour la figue fraîche, de 16,0 à 30,2 % pour la figue sèche, alors qu'Alaskari *et al.*, (2012) ont obtenu des pourcentages d'humidité variant entre 20,1 à 23,1. La teneur moyenne en eau rapportée par Lim (2012) est de 79,1% pour la figue fraîche et celle de la figue sèche est égale à 30,05 %, alors que l'humidité notée par Piga *et al.* (2004) est de 74,54 % et 13,57 %, pour les figues fraîches et sèches, respectivement.

Bien que nos résultats restent dans les intervalles décrits par la littérature, les différences entre les taux d'humidité peuvent être la conséquence des propriétés génétiques des différentes variétés, des conditions environnementales de croissance des figuiers ou bien des techniques culturales (Şimşek et Yildirim, 2010). Concernant les figues sèches, l'humidité des fruits dépend également des techniques de séchage utilisées (UNECE, 2004).

## I-2- Le pH

Le pH est un important paramètre pour le contrôle de la qualité des denrées alimentaires. C'est un critère de classification des fruits et légumes et tient un rôle limitant dans leur conservation. En effet, un produit acide est mieux protégé contre les altérations biologiques et enzymatiques, comparé à un produit à pH neutre (Meziant, 2014).

La figure suivante représente les valeurs de pH mesurées pour la figue fraîche Azandjar, et aussi pour les figes sèches Azandjar et Taamriwth.



**Figure 8 :** valeur de pH des figes étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats de figes qui portent des lettres latines différentes sont significativement différents : LSD,  $p < 0,05$ , avec  $A > B > C$ .

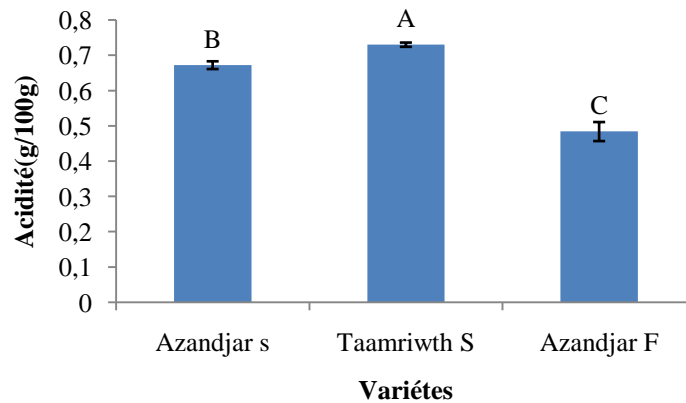
Le pH le plus élevé est observé dans les échantillons AS avec un pH de  $5,01 \pm 0,015$ , suivi de TS avec un pH de  $4,91 \pm 0,023$ . Enfin, le pH le plus faible est rencontré dans AF avec une valeur de  $4,03 \pm 0,015$ .

Le pH de la figue AF est proche des résultats obtenus par Ajlane *et al.*, (2012) et Caliskan et Polat (2008) qui ont enregistré des valeurs de pH entre 4,6 et 5,4 pour les figes de Turquie. Contrairement au résultat relevé sur la figue fraîche, ceux notés sur les figes sèches sont dans l'intervalle trouvé par Al-Askari *et al.*, (2012), de valeurs de pH comprises entre 4,9 et 5,4.

Le caractère légèrement acide de nos échantillons est probablement dû à la présence naturelle d'acides organiques (Wei Xu *et al.*, 2011) comme l'indiquent les résultats d'investigation de l'acidité titrable § (I-3).

### I-3- L'acidité titrable

Les résultats de mesure de l'acidité titrable des variétés de figes sont présentés dans la figure 9.



**Figure 9 :** Acidité titrable des variétés de figes.

Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats de figes qui portent des lettres latines différentes sont significativement différents : LSD,  $p < 0,05$ , avec  $A > B > C$ .

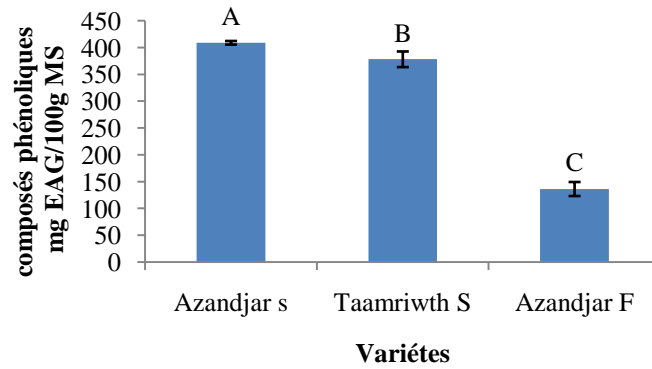
À l'état frais, la variété AF nous montre une acidité de  $0,48 \pm 0,027$  g/100g. À l'état sec, la variété TS est plus acide avec une acidité de  $0,73 \pm 0,006$  g/100g par rapport à la variété AS avec une acidité de  $0,67 \pm 0,011$  g/100g.

Pour la fige fraîche, notre valeur est comprise dans la fourchette des résultats obtenus par Gozlekci (2011), qui a rapporté des acidités variantes entre 0,09 et 0,51 g/100g. Pour la fige sèche, Al-Askari *et al.* (2012) ont obtenu des résultats compris entre 0,26 et 0,38 g/100g. Valeurs inférieures aux résultats obtenus dans la présente étude (0,67 et 0,73 g/100g).

La variabilité de l'acidité peut être due à des caractéristiques génotypiques, la récolte précoce ou tardive des fruits et les conditions écologiques de croissance des figiers (Simsek et Yildirim, 2010).

### I-4- Les composés phénoliques

La figure suivante représente la concentration des composés phénoliques pour chaque variété de fige étudiée.



**Figure 10 :** Teneurs en composés phénoliques pour les différentes variétés de figue.

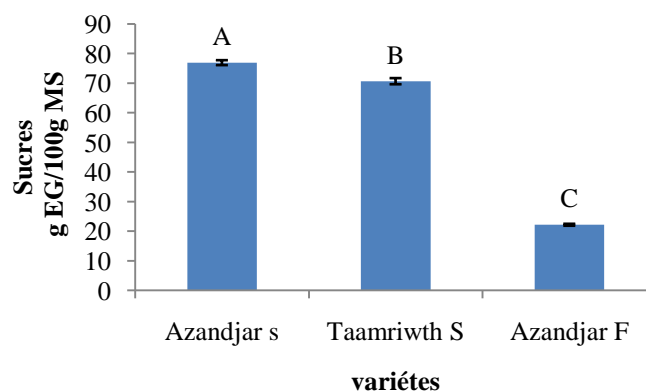
Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats de figue qui portent des lettres latines différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $A > B > C$ .

La concentration la plus élevée a été déterminée pour la variété AS avec une valeur de 409 mg/100g MS  $\pm$  3,4, suivie des deux autres variétés, TS et AF, avec des teneurs de 378,27  $\pm$  14,6 et 136,33  $\pm$  13,1 mg/100g MS respectivement.

Vinson *et al.*, (2005) ont enregistré des teneurs de 486 mg EC/100 g MF (état frais) et de 320 mg/100 g (état sec). Pour la figue fraîche, notre résultat (136,33 mg EAG/100g MS) se situe entre l'intervalle donné par Solomon *et al.* (2006), qui ont enregistré des teneurs entre 49 et 281 mg EAG/100 g MS (extraction au méthanol).

### I-5- La teneur en glucides totaux

La figure suivante représente la teneur en sucres des différentes figues étudiées.



**Figure 11 :** Teneur en sucres totaux des figues.

Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats des figues portant des lettres latines différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $A > B > C$ .

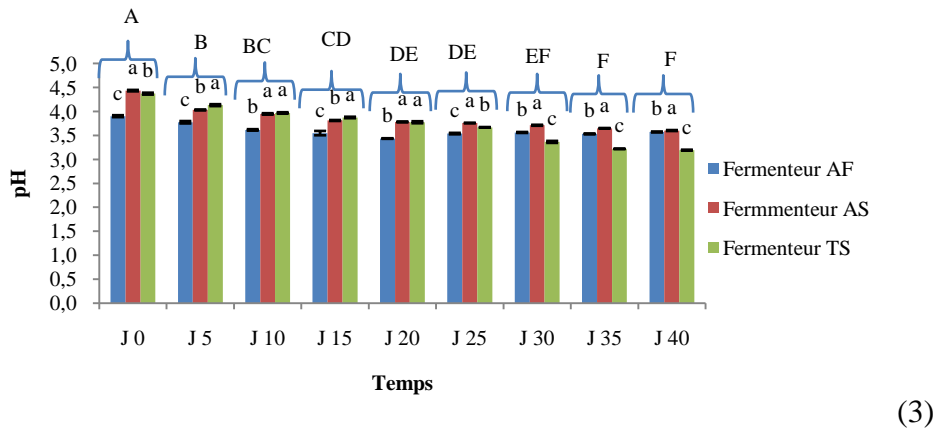
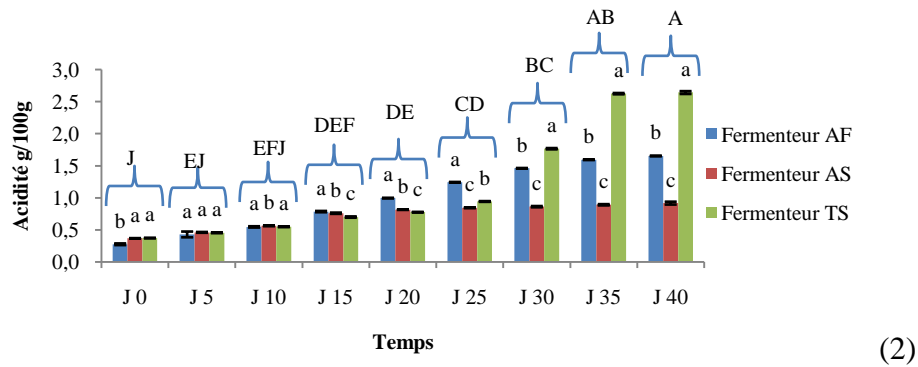
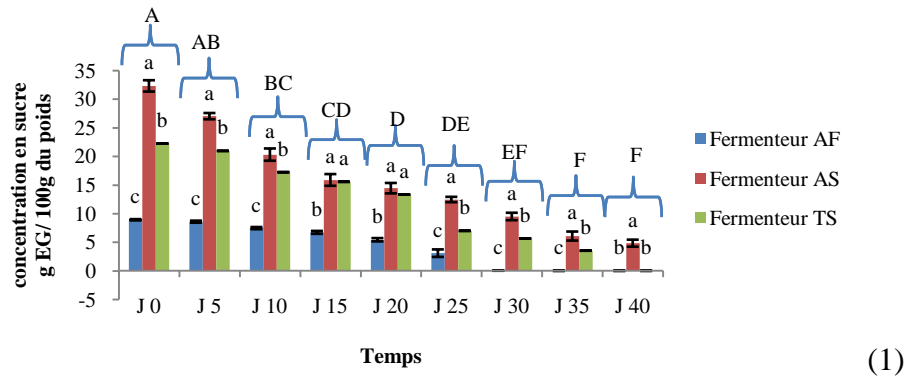
La plus grande teneur en sucre est celle de la variété AS avec une valeur de  $76,92 \pm 0,83$ g EG/100g, suivie de la variété TS avec une concentration de  $70,66 \pm 1,04$  g EG/100g. Enfin, la variété AF offre la teneur la plus basse, soit de  $22,19 \pm 0,33$  g EG/100g.

Les valeurs obtenues dans le présent travail sont comparables aux résultats rapportés dans la littérature. En effet, concernant la figue sèche, plusieurs auteurs rapportent des concentrations allant de 58,2 à 66,16 g/100 g (Vinson 1999 ; Khatib et Vaya, 2010 ; El-Khaloui, 2010 ; Lim, 2012). Pour la figue fraîche, des concentrations allant de 9,8 à 20 g/100g MF sont apportées par plusieurs auteurs (Favier *et al.*, 1993 ; Darjazi, 2011 ; Lim, 2012).

## II- Suivi cinétique de la double fermentation

### II-1- Sucre, acidité et pH

Le suivi cinétique des paramètres : sucres, acidité et pH sont représentés dans la figure ci-dessus.



**Figure 12** : Cinétique d'évolution des paramètres Sucre (1), acidité (2) et pH (3) en fonction du temps.

Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats qui portent des lettres latines minuscules différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $a > b > c$  et les prélèvements qui portent les lettres latines majuscules différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $A > B > C > E > F$ .

La figure 12 (1) retrace l'évolution cinétique des sucres en fonction du temps. Une tendance à la baisse de la concentration des sucres est observée pour l'ensemble des fermenteurs.

En effet, il est noté une diminution de l'ordre de 27,5 g EG/100g pour le FAS. Aussi, un épuisement total des sucres est observé dans les fermenteurs AF et TS respectivement dès le J 30.

La figure 12 (2) représente l'évolution de l'acidité en fonction du temps. Une augmentation est observée dans les différents fermenteurs allant de J0 à J40. Aussi, l'acidité la plus élevée est notée dans FTS avec une valeur de 2,643 g/100g, suivi des deux fermenteurs AF et AS, avec des acidités respectives de 1,645 et 0,917 g/100g.

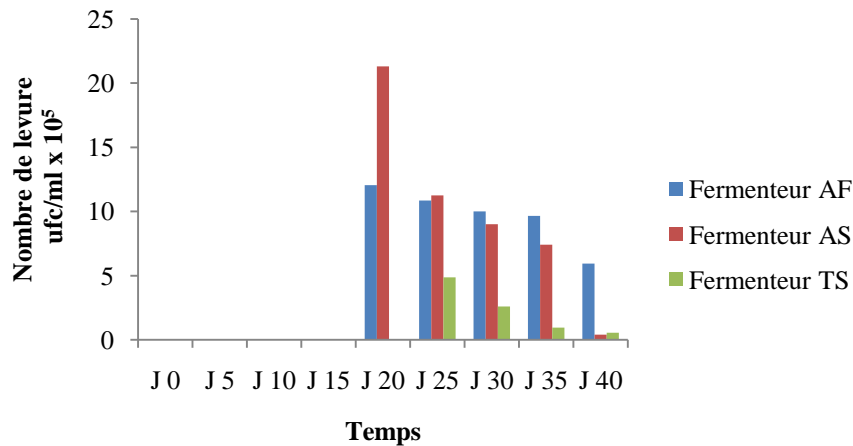
La figure 12 (3) représente l'évolution du pH en fonction du temps. Nos résultats renseignent sur une diminution globale des valeurs de pH au niveau de l'ensemble des fermenteurs. En effet les valeurs de pH initiales des FTS, FAS et FAF sont respectivement de 4,37 ; 4,43 ; 3,9. À terme les valeurs enregistrées sont 3,19 ; 3,6 et 3,57.

La diminution du pH est une conséquence directe de l'augmentation de l'acidité titrable précédemment observée (figure 12 (2)).

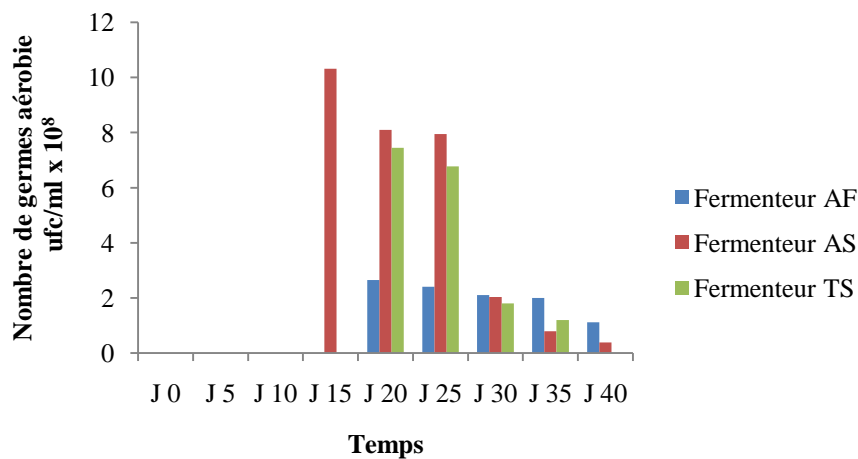
## II-2- évolution de la microflore

### a. Flore fongique et flore bactérienne

La figure 13 présente les résultats du suivi de l'évolution de la flore fongique (1) et de la flore bactérienne (2) dans les fermenteurs AF, AS et TS en fonction du temps



(1)



(2)

**Figure 13:** cinétique d'évolution de la microflore : (1) flore fongique ; (2) flore bactérienne.

Figure 13 (1) représente la cinétique d'évolution de la flore fongique au cours du temps. Une diminution de la charge de la flore fongique est observée pour tous les fermenteurs à partir du 20<sup>e</sup> jour. La diminution la plus importante de la charge a lieu dans les fermenteurs AS et TS, avec des valeurs de  $21,31 \times 10^5$  (J 20) à  $0,4 \times 10^5$  ufc/ml (J 40) et de  $4,86 \times 10^5$  (J 25) à  $0,54 \times 10^5$  ufc/ml (J 40), respectivement. Contrairement aux fermenteurs AS et TS, une diminution moins importante (de  $15,04 \times 10^5$  à  $5,95 \times 10^5$  ufc/ml) a été mesurée dans le fermenteur AF.

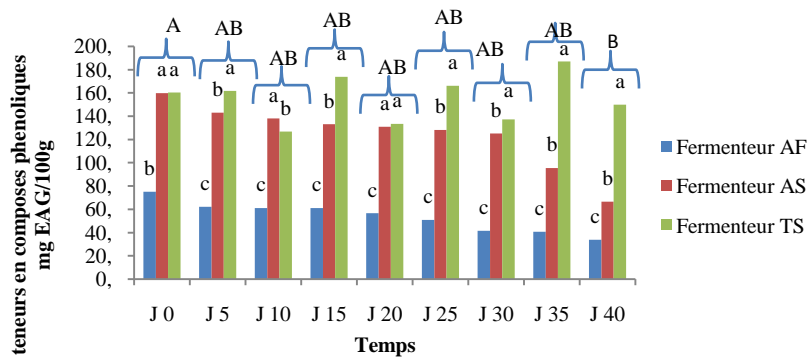


Figure 13 (2) représente la cinétique d'évolution de la flore bactérienne au cours du temps. A l'instar de la flore fongique, une tendance à la baisse de la flore bactérienne est observée. La diminution la plus importante de la charge est enregistrée dans le fermenteur AS de  $10,31 \times 10^8$  à  $0,58 \times 10^8$  ufc/ml, suivie du fermenteur TS de  $7,45 \times 10^8$  à  $x 10^8$  ufc/ml, et en fin le fermenteur AF avec une charge de  $2,65 \times 10^8$  à  $1,11 \times 10^8$  ufc/ml.

Plusieurs auteurs s'accordent à une augmentation de la microflore au début de la fermentation en raison des conditions favorables (Wei Xu *et al.*, 2011 ; Fernanda da Cunha-Pereira *et al.*, 2010).

### II-3- Les composés phénoliques

Le suivi cinétique des composés phénoliques en fonction du temps est représenté dans la figure 14.



**Figure 14 :** cinétique de l'évolution de la teneur des composés phénoliques en fonction du temps.

Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats du vinaigre qui portent des lettres latines minuscules différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $a > b > c$  et les prélèvements qui portent les lettres latines majuscules différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $A > B > C > E > F$ .

La teneur des composés phénoliques des fermenteurs AF et AS suivent une même tendance par une diminution progressive de la teneur en fonction du temps (de 159,93 à 66,57 mg EAG/100g pour AS et de 75,14 à 33,83 mg EAG/100g pour AF). Contrairement aux fermenteurs précédents, la concentration des composés phénoliques du fermenteur TS est variable selon les prélèvements (temps), avec une légère diminution au final (J40), (de 160,27 à 149,98 mg EAG/100g).

Cette diminution et/ou l'augmentation (fluctuation FTS) de ces composés peut être dû à leur conjugaison avec les oses ou les acides organiques. Ces structures sont aussi facilement oxydées en quinones par l'intervention de la polyphénol oxydase éventuellement produite par

la microflore du fermenteur. En outre, la capacité de piégeage des espèces oxygénées radicalaires modifierait leurs structure et par conséquent leur réactivité (Daniel *et al.*, 1999). Par ailleurs, il est connu que les composés phénoliques complexent les ions métalliques à forte charge positive (Dangles, 2006).

### III- Analyse des corrélations

Pour mieux exploiter les résultats de l'analyse physico-chimique et microbiologique, une étude de corrélations entre ces derniers est réalisée. A cet effet, une matrice de corrélation est construite avec le logiciel STATISTICA (**Tableau VI**). Globalement l'ensemble des corrélations entre facteurs sont significatives avec des interactions positives et négatives à divers degrés de significativités.

**Tableau VI** : Matrice de corrélations des résultats de l'analyse physico-chimique et microbiologique

	Acidité	pH	Bactéries	Champignons
Sucres	- 0,66***	0,67***	0,80***	0,31*
Acidité		- 0,90***	- 0,56***	- 0,44**
pH			0,67***	0,45**
Bactéries				0,41**

\* *Corrélation significative (p<0,05).*

\*\* *Corrélation hautement significative (p<0,01).*

\*\*\* *Corrélation très hautement significative (p<0,001).*

La matrice de corrélation représentée dans le **tableau VI** révèle l'existence de Corrélations très hautement significatives entre la teneur en sucres et l'acidité ( $r = -0,66$ ) ainsi que la teneur en sucre et la flore bactérienne ( $r = 0,80$ ) dans nos conditions d'expérience. Ceci est certainement dû à La réduction des sucres (fermentation) par la flore commensale des figes. En effet, la fermentation a pour principal résultat la production d'alcool (éthanol) et de CO<sub>2</sub> (Yan Lin et Shuzo Tanaka, 2006). Nos résultats portant sur l'augmentation de l'acidité peuvent être expliqués par la production d'acides organiques à la suite de la fermentation anaérobie, en l'occurrence dans le cas d'une hétérofermentation (Wei Xu *et al.*, 2011). En effet, la littérature scientifique rapporte clairement la transformation de plusieurs substrats fermentescibles en

acides lactique, acétiques, citriques (J.N.Ladd, 1958; Giudici et al., 2006 ; F.C.Prado et al, 2005).

Le résultat montre aussi qu'il existe une corrélation négative très hautement significative entre l'acidité et el pH avec  $r = - 0,90$ . En effet, les paramètres pH et acidité titrable sont des méthodes incontournables dans la détermination du taux d'acidité du vinaigre et qui renseigne de la qualité de celui-ci.

L'augmentation de l'acidité est très hautement corrélée avec la diminution de la flore mésophile aérobie totale (FTAM) et aussi celle de la flore fongique avec des coefficients de corrélations  $r = -0,56$  et  $-0,44$ . Ceci peut être dû a l'intolérance de ces dernières au pH acide (Maria Gullo et Paolo Giudici, 2008).

## IV-Analyse hédonique

### IV-1-Test du plan d'expérience

La planification expérimentale est une étape fondamentale pour quiconque veut s'assurer que les données collectées seront exploitables dans les meilleures conditions statistiques possibles. Le test du plan d'expérience à pour but de permettre aux spécialistes de l'analyse sensorielle de disposer d'un outil simple et puissant pour mettre en place une étude sensorielle menée auprès de juges (experts et/ou consommateurs) évaluant un ensemble de produits (Perrinel et Pages, 2004).

#### ❖ Résultats et discussion du test plan d'expérience

Après avoir introduit les données brutes de l'analyse hédonique dans le logiciel XLSTAT-MX à savoir : nombre d'échantillons analysés ou produits (04), nombre de consommateurs naïfs ou juges ( $n=100$ ) et nombre de produits analysés par juge (04). La procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée.

**Tableau VII :** Évaluation du plan d'expérience.

A-Efficacité	1
D-Efficacité	1

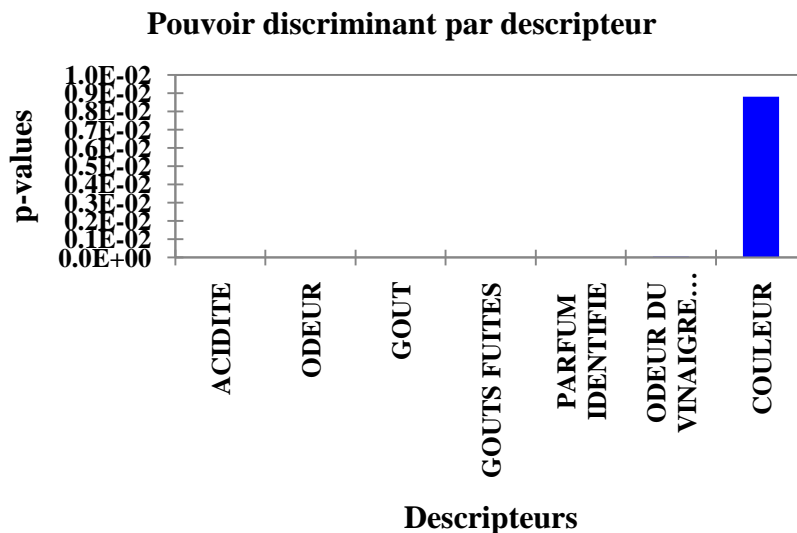
Après la génération du plan d'expérience, les résultats obtenus indiquent que le plan est valide (A et D efficacité doivent impérativement présenter la valeur de 1) ce qui permet l'accès aux autres tests d'XLSTAT-MX et mettre en place une étude sensorielle menée auprès de cents sujets naïf évaluant quatre produits.

#### IV-2- Caractérisation des produits

La caractérisation des produits permet d'identifier quels sont les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et quelles sont les caractéristiques importantes de ces mêmes produits dans le cadre de l'analyse sensorielle (Husson et Pagès, 2009). Cette analyse permet de caractériser rapidement des produits en fonction des préférences des juges, donc il s'agit d'identifier les descripteurs (odeur, couleur...) qui discriminent le mieux les produits et de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers (Husson *et al.*, 2009). Les résultats de ce test sont décrits dans ce qui suit.

##### a-Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le plus faible. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure suivante :



**Figure 15:** Pouvoir discriminant par descripteur.

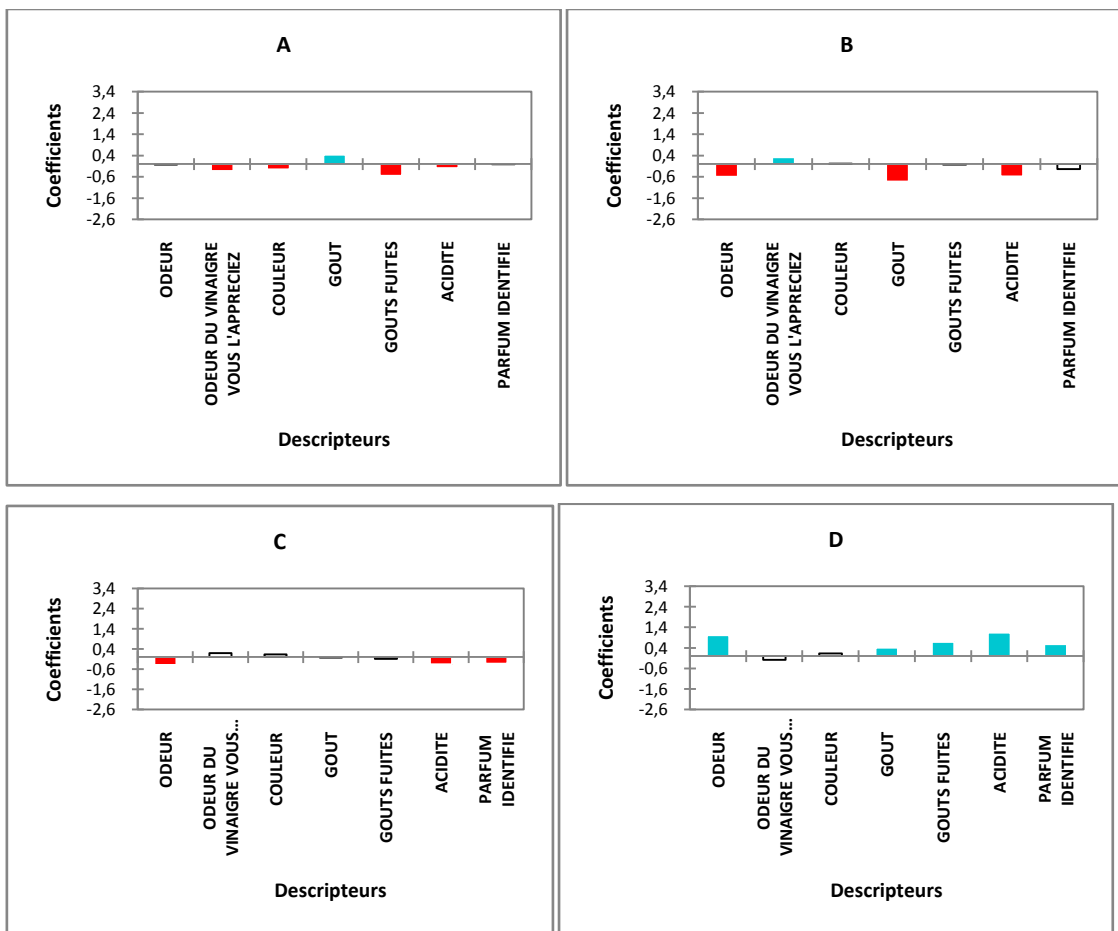
La figure 15 rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les quatre échantillons de vinaigre (lecture de gauche à droite). Il permet de visuali-

ser que l'acidité est le descripteur le plus discriminant. Par contre le descripteur le moins discriminé est la couleur.

**b- Les coefficients des modèles**

Ce test a pour but de traiter pour chaque combinaison descripteur-produit, le coefficient, la moyenne estimée, la *p*-value ainsi qu'un intervalle de confiance sur le coefficient (Naes et Risvik, 1996).

Les résultats des coefficients des modèles sont présentés dans les figures ci-dessous



**Figure 16 :** Coefficient des modèles des 4 échantillons

La figure 16 permet de définir l'appréciation ou le non appréciation des descripteurs des quatre échantillons de vinaigre A, B, C et D par les sujets naïfs. L'analyse de chaque graphique permet de définir chaque produit :

En bleu, on voit les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif, en rouge, on voit la caractéristique dont le coefficient est significativement négatif et en blanc celles dont le coefficient n'est pas significatif.

- **Échantillon A** : Le vinaigre A possède un gout appréciable contrairement à l'odeur du vinaigre, la couleur, le gout fruité et l'acidité. le parfum n'est pas caractérisé par les sujets naïfs.
- **Échantillon B** : Le vinaigre B possède une odeur appréciable contrairement au gout et l'acidité. Ni la couleur, ni le gout fruité et ni le parfum sont caractérisés par les sujets.
- **Échantillon C** : Le vinaigre C possède une odeur, une acidité et un parfum qui ne sont pas appréciables. Ni la couleur, ni le gout et ni le fruit sont caractérisés par les sujets.
- **Échantillon D** : D'après les résultats de l'analyse, Le vinaigre D possède une odeur, un gout fruité, une acidité et un parfum qui sont appréciable, contrairement a la couleur qui n'est pas caractérisé par les sujets.

### c- Les moyennes ajustées par produit

Le but de cette action est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit (Lé et Husson, 2008).

Le tableau suivant correspond aux moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

**Tableau IIX** : Moyennes ajustées par produit

	ODEUR DU VINAIGRE VOUS L'APPREZIEZ						ODEUR DU VINAIGRE VOUS L'APPREZIEZ
	ODEUR	ACIDITE	PARFUM IDENTIFIE	GOUT	GOUTS FUTES	COULEUR	
<b>D</b>	4,530	4,560	3,080	3,480	3,960	3,480	2,710
<b>A</b>	3,480	3,230	2,490	3,510	2,710	3,100	2,560
<b>C</b>	3,120	3,050	2,170	3,040	3,180	3,480	3,090
<b>B</b>	2,900	2,840	2,250	2,250	3,240	3,370	3,210

Ce tableau permet de faire ressortir les moyennes lorsque l'on croise les différents produits et les caractéristiques. On voit donc en bleu les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et en rouge celles qui sont significativement plus petites

que la moyenne globale. Le goût, le parfum identifié et l'acidité sont très bien appréciés dans le vinaigre D, et il est l'opposé du vinaigre B.

### IV-3-Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP peut être considérée comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations depuis l'espace à  $p$  dimensions des  $p$  variables vers un espace à  $k$  dimensions ( $k < p$ ) tel qu'un maximum d'information soit conservée (l'information est ici mesurée au travers de la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Si l'information associée aux 2 ou 3 premiers axes représente un pourcentage suffisant de la variabilité totale du nuage de points, on pourra représenter les observations sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation (Jolliffe, 2002). La carte suivante permet de représenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP :

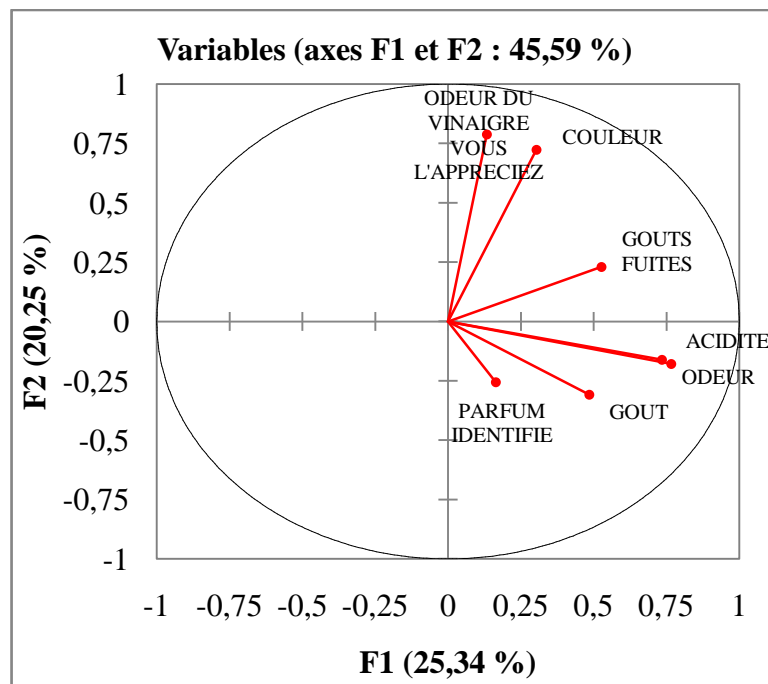
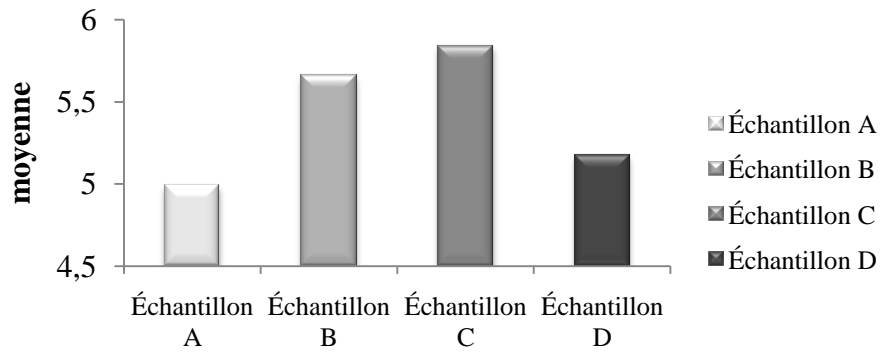


Figure 17: Corrélations entre les variables et les facteurs.

La carte obtenue, dont la qualité est très bonne puisque elle permet de présenter 45,59 % de la variabilité. Elle permet de constater que les produits n'ont pas une grande différence de perception selon les consommateurs naïfs. Elle permet également de montrer les différentes corrélations entre les descripteurs. Étant donné que la figure montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle.

#### IV- 4- préférence générale

Les résultats de la préférence générale des quatre échantillons de vinaigre ont été traités par le logiciel XL. Les résultats sont illustrés dans la figure suivante (figure 18). L'annexe 4 rapporte le tableau des valeurs de préférence générales.



**Figure 18 :** La préférence générale des quatre échantillons de vinaigre.

L'étude des résultats obtenus révèle que les vinaigre C et B qui sont à base de la figue sèche (TS et AS) sont les plus préférés avec des moyennes de 5,84 et 5,66 respectivement, suivi par le vinaigre D (témoin) avec une moyenne de 5,17, et en derniers, le vinaigre A de la figue fraîche est le moins apprécié avec une moyenne de 4,99.



# *Conclusion*

## *Conclusion*

Cette étude a été conduite, dans le but de valoriser la figue de qualité inférieure, par sa transformation pour l'élaboration d'un vinaigre. La dimension variétale et stade de développement du fruit a été ainsi pris en compte. Aussi, quelques paramètres physico-chimiques ont été mesurés pour les deux variétés de figues utilisées cultivées dans la région de Béni-Maouche (Bejaia) : deux variétés sèches (Azandjar et Taamriwth) et une fraîche (Azandjar). Le suivi cinétique de facteurs physico-chimiques et microbiologique réalisé durant 40 jours a donné d'intéressants résultats. Enfin, l'analyse hédonique des trois vinaigres élaborés nous a renseigné sur les préférences de l'échantillon de consommateurs testé.

Les résultats du suivi de la cinétique des paramètres étudiés a révélé que la teneur en sucre diminue progressivement jusqu'à épuisement dans les fermenteurs TS et AF et une concentration de 4,83 g EG/100g pour le fermenteur AS. Cela est certainement dû à la dégradation des sucres par la microflore. Cette dernière impliquant la production d'acides organiques. En effet, une augmentation de l'acidité de nos échantillons a été observée tout au long de la cinétique. A l'issue de cette analyse, il est conclu que nos vinaigres possèdent les valeurs d'acidité et de pH retrouvés dans les vinaigres conventionnels.

Concernant les PPT, l'analyse statistique des résultats, a montré une diminution de la teneur en composés phénoliques au cours de la cinétique jusqu'à atteindre des concentrations de 150, 66,57 et 33,8 mg EAG/100g pour le vinaigre TS, AS et AF respectivement. Ces diminutions ont été attribuées à la réactivité biochimique de cette famille moléculaire durant le procédé de double fermentation.

Pour ce qui est des résultats de l'évolution de la microflore, et bien que nous n'avons pas pu évaluer son évolution durant les 20 premiers jours, il est apparu une diminution progressive de la charge microbienne (fongique et bactérienne) entre le 20<sup>e</sup> et le 40<sup>e</sup> jour.

L'analyse hédonique, quant à elle, a révélé que le vinaigre à base de figue sèche est mieux classé et préféré par l'échantillon de consommateurs, particulièrement le TS.

Les résultats de la présente étude permettent de confirmer l'intérêt de la valorisation de la figue de moindre qualité (calibre, forme, couleur moins appréciée) vers d'autres transformations à haute valeur ajoutée.

En perspective nous insisterons sur certains points qui nous paraissent important afin de compléter les résultats obtenus dans cette étude, à savoir :

- ❖ dosage d'alcool au cours de la cinétique ;
- ❖ L'identification des germes conduisant cette double fermentation ;
- ❖ Un essai d'une production contrôlée (industrielle).

*Références  
bibliographiques*

***Références bibliographiques***

A

- Addinsoft. XLSTAT 2007.8.03 for Excel. Paris.
- Aksoy U., 1994. Présent statu and future prospects of underutilized fruit production in Turkey. First Meeting CIHEAM Cooperative Research Network on Undertilized Fruit Trees. Zaragoza, Pp 84-94.
- Al Askari G., Kahouadji A., Khedid K., Charof R. et Mennane Z. 2012. Caractérisations Physico- Chimique et Microbiologique de la Figue Sèche Prélevée des Marchés de Rabat-Salé, Temara et Casablanca. Les Technologies de Laboratoire. 7(26) : 12-19.
- Arab, H. Guzzoun, K ,2003. Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimique et biochimique du vinaigre traditionnel de datte de la cuvette de la Ouargla : vertu thérapeutique, Mémoire DES université de Ouargla :18-23.

B

- Bachir Bey, M . Louaileche, H et Zemouri, S 2013. Optimization of phenolic compound recovery and antioxidant activity of light and dark dried fig (*Ficus carica* L.) varieties. Food Science and Biotechnology 22: 1613-1619.
- Bakchi D.N.G., Sensarma P. et Pal D.C. 1999. A lexicon of medicinal plants in India. Naya Prakash, Calcutta. Pp 424-425.
- Borrais M., 1963. Grand La Rousse. Encyclopédique. Ed libraire Larousse. Paris.
- Brien J. et Hardy T.S., 2002. Fig growing in NSW. Agfact H3.1.19, first edition Order N°H3.1.19 Agdex 219. Edited by Ann Munroe. Pp 1-8.

C

- Caliskan O. et Polat A.A. 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. Scientia Horticulturae. (115): 360-367.
- Chaker S.E.B., 1997. Figue /Figuier, in Gabriel Camps, Edisud (Vol. 18), mis en ligne le 1 juin 2011, consulté en mai 2016. URL : <http://encyclopedieberbere.Revues.org/2051>.

- Chawla A., Kaur R. et Sharma A.K. 2012. *Ficus carica* Linn: A Review on its Pharmacognostic, Phytochemical and Pharmacological Aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*. 1(4): 215-232.

**D**

- Darjazi B.B. 2011. Morphological and pomological characteristics of fig (*Ficus carica* L. cultivars from Varamin, Iran. *African Journal of Biotechnology*, 10(82): 1909619105.
- Determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350–356.
- Divies C, 1989. Le vinaigre, microbiologie alimentaire. Les fermentations alimentaires. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, V. 2: 121-147.
- DSA. 2013. Données statiques du secteur figuicole de la wilaya de Bejaia. Direction des Services Agricoles de la wilaya de Bejaia.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. & Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350–356.

**E**

- El Bouzidi S. 2002. Le figuier : histoire, rituel et symbolisme en Afrique du Nord. *Dialogues d'Histoire Ancienne*. 28(2) : 103-120.
- El Khaloui M. 2010. Valorisation de la figue au Maroc. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du programme National de Transfert de Technologie en Agriculture*. N° 186.

**F**

- FAO STAT. 2013. Statistiques récentes de la FAO dans le domaine relatives au secteur de la figue. Site web : [www.faostat.org](http://www.faostat.org).
- Favier J.C., Ireland-Ripert J., Laussucq C. et Feinberg M. 1993. Répertoire général des aliments. Tome 3 : table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Editions ORSTOM et Tech & Doc, INRA. Pp. 31-34.
- Fernanda da Cunha-Pereira ., Lilian Raquel Hickert., Nicole Teixeira Sehnem., Priscila Brasil de Souza-Cruz ., Carlos Augusto Rosa. et Marco Antônio Záchia Ayub. 2010. Conversion of sugars present in rice hull hydrolysates into ethanol by

*Spathaspora arborariae*, *Saccharomyces cerevisiae*, and their co-fermentations. Bioresource Technology.

### **G**

- Garrone B. 1998. Le figuier. Les écologistes de l'Euzière. 2<sup>ème</sup> édition, Presses du Midi, Montpellier. P : 111.
- Gozlekci S. 2011. Pomological traits of fig (*Ficus carica* L.) genotypes collected in the west Mediterranean region in Turkey. Journal of Animal & Plant Sciences, 21(4): 646-652.
- Guivand J-P., et Rosec J-P., 2004-pratique des normes en microbiologie alimentaire AFNOR. p : 228-235.

### **H**

- Haesslein D. et Oreiller S., 2008. Fraiche ou séchée, la figue est dévoilée. Filière Nutrition et diététique. Haute École de santé Genève.
- Husson F. et Pagès J. (2009). Senso Miner dans Evaluation sensorielle - Manuel

### **I**

- Ilkin Yucel Sengun. 2013. Microbiological and chemical properties of fig vinegar produced in Turkey. African Journal of Microbiology Reserch.
- IPGRI et CIHEAM, 2003. Descriptors for Fig. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, and International Centre for Fig. Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France. ISBN 92-9043-598-4.
- ISO 750. 1998. Determination of titratable acidity: fruit and vegetable products (2nd Edition). International Standard Organisation, Genève, Suisse. pp. 1-4.

### **J**

- Jolliffe I. T. (2002). Principal Component Analysis, 2ème éditon. Springer, New York, pp: 13-18.

**K**

- Kader F., Rovel B. et Metche M. 1993. Role of invertase in sugar content in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, (26): 593-595.
- Kahrizi D., Molsaghi M., Faramarzi A., Yari k., Kazemi E., Farhadzadeh A.M., Hemati S., Hozhabri F., Asgari H., Chaghmirza k., Zebarjadi A., et Yousofv N. 2012. Medicinal Plant in Holy Quran. *American Journal of Scientific Research*. (42): 62-71.
- Kergoat M., A. Giboreau H., Nicod P., Faye E., Diaz M., A. Beetschen N., Gerritsen et T. Meyer 2010. Psychographic measures and sensory consumer tests: When emotional experience and feeling-based judgments account for preferences. *Food Quality and Preference* 21: 178-187.
- Khatib S. et Vaya J. 2010. Fig, Carob, Pistachio and Health. Chapter 17: Effects of Individual Vegetables on Health. In: *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits And Vegetables*. Edition Elsevier Inc. Pp 245-263.
- Kisiev G.M.E., Hartmann A., Bar-Yosef O. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science*. (312): 1372-1374.

**L**

- Lê S. et Husson F. (2008). *SensMineR*: a package for sensory data analysis. *Journal of Sensory Studies*. 23 (1), pp: 14-25.
- Lim T.K. 2012. Edible medicinal and non-medicinal plants: *Ficus carica*. Moraceae. Volume 3, Fruits. Edition Springer Sciences Media B.V. Pp 362-376.

**N**

- Naes T. and Risvik E. (1996). *Multivariate Analysis of Data in Sensory Science*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Norme NF ISO 7218: règles générales pour les examens microbiologiques et ainsi relative aux règles générales pour le comptage des colonies et l'expression des résultats.



**P**

- Perinel E. and Pages J. (2004). Optimal nested cross-over designs in sensory analysis. *Food Quality and Preference*, pp: 439-446.
- Piga A., Pinna I., Ozer K.B., Mario Agabbio M. et Aksoy U. 2004. Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss. *International Journal of Food Science and Technology*. (39): 793-799.

**S**

- Sbihi A. 1996. Contribution à l'étude de quelques Paramétriser de la qualité hygiénique et biochimique du vinaigre traditionnel de quelque variétés de dattes de la cuvette de Ouargla. Thèse. I.N.G. INFS/AS Ouargla: 7- 48.
- Simsek M. et Yildirim H. 2010. Fruit characteristics of the selected fig genotypes. *African Journal of Biotechnology*. 9 (37): 6056-6060.
- Singleton, Vernon L., Rudolf Orthofer and Rosa M. Lamuela-Raventós 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology*, 152-178.
- Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H.E., Altman A., Kerem Z., et Flaishman M.A. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*. (54): 7717-7723.

**U**

- UNECE, 2004. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) - Standard, DDP-14, concerning the marketing and commercial quality control of Dried Figs. United Nations Edition 2004.

**V**

- Vinson J.A., 1999. The Functional Food Properties of Figs. *Cereal Foods World*. American Association of Cereal Chemists. 44(2): 82-87.
- Vinson J.A., Zubik L., Bose P., Samman N. et Proch J. 2005. Dried Fruits: Excellent *in Vitro* and *in Vivo* Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*. 24(1): 44-50.

**W**

- Wei Xu., Zhiyong Huang., Xiaojun Zhang., Qi Li., Zhenming Lu., Jinsong Shi., Zhenghong Xu., Yanhe Mae. 2011. Monitoring the microbial community during solid-state acetic acid fermentation of Zhenjiang aromatic vinegar. *Food Microbiology*.



# *Annexes*

## Annexe 1

Tableau I : surface cultivée par les figuiers dans le monde en 2011 (FAO STAT, 2013)

Pays	Surface cultivée (ha)	Pourcentage(%)
Portugal	86847	22,46
Turquie	58694	15,18
Maroc	51449	13,30
Algérie	46331	11,98
Égypte	28479	7,36
Iran	18666	4,83
Tunisie	16480	4,26
Espagne	11761	3,04
Afghanistan	10469	2,71
Albanie	10000	2,59
<b>Total mondial</b>	<b>386737</b>	<b>100</b>

Tableau III : production mondiale de figues en 2011 (FAO STAT, 2013)

Pays	Production (tonnes)	Pourcentage(%)
Turquie	260508	23 ,65
Égypte	165483	15,02
Algérie	120187	10,91
Maroc	114770	10,42
Iran	75927	6,89
Syrie	42944	3,90
États-Unis	35072	3 ,18
Espagne	28993	2,63
Brésil	26233	2,38
Tunisie	26000	2,36
<b>Production mondiale</b>	<b>1101697</b>	<b>100</b>

Tableau IV : figues à Bejaia (superficie, nombre d'arbres et production) (2008-2012)

année	Superficie (ha)	Nombres de figuiers en masse	Nombres de figuiers isolés	Nombre totale	Nombre de figuiers en rapport	Figues fraîches (qx)	Figues sèches (qx)
2007-2008	12352,5	990546	102343	1092889	1077005	104523	26370
2008-2009	12354	990726	101693	1092419	1076495	142602	13590
2009-2010	11864	968461	101883	1070304	1056360	159082	65906
2010-2011	11603,5	950340	99133	1049473	1042609	181310	45430
2011-2012	11271,5	932351	97123	1029474	1025220	250580	18688

## Annexe 2

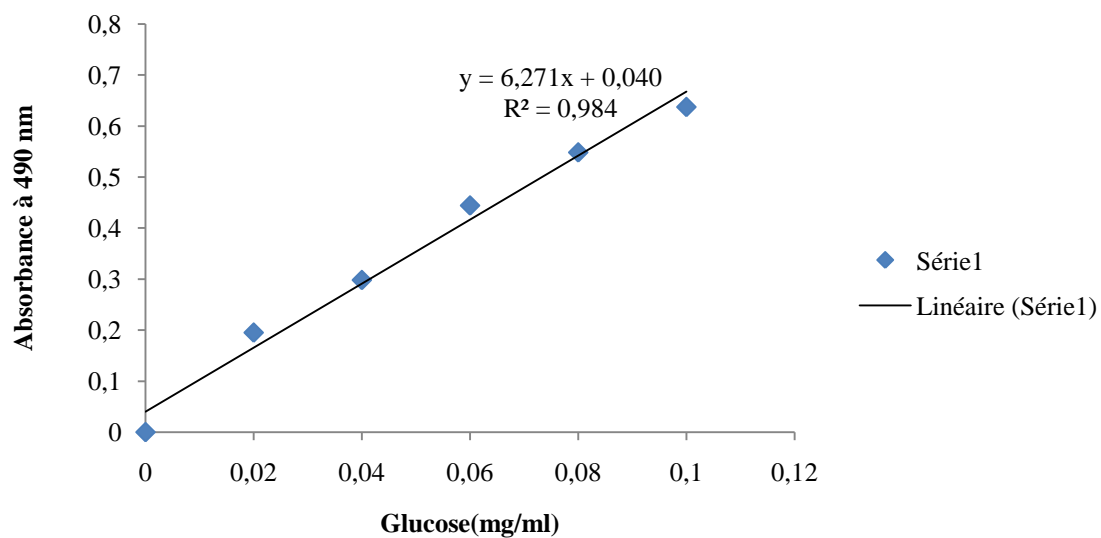


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des glucides

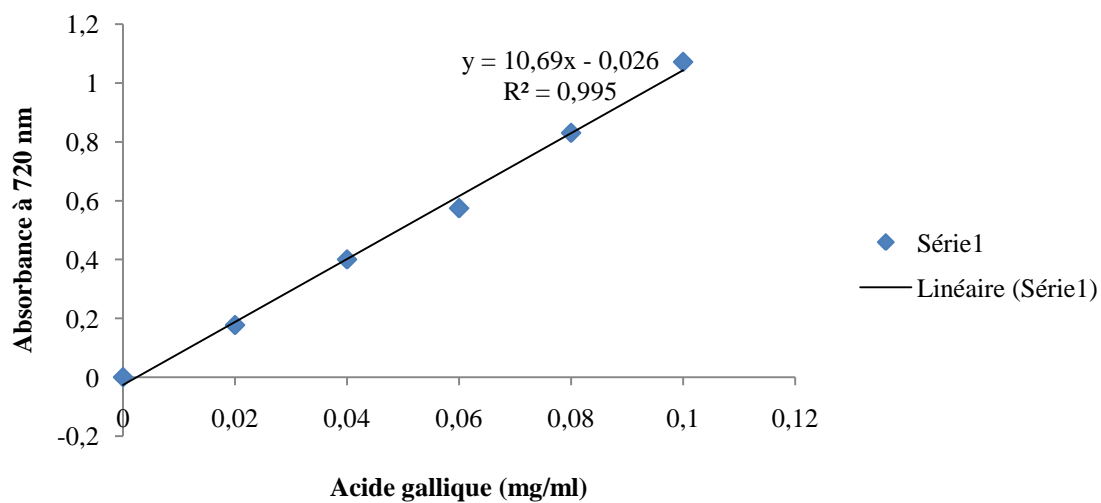


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques

## Annexe 3

## Questionnaire d'évaluation Hédonique de quatre types de vinaigres

Age :

Sex : féminin masculin 

date : .....

Quatre échantillons de vinaigres codés **A**, **B**, **C** et **D** vous sont présentés, il vous est demandé de cocher la case correspondante aux descripteurs appropriés.

**NB** : veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon.

**1-odeur :****1- Odeur du vinaigre est :**

1 : très forte

2 : forte

3 : moyenne

4 : faible

5 : absente

Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D

**2- Odeur du vinaigre vous l'appréciez :**

1 : très forte

2 : forte

3 : moyenne

4 : faible

5 : absente

Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D

**2- Couleur :****1- La couleur du vinaigre vous l'appréciez :**

1 : tres bien

2 : bien

3 :moyen

4 : peu

5 : n'est pas apprecier

Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D

**3-Sensation en bouche :****1- Gout :**

1 : sucré

2 : salé

3 : amère

4 : acide

5 : absent

Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D

**4- Saveur :**

**1- Gouts fruités :**

1 : très fort

2 : fort

3 : moyen

4 : faible

5 : absent

Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D

**2- Acidité :**

1 : très forte

2 : forte

3 : moyenne

4 : faible

5 : absente

Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D

**3- Parfum identifié :**

1 : figue

2 : citron

3 : alcool

4 : pomme

5 : raisin

Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D

**5- Attribuez une note allant de 1 à 9 pour chaque échantillon, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré :**

	Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D
Note				

**Merci pour votre coopération**



## Annexe 4

Tableau IX résultat de la préférence des quatre échantillon de vinaigre				
Juges	Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Échantillon D
1	4	6	3	5
2	8	1	7	9
3	8	6	9	9
4	5	4	6	7
5	3	5	4	7
6	6	5	8	1
7	9	7	9	9
8	3	3	4	5
9	7	7	8	8
10	2	3	4	9
11	2	9	7	1
12	5	4	4	2
13	2	1	4	7
14	5	6	5	8
15	5	6	6	7
16	4	1	7	9
17	9	4	2	1
18	5	3	3	4
19	2	5	4	8
20	7	5	6	8
21	3	9	8	6
22	9	8	7	1
23	6	7	5	4
24	2	5	7	5
25	3	3	7	8
26	6	5	4	7
27	5	6	7	4
28	8	7	6	5
29	3	4	6	8
30	8	9	5	6
31	5	5	7	8
32	6	5	3	4
33	7	8	6	5
34	1	2	5	2
35	1	9	6	8
36	5	9	6	3
37	6	5	5	2
38	9	5	3	1
39	3	5	4	7
40	5	3	7	9

---

41	3	5	6	5
42	5	5	6	7
43	6	9	7	2
44	3	4	7	4
45	7	6	9	1
46	4	6	5	7
47	3	6	5	7
48	5	4	6	1
49	2	3	7	5
50	4	7	8	6
51	4	8	9	7
52	6	7	7	8
53	6	5	7	9
54	5	7	6	2
55	4	7	5	1
56	6	7	5	5
57	4	5	7	1
58	6	4	8	2
59	6	5	4	2
60	6	5	2	1
61	5	9	8	4
62	5	9	5	1
63	8	7	8	6
64	4	7	8	6
65	9	9	9	9
66	3	3	1	4
67	6	8	7	8
68	7	9	5	8
69	8	5	8	9
70	4	7	5	3
71	5	7	8	6
72	5	7	5	3
73	3	4	5	8
74	2	3	3	7
75	3	1	5	9
76	1	9	7	5
77	3	4	6	1
78	9	9	1	1
79	4	7	6	4
80	4	4	3	6
81	8	7	6	4
82	4	6	7	3
83	5	7	5	1
84	3	5	6	7

---

85	6	4	5	1
86	8	9	5	7
87	6	1	5	9
88	6	8	6	5
89	1	1	1	5
90	7	3	3	2
91	3	3	5	2
92	8	6	7	5
93	1	4	7	6
94	3	8	5	9
95	5	6	8	7
96	8	6	8	7
97	8	7	8	8
98	7	7	7	8
99	5	9	9	2
100	2	6	8	1

## **Annexe 5**

### *Appareillages et réactifs utilisés*

- Spectrophotomètre VIS-7220G (chypre)
- Centrifugeuse NF200 (Turquie)
- Plaque agitatrice VELP Scientifica (Italie)
- Bain marie TRAD Raypa
- Vortex VELP Scientifica (Italie)
- Balance AS220/C/2
- Distillateur GFL (Allemagne)
- pH mètre pH211-HANNA instruments (Roumanie)
- Dessiccateur infrarouge MAC50/NP
- Micropipette : -Accumax (1000µl)
  - Finnpiquette Step Adjustable (50µl)
  
- Carbonate de Sodium PROLABO chemopharm (Montréal, Québec)
  
- Folin-Ciocalteu
- acide gallique (Allemagne)
- hydroxide de sodium pellets BIOCHEM ( Montreal, Quebec)

## Résumé

Notre étude a pour objectif la valorisation de la figue par l'élaboration du vinaigre, tout en suivant l'évolution des paramètres physicochimiques (pH, acidité, teneur en sucres et composés phénoliques) et microbiologique (FTAM et champignons) durant une transformation de 40 jours. A la fin de celle-ci, notre produit a été soumis à une analyse hédonique. Les échantillons de figues utilisés (deux variétés : Azendjar et Taamriwth, sèche et fraîche) ont été cultivés et fournis par la coopérative de production de la figue de Béni-Maouche (COOPFI). Les résultats des paramètres physico-chimiques renseignent sur une diminution du pH, de la concentration en sucres, et des teneurs en composés phénoliques qui est observée pendant tout le processus (double fermentation). Quant à l'acidité, sa valeur augmente au cours de ce procédé. L'analyse microbiologique a montré une diminution progressive et importante de la microflore bactérienne et fongique. Le test hédonique a révélé une meilleure appréciation pour le vinaigre à base de figue sèche en comparaison à celui de la figue fraîche.

Enfin, cette étude a montré l'importance des possibilités de valorisation du produit de la figuculture régionale et national et ajoute le vinaigre aux autres possibilités de transformation des figues.

Mots clé : figue, Azendjar, Taamriwth, vinaigre, valorisation, double fermentation, cinétique.

---

## Abstract

The aim of our study is to develop a fig vinegar, following the evolution of physicochemical (pH, acidity, sugar content and phenol compounds) and microbiological (total aerobic microorganisms and fungi) parameters, during 40 days. At the end, our product was subjected to a hedonic analysis. Two varieties of figs used (Azendjar and Taamriwth, dry and fresh) were grown and provided by the cooperative of the fig of Beni Maouche (COOPFI). The results of the physico-chemical parameters showed a decrease in pH, sugar concentration, and phenol compounds during the whole process (double fermentation), whereas acidity increased. Microbiological analysis showed a gradual and significant reduction in the bacterial and fungal microflora. The hedonic test showed a greater appreciation for the dry fig-based vinegar in comparison to the vinegar produced with fresh fig.

It appears, there are many valorization possibilities of regional and national figs, vinegar production is one of them.

Keywords: fig, Azendjar, Taamriwth, vinegar, valorization, double fermentation.