

République Algérienne Démocratique Et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université des Frères Mentouri Constantine I  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Ecologie Végétale



N° d'ordre :19/DS/2019

N° de série :02/EV/2019

### Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Science

**Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière: Sciences Biologiques**

**Spécialité: Biologie et Physiologie Végétale**

**Option: Biodiversité et Production Végétale**

### Thème

## Caractérisation morphologique, biologique et moléculaire de quelques variétés de figuier (*Ficus carica* L.)

Soutenue publiquement

Par

***BELATTAR Hakima***

Devant le jury: 14/01/2019

Président:

**Baka Mebarek** Prof Université des Frères Mentouri Constantine 1

Rapporteur :

**Yahia Abdelouahab** Prof Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila

Examineurs :

**Boubandir Abdelhafid** MCA Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila

**Bazri Kamel Eddine** MCA Université des Frères Mentouri Constantine 1

**Kadi Kanza** MCA Université Abbes Leghroure Khenchela

*Année universitaire*  
*2017/2018*

# DEDICACES

*Cette thèse est un hommage à mon regretté père Said  
Il était un pilier solide et incontournable pour ma personne et mon parcours étudiantin, qu'il  
se repose en paix de Dieu,  
Amen !!!*

*A ma chère maman pour son amour et son support continu  
Je vous dois tous mes succès, tous mes bonheurs et toutes mes joies  
Je suis très heureuse et fière de votre présence à mes côtés  
Et j'espère vous honorer par le titre du Docteur*

*Mes vifs remerciements à mes frères Abdelmalek, Mouhamed et Abdelhamid  
A mes très chères sœurs Fatima, Mounia et Sihem, pour leur amour et compréhension  
A ma belle sœur Bahia , sans oublier mes chères Titou, Bachir, Amira, Ghozlane, Salim, Isra,  
A toute ma famille, mes amies, surtout Sara, Amel, Adra, Hanane, Zoubida, Fawzia, Souad,  
Saliha et Ayoub pour leurs gentillesse et soutiens*

*Aux familles Souiki, Achour et Boulmarka, leur confiance, leur tendresse et leur amour me  
portent et me guident tous les jours.*

*A Mr Bonchaoui Toufik et Mr Boutafenouchat Naamen qui m'ont aidé à corriger ce document*

*Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde reconnaissance pour  
tout ce que vous avez fait pour moi*

*Que Dieu le tout puissant vous procure continuellement santé, bonheur et tranquillité.*

***Je dédie ce travail***

**Hakima**

## Remerciements

*Au Nom de Dieu le Très Miséricordieux – le Tout Miséricordieux – Que Dieu bénisse le Prophète Mouhammad, Imam des Bienheureux et Sauvegarde des Purifiés – ainsi que sa Noble Famille et ses Satisfaisants compagnons- Amin. Je rends grâce à Allah le Tout Puissant de m'avoir donné la santé, le courage et la force de mener ce travail à bout.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements et mon profond respect à mon encadreur Yabia Abdlouahab Professeur au Centre Universitaire Abedlhafid Boussouf-Mila pour sa prise en charge, ses conseils toujours très avisés, sa discussion très enrichissante autour de mon sujet de thèse.*

*Je remercie Mr Baka Mebarek Professeur l'Université Frères Mentourie Constantine 1 pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à Mr Boubandir Abdelhafid Maître de Conférences A au Centre Universitaire Abedlhafid Boussouf Mila pour avoir accepté de faire partie des membres de jury.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements à Mr Bazri Kamel Eddine Maître de Conférences A à l'Université Frères Mentourie Constantine 1, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je tiens à remercier tout particulièrement Mme kadi Kanza Maître de Conférences A à Université Abess Laghrour Khenchla pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je remercie également Monsieur le Professeur Benchikou Mohemmed Elmoncef, ex-encadreur pour m'avoir proposé ce sujet de thèse passionnant et d'avoir dirigé mon travail durant quatre années. J'éprouve un respect profond pour son travail et ses qualités humaines*

*Je remercie également le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique qui m'a accordé une bourse en Turquie 'Izmir' pour finaliser ce travail.*

*J'exprime mes remerciements au professeur Bahattin Tanyolac, qui a accepté de m'accueillir au sein de son laboratoire de Bioingénierie Université Egé, Izmir, Turquie. Je suis très sensible à l'honneur qu'il m'a fait pour diriger une partie de travail. Je souhaiterais ici lui témoigner ma sincère considération pour tous les conseils et les remarques objectives et ses orientations pour faire*

*avancer ce travail et pour l'autonomie qu'a développée en moi. Je suis aussi reconnaissante pour sa constante disponibilité et son profond dévouement.*

*Je tiens à remercier professeur Carmen Galán Soldevilla d'avoir accepté m'accueillir dans son laboratoire au niveau de département Botanique, Ecologie et Physiologie végétale, Université Rabanales, Cordoba, Espagne et dirigé une partie mon travail. Qu'elle trouve ici l'expression de mes vifs remerciements surtout pour sa gentillesse et pour son soutien.*

*Ce travail a exigé de nombreuses sorties de terrain, collections des échantillons et travail de laboratoire. Ceci n'a été possible que grâce à la générosité de l'Institut Technique d'Arboricultures Fruitières et Vignes « ITAFV » M'djez Edchich- Skikda qui a mis à ma disposition les outils nécessaires pour avoir accepté de nous accueillir et faciliter la réalisation de ce travail au niveau de leurs exploitations agricoles.*

*Le terrain, ce vaste « Laboratoire », je n'aurai pu y accéder sans l'aide et les conseils judicieux de ma collègue et amie la Directrice de ITAFV, Skikda Wided Bougamouza, je la remercie vivement. La poursuite du travail sur terrain s'est effectuée grâce à l'aide de Mr Kerboua Mohamed et Aissa, je les remercie.*

*Que Mr Ahmed Laala, Maître de Conférences A au Centre Universitaire Abedlhafid Boussof Mila, trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements, d'avoir ménagé son temps pour réaliser les cartes géographiques des stations d'étude.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes collègues et amis : Sara, Zoubida, Fawzia, Slimane pour leur soutien et les aides prodigués.*

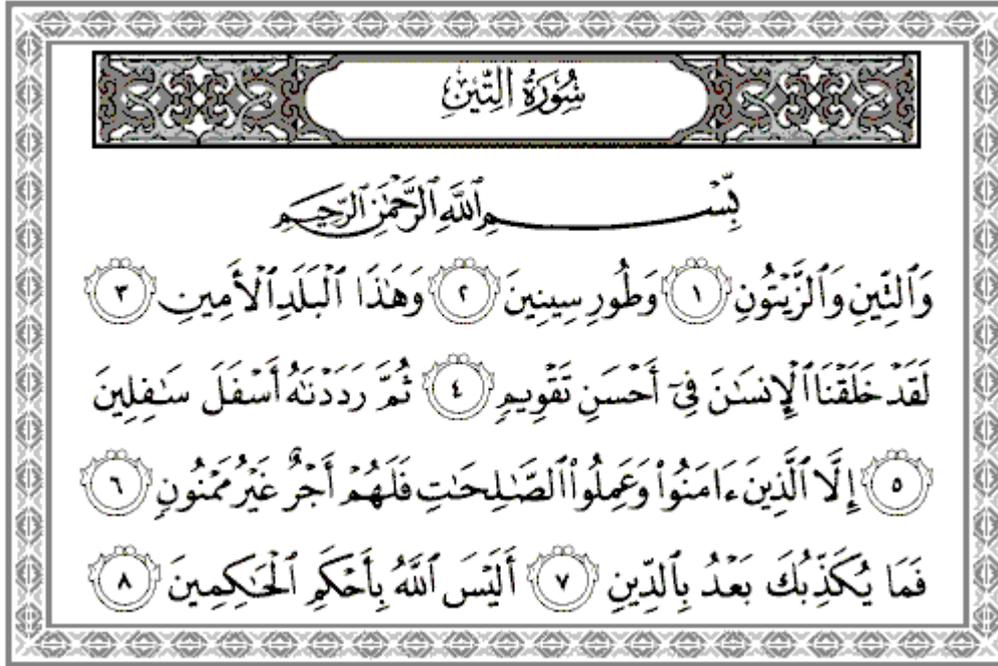
*Enfin, les mots les plus simples étant les plus forts, j'adresse toute mon affection à ma mère, à ma famille. Qu'ils reçoivent ici toute ma reconnaissance pour leur encouragement et leur soutien durant la réalisation de cette thèse, que la grâce de Dieu soit avec vous.*

*Une pensée pour terminer ces remerciements pour vous, papa Said, même n'étant pas avec nous, je sais que vous en auriez été fiers de votre fille!!!*

SOURATE 95  
AT-TĪN (LE FIGUIER)

8 versets

Pré-hég. n° 28



٥٩٧

« Si je devais espérer un fruit apporté du paradis ce serait certainement la figue »

Prophète Mohamed (QSSL)

# Table des matières

---

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

## LISTE DES TABLEAUX

## LISTE DES FIGURES

<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>PARTIE 1: Synthèse bibliographique</b>	
I. Importance historique et économique du figuier.....	6
1. Histoire de la domestication des figues : approche archéologique .....	6
2. Centre d'origine de la figue.....	8
3. Domestication.....	9
4. Répartition du figuier à travers le monde.....	12
5. Production de la culture du figuier .....	15
6. Importance du secteur figuicole .....	16
II. Présentation de l'espèce <i>Ficus carica</i> L. ....	17
1. Taxonomie et systématique.....	17
2. Caractérisations morphologiques .....	18
3. Caractérisations phénologiques.....	25
4. Caractérisations biochimiques .....	26
4.1. Métabolites secondaires et effet antibactérien .....	26
4.2. Activité antibactérienne.....	30
III. Outils de l'analyse de la biodiversité figuicole .....	31
1. Marqueurs morphologiques.....	31
2. Marqueurs moléculaires .....	32
2.1. Marqueurs microsatellites SSR (Répétition de séquences simples).....	33
2.2. IPBS (Séquence de liaison inter-amorce) .....	35

## **PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES**

1. Matériel végétal.....	38
2. Présentation des sites d'échantillonnages .....	40
3. Etude climatologique « station ITAFV » .....	43
3.1. Températures.....	43
3.2. Précipitations .....	44
3.3. Humidité .....	44
3.4. Vent.....	45
3.5. Synthèse climatique .....	45
3.5.1. Diagramme ombrothermique .....	45
3.5.2. Climagramme pluviométrique d'emberger .....	46
4. Caractérisation morpho-pomologique.....	47
4.1. Feuilles .....	48
4.2. Fruits.....	51
5. Analyses phytochimiques.....	54
5.1. Criblage phytochimique .....	54
5.1.1. Préparation des échantillons.....	54
5.1.2. Tests phytochimiques.....	54
a. Saponosides .....	54
b. Alcaloïdes .....	55
c. Anthraquinones libres (Réaction de Borntrager) .....	55
d. Terpénoïdes (Test de Slakowski) .....	55
e. Flavonoïdes .....	55
f. Tanins .....	55
g. Composés réducteurs .....	55
h. Composés phenoliques .....	56
5.2. Evaluation des l'activité antibactérienne des extraits .....	56
6. Analyse par marqueur moléculaire .....	58
6.1. Extraction d'ADN génomique .....	58

6.2.	Quantification de l'ADNg .....	59
6.3.	Qualité des ADN : Test de sizing .....	59
6.4.	Dilution des ADN .....	59
6.5.	Analyse des marqueurs iPBS-rétrotransposons .....	60
6.6.	Analyse des marqueurs SSR .....	60
6.7.	Analyse des données .....	61

## **PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### **I. Caractérisation morphologique**

1.	Caractères morphologiques quantitatifs.....	64
1.1.	Analyse statistique descriptive .....	64
1.1.1.	Caractères des feuilles.....	64
1.1.2.	Caractères des fruits .....	66
2.	Caractères morphologiques qualitatifs.....	70
2.1.1.	Caractères des feuilles .....	70
2.1.2.	Caractères des fruits.....	71
3.	Analyse des paramètres morphologiques mesurés durant les trois ans d'étude.....	72
4.	Classification ascendante hiérarchique (CAH) .....	75
5.	Discussion .....	76

### **II. Caractérisation phytochimique**

1.	Tests phytochimiques .....	81
1.1.	Tests phytochimiques d'extraits des figes sèches ( <i>F.carica</i> ).....	81
1.2.	Tests phytochimiques d'extraits des feuilles de figuier ( <i>F.carica</i> ).....	85
2.	Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits de feuilles de figuier .....	86
3.	Discussion.....	88

### **III. Caractérisation moléculaire**

1.	Extraction d'ADN .....	92
----	------------------------	----

2. Amplification PCR (Polymerase Chain Reaction).....	93
3. Polymorphisme des marqueurs iPBS.....	93
3.1. Analyse de la diversité génétique des cultivars.....	97
3.2. Classification hiérarchique.....	97
3.3. Analyse en Coordonnées Principales .....	99
4. Polymorphisme des marqueurs SSR .....	99
4.1. Analyse de la diversité génétique des cultivars .....	102
4.2. Classification hiérarchique.....	102
4.3. Analyse en Coordonnées Principales .....	104
5. Combinaison des deux méthodes (iPBS + SSR).....	104
6. Structure de la population .....	106
7. Discussion .....	107

## **Conclusion et Perspectives**

## **Références Bibliographiques**

## **Annexes**

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Collection des figes , Beni Hasan, Egypt ca.1900 BCE .....	7
<b>Figure 2</b> : Aire de répartition de figuier sauvage <i>Ficus carica</i> .....	10
<b>Figure 3</b> : Arbre et rameau feuillé de figuier .....	18
<b>Figure 4</b> : Diagramme de <i>Ficus carica</i> syconium expliquant la terminologie des fruits .....	20
<b>Figure 5</b> : Différences entre les fleurs femelles chez le caprifiguier et le figuier commun ..	22
<b>Figure 6</b> : Technique d'amplification (PCR) .....	34
<b>Figure 7</b> : Détection d'un polymorphisme de répétition (SSR).....	35
<b>Figure 8</b> : Méthode IPBS (Inter-Primer Binding Sequence).....	36
<b>Figure 9</b> : Situation géographique présentant la localisation du site « ITAFV, Skikda ».....	41
<b>Figure 10</b> : Situation géographique présentant la localisation du site « Jardins de la vieille ville de Mila ».....	41
<b>Figure 11</b> : Situation géographique présentant la localisation du site « Izmir » .....	42
<b>Figure 12</b> : Situation géographique présentant la localisation du site « FRI, Aydin ».....	42
<b>Figure 13</b> : Températures minimales (T min) et maximales (T max) de la région de Skikda pour la période 2000-2011 et les années d'étude .....	43
<b>Figure 14</b> : Moyenne annuelle des précipitations de la région de Skikda pour la période 2000-2011 et les années d'étude.....	44
<b>Figure 15</b> :Diagramme ombrothermique au cours des années 2012(A), 2013(B) et 2014(C)..	46
<b>Figure 16</b> : Climagramme d'Emberger de station d'étude.....	47
<b>Figure 17</b> : Longueur et largeur de la feuille de figuier (IPGRI et CIHEAN, 2003).....	48
<b>Figure 18</b> : Formes dominantes de la feuille (IPGRI & CIHEAN, 2003) .....	49
<b>Figure 19</b> : Fissures épidermiques du fruit, IPGRI & CIHEAM, (2003) .....	53
<b>Figure 20</b> : Valeur K estimée pour l'analyse de la structure du germoplasme de figue utilisé dans l'étude .....	62
<b>Figure 21</b> : Cercle de corrélation des 11 variables morphologiques (F1 et F2) .....	69
<b>Figure 22</b> : Classification hiérarchique basée sur la méthode de Ward des vingt deux variétés selon la morphologie quantitative des cultivars feuilles et fruit .....	76
<b>Figure 23</b> : Dendrogramme représentant différents groupes de composés phytochimiques sélectionnés chez 22 cultivars de <i>F.carica</i> .....	84
<b>Figure 24</b> : Electrophorèse de l'ADN génomique de quelques accessions de figuier sur gel d'agarose 1,5% coloré au bromure d'éthidium, sous UV.....	92

<b>Figure 25</b> : Electrophorèse des produits d'amplification pré-sélective de quelques accessions de figuier .....	91
<b>Figure 26</b> : Empreintes génétique iPBS de 86 accessions obtenues par PCR sélective sur la base d'amorce 2277 .....	96
<b>Figure 27</b> : Dendrogramme basé sur la matrice de similarité de Jaccard's et la méthode de cloustring UPGMA des cultivars étudiées par iPBS .....	98
<b>Figure 28</b> : Analyse des composantes principales de 86 accessions de figuier sur la base des amorces iPBS .....	99
<b>Figure 29</b> : Empreintes génétique SSR de 86 accessions obtenues par PCR selective sur la base d'amorce MF4-70 .....	101
<b>Figure 30</b> : Dendrogramme basé sur la matrice de similarité de Jaccard's et la méthode de cloustring UPGMA des cultivars étudiées par SSR .....	103
<b>Figure 31</b> : Analyse des composantes principales de 86 accessions de figuier sur base des amorces SSR .....	104
<b>Figure 32</b> : Dendrogramme basé sur la matrice de similarité de Jaccard's et la méthode de cloustring UPGMA des cultivars étudiées par iPBS+ SSR .....	105
<b>Figure 33</b> : Analyse des composantes principales de 86 accessions de figuier sur base de la combinaison des deux amorces (iPBS+ SSR) .....	106
<b>Figure 34</b> : Structure estimée de la population d'accessions de figes basée sur STRUCTURE lorsque $K = 2$ .....	107

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Production mondiale de figues en 2016 .....	15
<b>Tableau II</b> : Production et superficie du figuier algérien durant la période 2007-2016 .....	16
<b>Tableau III</b> : Composé phénoliques identifiées dans les fruits et feuilles de <i>F. carica</i> .....	28
<b>Tableau IV</b> : Métabolites secondaires importants chez <i>Ficus carica</i> .....	29
<b>Tableau V</b> : Géotypes suivis pour la présente étude .....	38
<b>Tableau VI</b> : Liste des géotypes de <i>Ficus carica</i> étudiées et leurs sites géographiques .....	39
<b>Tableau VII</b> : Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité dans la région de Skikda durant la période 2000-2011 et durant les années d'étude .....	45
<b>Tableau VIII</b> : Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité (%) et de la vitesse du vent (m/s) dans la région de Skikda durant la période 2000-2011 et durant les années d'étude .....	45
<b>Tableau VX</b> : Souches testées pendant l'évaluation des activités antibactériennes .....	57
<b>Tableau X</b> : Analyse descriptive de l'ensemble des caractères quantitatifs feuilles mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés .....	65
<b>Tableau XI</b> : Analyse descriptive de l'ensemble des caractères qualitatifs fruits mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés .....	66
<b>Tableau XII</b> : Résultats de l'analyse ACP sur les deux axes principaux .....	68
<b>Tableau XIII</b> : Analyse descriptive de l'ensemble des caractères quantitatifs feuilles mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés .....	70
<b>Tableau XIV</b> : Analyse descriptive de l'ensemble des caractères qualitatifs fruits mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés .....	71
<b>Tableau XV</b> : Résultats de l'analyse descriptive de l'ensemble des caractères quantitatifs mesurés pour les trois ans d'études .....	73
<b>Tableau XVI</b> : Composition phytochimique des extraits de figue sèche ( <i>F. carica</i> ) dans différents solvants .....	82
<b>Tableau XVII</b> : Constituants phytochimiques de l'extrait méthanolique de figues algériennes sélectionnées .....	85
<b>Tableau XVIII</b> : Zone d'inhibition (mm) des différentes concentrations (mg/ml) d'extrait méthanolique de feuilles des variétés étudiées vis-à-vis quatre souches .....	86
<b>Tableau XIX</b> : Activité antibactérienne de l'extrait de méthanol (100mg/ml) de <i>Ficus carica</i> vis-à-vis les souches bactériennes testées .....	88
<b>Tableau XX</b> : Liste des séquences d'amorces iPBS utilisées dans l'amplification sélective des variétés étudiées .....	94

<b>Tableau XXI</b> : Paramètres de diversité calculés pour 16 marqueurs SSR parmi 86 accessions de figues .....	100
---	-----

## *Liste des abréviations*

**%**: Pourcentage

**°C** : Degré celsius

**ACP** : Analyse en Composantes Principales

**ADN** : Acide DésoxyriboNucléique

**APS** : Ammonium Persulfate

**ARN** : Acide RiboNucléique

**ATCC**: American Type Culture Collection

**BET** : Bromure d'Ethidium

**CI** : Chloroforme/alcool isoamylique (24:1)

**cm**: Centimètre.

**CTAB** : Cetyltrimethylammonium bromide

**DH<sub>2</sub>O** : Distillée H<sub>2</sub>O

**DMSO** : Diméthyl sulfoxide

**Eau UP** : Eau ultra pure

**EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétra-Acétique

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

**He**: the Expected heterozygosity (l'hétérozygotie attendue).

**Ho**: the Observed heterozygosity (l'hétérozygotie observée).

**iPBS** : Séquence de liaison inter-amorce

**L** : Linné

**MeOH**: Méthanol

**mg**: Milligramme.

**mm**: Millimètre.

**ng** : nanogramme

**pb** : Paire de bases

**PCR** : Polymerase Chain Reaction (Réaction de polymérase en chaine)

**PVP** : Poly(n-vinyl-2 pyrrolidone)

**QTL** : Qualitative Trait Loci

**rpm** : Rotation Par Minute

**SSR** : Simple Sequence Repeat

**Taq** : Thermusaquaticus

**TBE** : Tris acide Borique Edta Ou Tris-HCL, Boric Acid, EDTA

**TE 1x** : Tris 10mM, EDTA 1mM pH 8,5

**UFC** : Unité Formant Colonie

**UPGMA**: Unweighted Pair Group Method with Arithmetic averaging

**UV** : Ultra violet

**µl** : Microlitre

# *Introduction*



Le figuier (*Ficus carica* L.) est l'un des plus anciens fruits cultivés dans le monde. La plupart des pays de la figue cultivée se trouve autour de la Méditerranée qui a toujours été le centre le plus important de figuier cultivé, caractérisé par sa rusticité (capacité d'adaptation) et sa vigueur de la productivité. Dès l'antiquité, on appréciait son goût sucré et sa haute valeur nutritive. Son séchage rapide et facile, qui ne nécessite pas l'utilisation de techniques ou de précautions sophistiquées, a permis d'estimer les avantages longtemps après la récolte, un avantage majeur dans les conditions primitives.

L'Algérie est parmi les pays méditerranéens producteurs de figues, un patrimoine qui est représenté par de nombreuses variétés, une culture revêtant une importance socio-économique fondamentale. Les produits de figues sont largement utilisés à la fois comme aliment et comme médicament. Malgré son grand potentiel pour s'adapter au climat algérien, sa culture demeure traditionnelle. Considérée comme une culture marginale, au quelle consacre un minimum de soins culturels, bien qu'il soit nécessaire pour son expansion et son développement que cette culture aie les mêmes considérations que le reste des arbres fruitiers.

En effet, les paysans considèrent les variétés comme un moyen de différenciation sociale et un héritage culturel et familial à conserver et à transmettre d'une génération à une autre. En revanche, les agriculteurs continuent à conserver la variabilité génétique de cette espèce, qui constitue une agriculture familiale, en cultivant et préservant les variétés locales.

Les agriculteurs préfèrent les cultures, qui fournissent des produits à bonne aptitude de conservation et donc un rendement beaucoup plus élevé. Le changement des habitudes alimentaires de la population locale a plongé la culture du figuier dans des problèmes divers. Par ailleurs, depuis un certain temps, les figuiculteurs ne plantent plus de caprifiguiers et préfèrent acheter le dokkar au marché. L'absence de plantation et de multiplication des caprifiguiers est une source d'érosion certaine pour le figuier. En retour l'utilisation de très peu de cultivars, adaptés à la demande, a fait abandonner la niche variétale aux fruits produits autrefois, et qui ont mis des siècles pour s'adapter aux divers milieux ; ce qui aurait causé en conséquence la perte d'un germoplasme précieux.

Dans le temps que le figuier algérien est caractérisé par une large gamme de variétés. Leur inventaire et leur identification sont confrontés aux problèmes de confusion taxonomique (homonymie) et (synonymie), sa culture s'est toujours accompagnée d'une connaissance plus ou moins imprécise de variétés. Les dénominations locales souvent basées

sur la couleur ou les caractéristiques des fruits. Elles portent d'une région à une autre des appellations différentes qui prêtent souvent à confusion. Ces appellations peuvent désigner des variétés différentes qui sont confondues à cause du caractère exprimé par leur nom.

Malgré que cette ressource génétique possède une large disponibilité, elle reste encore très peu étudiée en Algérie, il existe un manque important d'informations et de recherches sur les figues algériennes, que ce soit pour la caractérisation variétale, la préservation ou la valorisation de ce patrimoine. Toutefois, sous l'influence de l'environnement actuel et de l'introduction massive de nouvelles variétés plus performantes et principalement importées, cette ressource patrimoniale est de plus en plus menacée. Cependant, l'identification des cultivars de figuier est basée généralement sur des descripteurs morphologiques, agronomiques et biochimiques qui sont influencés par des facteurs environnementaux. Une identification précise et non ambiguë des cultivars permettra de surmonter ce problème. Cela est possible moyennant l'utilisation des marqueurs moléculaires, qui est incontournable.

Afin de mieux comprendre le patrimoine figuicole, qui constitue le premier pas vers une éventuelle exploration de la sélection et de l'amélioration des variétés, une étude descriptive complète de ces dernières devrait être réalisée. L'étude doit centrer sur une caractérisation adéquate de différentes accessions de figuier provenant de différentes régions d'Algérie et de Turquie, qui ont été effectuées au cours de ces travaux. Pour cela, différentes méthodes basées sur des caractères morphologiques, biochimiques et moléculaires ont été entreprises dans différentes régions figuicole (certaines figueraies), sa bonne gestion et son exploitation pourront contribuer à confronter la filière figuicole du pays et ce en respectant la plasticité des cultivars et leurs adaptations à des zones géographiques en évitant ainsi les plantations marginales

La préservation des ressources phylogénétiques locales nécessite également une connaissance approfondie de leurs caractéristiques et de leur diversité (leur caractérisation est fondamentale pour leur exploitation). Ainsi que l'étude des savoirs populaires associés avant leur disparition complète. L'évaluation de ces collections permettra l'établissement d'une base de données de l'identification d'écotypes présentant un intérêt pour le développement direct de l'espèce et son utilisation future dans les programmes de création variétale.

En plus de son expression économique et de sa participation à la suppléments alimentaires, la fruiticulture est caractérisée comme une activité de petites zones, contribuant à

la survie des propriétés agricoles familiales, d'une grande importance pour l'équilibre social de la population rurale.

A cette fin, nous avons réalisé des prospections et nous avons optés pour l'étude de cultivars de figuier de la collection de Mezej dechich l'ITAFV, et de la commun Harrouch à Skikda. Tout d'abord, nous avons procédé à la caractérisation agronomique des différents cultivars aux différents organes (feuilles, fruits) afin de permettre leur identification, d'extraire les caractères discriminants, et d'établir les liens entre les groupes d'accessions du figuier, sur base des descripteurs du l'Institut International des Ressources Génétique des Plantes et le Centre International de hautes études Agronomiques méditerranéennes (IPGRI et CIHEAM, 2003).

Parallèlement, Nous avons utilisés des marqueurs biochimiques pour caractériser les polyphenols, il s'agit de la détermination de métabolite secondaire, l'étude phytochimique est principalement basé sur la préparation des extraits méthanoliques de chaque variété, l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits métanoliques vis-à-vis des bactéries pathogènes.

Egalement nous avons effectués une caractérisation moléculaire basée sur une combinaison de iPBS et SSR. Cette analyse intègre l'identification des accessions et l'étude des relations phylogénétiques et/ou des liens éventuels entre les cultivars et inter-cultivars, en même temps qu'elle rend compte des aspects liés aux confusions de nomenclature (homonymie et synonymie), tout en fournissant une empreinte génétique spécifique à chaque accession, qui représentent une diversité génétique précieuse et non décrite auparavant.

Ce manuscrit est organisé de la façon suivante :

- ✓ La première partie comprend une synthèse bibliographique scindée en trois parties : une première partie sur une présentation générales du figuier, et en particulier, sur son origine, historique, une description botanique de cette espèce et ses exigences et enfin son importances sur le plan international et national. Une seconde partie présentant une étude photochimique des composées phénoliques et leurs effets antibactériens, pour terminer avec une dernière partie décrit l'importance de l'étude de la diversité génétique ainsi que les outils utilisés.
- ✓ La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes nécessaires aux différentes approches utilisées pour répondre aux questions scientifiques posées.

✓ La troisième partie concernant les résultats obtenus, leurs analyses et leurs discussions.

Enfin une synthèse générale des résultats obtenus, puis une conclusion résumant les différents résultats obtenus et les nombreuses perspectives offertes par ce travail.

*Partie 1 :*

*Synthèse Bibliographique*



## **I. Importance historique et économique du figuier**

### **1. Histoire de la domestication des figues : approche archéologique**

Plusieurs années de recherche et d'exploration dans plusieurs parties du croissant fertile, en particulier dans la région du Jéricho et Gezer en Palestine, les figues carbonisées sont bien conservées indiquant qu'ils ont 5000 ans avant JC (Flandrin et Monatanari, 1998).

Des graines de figues ont été trouvées dans d'autres sites néolithiques, comme dans Tell Asward en Syrie (7800 à 6600 av. J.-C.) et à Jéricho (vers 7000 av. J.-C.), probablement de fruits sauvages recueillis par des chasseurs-cueilleurs de l'époque. D'autres graines fossilisées ont été trouvées dans les sites de la vallée de la rivière Jordan et de la Mer Morte avec une date indicative de 3500 avant notre ère et que les caractéristiques sont des figues cultivées, des preuves trouvées dans des écrits sumériens sur des plaques d'argile qui garantissent qu'ils auraient été cultivés en Mésopotamie mille ans plus tard (Roberts, 2001).

Ucko et Dumbleby (1969) affirment également que les graines de figues fossilisées peuvent être détectées dans de nombreux échantillons après la première colonie à Jéricho et que seule la pulpe du fruit a été trouvée en raison de la fragilité de ses tissus.

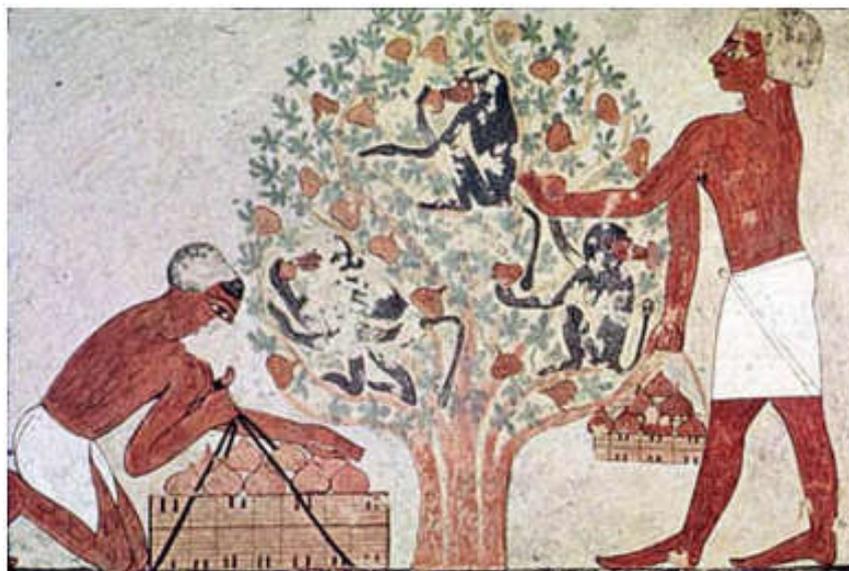
Il existe plusieurs auteurs qui rapportent des preuves archéologiques à partir de graines fossilisées trouvées dans des sites de la phase néolithique au Moyen-Orient, dans des endroits comme Netive Hagdud, Israël (entre 7900 av. J.-C. et 7500 av. J.-C.). Des traces de figues ont été trouvées dans la partie occidentale de la Méditerranée, depuis le Néolithique moyen; à Grotte de l'Uzzo en Sicile; et de l'âge du bronze à Vallegio au nord de l'Italie (Zohary et Hopf, 2004).

Il existe des preuves archéobotanique indiquant l'utilisation de fruits parthénocarpiques, selon les botanistes de l'Université américaine de Harvard ont découvert des preuves de l'épanouissement de l'agriculture. Selon eux, la culture du figuier au Moyen-Orient a été la première réalisée par l'être humain, il y a 11 400 ans avant JC, ce qui signifie que cette plante était déjà cultivée environ 5 mille ans avant le blé et l'orge dans la région. Les chercheurs ont trouvé des restes de 9 petits figues et 313 graines séchées enterrées à Guilgal, installées dans la vallée du Jourdain au nord de Jéricho. Les fruits ont été bien conservés, ce qui montre qu'ils ont été séchés pour la consommation humaine (Meneghetti, 2006). La figue commune (*Ficus*

*carica* L.) était la première plante cultivée dans le monde, antérieure à la domestication céréalière (Krislev *et al.*, 2006).

Malgré ses origines discutables des signes de leur culture dans plusieurs traces de colonies néolithiques, dans des tombes et des monuments égyptiens (Janick, 2005, 2007). Les figues ont également été gravées en Égypte vers 2750 av. J.-C., avec des représentations graphiques de la récolte datant de 1900 av. J.-C. Cette preuve se trouve dans le tombeau de Knunhotep à Beni Hasan (Berral, 1966 ; Roberts, 2001 ; Edlin, 1969). Il y a aussi dans cette évidence une fresque intéressante avec le dessin de la moisson de figue et la présence de singes dans les arbres de ce fruit (Figure 1).

Une autre preuve de la présence de la figue dans les jardins égyptiens est la maquette trouvée dans la tombe de Meketre, chancelier du roi Mentuhotep II, daté de 2000 av. J.-C. Ce modèle a été sculpté en bois peint en vert, montrant un jardin avec une pêcherie ombragée par des figuiers (Hobhouse, 1993).



**Figure 1. Collection des figues , Beni Hasan, Egypt ca.1900 BCE ( Singer *et al.*,1954).**

Suivant les informations archéologiques indiquant que la figue est cultivée à partir de 4000 av. J.-C. en Mésopotamie et en Égypte ancienne (Van Wyk, 2005). Présent dans les vergers et les jardins, est vaste l'illustration de sa présence en tant que plante cultivée et d'utilisation répandue dans l'histoire agricole de l'humanité, en particulier en Égypte (Wright, 1934 ; Hyams, 1971; Cowell, 1978).

Zohary et Hopf (2004) citent la figue comme troisième espèce fruitière associée à l'apparition de l'horticulture dans le bassin méditerranéen. C'était une partie des éléments constitutifs des systèmes de production alimentaire de la Méditerranée consommé en été comme fruit frais et dans les autres saisons comme figue sèche, riche en sucre.

Dans la région de Crète et de Chypre, des traces de l'espèce ont été trouvées sur les origines de l'agriculture au Néolithique (Colledge et Conolly, 2007) et également dans des sites archéologiques néolithiques dans les régions du nord de l'Italie (Rottoli et Pessina, 2007) et en Méditerranée occidentale (Buxó, 2007).

Des études de figues sont présentées indiquant des figues fossilisées dans des dépôts tertiaires et quaternaires en France et en Italie. Ces figues fossilisées sont plus petites et ressemblent aux figues cultivées aujourd'hui. D'autres sites trouvés en Grèce et en Mésopotamie, à la fin de l'âge néolithique. Des figues ont été trouvées dans les régions alpines de la Suisse et dans le nord de l'Italie à de la fin de l'âge du bronze, ce qui suggère qu'elles ont été transportées dans ces régions, compte tenu des caractéristiques climatiques défavorables à leur développement. Ces régions très froid et neigeux, impropre à la croissance des figues (Renfrew, 1973).

Selon De Candolle (1885) les feuilles et même les fruits de figues sauvages se trouvaient dans les fouilles de Montpellier et Saporta, et près de Marseille et Paris, des feuilles et même des figuiers sauvages ont été trouvées sur les dents d'*Elephas primigenius*, un mammoth, avec des feuilles d'autres plantes, dont certaines n'existent plus, et d'autres comme *Laurus canariensis*, qui a survivrai aux îles Canaries. Par conséquent, à son époque lointaine, la figue aurait pu exister sous sa forme moderne et se retrouver dans le sud de la France, puis réapparaître dans la même région.

## **2. Centre d'origine de la figue**

Plusieurs questions se posent sur le centre exact des plantes cultivées, particulièrement le figuier. La difficulté d'avoir une définition précise du centre d'origine de la figue ainsi que de nombreuses espèces végétales. Certains auteurs aident à clarifier cette question.

Selon Linné (1744) les lieux d'occurrence de la figue sauvage se trouve en Italie, en Espagne et en Galia, dans les régions montagneuses, les édites, les vetustis muris, liés aux milieux anthropiques. Ensuite, dans *Species plantarum*, à partir de 1753, il indique l'Europe du Sud et l'Asie.

Bryant en 1783 déclare que le figuier est originaire d'Asie, mais il est maintenant cultivé presque partout en Europe.

D'après le biologiste généticien Vavilov (1951), le figuier appartient au centre d'origine IV : Centre du Moyen-Orient, qui comprend l'intérieur de l'Asie Mineure, Iran, les hautes terres du Turkménistan et la Transcaucasie (Caucase du sud). Appartiennent également à ce centre des arbres fruitiers comme l'amandier, poirier, grenadier, de coing, du pommier et cerisier, entre autres espèces végétales.

Harrison *et al.* (1969) indique qu'il est probablement originaire d'Asie occidentale, cultivé pour ses fruits dans des temps très anciens et se propage dans les régions tempérées et subtropicales plus chaudes. Il est souvent spontané et naturalisé, même au nord des îles britanniques.

Harlan (1992) a inclus le centre d'origine de figue en Asie Mineure, où la Turquie, Iran et Irak. Hancock (1992) place son centre d'origine au Moyen-Orient; Van Wyk (2005) indique qu'il est en provenance de la Méditerranée orientale et seulement en Méditerranée (Simpson et Ogorzaly, 1995).

Hedrick (1972), la figue a été cultivé en Syrie, Perse, Asie Mineure, Grèce et Nord d'Afrique depuis des temps immémoriaux dans ces pays et même si jusqu'à sud de l'Allemagne, tandis que Bianchini et Corbetta (1975) rapportent que la figue se trouve dans une vaste zone continue Est de l'Iran aux îles Canaries, dans les pays méditerranéens, probablement est venu de Syrie "

Le centre d'origine des figues n'a pas été clairement établi. Cependant, l'analyse moléculaire récente suggère que le centre d'origine est la Turquie actuelle (Karandeniz, 2009).

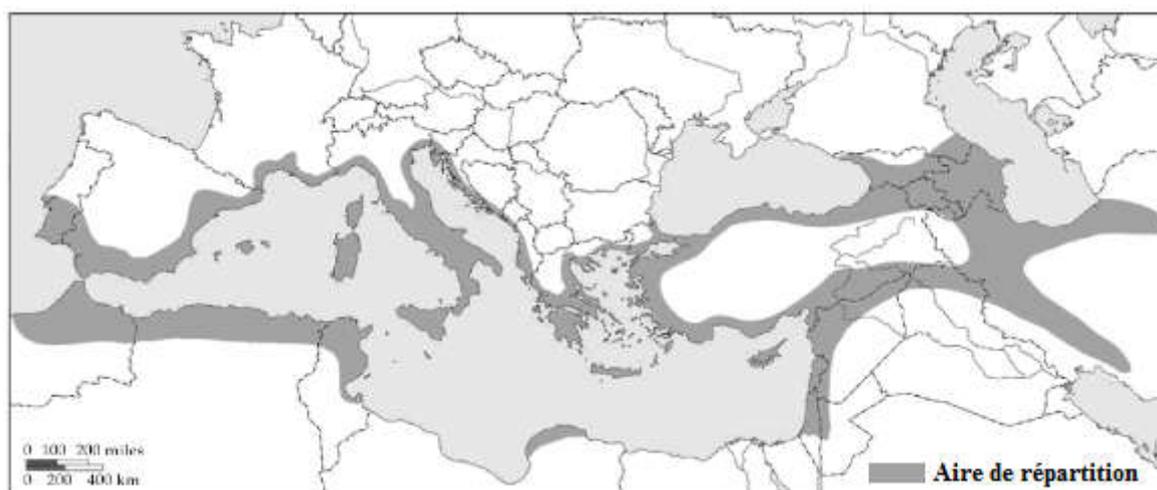
### **3. Domestication**

Les études phylogénétiques ont montré que le genre *Ficus* est née il y a environ 80-90 millions d'années, au cours de la fin du Crétacé, bien que sa première expansion et leurs pollinisateurs a été réalisé après, lors de la séparation du continent de Gondwana environ 60 millions d'années (Machado *et al.*, 2001; Datwyler et Weiblen 2004; Ronsted *et al.*, 2005).

Le figuier est l'une des plus anciennes plantes cultivées au monde, depuis l'époque préhistorique, considérée par les peuples anciens comme un symbole d'honneur et de fécondité (Penteado et Franco, 1997),

En effet, chez ces espèces, la distinction entre les populations sauvages et les formes cultivées n'est pas toujours évidente. Certaines plantes ont évolué à partir de la reproduction sexuée dans la nature par la production de fruits parthenocarpiques en culture. Chez le figuier, le seul caractère pouvant être lié à la domestication est la présence de figes d'automne parthenocarpiques (Achtak, 2009).

Il est connu pour avoir été domestiqués à partir d'un groupe de diverses figuiers spontanées présentes dans le sud et l'est de la région méditerranéenne (Figure 2) au début du néolithique (Zohary et Hopf, 1993). Cependant, grands figuiers fruitier trouvés dans les forêts feuillues du district de Colchic du Nord de la Turquie et dans Hyrcanic en Iran et les zones adjacentes, qui sont souvent intégrés dans les figes Méditerranéennes, sont considérés par certains botanistes comme un écotype distinct de *F. carica*, et comme une espèce distincte, *F. colchica* Grossh. et *F. hyrcanica* Grossh., par d'autres (Zhukovsky, 1962). Selon Vavilov (1951), on peut voir toutes les étapes de la domestication des figes dans le sud du Caucase, où l'état sauvage, transition, et la culture de fruits modernes existe encore.



**Figure 2 : Aire de répartition de figuier sauvage *Ficus carica* (Zohary et Hopf, 1993).**

Les études récentes indiquent que *Ficus carica* L. est une évolution des *Ficus carica* var. *rupestris*, qui a été étendu dans toute la Méditerranée avant d'être domestiquée et sélectionnée de façon simultanée dans plusieurs points de la zone (Khadari et Kjellberg, 2009). De même que l'olivier, la vigne, le palmier dattier ou le grenade, est une espèce fruitière largement connue depuis les temps anciens et l'une des premières espèces cultivées dans le monde (Solomon *et al.*, 2006; Janick, 2005, 2007).

Le figuier a réagi aux pressions de sélection des sociétés humaines aussi longtemps que les annuelles et sur de nombreux aspects, il a évolué de façon comparable (Kislev *et al.*, 2006, Lev-Yadun *et al.*, 2006).

La figue est cultivée dans la plupart des climats chauds et tempérés et a été célébrée dès les premiers temps pour la beauté de son feuillage et pour sa douceur et de bons fruits, avec allusions fréquentes dans la Torah, la Bible et le Coran, sont des arbres qui faisaient partie du jardin d'Eden. En outre, a joué un rôle important dans la mythologie grecque, d'être employés à des cérémonies religieuses et offerts comme prix dans des jeux olympiques depuis l'antiquité (Flaishman *et al.*, 2008). Parmi les commentaires les plus intéressants que le prophète Mohammed (QSSL) a entendus, il a déclaré : " Si Je pourrais souhaiter un fruit apporté au paradis serait certainement la figue » (Condit, 1947).

L'histoire de la domestication et la migration précoce le long des anciennes routes commerciales ont une forte influence sur la distribution moderne, la diversité génétique et la structure de la figue. La découverte de figes carbonisées dans un site néolithique précoce de la vallée du Jourdain, datant de 11 400 à 11 200 ans, suggère que les figes ont été domestiquées pendant la première révolution néolithique précédant la domestication céréalière (Kislev *et al.*, 2006). Comme la culture de figuier s'étend au sud de l'Arabie et ensuite à l'Asie occidentale voisine, notamment la Mésopotamie, l'Anatolie, la Transcaucasie, la Perse et d'autres régions du Moyen-Orient, l'introgession des figes et des races locales et la sélection humaine en Transcaucasie. Entraîné la reconnaissance de nombreuses variétés et formes. Plus loin vers l'ouest, la migration des figes vers la Grèce, l'Italie, l'Espagne, le Portugal et vers le sud en Égypte a ajouté plus de cultivars. Les missionnaires espagnols ont introduit la figue au milieu du XVI<sup>e</sup> siècle dans le nouveau monde, puis en Amérique du Nord. Les missionnaires franciscains furent les premiers à planter des figes en Californie vers le milieu du dix-neuvième siècle et nommèrent le cultivar " Mission " (Condit 1955, Storey 1975). D'autres introductions de Smyrne et Caprifigue de France et d'Asie Mineure ont eu lieu dans la dernière partie du siècle et le Département Américain de l'Agriculture (USDA) a introduit le pollinisateur *Blastophaga* en 1890 (Condit 1947) pour faciliter la production de figes de Smyrne.

La Syrie et l'Anatolie sont les habitats naturels du figuier, et de là, il a été transféré en Afrique du Nord, en Espagne, au Mexique, au Chili, au Pérou et en Californie. Il a été aussi transporté en Amérique du Sud à travers la France et en Mésopotamie, en Iran et en Inde depuis l'Anatolie (Condit, 1947). La longue histoire de la domestication avec de nombreux

cultivars et d'autres échanges et propagation dans d'autres régions du monde a entraîné une ambiguïté dans la description et la nomenclature des cultivars de figues. Condit (1955) a répertorié plus de 700 cultivars de figues avec leurs synonymes et les a classés dans les quatre types, mais il existe encore beaucoup de confusion dans l'identification des cultivars et leurs relations. La médiocre documentation des données de passeport lors de la collecte du matériel génétique, l'utilisation laxiste des variétés et des pépinières commerciales, la substitution des noms régionaux et locaux par les mêmes variétés clonales et la présence de variantes appellations au sein des variétés entravent l'identification et la description des variétés de figues. Pour un dépôt de matériel génétique, il est essentiel de fournir des informations fiables sur le matériel génétique qu'il possède et de le diffuser au moyen d'une évaluation sur place. La caractérisation basée sur des critères morphologiques est souvent variable d'une année à l'autre et en fonction de la plasticité et de la sensibilité de ces caractères aux interactions génotype-environnement. Les marqueurs moléculaires offrent une stabilité et une alternative fiable pour l'identification génétique et la caractérisation des collections de matériel génétique.

#### **4. Répartition du figuier à travers le monde**

La figue commune est presque universellement connue. Pendant des milliers d'années Elle a été une culture alimentaire importante et est considérée comme une partie très bénéfique de l'alimentation. Des milliers de cultivars, pour la plupart sans nom, ont été développés, ou ont vu le jour grâce à la migration humaine qui a amené la figue à de nombreux endroits en dehors de son aire de répartition naturelle (Flaishman *et al.*, 2008). La migration humaine a contribué à la dispersion de la plante en dehors de sa zone naturelle (Condit, 1955). Actuellement, la figue est cultivée dans 51 pays à travers le monde (FAO, 2018).

Il a été domestiqué à partir d'un groupe de diverses figues spontanées présentes dans le sud et l'est de la région méditerranéenne au début du néolithique (Zohary et Hopf, 1993). D'après El Rayes (1995), la région est de la méditerranée est considérée comme le berceau d'origine du figuier, ou se rencontrent jusqu'à nos jours des exemplaires de figuiers spontanés très âgés en Turquie, Syrie et Arabie. La culture de figuier s'est étendue, ensuite, pour atteindre l'ensemble des pays du bassin méditerranéen.

Le figuier a été distribué par des habitants de toute la Méditerranée de Perse, d'Asie mineure et de Syrie. C'est une culture vivrière importante depuis des milliers d'années et est

considérée comme très bénéfique pour la nutrition. Des milliers de cultivars, pour la plupart sans nom, ont été développés ou ont vu le jour lorsque la migration humaine a amené la figue à de nombreux endroits en dehors de son aire de répartition naturelle. Les figues ont été introduites en Italie avant l'histoire enregistrée (Condit 1947).

Medeiros (2002) rapporte que ce n'est qu'après neuf siècles que cette fécondité a été introduite en Egypte, en Grèce et en Italie. De ces régions, cette espèce a été disséminée dans d'autres pays d'Europe, d'Asie et d'Afrique du Nord, atteignant les Amériques dans la région centrale du continent après sa découverte.

Selon Pereira (1981), Martim Afonso de Souza a été responsable de l'introduction du figuier au Brésil en 1532, à São Paulo, mais seulement à partir de 1910 qu'il a commencé à être utilisé à des fins commerciales dans la région qui comprend aujourd'hui la municipalité de São Paulo de Valinhos.

Les figues ont été introduites en Amérique latine par les missionnaires espagnols et portugais. Historiens espagnols soulignent que les figues européennes de Séville, ont été introduites aux Antilles (Aujourd'hui, l'Amérique latine) à 1520. La première récolte de figues ont eu lieu dans les îles espagnoles comme Cuba, alors que cette île était une colonie espagnole, chaque famille a été autorisée à cultiver une seule plante pour empêcher la concurrence avec le territoire de la mère. Simultanément, la figue est introduite par les Espagnols au Pérou vers 1526 à partir de là vers tous les pays d'Amérique du Sud (Gallego *et al.*, 1996).

Les figues ont été introduites en Angleterre entre 1525 et 1548. Plus tard, les types européens ont été introduits en Chine, au Japon, en Inde, en Afrique du Sud et en Australie. En 1550, il a été rapporté de manière fiable qu'il se trouvait dans des jardins chinois. Les premières figues du nouveau monde ont été plantées au Mexique en 1560. Les figues ont atteint la Virginie dans l'est des États-Unis en 1669 et ont été introduites en Californie lorsque la Mission de San Diego a été établie en 1769. Par la suite, de nombreux cultivars distinctifs ont été reçus d'Europe. La figue de 'Smyrne' a été introduite en Californie en 1881-82, mais elle n'a été cultivée qu'en 1900, date à laquelle la guêpe pollinisatrice a été introduite pour rendre possible la production commerciale. Il est devenu une plante de jardin familière dans les Antilles, et à moyenne et basse altitude en Amérique centrale et nord de l'Amérique du Sud (Flaishman *et al.*, 2008).

La plante à figues a été introduite au Mexique en 1683 par des missionnaires franciscains espagnols (Storey, 1977). Ils ont planté des figues noires à l'extérieur des églises des États d'Hidalgo, de Guanajuato, de Morelos, de San Luis Potosi et de Zacatecas (Parra Lerma, 1996).

Actuellement, le figuier est cultivé sur les cinq continents et répandu dans les pays méditerranéens à climat tempéré, où végètent dans de nombreux sols et climats en raison de sa tolérance à la sécheresse et à la salinité (Stover *et al.*, 2007; Flaishman *et al.*, 2008; Crisosto *et al.*, 2011). Il s'adapte à une grande diversité climatique, étant cultivé à la fois dans les régions subtropicales chaudes et dans les climats tempérés (Pereira, 1981).

L'histoire du figuier présente beaucoup d'analogie avec celle de l'olivier en ce qui concerne l'origine et les limites géographiques. Avec l'olivier, la vigne et le grenadier, il constitue le fond de l'arboriculture de l'ancien monde méditerranéen (Lansky et Helena, 2011).

Maintenant, qu'il pousse à l'état sauvage ou cultivé dans la plupart des pays méditerranéens (Weiblen et Datwyler, 2004 ; Crisosto *et al.*, 2011), sa propagation rapide est principalement due à sa simplicité de propagation, qui peut être obtenue simplement par graines ou boutures (Condit, 1947). En outre, cela a donné lieu à des centaines de cultivars, la plupart sans nom, devenant une précieuse culture pour des centaines d'années en raison de leurs bienfaits pour la santé.

D'abord, ce sont les Carthaginois (du IX<sup>e</sup> au II<sup>e</sup> siècle av. J.-C.) qui ont répandu le figuier en Nord d'Afrique. Les Romains ont ensuite largement étendu leur territoire en le plantant autour de la Méditerranée (Padilla, 2003). El Bouzidi (2002) a confirmé que le figuier s'est enraciné en Afrique du Nord et a conquis à la fois l'espace et les hommes au point qu'il en est devenu le symbole. L'importance qui lui était accordée par les civilisations méditerranéennes. De plus, par ses capacités nutritives et médicinales, il s'est fait une place dans la vie quotidienne des habitants. Le figuier est acclimaté et cultivé dans tout le bassin méditerranéen. Il est spontané dans le tell et cultivé dans tout l'Algérie jusqu'à l'extrême sud (Oasis), il s'étend sur des altitudes allant de 300 m jusqu'aux massifs montagneux du Djurdjura (Kabylie) à une altitude de 800 m (Mauri, 1939). Il est parfois rencontré plus haut, à 1000 m voire 1200 m d'altitude que ne peu atteindre l'olivier (Rebour, 1968).

## 5. Production de la culture du figuier

Soixante-dix pour cent de la production mondiale de figues se produit dans les pays riverains de la Méditerranée. Dans ces pays, les figues constituent un élément important du régime méditerranéen, considérée comme l'une des plus saines au monde. Associé à la longévité (Trichopoulou *et al.*, 2006, Caliskan et Polat, 2011).

A l'échelle mondiale, la superficie de culture du figuier dépasse 308.460 ha, avec une production estimée de 1.050.459 t en 2016 (FAOSTAT, 2018). Cette superficie et production mondiales sont restées plus ou moins stable avec un maximum de 342.507 ha et plus de 1.182.027t en 2006. Les principaux pays producteurs sont localisés dans la région méditerranéenne, Bien que sa culture ait également été mise en place, dans des lieux aussi éloignés comme les Etats-Unis, le Brésil, la Chine, l'Afrique du Sud et le Japon. La Turquie, dirige la production mondiale de figues avec 26,4 %, suivie par Egypte, Algérie, Iran, Maroc et Syrie (Tableau I), dont plus de 70 % de la production turque pour la consommation à sec.

**Tableau I.** Production mondiale de figues en 2016

Position	Pays	Production (tonnes)	Superficie récoltée (ha)
1	Turquie	305 450	49987
2	Egypte	167 622	27918
3	Algérie	131 798	42248
4	Iran	70 178	53101
5	Maroc	59 881	58306
6	Syrie	43 098	9365
7	USA	31 600	2469
8	Brésil	26 910	2804
9	Espagne	25 224	12267
10	Tunisie	22 500	15627
11	Inde	14798	5740
12	Italie	11297	2390
13	Grèce	4523	1550
14	Portugal	3161	4103
15	Afghanistan	3143	811

Source : FAO, 2018- Organisation des Nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture, cultures de production.

A l'échelle national, le figuier compte parmi les trois productions fruitières principales de l'Algérie : olivier, figuier et agrumes, sous les deux forme caprifiguier et figuier commun. La grande majorité des plantations se trouve en Kabylie (Chouaki *et al.*, 2006). Les plantations se localisent essentiellement dans les régions montagneuses sur des sols de qualité médiocre et à forte charge caillouteuse. Le figuier occupe un espace morcelé en petites

parcelles accidentées. Ce patrimoine fait de cette culture un secteur socioéconomique et environnemental stratégique. En effet, le figuier assure l'alimentation et le revenu d'une franche catégorie des algériens.

Selon FAOSTAT (2018), la figuière en Algérie s'étend sur une superficie de 42248 ha dans l'année 2016, qui a connu des fluctuations interannuelles importantes entre 2007 et 2016 comme l'indique le tableau (II), avec une production de 131 798 tonnes, qui a connu une augmentation depuis l'année 2007.

**Tableau II** : Production et superficie du figuier algérien durant la période 2007-2016

Algérie	Production (tonnes)	Superficie récoltée (ha)
2007	63 883	48790
2008	78 735	47273
2009	83 801	46935
2010	123 763	46921
2011	120 187	46331
2012	110 058	45125
2013	117 100	44608
2014	128 620	44395
2015	139 137	43130
2016	131 798	42248

Source : FAO, 2018- Organisation des Nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture, cultures de production.

## 6. Importance du secteur figuicole

L'importance économique de la production de figues est susceptible de se poursuivre dans le futur. Sur le marché mondial, il y a une demande croissante de figues fraîches et une demande stable pour les figues sèches.

Par rapport au commerce extérieur, la Turquie est le principal pays exportateur de figues sec et frais avec l'Espagne sont les seuls pays qui exportent un volume considérable de ces deux types de fruits. Les principaux pays bénéficiaires de figues espagnols varient selon la destination de la production (la consommation en frais ou séché). Ainsi la France est le marché principal bénéficiaire des figues fraîches, tandis que le Portugal, le Mexique et les États-Unis le sont pour les figues sèches. Ces exportations représentent un volume d'environ 3.000 t de figues sèches et 2.000 t de frais d'un montant approximatif de 7 millions d'euros (FAOSTAT, 2015).

Par ailleurs, les principaux pays importateurs sont la France et l'Allemagne qui représentent près de 30 % des achats mondiaux, suivi d'autres comme les Etats-Unis, la Russie et le Royaume-Uni. L'Espagne importe un total de 5.026 t de figes sèches, dont 97 % proviennent de La Turquie et le reste de l'Allemagne, Argentine, Belgique, Pays-Bas et de la France. Les importations espagnoles de figes fraîches sont très petites, environ 138 t, principalement de Turquie (35 %), la France (16 %) et les Pays-Bas (16 %) (FAOSTAT, 2015).

## **II. Présentation de l'espèce *Ficus carica* L.**

### **1. Taxonomie et systématique**

Le figuier commun, *Ficus carica* L., appelle aussi "figue de Carie" ou "arbre à cariques". *Ficus* le nom générique est le nom latin du figuier. L'adjectif spécifique *carica* signifie Carie natif, en supposant que le figuier viennent de l'ancienne province d'Asie mineure (Neal, 1965; Dehgan, 1998). La figue est un fruit de la famille des Moraceae, qui comprend 37 genres et plus de 1100 espèces (Datwyler et Weiblen, 2004). Le genre *Ficus* est principalement distribué dans les climats chauds et tempérés, inclus environ 881 espèces (Kumar *et al.*, 2011). De ce fait, il est considéré comme le genre le plus diversifié au monde. La classification de ce genre a considérablement changé au cours du temps et encore aujourd'hui est l'objet de recherche et de controverse. Même le nombre d'espèces qui le composent a varié selon différents auteurs entre 600 à 2000. La classification taxonomique plus récent est réalisé par Berg (2003), qui divise le genre *Ficus* dans six sous-genres: *Pharmacosycea*, *Urostigma*, *Synoecia*, *Ficus*, *Sycidium* et *Sycomorus* basé sur des aspects comme le système de reproduction (monoïque ou dioïque), la spécificité des pollinisateurs, la morphologie de son inflorescence, les caractères anatomiques des feuilles et leur répartition géographique ; y compris l'espèce *Ficus carica* L. dans le sous-genre *Ficus*.

Les espèces de figuiers sont monoïques si les fleurs mâles et femelles sont sur la même plante, ou dioïques si les fleurs mâles et femelles sont sur des plantes séparées (Beck et Lord, 1988). En particulier, *F. carica* L. est une espèce diploïde gynodioïque avec 26 chromosomes portant des femelles sur des plantes séparées ou fleurs hermaphrodites (Storey, 1977).

La classification taxonomique du figuier telle que l'a décrite Gaussen *et al.* (1982) est la suivante :

REGNE	Végétal
EMBRENCHEMENT	Phanérogames
SOUS- EMBRENCHEMENT	Angiospermes
CLASSE	Dicotylédones
SOUS CLASSE	Hamamélidées
SERIE	Apétales unisexuées
OREDRE	Urticales
FAMILLE	Moracées
GENRE	<i>Ficus</i>
ESPECE	<i>Ficus carica</i> L.

## 2. Caractérisations morphologiques

Le figuier *F. carica* L. ; espèce morphologiquement monoïque mais fonctionnellement dioïque (Kjelberge *et al.*, 1988), est un arbre à croissance rapide, feuillage caduque, subtropical et rapide dispersion (Stover *et al.*, 2007). La taille de l'arbre et sa densité de ramification dépendent en outre du génotype, du teneur en l'humidité, des éléments nutritifs du sol où se trouvent d'autres caractéristiques environnementales. Il existe des arbres exceptionnellement élevé de 9 à 12 m de hauteur, mais atteint généralement une hauteur à maturité qui peut varier entre 3 et 10 mètres. L'âge moyen des arbres est généralement de 50-60 ans (Janick, 2006) (Figure 3).



**Figure 3. Arbre et rameau feuillé de figuier (photos Belattar, ITAFV 2013)**

Le figuier se multiplie facilement par boutures qui s'enracinent facilement. Les plantations sont à espacement de 3 à 6 mètres sur le rang de 5 à 7 mètres entre les lignes. La densité est de 250 à 400 plants à l'hectare (Oukabli et Mamouni, 2008).

Pereira et Nachtigal (1999) signalent que même dans les climats semi-arides et les sols pauvres, quand on le laisse pousser naturellement, le figuier se développe dans des plantes de taille moyenne à grande. Dans les endroits d'hiver difficiles en Europe ou aux Amériques, le figuier se développe abondamment et sa hauteur moyenne varie de trois à sept mètres.

Son système racinaire est composé de racines fibreuses, abondantes et robustes et disposent de façon superficielle selon Flores (1990), 80 % se trouve à une profondeur comprise entre 20 et 45 cm pouvant atteindre entre 11 et 15 mètres latéraux (Ferguson *et al.*, 1990). Son grand pouvoir de pénétration permet de atteindre des profondeurs de plus d'assumer ainsi de grandes périodes de sécheresse. Dans les sols arides explore les grandes profondeurs en quête de l'humidité du sous-sol, mais dans des zones d'irrigation est superficielle. Le système racinaire du figuier permet à la plante de s'adapter aux sols de faible qualité agronomique comme les salins, calcaire, semi-aride, aride (Melgarejo, 2000). Selon Maiorano *et al.* (1997) des plantes de cette nature nécessitent des pratiques de gestion adéquates, de sorte qu'il n'y ait pas de stress causé par des déficiences hydriques ou même par l'excès de machines dans le verger.

Le tronc a un bois très dense et une formation très variée. L'insertion des branches primaires, secondaires et branches productives sont épaisses, sujettes à arc électrique, mais sont à peine visibles dans le système de production, ce qui nécessite une taille drastique (Pereira et Nachtigal 1999). Tous les rameaux de l'arbre peuvent porter des figues, mais l'importance des fruits par rameau dépend de l'âge du rameau et de la variété (Rivales, 1979).

L'écorce grise lisse, branches vertes, émettant un suc laiteux blanc en cas de blessure (Bossard et Cuisance, 1986; Bayer *et al.*, 2005).

Selon Bayer *et al.* (2005) les feuilles sont caduques, rugueuses, palmatilobées en cœurs, divisées en 3 à 7 lobes. Ses feuilles sont alternes, palmées mais très polymorphes (Bretaud et Faure, 1990), de couleur verte; brillantes par le dessus et gris et rugueux sur la face inférieure (Morton, 1987).

La figue est caractérisée par la présence de cellules galactophores, en particulier dans les feuilles pétiolées et les branches, qui excrètent une substance appelée ficine, une enzyme

protéolytique responsable de brûlures au deuxième degré au contact de la peau (Murayama, 1984).

Le terme « fruit sans fleur » donné à la figue, donne une indication quant à sa forme alambiquée. Les figues contiennent de nombreuses graines, chacune représentant techniquement un fruit minuscule, la figue cache ses fleurs dans son fruit (Lansky et Helena, 2011).

La peau de la figue est mince, tendre, blanchâtre, pâle, jaune, rose, rouge ou pourpre dépendant de la variété. A maturité, la figue est un fruit sucré, doux, délicieux et juteux (Lansky *et al.*, 2008).

Botaniquement, la figue est considérée comme un sycone; une forme de fruit très remarquable qui reste dans son arrangement particulier des fleurs en forme de poire, de couleur vert à brun violet, pouvant atteindre 8 cm de long (Gaussen *et al.*, 1982; Tupac Otero et Ackerman, 2002). Ces fleurs qui n'ont pas encore arrivé à une totale perfection et développement en drupes sont réellement concentrées à l'intérieur d'un réceptacle creux avec une petite ouverture à l'apex appelée ostiole fermée par de petites écailles (Figure 4) (Owino *et al.*, 2004; Dueñas *et al.*, 2008).

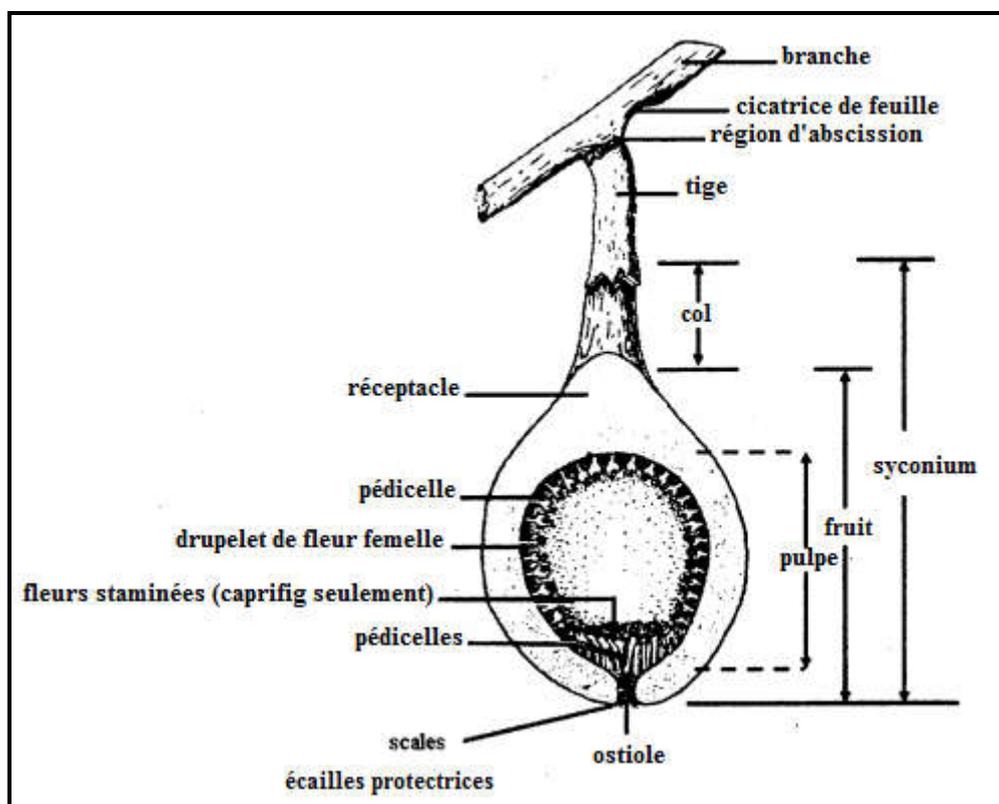


Figure 4 : Diagramme de *Ficus carica* syconium expliquant la terminologie des fruits (Storey, 1975 ; Flaishman *et al.*, 2008).

Les fleurs du figuier sont en réalité un ensemble de fleurs (inflorescence) très petites, en comparaison avec le reste des arbres fruitiers et sont à l'intérieur d'un réceptacle charnu (le syconium) de formes et de couleurs différentes appelé sycone. Sur les parois de l'intérieur du sycone sont insérés nombreuses fleurs, pédicellées, hypogogènes et unisexuelles et avec un périanthe divisé en cinq parties (Ferguson *et al.*, 1990; Janick, 2006). Les fleurs, à leur tour, sont de trois types : l'un de fleurs staminée et deux de fleurs pistillées (style court et de style long). Elles sont toutes apétales.

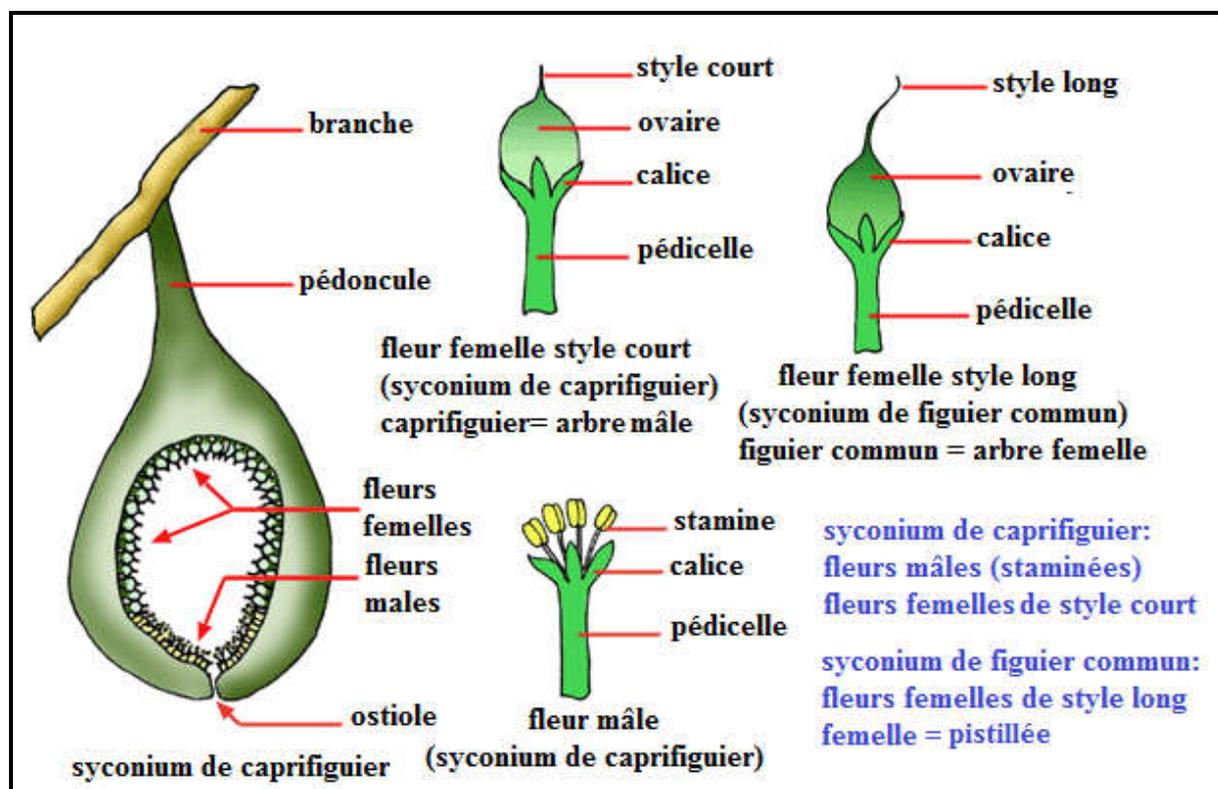
La fleur staminée (mâle) est constituée de quatre à cinq étamines, entourées de cinq pièces florales (forment un périanthe translucide), au centre desquelles se trouve un gynécée avorté. La fleur mâle est donc une fleur hermaphrodite dont la fonction femelle est inexistante. Cette structure se retrouve dans les figues des individus femelles, mais dans ce cas les étamines n'ont jamais d'anthères, seuls subsistent les filets, perdant ainsi la fonction de reproduction des fleurs morphologiquement hermaphrodites mais fonctionnellement stériles.

D'après Gautier *et al.* (1987) la fleur pistillée (femelle) est formée d'un périanthe de cinq pièces entourant d'un ovaire uniloculaire contenant un ovule unique surmonté d'un style se terminant par stigmat. Cependant, chez les individus femelles, le style est long (fleur longistylée) alors que chez les individus mâles, la fleur femelle est brévistyle. Cette différence est un élément majeur de la biologie florale de cet individu femelle: c'est une espèce qualifiée de gynodioïque (deux formes sexuelles, une femelle et une hermaphrodite). Cette répartition de sexualité n'est pas constante chez toutes les espèces botaniques du genre *Ficus*. Il existe des espèces chez lesquelles tous les individus possèdent des figues contenant à la fois des fleurs femelles et mâles, ce sont des espèces monoïques (Vidaud, 1997).

Les types de fleurs varient dans les différents types de figuier, qui présente deux formes sexuels différenciées : d'un côté des figuiers mâle ou " caprifiguier " avec des fleurs staminées qui produisent des pollens et se situent autour du canal ostiole et fleurs pistillées de style court que tapisse le reste de la cavité interne du sycone et produisent des figues non comestibles. Par ailleurs, les figuiers femelle ou figuiers communs avec des fleurs pistillées de style long et de fruit comestible. Par conséquent, et étant donné que le figuier mâle est en réalité hermaphrodite, le figuier est considérée généralement comme gynodioïque plus que dioïque (Ferguson *et al.*, 1990).

Fleurs pistil style court présente un ovaire globuleux et un style d'environ 0,7 mm de longueur, adapté à la ponte des guêpes de la figue (*Blastophaga psenes*). Fleurs style long

présente l'ovaire plus ou moins ovoïde ou ellipsoïde et le style à 1,75 mm de long, non adaptés à oviposition de guêpe. Les fleurs pistillées sont fertiles et, après la pollinisation et syngamie développé le vrai fruit de la figue. Fleurs staminées pistil long pétiole et les fleurs ont cinq partis de périanthe, cinq vestiges et étamines pistillés (Pereira et Nachtigal, 1999).



**Figure 5 : Différences entre les fleurs femelles chez le caprifigier et le figier commun (Armstrong, 2006).**

La plupart des variétés de figues comestibles sont parthénocarpiques (autofécondantes). Celles-ci produisent des fruits sans pépins et sont multipliées par la voie asexuée « bouturage » (Starr *et al.*, 2003). Cependant, certaines variétés nécessitent une pollinisation par certaines guêpes. Pour chaque espèce de *Ficus*, une guêpe Agaonide unique lui est généralement associée. Les guêpes ne pondent que leurs œufs à l'intérieur des fleurons, pollinisant la figue dans le processus (McLeish et Van Noort, 2012). Par conséquent, les figues nécessitant une pollinisation ne peuvent pas être cultivées ou être naturalisées sans la présence de la guêpe pollinisatrice associée.

Pour la caprification, le figier est une espèce dioïque avec un arbre mâle (caprifigier) et un arbre femelle (figier commun). Le premier assure la fourniture du pollen et l'accomplissement du cycle de l'insecte pollinisateur, le deuxième assure la production des

figes comestibles. Ces dernières peuvent être des figes fleurs qui n'ont que des fleurs femelles et ne nécessitent pas de pollinisation. Elles sont développées par la Parthénocarpie ou les figes d'automne, qui nécessitent généralement la pollinisation pour arriver à la maturité. Cette pollinisation s'effectue grâce à un insecte qui vit dans les fleurs femelles du caprifigier, la guêpe pollinisatrice pour *Ficus carica* est *Blastophaga psenes* L. (Wagner *et al.*, 1999). D'une autre part, la guêpe dépend de la figue pour sa reproduction parce que ces larves se nourrissent par les galles des fleurs de la figue (Valizadeh *et al.*, 1987; Cook et Rasplus, 2003). Les guêpes pollinisatrices sont attirées par le figuier par un stimulus olfactif et n'en pas visuel (Hossaert-McKey *et al.*, 1994).

Quatre types de figes ont été décrits sur la base du type de pollinisation et du nombre de cultures produites par an (Condit, 1955):

- Figuiers communs sont parthénocarpiques, ne nécessitent pas la pollinisation. Ces figuiers communs à son tour peuvent être divisés en:
  - Unifères : ce type de figuier ne produit que les figes d'automne (une récolte des premières figes), dans le bois de l'année précédente ou des figes, dans le bois de l'année;
  - Bifères : sont celles qui présentent deux récoltes par an une breba, figue-fleur ou figue de printemps (El- bakor) et une autre de figes d'automne ;
- Caprifigiers (El dokkares) : Généralement ses fruits sont non comestibles en raison de consistance pailleuse et de leur goût. Trois séries de fruits sont produites dans l'année qui sont les mammes (hiver), le profichis (printemps) et les mammonis (automne) ;
- Les figes de San Pedro sont parthénocarpiques dans la première culture, produire breba sans pollinisation et nécessitent une pollinisation dans la seconde culture ;
- Les figes de Smyrne ont besoin de pollinisation, les fruits non parthénocarpiques ont des graines et ne produisent qu'une seule récolte par an ;

Une proportion élevée des figuiers cultivés sont du type commun, tandis que moins de 4 % sont de type "San Pedro", le reste de 18 % de type "Smyrna" (Condit, 1955).

Environ 607 cultivars de figes ont été décrits à ce jour (Condit, 1955, Toribio et Montes, 1996, Álvarez-Arbesú et Fernández-Prieto, 2000). Quarante-six sont les plus cultivés dans le monde (Flaishman *et al.*, 2008) et 28 ont été décrits comme résistants à basse température (Price et White, 1902). Commercialement, les cultivars les plus communs sont:

Sarylop, Conadria, Verde, San Pietro et Tsapela; tous appartiennent au type Smyrna (Piga *et al.*, 2003; El-Gharably *et al.*, 2009 ;Sen *et al.*, 2010 ; Xanthopoulos *et al.*, 2010).

Mauri (1937-1944) a déjà dénombré 29 cultivars commercialement cultivés dans la région de Tizi-Ouzou, les plus dominants et les plus performants sont Taamraouite, Taghanimthe, Azendjar, pour les figes fraîches et sèches unifères. Un nombre considérable de variétés de caprifigier (Dokkar) a été recensé, il s'agit de : Illoule, Azaim, Abetroune, Madel, Ammellal, Adras blanc, Arzgane, Akouran, Azigzaou et Agaouat.

Parmi les cultivars décrits par Mauri (1939), dont la fige à peau verte ou jaune, avec une chair montrant diverses nuances de rouges on cite :

- ✓ Abiarous : « l'escargot » cultivé dans la région de Sidi Aiche, présente une bonne qualité de fruit ;
- ✓ Thamcingoulte : qui présente une maturation précoce par rapport aux autres variétés d'automne ;
- ✓ Alekak : appelée aussi « Thabouyahboul », présente des fruits plus larges et une texture fine. Il présente un potentiel commercial appréciable ;
- ✓ Amessas : « l'insipide », est un cultivar qui présente un goût insipide, la qualité des fruits est médiocre au séchage ;
- ✓ Thaharit : présente une bonne qualité du fruit mais médiocre au séchage ;
- ✓ Takourchith : appelé aussi « Azigzaou » , cultivé à Sidi Aiche;
- ✓ Thazarift : cultivé à Tizi-Rached, il présente un goût acide, la taille réduite du fruit est une entrave à son essor ;

Il existe aussi, d'autres cultivars à figes avec peau sombre (nuance de rouge, violet à noir) et à chair rouge tel que Zithelkhadem appelé aussi Avourenjour, Ajenjer, Adjaffar, Agoussim, Agouarzuilef, Averane ou Aberkmouch, Taklit « la noire », Tharoumant « la grenade ».

### **3. Caractérisations phénologiques**

Phénologie fait référence au développement d'événements biologiques et la reproduction végétative comme le bourgeonnement des plantes, abscission des feuilles, la formation des bourgeons, des fleurs, des fruits et leur relation avec les changements dans l'environnement biotique et abiotique (Ferraz, 1999). Les études phénologiques fournissent des informations sur les schémas de floraison et de fructification d'une espèce qui sont à la base de la compréhension du processus et du succès reproducteur (Fisch *et al.*, 2000).

De plus, l'évaluation du comportement phénologique fournit les connaissances et la définition des temps où ils se produisent les différentes étapes de la saison de croissance des plantes, ce qui peut aider dans le choix des pratiques culturelles indiquant, par exemple, le meilleur moment pour la récolte et la plantation pour chaque espèce (Bergamaschi, 2008).

Pour les fruits en particulier, le stade phénologique est un facteur important car, au cours de la croissance et de la maturation, une série de modifications biochimiques, physiologiques et structurales déterminent la qualité de la composition du fruit et revêtent une grande importance du point de vue alimentaire, nutritionnel et biologique (Marrelli *et al.*, 2012).

La connaissance de la dynamique phénologique est indispensable pour l'élaboration de stratégies de conservation et de gestion des espèces (Falcão *et al.*, 2003).

Pour Larcher (2004), une connaissance phénologique est basée sur l'observation des stades de développement visibles de l'extérieur (phénophases), par exemple, la germination des graines, développement des feuilles, floraison, décoloration des feuilles des plantes herbacées et la sénescence. Selon Bencke et Morellato (2002) étudient les cycles phénologiques des plantes tropicales impliquent l'observation directe des espèces en utilisant deux méthodes d'évaluation: la méthode qualitative, en mettant seulement la présence ou l'absence du considéré phénophase et la méthode semi-quantitative avec l'application des catégories de quantification qui estiment l'intensité de l'événement phénologique chez chaque individu.

Selon Brunini (1998), la température de l'air est le principal facteur influençant le développement et la croissance des plantes, et une façon d'analyser les interactions climat-plante est l'utilisation du système d'unités thermiques, ou degrés de jour, qui traduit l'énergie disponible pour la plante chaque jour. En effet les plantes ont des limites de température qui

déclenchent les dispositifs métaboliques, et en dessous de ceux-ci leurs activités physiologiques sont interrompues. Il y a une plage de température satisfaisante pour un bon développement et une température maximale au-dessus de laquelle la fréquence respiratoire dépasse le taux de production de photoassimilats. Au lieu du nombre de jours, la somme des degrés de jours (accumulation de chaleur) que la plante a besoin pour remplir tout ou partie du cycle, a été utilisé pour caractériser les stades phénologiques et / ou la production de plantes (Monteith et Elston 1996). Ce paramètre est extrêmement important pour optimiser et réduire les risques climatiques, car la connaissance des besoins thermiques du figuier contribue à l'identification précoce des dates de récolte probables, ce qui suggère le potentiel climatique de la région pour la production et permettant la planification des activités agricoles.

Ainsi, l'organisation des dates phénologiques fournit d'importantes informations écologiques sur la durée moyenne des différentes phases phénologiques des différentes espèces dans une région, et l'emplacement, et les différences déterminées par le climat dans les premiers stades de ces dates (Larcher, 2004). De plus, l'enregistrement des changements dans les caractéristiques phénologiques des espèces est d'une importance capitale non seulement pour la compréhension de la dynamique des communautés forestières, mais aussi comme indicateur de réponse de ces organismes à des conditions climatiques et du sol d'un lieu ou d'une région (Fournier 1974 cité par Negrelle et Muraro, 2006).

#### **4. Caractérisations biochimiques**

##### **4.1. Métabolites secondaires et effet antibactérien**

La consommation de fruits et légumes a considérablement augmenté au cours des dernières années, en raison des composés phénoliques élevés présents dans ces produits (Scalver *et al.*, 2005). Ainsi, l'augmentation de la consommation de fruits et légumes est directement associée à la plus faible incidence de maladies chroniques et dégénératives, telles que l'obésité, le cancer et les maladies cardiovasculaires (Pineda *et al.*, 1999).

Les composés phénoliques constituent l'un des groupes de métabolites secondaires les plus importants et les plus diversifiés, ayant différentes fonctions dans la nature et différentes activités biologiques. En raison de son ubiquité, et simultanément la présence caractéristique au sein de certains groupes botaniques, des composés phénoliques peuvent être considérés comme des marqueurs taxonomiques utilisées dans le contrôle de la qualité et de l'évaluation de l'authenticité des produits naturels (Merken et Beecher, 2000; Ribéreau-Gayon, 1968).

Les polyphénols sont des métabolites secondaires qui sont les principaux composés phytochimiques des légumes, des fruits et d'autres plantes, et ne sont pas uniquement liés aux effets bénéfiques de la santé humaine mais aussi aux propriétés colorantes et sensorielles des boissons (Duthie *et al.*, 2003). Ces substances présentent des propriétés antioxydantes, anticancéreuses, antimutagènes et antibactériennes non négligeables (Redoyal *et al.*, 2005 ; Hatano *et al.*, 2005). En 2006, environ 8000 composés phénoliques ont été identifiés et distribués en différents groupes dont les plus connus sont les coumarines, les flavonoïdes, les tanins, et les stilbènes (Hu *et al.*, 2005 ; Luthria et Mukahapadhyay, 2006)

Les métabolites secondaires comportent: les composés phénoliques, les composés alcaloïdes et les terpènes. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités biologiques (Huang et Ferraw, 1991 ; Li *et al.*, 2007).

Les fruits de l'espèce *F. carica* sont connus pour contribuer à composés phénoliques dans un régime normal. Différentes études sur les figes démontrées que son profil phénolique est principalement constitué d'acides phénoliques, de flavonoïdes et coumarines. Ces composés sont également présents dans les feuilles (Tableau III).

Egalement Solomon *et al.* (2006) ont démontré que la fige contient des niveaux élevés de polyphénols, principalement des anthocyanes avec une capacité antioxydante élevée.

Les flavonoïdes contribuent à l'inhibition de la prolifération cellulaire, l'induction de l'apoptose et l'inhibition des enzymes et ont également des propriétés antibactériennes et des effets antioxydants (Cook et Samman, 1996), (Middleton et Kandaswami, 1992). Des acides phénoliques et des flavonoïdes des figes de la région nord de la méditerranée et l'acide gallique, l'acide chlorogénique, l'acide syringique, la catéchine, l'épicatéchine et de la rutine ont également été étudiés (Veberic *et al.*, 2008/b) ont été identifiés. Par conséquent, les phénols totaux et la teneur en flavonoïdes de l'extrait de fige ont été estimés et trouvés en quantités modérées.

Tableau III. Composé phénoliques identifiées dans les fruits et feuilles de *F.carica*

Classe	Fruits	Références	Feuilles	Références
Acides phénolique	Acide 5-O-caffeoylquinique	(Veberic <i>et al.</i> , 2008 Vallejo <i>et al.</i> , 2012)	Acide 5-O-caffeoylquinique Acide férulique	(Teixeira <i>et al.</i> , 2006) (Teixeira <i>et al.</i> , 2006)
	Acide gallique Acide sirinique L'acide isovanilique Acide m-coumarique	(Veberic <i>et al.</i> , 2008) (Veberic <i>et al.</i> , 2008) (Ribechini <i>et al.</i> , 2011) (Ribechini <i>et al.</i> , 2011)		
Flavonoïdes	Quercétine-3-O-rutinoside	(Veberic <i>et al.</i> , 2008 Vallejo <i>et al.</i> , 2012)	Quercétine-3-O-rutinoside Quercétine Lutéoline Daidzine	(Teixeira <i>et al.</i> , 2006, Lansky <i>et al.</i> , 2008) (Vaya et Mahmood, 2006) (Vaya et Mahmood, 2006) (Ali <i>et al.</i> , 2011)
	Quercétine-3-O-glucoside	(Vallejo <i>et al.</i> , 2012)		
	Quercétine-3-O-acétylglucoside	(Vallejo <i>et al.</i> , 2012)		
	Apigénine-3-O-rutinoside	(Vallejo <i>et al.</i> , 2012)		
	Campférol-3-O-rutinoside	(Vallejo <i>et al.</i> , 2012)		
	Lutéoline-6-C-hexose-8-C-pentaside	(Vallejo <i>et al.</i> , 2012)		
(+) - Catéchine	(Veberic <i>et al.</i> , 2008. Vallejo <i>et al.</i> , 2012)			
(-) - Epicatéchine	(Veberic <i>et al.</i> , 2008, Vallejo <i>et al.</i> , 2012)			
Cumarines	Psoralène	(Marrelli, 2012)	4', 5'-Dihydropsofalen Marmesine Ombeliférone Psoralène  Bergaptène	(Lansky <i>et al.</i> , 2008) (Lansky <i>et al.</i> , 2008) (Lansky <i>et al.</i> , 2008) (Lansky et Paavilainen, 2010 ; Teixeira <i>et al.</i> , 2006, Lansky <i>et al.</i> , 2008, Ali <i>et al.</i> , 2011) (Lansky et Paavilainen, 2010 , Teixeira <i>et al.</i> , 2006, Lansky <i>et al.</i> , 2008, Ali <i>et al.</i> , 2011)
	Bergaptène	(Marrelli, 2012)		
	Xanthotoxine	(Marrelli, 2012)		
	Angélicine	(Marrelli, 2012)		

Les alcaloïdes sont les composants actifs de nombreux anesthésiques, sédatifs, stimulants, relaxants et tranquillisants. Les saponines aident à abaisser le taux de cholestérol et à réduire le risque de maladie cardiaque, mais sont considérées comme des anti-nutriments toxiques. Les alcaloïdes bruts et les saponines ont été calculés sur la base du poids sec (g / 100 g). Une grande quantité d'alcaloïdes a été trouvée dans l'extrait de figue (Tableau IV), alors que les saponines étaient présentes en très faible quantité. (Soni *et al.*, 2014)

**Tableau IV. Métabolites secondaires importants chez *Ficus carica* (Soni *et al.*, 2014)**

Composition	Quantité
Phénols totaux	10.90 µg GAE/mg échantillon
Flavonoïdes totaux	2.75 µg CE/ mg échantillon.
Alcaloïdes bruts (g/100g MS)	9.6%
Saponines (g/100g MS)	0.59%

Par ailleurs, des auteurs tels que Solomon *et al.* (2006) ; Del Caro et Piga (2008) ; Veberic *et al.* (2008/b) ; Çalışkan et Polat (2011) ; Vallejo *et al.* (2012) et Kamiloglu et Capanoglu (2015) ont montré que la teneur en composés phénoliques était plus en variétés à peau noire que variétés à peau blanche ou verte, qui se manifeste dans un plus grand effet antioxydant. Ils ont également noté plus grande teneur polyphénols en peau de chair.

Vallejo *et al.* (2012) ont décrit le contenu en phénols totaux des variétés de figuier cultivées en Alicante (Espagne) et les valeurs se situaient entre 19 et 140 mg/100 g de poids frais, alors que pour les variétés cultivées en Turquie le contenu a oscillé entre 17 et 105 mg/100 g de poids frais (Çalışkan et Polat, 2012).

*Ficus carica* constitue une source importante de certains composés bioactifs, qui a révélé des effets antioxydant, antibactérien, antivirale, antiinflammatoire, hypoglycémique, hypotriglycéridique, anticancéreux, vermifuge et de nombreuses autres activités (Wang *et al.*, 2004 ; Jeong *et al.*, 2005).

#### 4.2. Activité antibactérienne

Ces dernières années, de profonds changements ont façonné les connaissances en microbiologie médicale, notamment le nombre croissant de microorganismes impliqués dans les processus pathologiques et la résistance aux traitements appliqués. Par conséquent, il est nécessaire de trouver une alternative: de nouveaux remèdes plus efficaces avec moins d'effets secondaires que les antibiotiques et moins coûteux tels que les plantes médicinales et aromatiques (Eberlin, 1997).

Les polyphénols notamment les flavonoïdes et les tannins sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (protéases et carbohydrases) ou à d'autres interactions pour inactiver les adhésines microbiennes, les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire (Cowan, 1999).

L'hydrophobicité des polyphénols tels que les flavonoles est aussi un critère de toxicité qui leur permet de s'insérer dans les phospholipides membranaires et exercer leurs effets antibactériens à l'intérieur de la cellule (Daglia, 2011).

L'extrait méthanolique des figues a montré une forte activité antibactérienne contre des bactéries orales. La combinaison de cet extrait à l'ampicilline ou à la gentamicine a eu un effet synergique contre les bactéries orales. Il a ensuite prouvé que la figue pourrait agir comme un agent antibactérien naturel (Joseph et Justin Raj, 2011).

L'activité antimicrobienne des extraits a été évaluée, la fraction méthanolique a montré une inhibition totale (100%) contre les *Candida albicans* à une concentration de 500µg/ml et un effet négatif sur *Cryptococcus neoformans*. Le *Microsporium canis* a été fortement inhibé par l'extrait méthanolique (75%) et totalement par l'extrait d'acétate d'éthyle à une concentration de 750µg/ml (Aref *et al.*, 2010). D'autres études ont montré l'action antibactérienne contre *Proteus mirabilis* (Soni *et al.*, 2014).

L'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique des feuilles de *Ficus carica* contre les bactéries orales a été examinée. Il présentait une forte activité antibactérienne à des concentrations inhibitrices minimales de 0,156 à 5 mg / ml et des concentrations bactéricides minimales de 0,313 à 5 mg / ml. De plus, l'association de l'extrait méthanolique de *F. carica* avec de l'ampicilline ou de la gentamicine a eu un effet synergique contre les bactéries orales (Jeong *et al.*, 2009). Cet effet synergique a également été observé lorsque l'extrait

méthanolique de figuier a été associé à l'oxacilline ou à l'ampicilline contre le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (Lee et Cha, 2010).

Cet effet antibactérien était dirigé contre les bactéries pathogènes et non pathogènes. L'effet significatif sur l'inhibition de la croissance des bactéries à Gram positif et à Gram négatif a également été observé (Ahmad et Khan, 2013).

### **III. Outils de l'analyse de la biodiversité figuicole**

Au cours des dernières années, l'étude de la biodiversité a été révolutionnée par le développement de différents types de marqueurs génétiques, qui ont été appliqués avec succès dans l'analyse systématique des plantes. Ces marqueurs peuvent être morphologiques, biochimiques et moléculaires. En effet, jusqu'aux années quatre-vingt, les marqueurs génétiques étaient morphologiques, généralement utilisés pour l'étude des caractères visibles, peu polymorphes et dominants.

Par la suite, des marqueurs biochimique ou protéique ont été utilisés pour caractériser des variétés végétales et établir des cartes génétiques. Le nombre de ces marqueurs est faible et ils sont peu polymorphes. Cependant, avec l'essor de la biotechnologie, ces marqueurs ont été remplacés par des marqueurs moléculaires basés sur des régions polymorphes de l'ADN polymorphes.

#### **1. Marqueurs morphologiques**

Traditionnellement, les caractéristiques morphologiques sont utilisées pour l'enregistrement et le lancement de nouveaux cultivars, considérés comme la «carte de présentation» d'une espèce ou d'un nouveau cultivar. Parmi les paramètres morphologiques couramment déterminés pour identifier les feuilles d'un cultivar donné figurent la longueur et le diamètre du limbe et du pédoncule, le nombre de lobes, la forme de l'apex, le type de nervure et de rugosité, ainsi que la surface feuille (Vaya et Mahmood, 2006).

Un caractère morphologique peut l'utiliser comme marqueur pour autant qu'il soit commandé par un seul locus et les conditions extérieures ne touchent pas son expression. Dans de nombreux cas, cependant, l'expression phénotypique du résultat de l'interaction de plusieurs gènes ou des gènes et des facteurs externes, ce qui limite l'utilisation des marqueurs morphologiques (Kumar, 1999; Schulman, 2007).

La caractérisation des cultivars de figes repose sur une combinaison de caractères agronomiques qualitatifs et quantitatifs et d'attributs morphologiques et chimiques (IPGRI, 2003). Les caractéristiques les plus communes sont : le nombre de cultures par année, la pollinisation, la longueur et la largeur des pousses, la longueur du lobe central, le pétiole et les feuilles, la longueur et largeur du fruit, longueur du col, couleur de la peau, couleur de la pulpe, saveur, jutosité, fermeté, solides solubles (%), acidité totale, matière sèche, pH, teneur en minéraux et teneur en sucre totaux (Ersoy *et al.*, 2008 ; Aljane et Ferchichi, 2009).

La caractérisation morphologique doit être effectuée dans des plantes qui poussent dans le même environnement, dans lequel des caractères distinctifs importants dans la différenciation des espèces et des variétés ont été détectés. Dans le cas où les plantes ne présentent aucune caractéristique importante pour leur différenciation, elles peuvent être amenées dans un environnement différent où elles peuvent exprimer des caractéristiques qui leur permettent d'être différenciées (Gallegos *et al.*, 2005). La morphologie reflétée par le développement et l'évolution des figes est due en partie aux conditions environnementales (Condit, 19955 ; Storey, 1977). Cependant, la possibilité que certaines de ces caractéristiques aient été générées par des changements évolutifs récents n'est pas exclue, comme dans le cas des Cactus (Bravo, 1978).

## **2. Marqueurs moléculaires**

Pour caractériser les organismes étudiés, seuls les marqueurs morphologiques ont été utilisés depuis longtemps. Cette technique est limitée par le faible niveau de polymorphisme des traits phénotypiques qui sont fortement influencés par les conditions extérieures.

Les marqueurs moléculaires sont très utiles, peuvent être utilisés pour l'identification variétale, l'établissement des relations phylogénétiques et dans la sélection assistée par marqueurs (SAM). Ils permettent aussi d'établir des cartes génétiques et de définir l'empreinte ADN et comparer ainsi entre les descendants d'un croisement. (De vienne, 1998 ; Ruanne et Sonnino, 2007; Moullet *et al.*, 2008 ; Samouelian *et al.*, 2009).

Il est essentiel pour un dépôt du matériel génétique de fournir des informations fiables sur la structure moléculaire qu'il possède et de le diffuser au moyen d'une évaluation sur site. La caractérisation basée sur des critères morphologiques est souvent variable d'une année à l'autre et en fonction de la plasticité et de la sensibilité de ces caractères aux interactions génotype-environnement. Les marqueurs moléculaires constituent une alternative fiable et

stable pour l'identification et la caractérisation des collections de matériel génétique. Récemment, des microsatellites, également connus sous le nom de séquences répétées simples (SSR), ADN polymorphe amplifié au hasard (RAPD), répétition de séquences inter-simples (ISSR), polymorphisme de longueur de restriction (RFLP) et marqueurs RFLP d'ADN mitochondrial ont été utilisés pour évaluer la diversité génétique, la structure et la différenciation des collections de figues (Khadari *et al.*, 2001 ; Papadopoulou *et al.*, 2002, Salhi-Hannachi *et al.*, 2004 ; Khadari *et al.*, 2005).

Deux types de marqueurs moléculaires sont distingués; iPBS-rétrotransposon comme un système de marqueur dominant, par contre les marqueurs SSR sont principalement co-dominants dans la nature. Ces systèmes de marqueurs varient de leur variation et de leur distribution dans le génome de la plante; la nature du mécanisme évolutif varie. Les résultats obtenus à partir des systèmes de marqueurs iPBS et SSR sont fortement confirmés par le fait qu'ils ont montré que le contenu en informations du polymorphisme est presque similaire dans ces deux systèmes de marqueurs moléculaires.

### **2.1. Marqueurs microsatellites SSR (Répétition de séquences simples)**

Microsatellites ou SSR sont des motifs simples, constitués de quelques paires de bases répétées en tandem, montrant une variation de leur longueur. Ces marqueurs sont dispersés de façon assez dense sur l'ensemble du génome des Procaryotes et Eucaryotes (Weber *et al.*, 1990 ; Field et Wills, 1996).

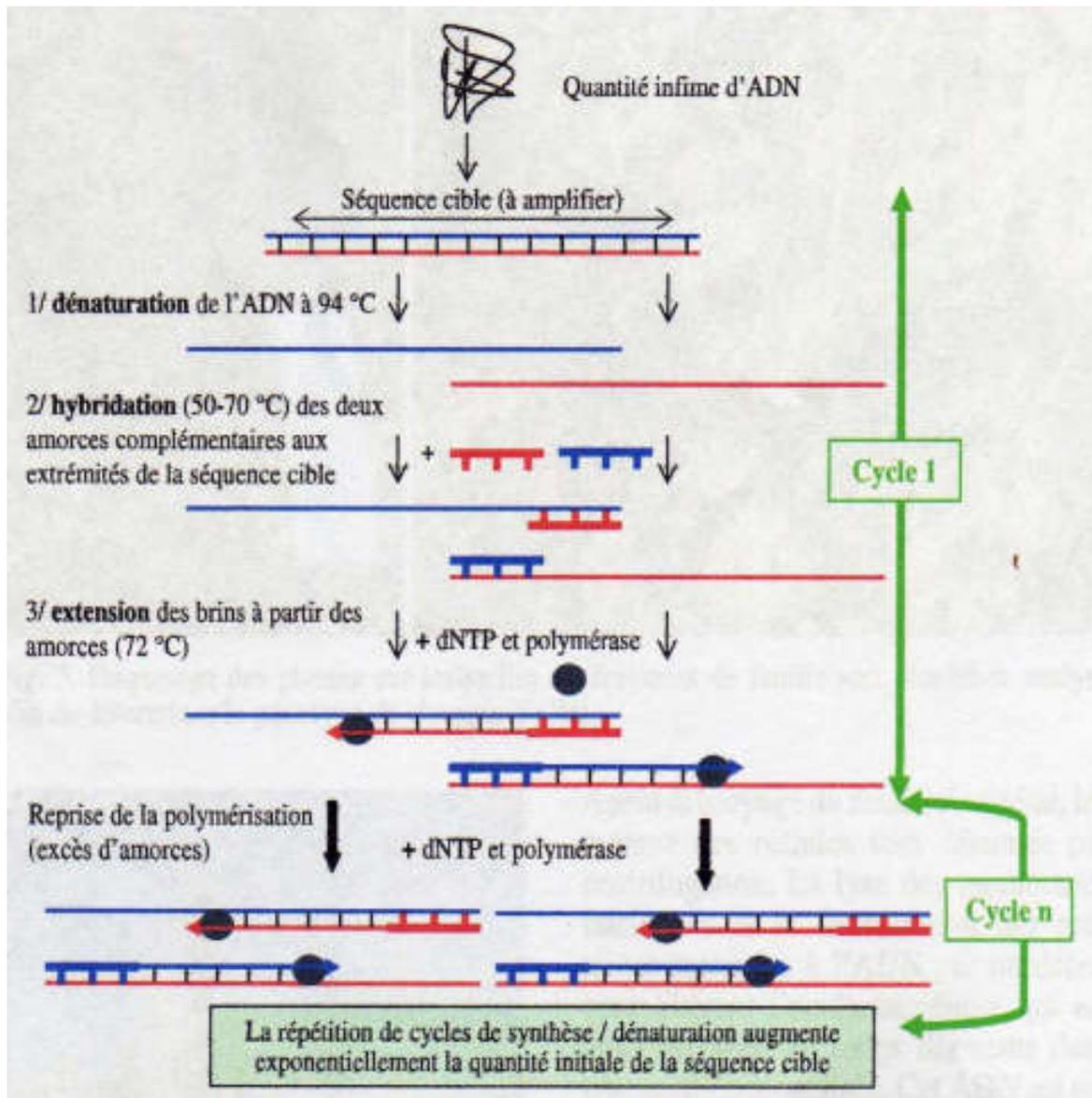
Ces répétitions sont retrouvées à la fois dans les régions codantes, mais plus fréquemment dans celles non codantes du génome (Kashi *et al.*, 1997). En raison de leur distribution sur l'ensemble du génome et leur polymorphisme extrêmement élevé, les marqueurs SSR sont d'un grand intérêt en génétique (De Vienne, 1998).

La technique SSR se base sur l'amplification par PCR de l'ADN génomique moyennant des amorces spécifiques flanquant les séquences répétées (Figure 6). Les SSR se sont révélés des marqueurs moléculaires très utiles dans la sélection assistée par marqueurs, l'analyse de la diversité génétique de l'analyse génétique des populations chez plusieurs espèces (Gupta et Varshney, 2000 ; Budak *et al.*, 2003).

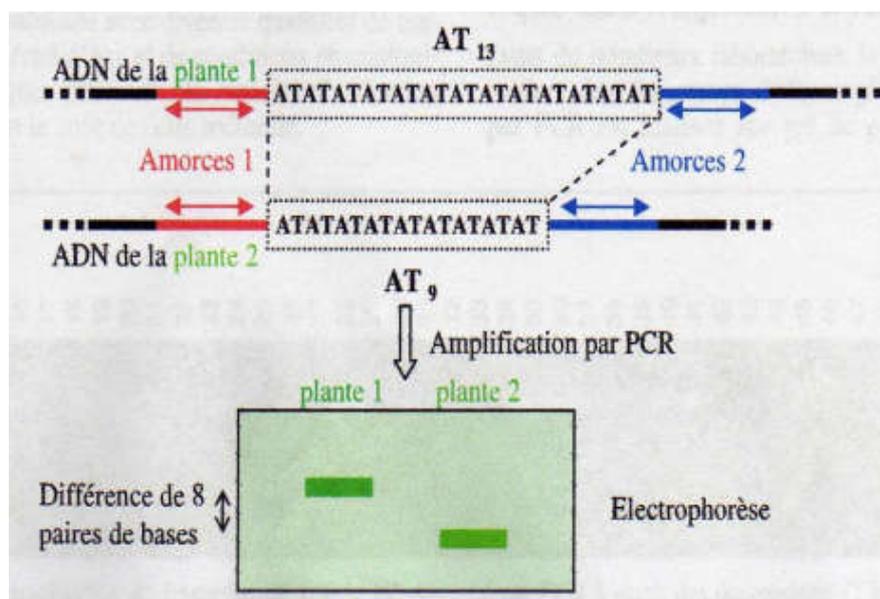
Cependant, le développement de ces marqueurs requiert une connaissance préalable de la séquence d'ADN (Figure 7) surtout de la région flanquant du microsatellite (Bracci *et*

*al.*,2011 ; Dominguez-Garcia, 2012), ce qui exige des investigations et un travail de développement très important pour toute nouvelle espèce.

Par ailleurs, plusieurs travaux sur la diversité génétique du figuier ont été publiés utilisant ces marqueurs dont (Khadari *et al.*2003; Giraldo *et al.*, 2005; Saddoud *et al.*, 2005; Achtaq *et al.*, 2009; Chatti *et al.*, 2010; Perez-Jiménez *et al.*, 2012 ; Ahmed *et al.*, 2015).



**Figure 6 : Technique d'amplification (PCR) ( Moullet *et al.*, 2008)**



**Figure 7 : Détection d'un polymorphisme de répétition (SSR)**

(Moulet *et al.*, 2008)

## 2.2. IPBS (Séquence de liaison inter-amorce)

iPBS est une méthode récente développée par Kalendar *et al.* (2010), qui est en mesure d'identifier de diverses séquences LTR (longues répétitions terminales), et de visualisation directe de leur région conservée parmi les familles de rétrotransposons LTR. Elle est fondée sur l'utilisation universelle des rétrovirus et des rétrotransposons LTR, des ARNt cellulaires comme amorces au cours de leurs cycles de réplication pour la transcription inverse -L'ARNt se lie au site de liaison de l'amorce (PBS) adjacent au 5LTR et entraîne la synthèse de l'ADNc de brin négatif par la transcriptase inverse. La méthode a été appelée iPBS et est applicable à tout organisme ayant des rétrotransposons contenant des sites PBS complémentaires de l'ARNt.

Les marqueurs iPBS sont basés sur des séquences de rétrotransposons, omniprésentes dans les génomes végétaux, et sur des séquences rétroélémentaires dans de grandes parties des génomes de plantes (Sabot et Schulman, 2006). Le principe de la technique est le suivant (Kalendar *et al.*, 2010). Pour l'iPBS, deux rétrotransposons doivent être dans une orientation opposée et soit assez proches pour une amplification efficace, soit imbriquée. Le diagramme représente deux caractéristiques structurelles clés des rétrotransposons, le LTR (longue répétition terminale) et le PBS (site de liaison d'amorce).

Le domaine interne est représenté par une barre épaisse, l'ADN génomique intervenant par une ligne épaisse. Le produit prédit est présenté ci-dessus (Figure 8), avec l'orientation des amorces d'amplification de PBS. Produits d'amplification IPBS sont utilisés de détecter le polymorphisme dans les zones entre les rétrotransposons. En outre, il peut être suivi par leur séquençage et recherche de la séquence LTR, qui est de 0 à 5 pb de l'extrémité 3 pour sélectionner des rétrotransposons particulier de la famille LTR l'extrémité 3 » du PBS, (Kalendar *et al.*, 2010).

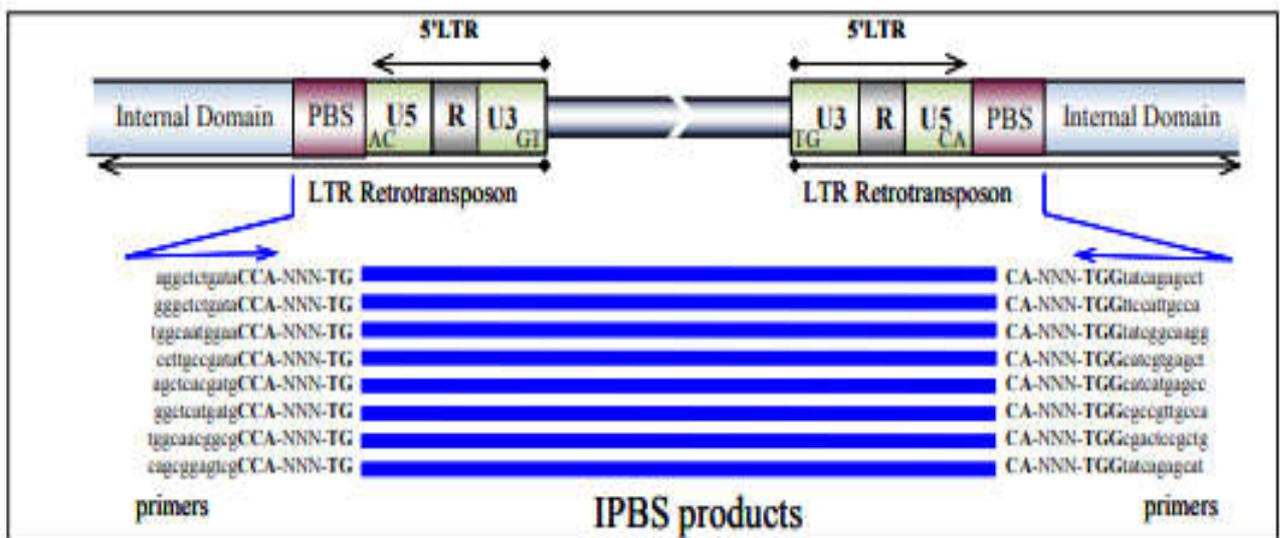


Figure 8 : Méthode IPBS (Inter-Primer Binding Sequence, Kalendar *et al.*, 2010)

Utilise la séquence conservée de PBS de RT-RT pour le criblage de rétrotransposons. Les séquences présentées sont des régions conservées de PBS utilisées pour la conception d'amorces (flèches de couleur) (Alzohairy *et al.*, 2014).

## *Partie 2.*

# *Matériel et méthodes*

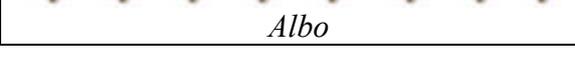


## 1. Matériel végétal

Le matériel végétal provenant de la prospection de plantes cultivées dans ITAFV de parcelles '40'(Skikda) composés de vingt-deux cultivars a été choisi pour la caractérisation morphologique, pomologique et biochimique, ce matériel a été planté dans des conditions homogènes sur une parcelle expérimentale dans le champ à une trame de plantation de 7x7 (Figure 9).

Les observations ont été effectuées sur 5 individus par cultivar sauf pour le cultivar *Roudane* dont le nombre de pieds disponibles et retenus était de 4. Chaque individu a été choisi en se basant sur son aspect général et surtout sur son état phytosanitaire (Tableau V). Les données présentées concernent les trois campagnes (2011-12, 2012-13 et 2013-14). La caractérisation morphologique des feuilles, pour chaque pied on a collecté des échantillons de dix feuilles adultes et pour la caractérisation pomologique des figes d'automne vingt-deux fruits mûrs en moyenne ont été collectés, sur chaque variété.

**Tableau V : Génotypes suivis pour la présente étude**

 <i>Fraga</i>	 <i>Abiarous</i>
 <i>Gentille</i>	 <i>Alakak</i>
 <i>Hamri</i>	 <i>Avouacou</i>
 <i>Karout</i>	 <i>Bakour blanc</i>
 <i>Roudane</i>	 <i>Bifer de talaamara</i>
 <i>Taranimt</i>	 <i>Blak dourou</i>
 <i>Tameriout</i>	 <i>Blanquette</i>
 <i>Verbale</i>	 <i>Boule d'or</i>
 <i>Zreka</i>	 <i>Cavaliere</i>
 <i>Elfessi</i>	 <i>Celeste</i>
 <i>Bazoul el Khadem</i>	 <i>Albo</i>

Les échantillons de l'étude moléculaire sont composés de Quatre-vingt-six accessions du figuier provenant de différentes régions géographiques de Turquie (Izmir, Aydin) et d'Algérie (Skikda, Mila) ont été utilisés dans cette étude (Tableau VI).

Le matériel végétal composé de jeunes feuilles fraîches est prélevé au hasard sur des arbres adultes pour identification par les marqueurs iPBS et SSR, à partir de jeunes feuilles en poudre lyophilisées de chaque géotype (Centre National de Recherche en Biotechnologie 'CRBT', Constantine) de la collection ITAFV, Skikda, Algérie. Les feuilles de figes turques après récolte, ils sont immédiatement congelés dans de l'azote liquide et conservés à -80 °C jusqu'à leur utilisation.

**Tableau VI : Liste des géotypes de *Ficus carica* étudiées et leurs sites géographiques**

No	Site géographique	Accession	Source	No	Site géographique	Accession	Source
1	Ege univ, Izmir	Morgüz	DH <sup>a</sup>	44	Aydin	Sarı Zeybek	FRI <sup>b</sup>
2	Ege univ, Izmir	Sultan Selim	DH <sup>a</sup>	45	Aydin	1088 Siyah Kış	FRI <sup>b</sup>
3	Ege univ, Izmir	Çiçek Inciri	DH <sup>a</sup>	46	Aydin	1082 Akçakim	FRI <sup>b</sup>
4	Ege univ, Izmir	Umurbey	DH <sup>a</sup>	47	Aydin	1008 Yeşilgüz	FRI <sup>b</sup>
5	Ege univ, Izmir	Kadota2	DH <sup>a</sup>	48	Aydin	1066 Yediveren	FRI <sup>b</sup>
6	Ege univ, Izmir	Kadota1	DH <sup>a</sup>	49	Aydin	1019 Karabakunya	FRI <sup>b</sup>
7	Ege univ, Izmir	Beyaz Çiçek	DH <sup>a</sup>	50	Aydin	506 Beyaz Sultani	FRI <sup>b</sup>
8	Ege univ, Izmir	Siyah Çiçek	DH <sup>a</sup>	51	Aydin	Darpak	FRI <sup>b</sup>
9	Ege univ, Izmir	Siyah İncir	DH <sup>a</sup>	52	Aydin	407 Halebi	FRI <sup>b</sup>
10	Ege univ, Izmir	Akça	DH <sup>a</sup>	53	Aydin	318 Mor İncir	FRI <sup>b</sup>
11	Ege univ, Izmir	Göklop	DH <sup>a</sup>	54	M'zed dechich	Albo	ITAF <sup>c</sup>
12	Ege univ, Izmir	Kara Yaprak	DH <sup>a</sup>	55	M'zed dechich	Celeste	ITAF <sup>c</sup>
13	Ege univ, Izmir	Bardakçii	DH <sup>a</sup>	56	M'zed dechich	Cavaliere	ITAF <sup>c</sup>
14	Ege univ, Izmir	Bursa siyahi	DH <sup>a</sup>	57	M'zed dechich	Boule d'or	ITAF <sup>c</sup>
15	Ege univ, Izmir	Sarilop	DH <sup>a</sup>	58	M'zed dechich	Blanquette	ITAF <sup>c</sup>
16	Aydin	403 Sultani	FRI <sup>b</sup>	59	M'zed dechich	Blak dourou	ITAF <sup>c</sup>
17	Aydin	305 Mor İncir	FRI <sup>b</sup>	60	M'zed dechich	Bifer de tala amara	ITAF <sup>c</sup>
18	Aydin	302 Mor İncir	FRI <sup>b</sup>	61	M'zed dechich	Bakor blanc	ITAF <sup>c</sup>
19	Aydin	244 Kavak Patlıcan	FRI <sup>b</sup>	62	M'zed dechich	Avouacou	ITAF <sup>c</sup>
20	Aydin	243 Susak	FRI <sup>b</sup>	63	M'zed dechich	Alekak	ITAF <sup>c</sup>
21	Aydin	232 Kocayemiş	FRI <sup>b</sup>	64	M'zed dechich	Abiarous	ITAF <sup>c</sup>

N°	Site géographique	Accession	Source	N°	Site géographique	Source	N°
22	Aydin	235 Yediveren	FRI <sup>b</sup>	65	M'zed dechich	Fraga	ITAF <sup>c</sup>
23	Aydin	222 Kavak Yediveren	FRI <sup>b</sup>	66	M'zed dechich	Gentille	ITAF <sup>c</sup>
24	Aydin	220 Dumanhkara	FRI <sup>b</sup>	67	M'zed dechich	Hamri	ITAF <sup>c</sup>
25	Aydin	216 Siyah Incir	FRI <sup>b</sup>	68	M'zed dechich	Karout	ITAF <sup>c</sup>
26	Aydin	212 Çiçek Inciri	FRI <sup>b</sup>	69	M'zed dechich	Roudane	ITAF <sup>c</sup>
27	Aydin	1032 Deve Tabanı	FRI <sup>b</sup>	70	M'zed dechich	Taranimt	ITAF <sup>c</sup>
28	Aydin	210 Mor Incir	FRI <sup>b</sup>	71	M'zed dechich	Tameriout	ITAF <sup>c</sup>
29	Aydin	208 Siyah Incir	FRI <sup>b</sup>	72	M'zed dechich	Verbale	ITAF <sup>c</sup>
30	Aydin	209 Mor Incir	FRI <sup>b</sup>	73	M'zed dechich	Zreka	ITAF <sup>c</sup>
31	Aydin	237 Bursa Siyahi	FRI <sup>b</sup>	74	M'zed dechich	El fessi	ITAF <sup>c</sup>
32	Aydin	256 Yediveren	FRI <sup>b</sup>	75	M'zed dechich	Bezoul el khadem	ITAF <sup>c</sup>
33	Aydin	1001 Göklop	FRI <sup>b</sup>	76	Old city Mila	Shenoufkhia	PO <sup>d</sup>
34	Aydin	1010 Kara Yaprak	FRI <sup>b</sup>	77	Old city Mila	Soltani/ Soltania	PO <sup>d</sup>
35	Aydin	1106 Akgüzx	FRI <sup>b</sup>	78	Old city Mila	L'Alebia	PO <sup>d</sup>
36	Aydin	1018 Yediveren	FRI <sup>b</sup>	79	Old city Mila	Bouzenouna	PO <sup>d</sup>
37	Aydin	1046 Mor Incir	FRI <sup>b</sup>	80	Old city Mila	Rekaib el Alma	PO <sup>d</sup>
38	Aydin	1004 Kuşadası Bardakçı	FRI <sup>b</sup>	81	Old city Mila	Bejaoui/ Bejaouia	PO <sup>d</sup>
39	Aydin	1045 Mor Güz	FRI <sup>b</sup>	82	Old city Mila	Zerighy	PO <sup>d</sup>
40	Aydin	1002 Bardakçı	FRI <sup>b</sup>	83	Old city Mila	El sefra1	PO <sup>d</sup>
41	Aydin	1107 Kadota	FRI <sup>b</sup>	84	Old city Mila	El sefra2	PO <sup>d</sup>
42	Aydin	1013 Beyaz Orak	FRI <sup>b</sup>	85	Old city Mila	Biferia	PO <sup>d</sup>
43	Aydin	1012 Siyah Orak	FRI <sup>b</sup>	86	Old city Mila	Dhokkar	PO <sup>d</sup>

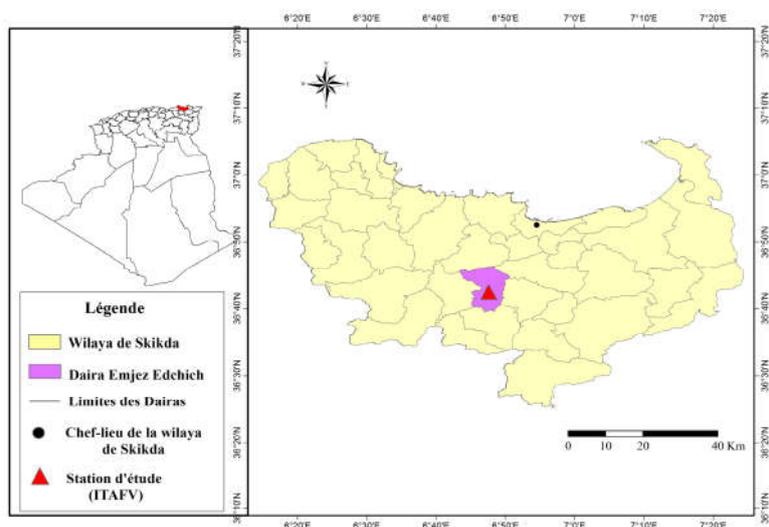
<sup>a</sup> Département d'Horticulture (DH, Université d'Ege, Izmir, Turquie), <sup>b</sup> Institut de Recherche de Figue (FRI, Aydin, Turquie), <sup>c</sup> Institut Technique de L'Arboriculture Fruitière de la Vigne (ITAFV, M'zed dechich, Skikda, Algérie), <sup>d</sup> Verger privé (Vieille ville de Mila, Algérie).

## 2. Présentation des sites d'échantillonnages

- **Station ITAFV**

Notre étude est effectuée à l'Institut Technique d'Arboricultures Fruitières et de la Vigne (ITAFV), Emdjez-Edchiche (Daïra d'El harrouch), ce site se trouve à 32 Km au nord de la ville de Skikda (Nord-Est Algérien), à 200 m d'altitude, une latitude de 36° 42'N et une longitude de 6°47' E. Cette collection a été créée 2001, contient 22 cultivars dont onze sont

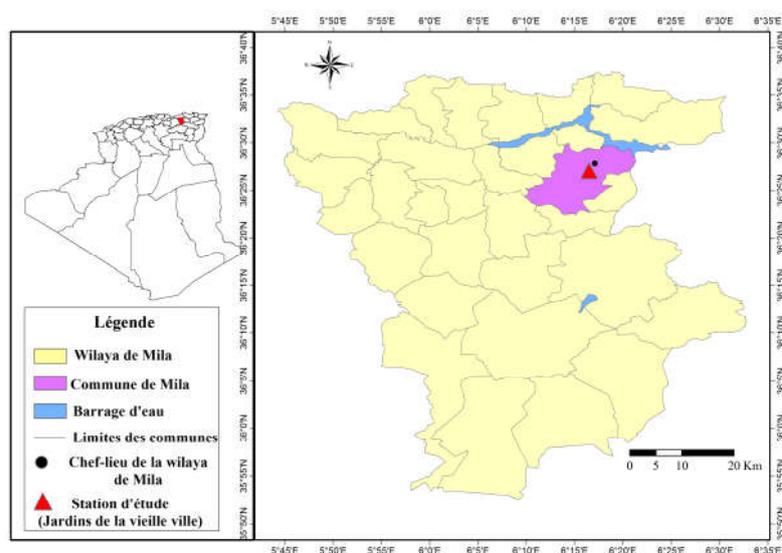
locaux, et le reste sont introduits, âgées de 17 ans, plantées dans la parcelle N° 35 sur une superficie de 0.98 Ha, chaque cultivar est représentée par 8 écotypes. Ces feuilles et fruits ont été récoltés en fin de maturité (Figure 9).



**Figure 9: Situation géographique présentant la localisation du site « ITAFV, Skikda »**

- **Station de Mila**

La station dans lesquelles nous avons effectué nos collectes sont des terres cultivées au niveau des jardins privé de la vieille ville de Mila, bénéficie d'un climat méditerranéen sub-humide (Figure 10).



**Figure 10: Situation géographique présentant la localisation du site « Jardins de la vieille ville de Mila »**

- Station d'Izmir

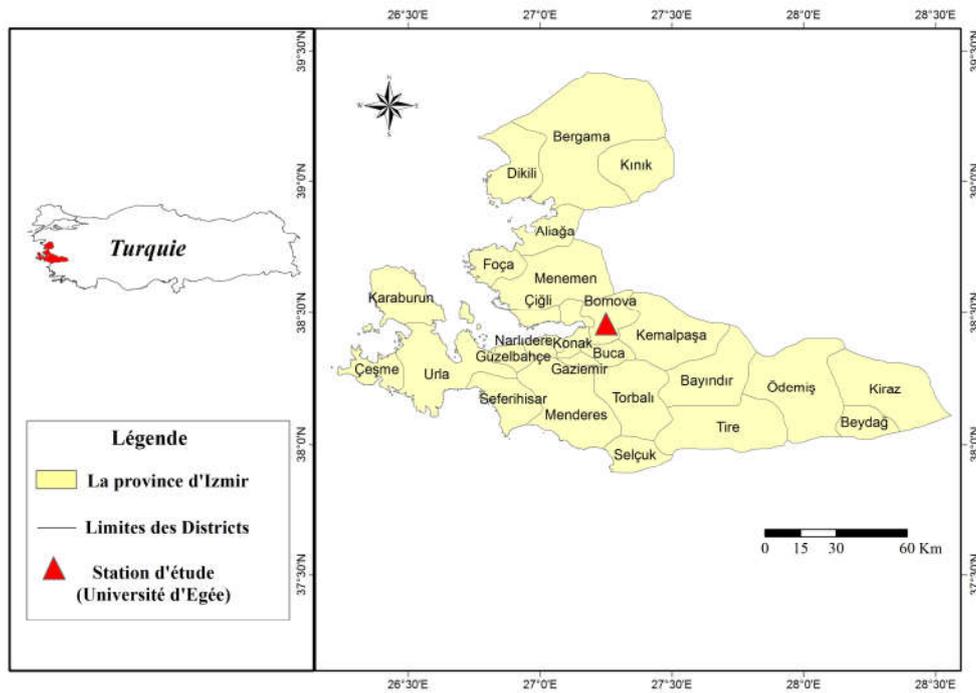


Figure 11 : Situation géographique présentant la localisation du site « Izmir »

- Station FRI d'Aydın

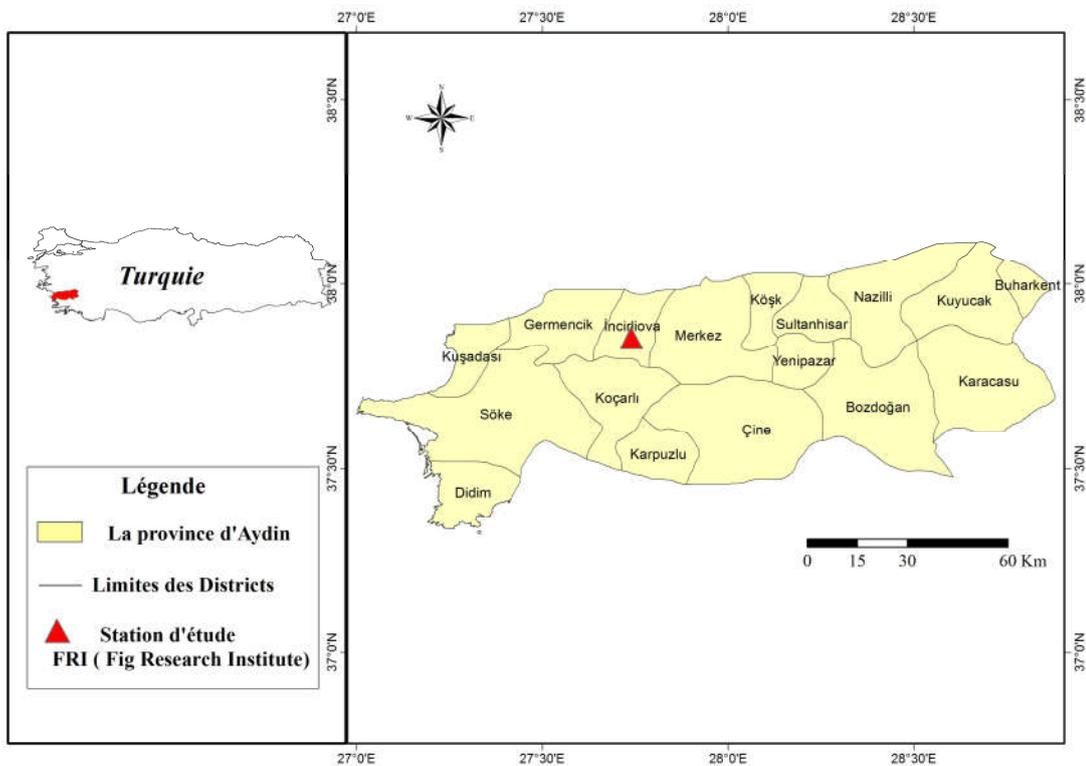


Figure12 : Situation géographique présentant la localisation du site « FRI, Aydın »

### 3. Etude climatologique « station ITAFV »

Les données climatiques exploitées sont celles fournies par la station météorologique de Skikda (latitude 36°52' 59"N ; longitude 6°54'0"E ; altitude: 1,30 m).

Pour caractériser la région de Skikda, températures, précipitations, humidité et vents de la période allant de 2000 à 2011, ainsi que celles des années 2012, 2013 et 2014 sont prises en considération.

#### 3.1. Températures

Au cours de la période allant de 2000 à 2011, les températures minimales varient entre 8,52 C° et 8,85 C° pour le mois de janvier et février respectivement, par contre les valeurs des températures maximales varient de 26,11 C° pour le mois de juillet et 26,46 C° pour le mois d'août (annexe 3).

Concernant les années 2012, 2013 et 2014, les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées durant les mois de décembre, janvier et février (Figure 13). Tandis que, les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont notées en juillet et août. Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations.

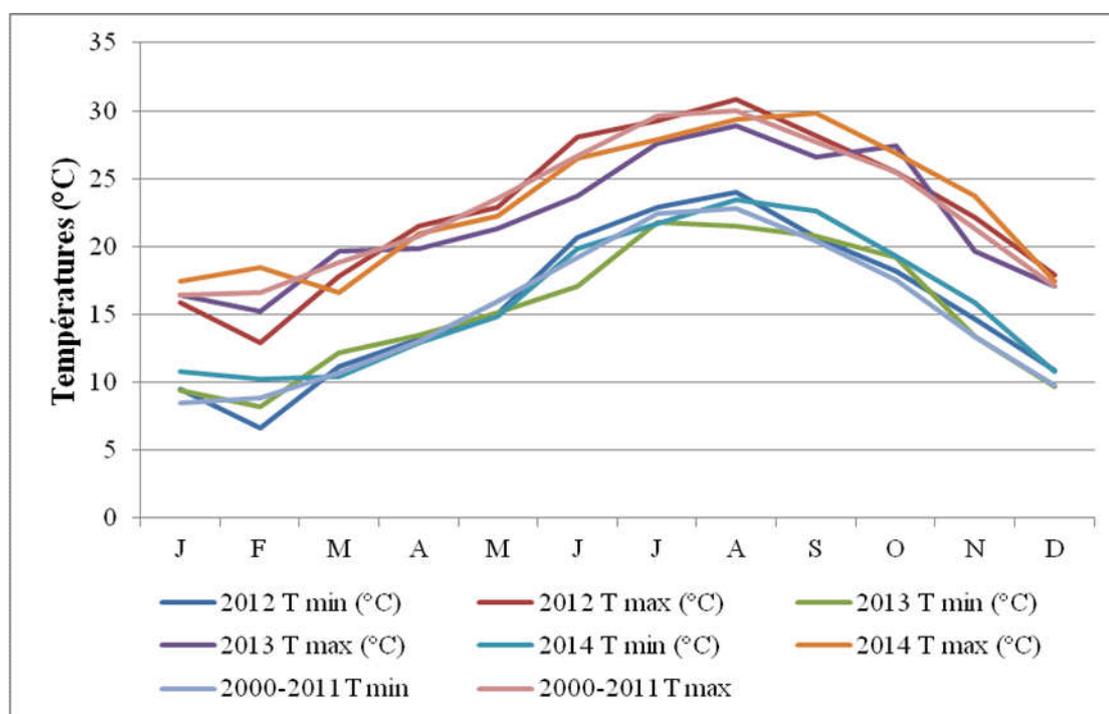
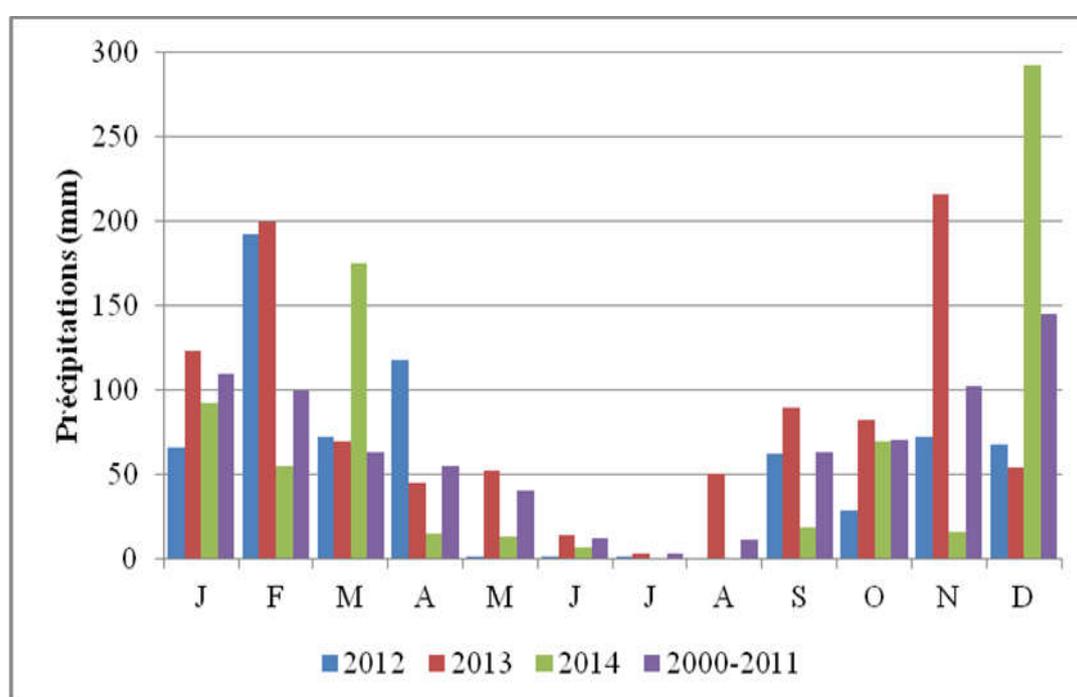


Figure 13 : Températures minimales (T min) et maximales (T max) de la région de Skikda pour la période 2000-2011 et les années d'étude (Station météorologique de Skikda)

### 3.2. Précipitations

La moyenne annuelle des précipitations au cours de la période 2000 - 2011 était de 774,46 mm. Les mois de juin (11,89 mm), juillet (3,14 mm) et août (11,44 mm), sont les plus secs, tandis que, les mois de janvier (109,21 mm), novembre (102,58 mm) et décembre (145,51 mm) sont les plus pluvieux (Figure 14).

Durant la période d'étude, il est constaté que les précipitations étaient très irrégulières (Figure 14). En 2012, les mois de février (192,9 mm) et avril (117,4 mm), sont les pluvieux. En 2013, les mois les plus arrosés sont février (200,1 mm) et novembre (215,7 mm).



**Figure 14 : Moyenne annuelle des précipitations de la région de Skikda pour la période 2000-2011 et les années d'étude (Station météorologique de Skikda)**

### 3.3. Humidité

L'humidité moyenne mensuelle au cours de la période 2000-2011 dans la région de Skikda n'a pas dépassée 75,29 % (janvier). En 2012, elle était comprise entre 66,05 (décembre) et 72,35 % (février), alors qu'en 2013 en mois de juillet, elle a atteint le seuil de 75,09 % (Tableau VII).

**Tableau VII : Valeurs moyennes mensuelles de l'humidité (%) dans la région de Skikda durant la période 2000-2011 et durant les années d'étude**

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2000-2011	75,29	72,67	72,47	71,49	74,33	72,48	70,43	70,91	72,91	71,93	71,04	73,43
2012	69,18	72,35	72,08	67,63	67,58	69,17	69,6	68	67,92	66,68	69,07	66,05
2013	68,38	67,42	61,55	68,9	71,03	67,81	75,09	69,98	74,23	70,05	69,31	73,16
2014	65,42	64,29	71,72	67,19	70,48	67,15	66,38	69,97	66,89	66,16	56,59	65,74

### 3.4. Vents

La vitesse moyenne des vents était comprise entre 2,8 m/s (mai) et 4,01 m/s (décembre) au cours de la période 2000-2011. En 2012, la vitesse de vent la plus importante est enregistrée en février (4,11 m/s), alors qu'en 2013 et 2014, les mois d'août et décembre, sont les plus ventés, avec respectivement des vitesses de 5,1 m/s et 3,94 m/s (Tableau VIII).

**Tableau VIII : Valeurs moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) dans la région de Skikda durant la période 2000-2011 et durant les années d'étude**

Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2000-2011	3,57	3,59	3,35	3,19	2,8	2,87	2,93	2,91	2,97	3,14	3,53	4,01
2012	4,06	4,11	3,31	3,37	3,12	2,96	3,61	3,03	3,31	3,33	3	3,81
2013	3,81	4,06	3,59	3,31	3,55	3,32	3,23	5,1	2,58	2,66	3,85	3,01
2014	3,69	3,49	3,53	3,02	3,03	3,02	3,01	2,81	2,62	2,83	2,92	3,94

### 3.5. Synthèse climatique

#### 3.5.1. Diagramme ombrothermique

La sécheresse s'établit lorsque le total des précipitations mensuelles mesurées en mm est inférieur au double de la température en degré centigrade (Belloum, 1992). La période sèche en 2012 s'étend du mois de mai jusqu'à le mois d'août, outre le mois d'octobre. Cependant,

elle a duré deux mois (juin et juillet) seulement en 2013, et sept mois (avril, mai, juin, juillet, août, septembre et novembre) en 2014 (Figure 15).

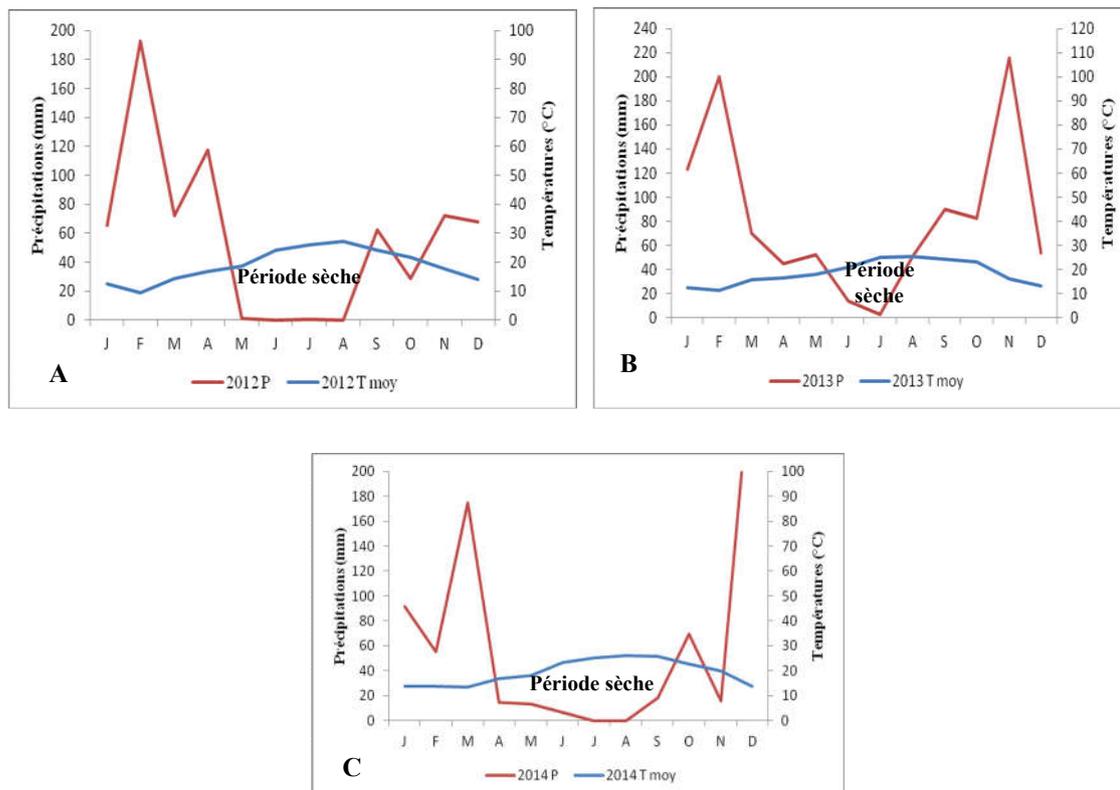


Figure 15: Diagramme ombrothermique au cours des années 2012(A), 2013(B) et 2014(C)

### 3.5.2. Climagramme pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger (Q2) élaboré en 1990 est spécifique Méditerranéen, il tient compte des précipitations et des températures, et nous révéle l'étage bioclimatique de la région d'étude et de donner une signification écologique du climat. Nous avons utilisés la formule établit par Stewart (1969) adaptée pour l'Algérie, comme suit :

$$Q2 = 3.43 \times P / M - m$$

Avec :

Q2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

P : Précipitation annuelle en mm.

M : Température maximale moyenne du mois le plus chaud en °C.

m : Température minimale moyenne du mois le plus froid en °C.

Après l'exploitation des données de températures ( $M = 29,96$  et  $m = 8,52$ ) et de pluviométrie ( $P = 774,46$  mm) pour la période allant de 2000 et 2011, il est constaté que l'indice Q2 de la région d'étude est égal à 123,9. D'après cette valeur, la région de Skikda est située dans l'étage subhumide à hiver chaud (Figure 16).

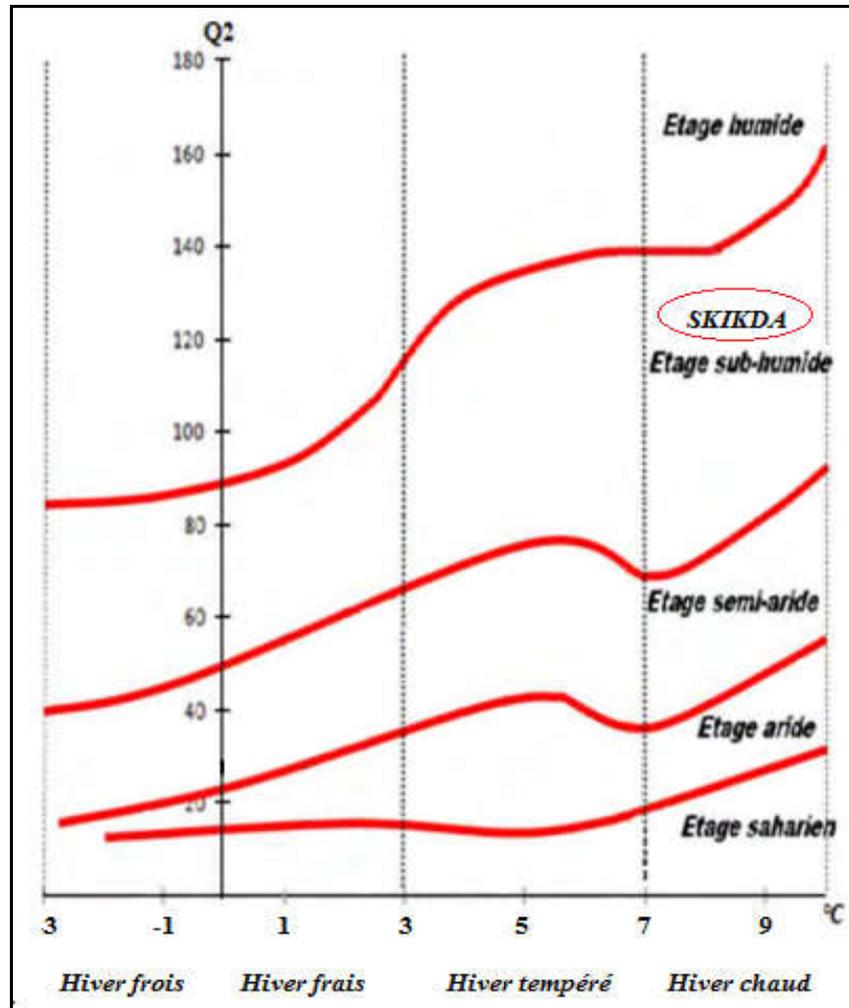


Figure 16: Climagramme d'Emberger de station d'étude

#### 4. Caractérisation morpho-pomologique

Caractérisation morphologique et l'évaluation pomologique a été réalisée sur la base de la méthodologie établie par l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et le CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes), 2003. avec des modifications (Giraldo *et al.*, 2008) et dans le Guideline du figuier UPOV (L'Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales).

Les caractères morphologiques et pomologiques ont été étudiés pendant trois saisons (2012, 2013 et 2014) sur cinq arbres par clone. Chaque individu a été choisi en se basant sur son aspect général et surtout sur son état phytosanitaire. Les données morphologiques a été fixé sur un échantillon représentatif de 10 feuilles (longueur, largeur, le nombre de lobes, des, la longueur du pédoncule, ..). 22 fruits de la seconde récolte (largeur, longueur, forme, couleur intérieure, couleur extérieure, longueur du pédoncule, ouverture ostiole ...). Les différentes dimensions de la feuille et du fruit ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse. Les détails des différents descripteurs quantitatifs et qualitatifs pour chaque partie sont décrits ci-dessous :

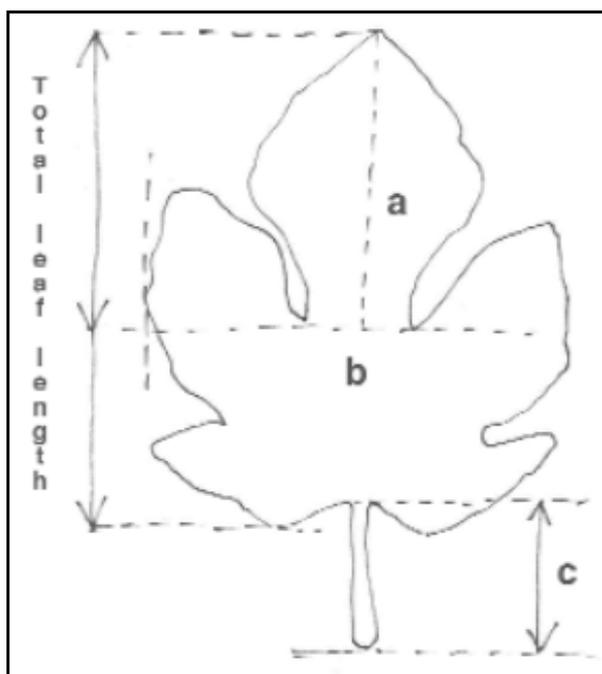
#### 4.1. Feuille

Dans cette étude, selon les descripteurs de cette espèce (IPGRI & CIHEAM, 2003), ont été caractérisées les feuilles (matures) qui sont situés sous les figes mûres, en dépit de la diversité morphologique des feuilles, ces feuilles avec des formes prédominantes ont été prises.

- **Dimensions de la feuille**

Les dimensions de la feuille sont représentés par :

a = longueur du lobe central, b = largeur de la feuille, c= longueur de la tige de la feuille (Figure 17)



**Figure 17 : Longueur et largeur de la feuille de figuier (IPGRI et CIHEAN, 2003)**

▪ **Nombre de lobes**

Le nombre de lobes foliaires sert à caractériser morphologiquement les plantes en fonction de leur prédominance génétique (écotype).

0= Absent (feuille entière, non divisé)

1= Trois

2= Cinq

3= Sept

4 = Plus de sept.

▪ **La forme du limbe**

La figue (*Ficus carica* L.) peut être caractérisée selon cet aspect morphologique (Figure 18)

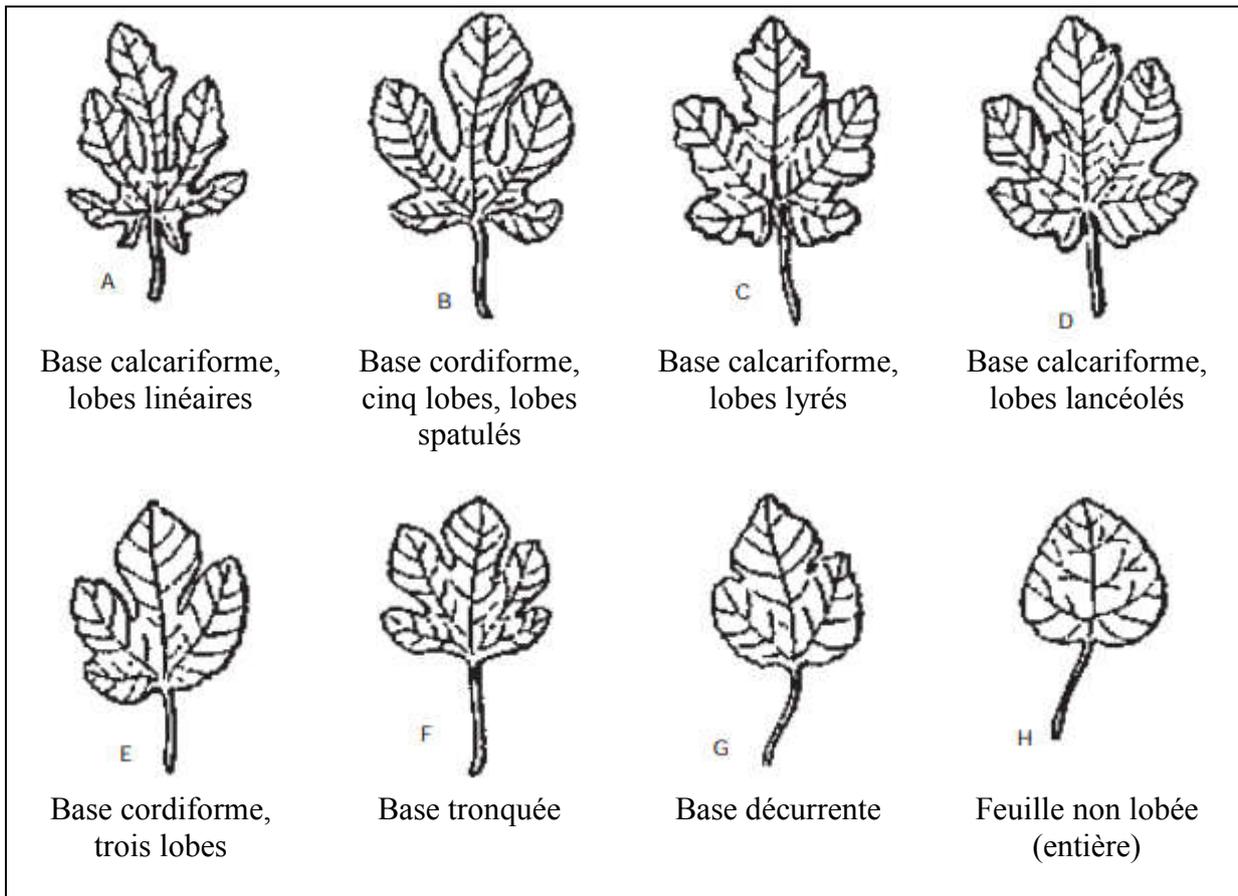


Figure 18 : Formes dominantes de la feuille (IPGRI & CIHEAN, 2003)

- **Forme du lobe central**

- 1 Triangulaire
- 2 Losangique étroit
- 3 Losangique large
- 4 Spatulée
- 5 Linéaire
- 6 En forme de lyre

- **Feuille lobée : lobes latéraux de base**

- 1 Absents
- 2 Presents

- **Forme de la base de la feuille**

Les descripteurs de la forme de la feuille de base servent à caractériser les cultivars de figuier en fonction de leur prévalence dans les plus matures feuilles :

- 1 Décurrente
- 2 Tronquée
- 3 Cordiforme
- 4 Calcariforme ouvert
- 5 Calcariforme

- **Longueur de la feuille [cm]**

Il sera mesuré de la base du pétiole à l'extrémité du lobe central de la feuille (A), comme on peut le voir sur la figure 17.

- **Largeur de la feuille [cm]**

La largeur des feuilles (b) sera mesurée en centimètres, c'est-à-dire de gauche à droite des bords de la feuille, comme on peut le voir sur la figure 17.

- **Longueur du pétiole (mm)**

Pour caractériser la longueur du pétiole, la moyenne en millimètres a été extraite, regroupées de la façon suivante :

1 court (<50 mm)

2 Moyen (50-80 mm)

3 Longueur (> 80 mm)

#### 4.2. Fruit

- **Forme du fruit [indice (largeur / longueur) = I]**

Selon les suggestions de l'IPGRI & CIHEAM, (2003) la figue (*Ficus carica* L.) la classifie selon l'indice qui résulte de la division de la largeur de la longueur du fruit :

1= Forme oblongue, c'est-à-dire plus longue que large (indice inférieur à 0,9 cm).

2= Forme globuleuse (indice compris entre 0,9 et 1,1 cm).

3= Forme sphéroïde ou oblate (indice supérieur à 1,1 cm).

- **Forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale**

Pour déterminer la largeur maximale du fruit en fonction de la localisation maximale, les fruits ont été mesurés et classés selon les recommandations de (IPGRI & CIHEAM, 2003) comme suit:

1. Ovoïde : quand la partie la plus large du fruit est vers le centre.

2. Campaniforme : lorsque la partie la plus large est plus proche du cou.

3. Pyriforme: lorsque la partie la plus large du fruit est vers l'ostiole.

- **Poids du fruit [grammes]**

Pour obtenir le poids moyen des fruits, IPGRI & CIHEAM (2003) recommande de récolter au moins 25 fruits récoltés au hasard pour leur calcul respectif du poids moyen des fruits.

- **Largeur du fruit (mm)**

Pour obtenir la moyenne en millimètres de la largeur des fruits IPGRI & CIHEAM (2003) recommande de le mesurer avec un étalonnage d'au moins 25 fruits et en moyenne pour ensuite le classer en fonction de ce qui suit :

- 1 petit (28-38 mm)
- 2 Moyen (38-49 mm)
- 3 Grands (50-60 mm)
- 4 Très grand > 60 mm

- **Longueur du fruit (mm)**

Pour obtenir la longueur moyenne du fruit, IPGRI & CIHEAM (2003) recommande de mesurer au moins 25 fruits et moyenne, pour le localiser selon les paramètres suivants:

- 1 Court (29-46 mm)
- 2 Moyen (29-54 mm)
- 3 Longueur (54-75 mm)
- 4 Très long > 75 mm

- **Longueur du pédoncule ou collet du fruit (mm)**

IPGRI & CIHEAM, (2003) recommandent de mesurer au moins 25 fruits la longueur du pédoncule ou du collet du fruit pour obtenir la moyenne et le classer en fonction des paramètres suivants:

- 0 Absent 0
- 1 Court (<5)
- 2 Moyen (5-15)
- 3 Long (> 15)

- **Largeur de l'ostiole (mm)**

IPGRI & CIHEAM, (2003) recommandent de mesurer au moins 25 fruits le diamètre de l'ostiole et la moyenne est obtenue pour le classer selon aux paramètres suivants:

- 1 petit (<1)
- 2 Moyen (1-3)
- 3 Grands (4-5)
- 4 Très grand (> 5)

- **Couleur de la surface de la peau du fruit**

- 1 Noir
- 2 Violet
- 3 Marron
- 4 Vert
- 5 Vert clair
- 6 Vert jaunâtre

- **Couleur de la pulpe**

- 1 Blanche
- 2 Un peu foncée
- 3 Rose
- 4 Rouge
- 5 Rouge foncée

- **Fissures épidermiques du fruit (Craquelures)**

IPGRI & CIHEAM, (2003), classés par la présence de fissures épidermiques dans le fruit en trois groupes (Figure 19), comme suit:

- 1 Peau craquelée
- 2 Craquelures longitudinales
- 3 minutes de fissures

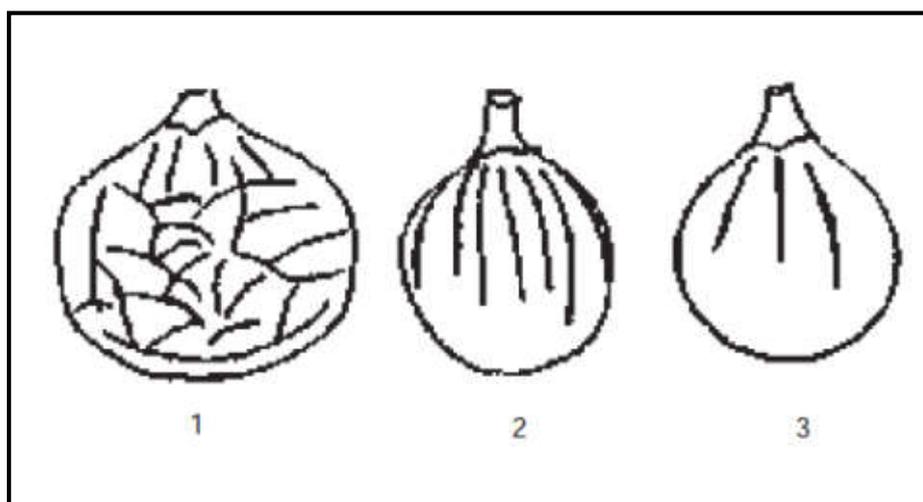


Figure 19 : Fissures épidermiques du fruit, IPGRI & CIHEAM (2003)

## **5. Analyses phytochimiques**

### **5.1. Criblage phytochimique**

#### **5.1.1. Préparation des échantillons**

Après récolté le matériel végétal (feuilles et fruits), nous avons procédé au séchage à la température ambiante (20-25°C) pendant environ un mois à l'air libre, jusqu'à la stabilisation de leur masse afin d'éviter d'éventuelles risques d'oxydation des polyphénols et de préserver au maximum l'intégrité des molécules. Ensuite, les échantillons ont été récupérés dans des sacs propres et stockés à l'abri de la lumière et d'humidité.

#### **5.1.2. Tests phytochimiques**

La première étape était la recherche des grandes classes de composés chimiques appartenant aux métabolismes secondaires des cultivars étudiés. En effet, le criblage phytochimique consiste à réaliser des tests phytochimiques qualitatifs, basés sur des réactions de coloration ou de précipitation plus ou moins spécifiques à chaque classe de principes actifs. Trois solvants de polarités différentes ont été utilisés pour les fruits (Eau, EtOH, chloroforme) et uniquement du MtOH pour les feuilles.

##### **➤ L'épuisement du matériel végétal avec l'eau**

Une quantité de 10 g du matériel végétal est mise en contact avec 100 mL d'eau distillée dans un erlenmeyer, l'ensemble est chauffé à une température d'ébullition stable pendant une heure à l'aide d'une chauffe ballon, le mélange est filtré et l'extrait aqueux est soumis aux différents tests.

##### **➤ L'épuisement du matériel végétal avec l'hydroalcoolique**

En milieu hydroalcoolique (méthanol-eau 70/30, éthanol-eau 80/20), ou dans le chloroforme sont préparées par le même processus et avec les mêmes quantités comme précédemment décrit avec l'eau.

#### **a. Saponosides**

La détection des saponosides est réalisée en ajoutant quelques gouttes d'eau à 2 mL de l'extrait aqueux, après l'agitation. Après 20 min, la teneur en saponosides est évaluée selon les critères suivants (Trease et Evans, 1987) :

- Pas de mousse = test négatif (-).
- Mousse moins de 1 cm = test faiblement positif (+).
- Mousse de 1-2 cm = test positif (++).
- Mousse plus de 2 cm = test très positif (+++).

#### **b. Alcaloïdes**

Macération en milieu alcalin : Une quantité de 2 mg du matériel végétal est mise dans un bécher de 50 mL avec 10 mL d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (10%), l'ensemble est porté sur un agitateur pendant 3 h. Ensuite, le mélange est filtré et ajouté dans un tube, 1 mL de filtrat plus 5 gouttes du réactif de Wagner, l'apparition d'un précipité brun, révèle la présence d'alcaloïdes

#### **c. Anthraquinones libres (Réaction de Borntrager)**

On ajoute 1 mL d'une solution de l'ammoniaque (NH<sub>4</sub>OH) (20 %), à 1 mL de l'extrait éthanolique ou aqueux ou chloroformique puis agiter. La coloration plus ou moins rouge indique la présence des anthraquinones libres.

#### **d. Terpénoïdes (Test de Slakowski)**

A 1 mL de l'extrait éthanolique ou aqueux, on ajoute 0,4 mL de chloroforme (CHCl<sub>3</sub>) et 0.6 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré. La présence des terpénoïdes est mise en évidence par l'apparition d'un anneau marron à l'interphase (Khan *et al.*, 2011).

#### **e. Flavonoïdes**

La réaction de détection des flavonoïdes consiste à traiter 2 ml de chaque extrait avec 2 ml de 10% d'acétate de plomb, la couleur vert jaunâtre indique la présence de flavonoïdes (Harbarne, 1973).

#### **f. Tanins**

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant 5 ml d'extrait à analyser à 1 ml de solution aqueuse de FeCl<sub>3</sub> à 1 %. En présence de tanins, il se développe une coloration verdâtre ou bleu-noirâtre (Trease et Evans, 1987)

#### **g. Composés réducteurs**

La détection des composés réducteurs consiste à traiter 2 mL de l'extrait éthanolique avec 2 mL 2 ml de liqueur de Fehling et incubé l'ensemble 8 min dans un bain marie

bouillant. Un test positif est révélé par la formation d'un précipité rouge brique (Trease et Evans, 1987).

#### **h. Composés phenoliques**

Un volume de 10 mL de chlorure d'hydrogène (HCl) est ajouté à 10 mL d'infusé éthanolique. Un test positif est révélé par la coloration rouge en présence de polyphénols

### **5.2. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits**

La détermination *in vitro* de l'activité antimicrobienne a été évaluée par la méthode de diffusion sur gélose Muller Hinton (méthode des disques), aux laboratoires du département des sciences de la nature et de la vie, Centre Universitaire de Mila. Pour l'évaluation du potentiel antimicrobien des différents extraits, nous avons préféré de les tester sur des micro-organismes comprenant des bactéries, le tableau IX.

La sensibilité des souches microbiennes, vis-à-vis de : gentamicine (disque de 10 µg) a été testée comme contrôle positif et du DMSO (10 µl/disque) comme contrôle négatif.

Il faut noter que le DMSO dans lequel sont solubilisés les extraits ne présente aucune toxicité vis-à-vis des bactéries testées.

#### ➤ **Technique de diffusion sur gélose Muller Hinton (méthode des disques) (EUCAST, 2003)**

Avant d'effectuer le test, l'eau distillée, les tubes à essai utilisés dans la préparation des suspensions bactériennes (Inoculums) ainsi que dans la préparation des dilutions de nos échantillons, ont été stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 min.

L'obtention de l'inoculum final s'effectue de la manière suivante :

Chaque culture bactérienne (Tableau IX) estensemencée en stries sur une gélose nutritive pour obtenir des colonies bien isolées. Après incubation à 37°C pendant 24 heures, quelques colonies sont transférées à l'aide d'une anse de platine dans un tube à essai contenant de l'eau physiologique.

La densité optique doit être comprise entre 0,08 et 0,1 l'équivalent de  $10^8$  UFC/mL. À l'aide d'un spectrophotomètre «SPECORD 200 PLUS» les densités optiques sont ajustées à une longueur d'onde de 625 nm.

L'inoculum ainsi préparé est dilué au 1/100<sup>ème</sup> dans de l'eau physiologique. La densité optique finale obtenue de l'inoculum doit être équivalente à 10<sup>6</sup> UFC/mL. Les boîtes de Pétri contenant le milieu Muller Hinton gélosé sontensemencées par inondation (EUCAST, 2003). Des disques de 6 mm de diamètre préparés en extemporané sont stérilisés par autoclavage, puis imprégnés des extraits à tester dissous dans le DMSO (20µL pour chaque disque). Les disques sont placés aseptiquement sur la gélose préalablement inoculée. Les disques témoins sont imprégnés par 20 µL de DMSO. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures. L'activité antibactérienne est déterminée par mesure du diamètre des zones d'inhibition autour des disques. L'absence de croissance bactérienne se traduit par un halo translucide autour du disque, dont le diamètre est mesuré et exprimé en millimètre (Joffin et Leyral, 2006).

**Tableau IX : Souches testées pendant l'évaluation des activités antibactériennes**

	<b>Espèce</b>	<b>Références</b>
Bactérie Gram+	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853
Bactérie Gram -	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 700603
	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922

## **6. Analyse par marqueur moléculaire**

Les marqueurs moléculaires permettent d'observer de façon fine le polymorphisme de séquence de l'ADN au niveau de certain nombre de sites ou locus, repartis sur le génome. Ils ont de nombreuses applications possibles en génétique végétale. Ils révèlent directement le polymorphisme de l'ADN, les séquences ciblées correspondantes ou non à des séquences codantes.

Dans cette étude, les 2 types de marqueurs utilisés pour la révélation des polymorphismes sont les marqueurs iPBS et SSR. La combinaison de ces deux marqueurs facilite la compréhension de leur diversité et établir leurs relations phylogénétiques.

### **6. 1. Extraction d'ADN génomique**

L'extraction d'ADN a été faite à partir de feuilles prélevées sur des jeunes pousses selon la méthode CTAB découlant du protocole de Healey *et al.* (2014). De chaque échantillon 0.15g du limbe de feuille sont réduits en poudre dans un mortier avec de l'azote liquide. Ensuite 500 µl de tampon d'extraction 10 g CTAB (ajouter l'eau ultra pure (50 ml 1M Tris 7.5 pH, 25 ml 0.5 M EDTA, 150 ml 5M NaCl), continuer le volume avec du l'eau ultra pure jusqu'à 500µl. Le mélange est incubé à 65°C, on ajoute pour chaque 1 ml 3 µl β-mercaptoéthanol, dans des tubes de 1,5 ml avec une continuation de mélanger chaque 10 min durant 30 min dans une plaque chauffante (Thermomixer compact). Après centrifugation à une vitesse 8000 rpm pendant 5 min, Puis le surnageant est reparti dans deux tubes de 650 µl. On ajoute chlorophorme alcool isoamylique. Le mélange est ensuite agité (5 min) et centrifugé à 9000 rpm durant 10 min. Le surnageant est repris dans des nouveau tubes et 10 µl d'une solution d'ARNase sont ajoutés. Après une incubation de 15 min à 37 ° C et les faire retourner doucement, puis ajouter le proteinase K 10 µl à 37 °C pendant 15 min. L'échantillon a été lavé avec 1 volume du chloroforme (isoamyl alcohol, 24:1) par agitation douce (inversion des tubes à la main) durant 5min, ensuite 10 min de centrifugation à 9000 rpm, la phase liquide a été transférée à nouveau dans un tube de 400 µl. On ajoute 200 µl de 5M NaCl et les faire retourner délicatement. 3 volumes d'Ethanol 95% froid ont été mélangés avec échantillon avec agitation douce. Après homogénéisation et incubation pendant 1h à -20°C, les échantillons sont centrifugés à 9000 rpm pendant 10 min. La pelote d'ADN a été lavée avec 200 µl l'éthanol 70%. Ce dernier a été centrifugé pendant 10 min à 9000 rpm. Après l'élimination de l'éthanol, la pelote d'ADN a été séchée durant 30 min à 50° ou la laissée pour sécher pendant une nuit. Après l'élimination de l'éthanol, la pelote d'ADN a été dissoute

avec 100 µl de tampon d'extraction Tris-EDTA (10mM Tris, 1mM EDTA) TE buffer (pH8), est incubé pendant 15 min à 65°C. Puis le culot est regroupé dans un seul tube

L'extrait d'ADN a été stocké après à -20°C.

## **6.2. Quantification de l'ADNg**

Durant cette thèse, l'ADNg a été quantifié sur NanoDrop™ ND-1000 spectrophotometer (Thermo Sci Co.). Pour tester nos échantillons, 1µl du produit d'extraction est appliqué sur la base de la machine.

- ✓ la concentration en acides nucléiques (ADN et ARN) de l'échantillon calculée en ng/µl.
- ✓ le ratio 260/230 correspondant au degré de pureté de l'échantillon. Les acides nucléiques absorbent à 260nm et certains contaminants d'extraction à 230nm. Plus ce ratio est proche de 2, moins l'échantillon sera contaminé. Il n'est généralement considéré que 1,8 est le maximum toléré.
- ✓ le ratio 260/280 donne une indication sur la quantité de protéine dans l'échantillon. En effet, les protéines absorbent à 280 nm. Les protéines sont des contaminants pouvant gêner l'efficacité de futures manipulations, tel que la PCR, obligeant le manipulateur à diluer les échantillons. Encore une fois, plus ce ratio est proche de 2, moins l'échantillon sera contaminé.

## **6.3. Qualité d'ADN: Test de sizing**

L'analyse du produit d'extraction est effectuée par électrophorèse sur gel d'agarose à 2 % (la concentration est par rapport à la taille des fragments d'ADN étudiés) (10 µl d'ADN + 05 µl bleu de bromophénol).

Le tampon de migration utilisé est le TBE 1X (Tris/Hcl 0,089 M, EDTA Na 2 2,5 M; Acide borique 0,089 M, pH 8.0). Le gel est ensuite visualisé sous illumination aux ultraviolets à une longueur d'onde de 360 nm après coloration au bromure d'éthidium (BET), à une concentration de 0.1mg/ml dans le gel d'agarose 1 %.

## **6.4. Dilution des ADN**

Pour réaliser les différentes amplifications, il faut que les échantillons (ADN) aient la même concentration. Pour cela une dilution a été effectuée pour une concentration finale de

20ng/  $\mu$ l. La majorité des échantillons d'ADN sont dilués jusqu'à une concentration de 5 ng/  $\mu$ l. Les échantillons d'ADN dilués ont été conservés à  $-20^{\circ}\text{C}$ .

### **6.5. Analyse des marqueurs iPBS-rétrotransposons**

Un ensemble de 32 amorces iPBS a été initialement criblé en utilisant tous les groupes d'échantillons pour déterminer le rang de polymorphisme des amorces. Les 23 amorces qui ont produit des bandes polymorphes identifiées ont été sélectionnées pour l'évaluation de la diversité génétique (Kalendar *et al.*, 2010). Le tableau XVIII présente la liste de paire d'amorces utilisées et leurs caractéristiques. La PCR a été réalisée dans des mélanges réactionnels de 20  $\mu$ L contenant 5 ng d'ADN génomique, 10  $\times$  PCR buffer (Mg<sup>2+</sup> : 1,5) (Applied Biological Materials Inc.), 1,2 mM de dNTP (Thermo Fisher Scientific Inc.), 1 (10 pmol) de chaque amorce, 7,1 ddH<sub>2</sub>O, 0,2 U d'ADN polymérase Taq (Applied Biological Materials Inc., Canada) et 5 ng d'ADN génomique. L'amplification PCR a été réalisée en utilisant le thermocycleur MJ Research (DNA Engine DYAD, Bio-Rad, USA), elle a été démarrée avec une pré-dénaturation à 94 ° C pendant 30 s, suivie de 35 cycles de dénaturation à 94 ° C pendant 25 s., recuit à 45-65 ° C pendant 45 s, et extension à 72 ° C pendant 60 s, avec une étape d'extension finale de 72 ° C pendant 5 min, puis le programme a été terminé en maintenant à 4 ° C. Les produits PCR ont été analysés sur gel d'agarose à 2% dans du tampon TBE 1X pendant environ 2 h à 120 V, et photographiés sous système de documentation G-box SYNGENE gel, en utilisant une échelle d'ADN de 100 pb (Thermo Fisher Scientific Inc.).

### **6.6. Analyse des marqueurs SSR**

L'analyse SSR a été réalisée pour vérifier l'identité variétale des accessions étudiées. Les amorces obtenues pour la détection du polymorphisme microsatellite ont été réalisées en utilisant 16 marqueurs SSR: FCUPO38-6, FCUPO66-7, FCUPO68-1 (Bandelj *et al.*, 2007), MFC1, MFC3, MFC11 (Khadari *et al.*, 2001), LMFC19, LMFC20. LMFC21, LMFC22, LMFC26, LMFC27, LMFC30, LMFC31 (Giraldo *et al.*, 2005), Fsync01 (Ahmed *et al.*, 2007) et FM4-70 (Zavodna *et al.*, 2005). La sélection des SSR de figuier était basée sur leur contenu d'information de polymorphisme élevé. Le tableau XIX présente la liste de paire d'amorces utilisées et leurs caractéristiques.

En utilisant un thermocycleur (MJ Research TM, Nevada, USA), une PCR a été réalisée avec 20  $\mu$ l d'ADN comme matrice. La réaction comprenait 5 ng d'ADN génomique, 20 pmol

d'amorce, 3,5 µl de dNTP, 2 µl de tampon PCR 10X (avec MgSO<sub>4</sub>), 1 U Taq (ABM) ADN polymérase et 3,5 µl de ddH<sub>2</sub>O. L'amplification a été démarrée avec 3 min à 94 ° C suivis de 40 cycles de 30 s à 94 ° C, 40 s à 45-65 ° C, 30 s à 72 ° C pendant et 5 min d'extension à 72 ° C. Les produits de PCR ont été séparés sur un gel d'agarose à haute résolution à 2% dans du tampon TBE 1X à 120 ° C pendant 2 h, et photographiés sous lumière UV pour une analyse supplémentaire. Une échelle d'ADN de 100 pb (Thermo Fisher Scientific Inc.) a été utilisée comme étalon moléculaire afin de confirmer les marqueurs SSR appropriés.

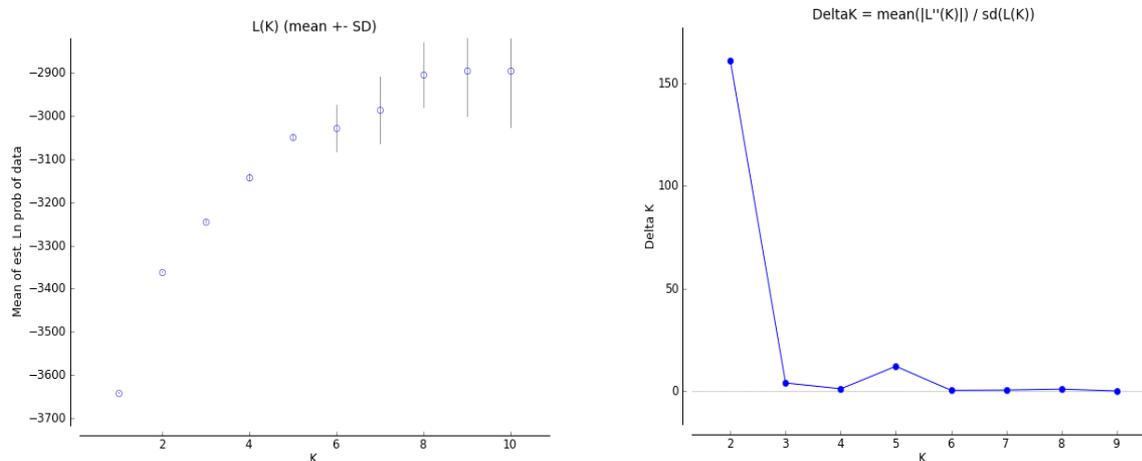
### 6.7. Analyse des données

Le potentiel des données des marqueurs iPBS et SSR a été examiné par comptage pour évaluer la variabilité génétique de *F. carica*. Les bandes reproductibles et les bandes de produits ont été marquées manuellement comme étant présentes (1) par rapport à l'absence (0) pour chaque accession. Pour une analyse approfondie, seule les bandes fortes et claires ont été utilisées. Les faibles bandes n'ont pas été marquées afin d'éviter de marquer des bandes artificielles. Les valeurs de PIC (Polymorphism Information Content) ont été obtenues en utilisant la formule développée par (Anderson *et al.*, 1993).  $PIC = 1 - \sum P_i^2$ , où  $P_i$  est la fréquence de l'allèle  $i$  dans l'ensemble des génotypes étudiés. Les marqueurs d'ADN ont montré une valeur PIC moyenne de  $> 0,5$ , ce qui confirme que les marqueurs sont très informatifs (Botstein *et al.*, 1980).

Le coefficient de similarité Nei et Li avec le module SIMQUAL de NTSYS-pc (Numerical Taxonomy et Multivariate Analysis System, version 2.0) (Rohlf, 1988) pour les comparaisons par paires basé sur la proportion de bandes partagées produites par tous amorces. Un dendrogramme a été déduit en utilisant la moyenne de la méthode des groupes de paires non pondérées (UPGMA) basée sur les similitudes entre les génotypes. L'analyse de regroupement de voisins et l'analyse en composantes principales (ACP) ont été réalisées à l'aide d'un logiciel statistique informatique R (Tamura *et al.*, 2013); les systèmes de marqueurs iPBS et SSR ont été utilisés séparément et combinés.

Les structures de population des accessions analysées ont également été étudiées à l'aide d'un algorithme de classification basé sur un modèle (STRUCTURE v.2.2) qui sépare génétiquement les groupes en fonction des fréquences alléliques (Pritchard *et al.*, 2000). Le nombre de sous-populations hypothétiques (K) a été estimé par une série continue de K, de 2 à 10, dans 10 essais indépendants, sauf pour K = 1, un seul essai a été exécuté, en appliquant le mélange et les fréquences alléliques corrélées. Le programme a été exécuté en utilisant une

période de gravure de 100 000 étapes et 100 000 interactions de la chaîne de Markov Monte Carlo (MCMC). Pour sélectionner la valeur optimale de K, les valeurs de  $\Delta K$  (Evanno *et al.*, 2005) ont été calculées à l'aide de STRUCTURE HARVESTER (Earl et Vonholdt, 2011). La variation de la probabilité logarithmique des données entre les valeurs K successives obtenues à partir de la sortie de STRUCTURE a été utilisée pour déterminer le nombre réel de sous-populations. La valeur  $\text{LnP}(K)$  augmentait continuellement avec l'augmentation de K de 1 à 10, et il n'y avait pas de point d'inflexion évident. Bien que, la variation la plus apparente de  $\text{LnP}(K)$  est survenue lorsque K a augmenté de 1 à 2, et la valeur  $\Delta K$  la plus élevée a été observée à  $K = 2$ . Par conséquent, la population pourrait être divisée en deux clusters (Figure 20).



**Figure 20 : Valeur K estimée pour l'analyse de la structure du germoplasme de figuier utilisé dans l'étude**

(A) Diagramme de dispersion entre la moyenne de Ln prob de données et le nombre supposé de grappes, K.

(B) K valeurs pour différents nombres de populations supposées (K) dans l'analyse STRUCTURE.

## *Partie 3.*

# *Résultats et Discussion*



## **I. Caractérisation morphologique**

### **1. Caractères morphologiques quantitatifs**

#### **1.1. Analyse statistique descriptive**

Les moyennes de mesures réalisées pour les caractères quantitatifs de la feuille et le fruit sur la période 2012, 2013 et 2014 sont représentées dans les tableaux 12, 13 et 14 respectivement. Le coefficient de variation et l'écart type permettent de mesurer les fluctuations entre les trois années d'évaluation, et de préciser l'intensité des irrégularités. En effet, le coefficient de variation et l'écart type permettent de comparer la variabilité autour de la moyenne.

$$CV=S/m$$

CV : coefficient de variation (%) ; S : écart type (mm) et m : moyenne.

##### **1.1.1 Caractères des feuilles**

Le tableau (IX) regroupe les résultats obtenus pour la longueur du pétiole, longueur du limbe, longueur du lobe central, rapport longueur du lobe central/longueur du limbe et longueur du pétiole/longueur du limbe.

L'analyse des résultats illustrés dans le tableau (X) révèle l'existence d'une variabilité entre les vingt deux variétés de figuier. Les résultats de l'analyse descriptive indiquent que les coefficients de variation des différents paramètres quantitatifs varient de 3.58% à 7 %. Le coefficient de variation le plus élevé est noté pour le paramètre longueur du pétiole/ longueur du limbe feuilles, tandis que la valeur la plus basse est enregistrée pour le caractère rapport longueur du lobe central/longueur du limbe.

**Tableau X : Analyse descriptive de l'ensemble des caractères quantitatifs feuilles mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés**

Cultivar/accession	LP (cm)	LL (cm)	LLC (cm)	LLC / LL	LP / LL
<i>Albo</i>	5,976±0,87	17,522±1,44	10,67±1,26	0,611±0,05	0,342±0,04
<i>Celeste</i>	5,68±0,93	15,66±1,57	9,80±1,08	0,626±0,04	0,362±0,04
<i>Cavaliere</i>	6,224±0,98	19,06±1,78	11,93±1,70	0,626±0,06	0,325±0,03
<i>Boule d'or</i>	5,84±0,97	18,02±1,64	11,219±1,13	0,623±0,03	0,325±0,04
<i>Blanquette</i>	5,29±1,09	16,617±1,57	10,48±1,21	0,628±0,06	0,317±0,05
<i>Blak dourou</i>	7,432±1,13	17,20±1,63	10,30±1,56	0,599±0,06	0,442±0,09
<i>Bifer de talaamara</i>	5,62±1,41	17,09±1,30	10,901±1,08	0,638±0,04	0,329±0,08
<i>Bakor blanc</i>	5,9104±0,25	18,09±1,28	11,08±0,50	0,615±0,09	0,326±0,01
<i>Avouacou</i>	5,910±0,49	18,09±1,11	11,09±1,02	0,6157±0,07	0,32±0,03
<i>Alekak</i>	5,79 ±0,87	16,71±1,46	10,11±1,04	0,605±0,03	0,34±0,04
<i>Abiarous</i>	5,92±0,86	18,12±2,02	11,102±1,14	0,61±0,04	0,32±0,03
<i>Fraga</i>	6,805±0,95	18,46±1,41	11,548±1,15	0,626±0,04	0,369±0,05
<i>Gentille</i>	6,376±0,92	18,25±1,67	11,17±1,25	0,611±0,03	0,348±0,03
<i>Hamri</i>	7,00±0,88	16,98±1,24	10,49±1,02	0,617±0,03	0,413±0,05
<i>Karout</i>	6,131±0,71	19,05±1,34	12,248±1,22	0,643±0,04	0,321±0,03
<i>Roudane</i>	5,782±0,92	17,10±1,61	9,062 ±1,15	0,530±0,05	0,339±0,04
<i>Taranimt</i>	5,93±0,83	17,39±1,42	9,83±1,47	0,564±0,06	0,341±0,03
<i>Tameriout</i>	5,82±0,88	19,41±1,90	13,373±1,75	0,687±0,04	0,299±0,03
<i>Verbale</i>	6,315±0,93	16,42±1,34	10,35±1,07	0,630±0,04	0,384±0,04
<i>Zreka</i>	6,36±0,90	18,17±1,14	10,28±1,08	0,569±0,04	0,351±0,04
<i>El fessi</i>	6,76±0,72	18,86±1,37	11,264±1,11	0,596±0,03	0,359±0,03
<i>Bezoul el khadem</i>	7,078±1,16	18,53±1,94	10,42±1,64	0,560±0,05	0,38±0,05
<b>Moy</b>	<b>6,20</b>	<b>17,73</b>	<b>0,81</b>	<b>0,60</b>	<b>0,35</b>
<b>S</b>	<b>0,42</b>	<b>0,82</b>	<b>0,69</b>	<b>0,023</b>	<b>0,02</b>
<b>CV (%)</b>	<b>6,89</b>	<b>4,63</b>	<b>6,42</b>	<b>3,85</b>	<b>7,00</b>

LP : Longueur du pétiole (cm); LL: Longueur du limbe; LLC: Longueur du lobe central ; LLC / LL : Rapport longueur du lobe central / longueur du limbe ; PL / LL : Rapport longueur du pétiole / longueur du limbe ; Moy : moyenne ; S: Ecart type, CV : Coefficient de variance

### 1.1.2 Caractères des fruits

La longueur des fruits des cultivars évalués varie de 2,55 cm jusqu'à 5,78 cm pour *Blanquette* et *Bifer de tala amara*, respectivement. *Zreka* enregistre le poids le plus élevé avec 46,37g, alors que le plus faible trouvé chez le cultivar *Blanquette* avec 10,80g. Le coefficient de variation le plus élevé enregistré pour la hauteur du collet avec 61,10% par rapport aux autres cultivars évalués (Tableau XI). Sous l'influence de l'environnement, conditions de cultures et notamment la disponibilité de l'eau des variations de poids des fruits ont été observées

**Tableau XI: Analyse descriptive de l'ensemble des caractères quantitatifs fruits mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés**

Cultivar/accession	PF (g)	LF (cm)	IF (cm)	L/l	HC (cm)	DO (cm)
<i>Albo</i>	39,52±15,87	4,15±1,11	4,3±0,750	0,96±0,17	0,5±0,20	0,73±0,16
<i>Celeste</i>	21,2±7,44	3,7±0,88	3,26±0,44	1,15±0,20	0,85±0,42	0,55±0,15
<i>Cavaliere</i>	24,32±11,04	3,95±1,15	3,56±0,76	1,11±0,16	0,69±0,20	0,60±0,13
<i>Boule d'or</i>	35,85±27,38	4,14±1,22	3,8±1,15	1,08±0,15	0,69±0,22	0,69±0,23
<i>Blanquette</i>	10,80±4,97	2,55±0,56	2,53±0,46	1,00±0,13	0,52±0,20	0,44±0,091
<i>Blak dourou</i>	23,86±7,99	3,67±0,62	3,70±0,57	0,97±0,094	0,45±0,17	0,61±0,14
<i>Bifer de tala amara</i>	44,56±18,53	5,78±1,52	4,32±0,78	1,32±0,22	0,68±0,19	0,82±0,18
<i>Bakor blanc</i>	36,23±18,91	3,95±1,31	4,10±0,87	0,94±0,16	0,57±0,17	0,78±0,18
<i>Avouacou</i>	23,74±8,45	2,79±0,40	3,75±0,42	0,74±0,062	0,29±0,104	0,64±0,127
<i>Alekak</i>	27,22±11,21	3,12±0,476	3,97±0,54	0,78±0,07	0,67±0,263	0,64±0,17
<i>Abiarous</i>	36,74±14,148	3,92±0,56	4,05±0,62	0,98±0,13	0,76±0,33	0,59±0,12
<i>Fraga</i>	29,60±06.10	3,63±0.56	3,83±0.25	0,94±0.059	0,51±0.21	0,79±0.08
<i>Gentille</i>	21,2±5,02	3,19±0,32	3,31±0,33	0,96±0,08	0,51±0,210	0,54±0,091
<i>Hamri</i>	24,25±6,19	3,92±0,69	3,35±0,40	1,17±0,17	0,40±0,13	0,54±0,18
<i>Karout</i>	34,09 ±9,7	3,46 ±0,41	4,1 ±0,50	0,83 ±0,09	0,46 ±0,18	1,04 ±0,21
<i>Roudane</i>	26,0 ±6,8	3,45 ±0,53	3,7 ±0,41	0,93 ±0,11	0,46 ±0,10	0,63 ±0,10

Cultivar/accession	PF (g)	LF (cm)	IF (cm)	L/l	HC (cm)	DO (cm)
<i>Taranimt</i>	30,04±9,22	3,57±0,57	3,86±0,47	0,93±0,18	0,57±0,16	0,69±0,18
<i>Tameriout</i>	19,01±7,78	3,76±0,41	2,87±0,39	1,33±0,24	0,49±0,29	0,60±0,16
<i>Verbale</i>	23,5±8,78	4,22±0,90	3,34±0,43	1,2±0,17	0,87±0,41	0,55±0,09
<i>Zreka</i>	46,37±11,56	4,7±1,06	4,5±0,56	1,05±0,24	0,87±0,42	0,77±0,13
<i>El fessi</i>	35,35±12,77	4,4±0,74	3,99±0,55	1,12±0,09	0,46±0,17	0,7±0,14
<i>Bezoul el khadem</i>	31,29±12,32	5,29±1,10	3,61±0,72	1,49±0,32	0,58 ±0.12	0,60±0,13
<b>Moy</b>	29,32	3,89	3,73	1,05	0,59	0,67
<b>S</b>	14,83	1,11	0,76	0,25	0,37	0,20
<b>CV %</b>	<b>50.56%</b>	<b>28.53%</b>	<b>20.37%</b>	<b>22.85%</b>	<b>61.10%</b>	<b>29.93%</b>

PF: Poids du fruit ; LF : Longueur du fruit ; IF: Largeur du fruit; L/l: Rapport longueur/largeur ; HC : Hauteur du collet; DO: Diamètre de l'ostiole ; Moy : Moyenne ; S : Ecart type; Cv : Coefficient de variation.

Afin d'interpréter les résultats du coefficient de variation obtenus nous avons utilisés les intervalles de Martin et Gendron (2004) :

- ✓ Entre 0.0% et 16.0%, la variation est faible ;
- ✓ Entre 16.0% et 33.3%, la variation est importante ;
- ✓ Au-delà de 33.3% la variation est très élevée.

Sur cette base, la classification des différents caractères quantitatifs étudiés selon le niveau de variation exprimé en trois classes :

- Caractères exprimant une faible variabilité inter-variétale ; longueur du pétiole, longueur du limbe, longueur du lobe central, rapport longueur du lobe central/longueur du limbe, rapport longueur du pétiole/ longueur du limbe. Les valeurs de CV sont comprises entre 3,85% et 7,00 % ;
- Caractères exprimant une variabilité inter-variétale importante ; il s'agit en l'occurrence de la longueur de fruit, largeur de fruit, rapport longueur/largeur et diamètre d'ostiole. Les coefficients de variation en question varient entre 20,37% et 29,93% ;
- Caractères exprimant une variabilité inter-variétale très élevée ne concerne que deux paramètres : le poids de fruit et la hauteur de collet, avec des coefficients de variation allant de 50,56% à 61,10%, respectivement.

Les résultats de l'analyse de la variance à un critère (AVI) ont révélé des différences très hautement significatives ( $P < 0,0001$ ) entre les différents cultivars pour l'ensemble des caractères quantitatifs étudiés. Une très grande variabilité inter-variétale a été observée pour les 11 caractères étudiés et qui sont : la longueur du pétiole ( $F=29,352$  ;  $P < 0,0001$ ), la longueur du limbe ( $F=40,130$  ;  $P < 0,0001$ ), la longueur du lobe central ( $F=49,028$  ;  $P < 0,0001$ ) , rapport longueur du lobe central / longueur du limbe ( $F=34,812$  ;  $P < 0,0001$ ), et rapport longueur du pétiole/ longueur du limbe ( $F=39,142$  ;  $P < 0,0001$ ), poids ( $F= 32,934$ ;  $P < 0,0001$ ), longueur du fruit ( $F=49,983$  ;  $P < 0,0001$ ), largeur du fruit ( $F=40,510$  ;  $P < 0,0001$ ), rapport longueur/ largeur ( $F=79,037$  ;  $P < 0,0001$ ), hauteur du collet ( $F=14,296$  ;  $P < 0,0001$ ), diamètre de l'ostiole ( $F=43,255$  ;  $P < 0,0001$ ), dont les détails sont indiqués dans l'annexe 2.

Le test de corrélation pour l'ensemble des caractères morphologiques quantitatifs étudiés (Annexe2) a montré de fortes corrélations entre la longueur du pétiole et le rapport longueur de pétiole / longueur du limbe ( $r= 0,792$ ) et le poids du fruit est positivement corrélé avec sa largeur ( $r=0,905$ ).

Les résultats de l'analyse en composante principale avec les 11 paramètres quantitatifs sur les vingt deux cultivars (Tableau XII) indiquent que le pourcentage de variabilité obtenu est de 68,631%. Ceci indique une variabilité moyenne entre les cultivars sur le plan morphologique avec des valeurs propres de (5,278) et (2,272) respectivement pour l'axe 1 et 2. Nous avons 47,98% de variabilité total expliqué par CP1 avec une forte contribution positive des paramètres relatifs au fruit et feuille avec (8 variables). Par contre, la PC2, explique 20,65% de la variabilité avec une contribution positive de trois variables.

**Tableau XII : Résultats de l'analyse ACP sur les deux axes principaux**

Composante	Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Valeur propre	variabilité (%)	% cumulée
<b>F1</b>	5,278	47,977	47,977
<b>F2</b>	2,272	20,654	68,631

Cette même figure fait ressortir que sur l'axe 1, nous distinguons deux groupes :

- Le 1<sup>ère</sup> groupe est dans l'extrémité positive comprenant les paramètres : PF, LLC, LP, LL, PL/LL et DO, qui sont bien représentées et ont eu la plus forte contribution à la formation de l'axe 1 et à l'explication de la variabilité entre les individus ;
- Le 2<sup>ème</sup> groupe est situé à l'extrémité négative avec une unique variable LLC/LL qui est négativement corrélée avec le premier groupe ;

Par contre, on observe que l'axe 2 est corrélé avec 3 variables dont trois (LF, IF et LF/IF) contribuent positivement dans sa formation, et la quatrième variable (HC) y contribue négativement (Figure 21).

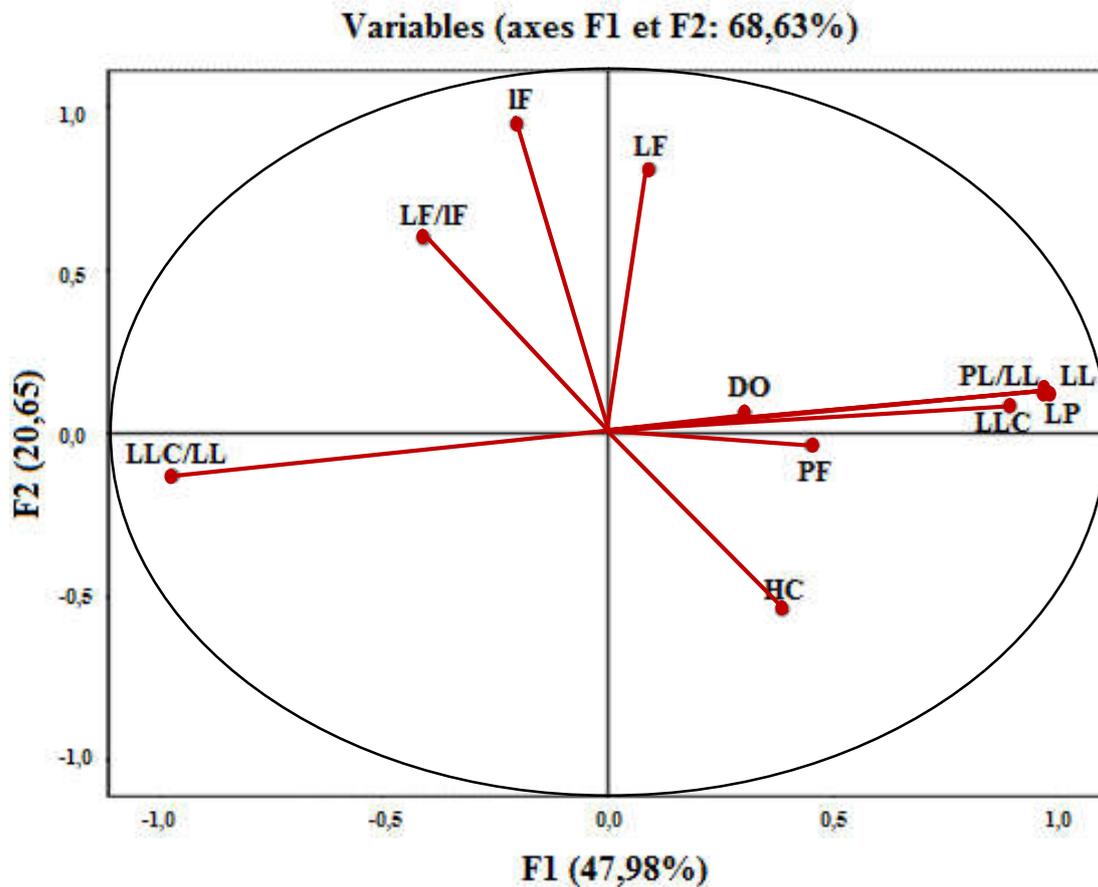


Figure 21 : Cercle de corrélation des 11 variables morphologiques (F1 et F2)

## 2. Caractères morphologiques qualitatifs

### 2.1. Caractères des feuilles

En ce qui concerne le nombre de lobes principaux, la plupart des cultivars montrent des feuilles à trois /cinq lobes. Pour l'ensemble des cultivars, la forme du lobe central varie entre losangique et étroit losangique large, à l'exception pour la forme de lyre chez la variété *Celeste* et *Verbale* et spatulée chez *Bifer de tala amara*, *Avouacou* et *Roudane*. La forme de la base foliaire est très variable parmi les cultivars (calcariforme, calcariforme ouverte, cordiforme et décurrenente). En ce qui concerne les lobes latéraux de base, la plupart des cultivars n'ont pas de lobes supplémentaires. Ils ne sont observés que dans les feuilles de cultivar *Tameriout* (Tableau XIII).

**Tableau XIII: Analyse descriptive de l'ensemble des caractères qualitatifs feuilles mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés.**

Cultivar/accession	FTP	FLC	SBF	LLB
<i>Albo</i>	Cinq lobes	Losangique étroit	Calcariforme ouverte	Absent
<i>Celeste</i>	Cinq lobes	Forme de lyre	Calcariforme ouverte	Absent
<i>Cavaliere</i>	Trois lobes	Losangique large	Calcariforme	Absent
<i>Boule d'or</i>	Cinq lobes	Losangique étroit	Calcariforme ouverte	Absent
<i>Blanquette</i>	Cinq lobes	Losangique large	Cordiforme	Absent
<i>Blak dourou</i>	Trois lobes	Losangique large	Cordiforme	Absent
<i>Bifer de tala amara</i>	Cinq lobes	Spatulée	Cordiforme	Absent
<i>Bakor blanc</i>	Cinq lobes	Losangique étroit	Cordiforme	Absent
<i>Avouacou</i>	Cinq lobes	Spatulée	Calcariforme ouverte	Absent
<i>Alekak</i>	Cinq lobes	Losangique large	Calcariforme ouverte	Absent
<i>Abiarous</i>	Trois lobes	Losangique large	Cordiforme	Absent
<i>Fraga</i>	Cinq lobes	Losangique large	Cordiforme	Absent
<i>Gentille</i>	Cinq lobes	Losangique étroit	Cordiforme	Absent
<i>Hamri</i>	Cinq lobes	Losangique large	Calcariforme	Absent
<i>Karout</i>	Cinq lobes	Losangique étroit	Calcariforme ouverte	Absent
<i>Roudane</i>	Trois lobes	Spatulée	Décurrenente	Absent
<i>Taranimt</i>	Trois lobes	Losangique large	Cordiforme	Absent

Cultivar/accession	FTP	FLC	SBF	LLB
<i>Tameriout</i>	Trois lobes	Losangique étroit	Cordiforme	Présent
<i>Verbale</i>	Trois lobes	Forme de lyre	Calcariforme ouverte	Absent
<i>Zreka</i>	Trois lobes	Losangique large	Cordiforme	Absent
<i>El fessi</i>	Trois lobes	Losangique large	Cordiforme	Absent
<i>Bezoul el khadem</i>	Cinq lobes	Losangique étroit	Calcariforme ouverte	Absent

FTP : Feuilles type prédominant ; FLC : Forme du lobe central ; SBF : Forme de la base de feuille ; LLB : Lobes latéraux de base.

## 2.2. Caractères des fruits

Les résultats des observations de fruits présentés dans le tableau XIV. Pour tous les cultivars testés, la période de récolte allait au début (6 cultivars) du milieu (3 cultivars) et à la fin (12 cultivars). La couleur externe présente une variation considérable entre les cultivars (jaune, vert, vert verdâtre, vert marronnâtes, vert violâtre, violet, et noir) tandis que la couleur interne varie entre la jaune marron, rose, rose miel, rose foncée, marron clair et rouge. Les formes les plus fruitées sont sphériques et turbinales.

**Tableau XIV: Analyse descriptive de l'ensemble des caractères qualitatifs fruits mesurés pour les vingt-deux cultivars étudiés.**

Cultivar	PT	TMF	FF	CFE	DL	PLGT	FE	CC	C
<i>Albo</i>	Bifera	Précoce	Turbinale	Vert	Dense	Pr	Facile	Rose	C long
<i>Celeste</i>	Bifera	Précoce	Sphérique	Vert jaunâtre	Dense	Pr	Facile	Rose	Abs
<i>Cavaliere</i>	Bifera	Précoce	Turbinale	Jaune	Rare	Abs	Facile	Rose	Abs
<i>Boule d'or</i>	Bifera	Précoce	Urcéolée	Vert violâtre	Dense	Pr	Facile	Rose	Abs
<i>Blanquette</i>	Bifera	Moyenne	Sphérique	Violet	Dense	Abs	Facile	Rose	Abs
<i>Blak dourou</i>	Bifera	Tardive	Urcéolée	Vert violâtre	Moyenne	Abs	Moyenne	Rouge	C long
<i>Bifer de tala amara</i>	Bifera	Tardive	Cucurbiforme	Vert jaunâtre	Dense	Pr	Assez facile	Rose miel	Abs
<i>Bakor blanc</i>	Bifera	Tardive	Sphérique	Vert jaunâtre	Dense	Pr	Moyenne	Rose	Abs
<i>Avouacou</i>	Unifera	Tardive	Sphérique aplati	Vert	Moyenne	Abs	Facile	Rouge	Abs
<i>Alekak</i>	Unifera	Tardive	Sphérique	Vert jaunâtre	Moyenne	Abs	Facile	Jaune marron	Abs
<i>Abiarous</i>	Bifera	Tardive	Turbinale	Vert jaunâtre	Dense	Pr	Moyenne	Rose	Abs
<i>Fraga</i>	Unifera	Tardive	Urcéolée	Vert jaunâtre	Moyenne	Pr	Moyenne	Rouge	C long
<i>Gentille</i>	Bifera	Tardive	Sphérique	Vert jaunâtre	Dense	Abs	Moyenne	Rose	C long
<i>Hamri</i>	Bifera	Moyenne	Turbinale	Noir	Dense	Pr	Moyenne	Marron clair	Abs

Cultivar	PT	TMF	FF	CFE	DL	PLGT	FE	CC	C
<i>Karout</i>	Bifera	Tardive	Turbinaire	Vert jaunâtre	Dense	Pr	Facile	Rose	Abs
<i>Roudane</i>	Bifera	Précoce	Urcéolée	Violet	Dense	Pr	Facile	Rose foncée	Abs
<i>Taranimt</i>	Unifera	Tardive	Sphérique	Vert jaunâtre	Moyenne	Abs	Moyenne	Rose	Abs
<i>Tameriout</i>	Unifera	Tardive	Pyriforme	Vert	Moyenne	Abs	Facile	Rose foncée	Abs
<i>Verbale</i>	Bifera	Moyenne	Pyriforme	Vert marronnâtre	Dense	Pr	Facile	Rose	Abs
<i>Zreka</i>	Bifera	Précoce	Turbinaire	Vert violâtre	Dense	Pr	Facile	Rose	Abs
<i>El fessi</i>	Unifera	Tardive	Pyriforme	Violet	Dense	Abs	Facile	Rose foncée	Abs
<i>Bezoul el khadem</i>	Unifera	Tardive	Pyriforme	violet foncée	Dense	Pr	Facile	Rose clair	Abs

PT : Productive type ; TMF : Temps de maturation des fruits ; FF : Forme de fruit ; CFE : Couleur du fond de l'épiderme ; DL: Densité des lenticelles ; PLGT : Présence de lenticelles de grande taille ; FE : Facilite d'épluchage ; CC : Couleur de la chair ; C : Craquelures ; C long : Craquelures longitudinales ; Abs : Absent ; Pr : Présent.

## 1-2- Analyse des paramètres morphologiques mesurés durant les trois ans d'étude

Au cours de la recherche, vingt-deux génotypes ont été sélectionnés avec un accent particulier sur les caractéristiques agro-pomologiques des feuilles et fruit de figuier. Le tableau XIV présente les résultats moyens au cours des saisons 2012, 2013 et 2014 de différents caractères : longueur du pétiole, longueur du limbe, longueur du lobe central, rapport longueur du lobe central / longueur du limbe, rapport longueur du pétiole / longueur du limbe, poids du fruit, longueur et largeur du fruit, rapport longueur/largeur, hauteur du collet, diamètre de l'ostiole (Annexe1).

Une variation très importante dans le paramètre poids de fruit pour la variété *Boule d'or* avec une CV de 57,36%, et variété *Blak dourou* avec un CV de 55,32%, le paramètre largeur du fruit, pour les deux variétés *Avouacou* et *Albo* avec un CV de 49,96% et 49,15% respectivement. Le coefficient de variation le moins important et signalé chez *Albo* pour le paramètre longueur du limbe 0,09%, et le cultivar *Karout* pour la longueur du lobe central 0,12%, tableau (XV).

La corrélation de Pearson a été utilisée dans cette étude pour déterminer la relation entre des variables continues. L'analyse des corrélations au seuil de 5% entre caractères (Annexe 3) montre des fortes corrélations entre la longueur du lobe central et les moyennes des précipitations ( $r=1,000$ ). Également des liaisons significatives et positives sont observées entre les paramètres largeur du fruit, précipitations moyenne ( $r=1,000$ ) et longueur du pétiole,

température maximale ( $r= 0,999$ ). Enfin le variable rapport longueur du lobe central/ longueur du limbe a un lien négatif et significatif avec l'humidité ( $r= -1,000$ ).

**Tableau XV : Résultats de l'analyse descriptive de l'ensemble des caractères quantitatifs mesurés pour les trois ans d'études**

Variétés	N°	Feuilles						Fruits				
		LP	LL	LLC	LLC/LL	LP/LL	PF	LF	IF	L/I	HC	DO
<i>Albo</i>	Moy	5,98	17,52	10,67	0,61	0,34	39,76	4,34	3,30	0,86	0,59	0,73
	S	0,15	0,16	0,43	0,02	0,01	9,56	0,82	1,62	0,19	0,12	0,08
	CV	<b>0,25</b>	<b>0,09</b>	<b>0,41</b>	<b>0,26</b>	<b>0,36</b>	<b>24,03</b>	<b>19,03</b>	<b>49,15</b>	<b>21,96</b>	<b>20,88</b>	<b>11,13</b>
<i>Celeste</i>	Moy	5,68	15,67	9,80	0,63	0,36	26,18	3,05	3,88	0,78	0,70	0,66
	S	0,32	0,70	0,28	0,01	0,01	27,86	3,18	4,10	0,78	0,66	0,67
	CV	<b>5,59</b>	<b>4,44</b>	<b>2,87</b>	<b>1,47</b>	<b>2,26</b>	<b>27,64</b>	<b>3,15</b>	<b>3,94</b>	<b>0,81</b>	<b>0,66</b>	<b>0,59</b>
<i>Cavaliere</i>	Moy	6,22	19,06	11,93	0,63	0,33	24,32	3,90	2,84	0,94	0,69	0,60
	S	0,14	0,29	0,88	0,04	0,01	8,42	0,95	1,19	0,25	0,10	0,08
	CV	<b>2,32</b>	<b>1,50</b>	<b>7,36</b>	<b>6,64</b>	<b>1,89</b>	<b>34,63</b>	<b>24,42</b>	<b>42,02</b>	<b>26,38</b>	<b>13,78</b>	<b>13,78</b>
<i>Boule d'or</i>	Moy	5,86	18,02	11,22	0,62	0,33	35,67	4,16	3,86	1,09	0,70	0,69
	S	0,28	0,60	0,45	0,01	0,01	20,46	1,01	0,90	0,06	0,03	0,17
	CV	<b>4,83</b>	<b>3,33</b>	<b>3,97</b>	<b>2,22</b>	<b>3,03</b>	<b>57,36</b>	<b>24,19</b>	<b>23,24</b>	<b>5,87</b>	<b>4,04</b>	<b>25,07</b>
<i>Blanquette</i>	Moy	5,30	16,62	10,48	0,63	0,32	7,74	2,55	1,98	0,86	0,50	0,45
	S	0,55	0,25	0,44	0,03	0,03	3,35	0,10	0,65	0,20	0,06	0,02
	CV	<b>10,31</b>	<b>1,51</b>	<b>4,16</b>	<b>4,92</b>	<b>9,87</b>	<b>43,22</b>	<b>3,93</b>	<b>32,83</b>	<b>23,35</b>	<b>12,19</b>	<b>4,33</b>
<i>Blak dourou</i>	Moy	7,43	17,20	10,31	0,60	0,44	18,94	3,70	3,00	0,82	0,48	0,61
	S	0,50	0,64	0,44	0,02	0,05	10,48	0,30	1,35	0,20	0,09	0,06
	CV	<b>6,67</b>	<b>3,74</b>	<b>4,27</b>	<b>3,07</b>	<b>11,98</b>	<b>55,32</b>	<b>8,14</b>	<b>44,93</b>	<b>24,33</b>	<b>18,83</b>	<b>9,73</b>
<i>Bifer de tala amara</i>	Moy	5,63	17,09	10,90	0,64	0,33	44,53	5,37	3,33	1,12	0,74	0,83
	S	0,84	0,29	0,19	0,02	0,05	7,56	0,89	1,38	0,31	0,07	0,07
	CV	<b>14,94</b>	<b>1,68</b>	<b>1,70</b>	<b>3,25</b>	<b>15,17</b>	<b>16,97</b>	<b>16,56</b>	<b>41,35</b>	<b>27,62</b>	<b>9,25</b>	<b>7,95</b>
<i>Bakor blanc</i>	Moy	6,42	18,48	10,73	0,58	0,35	36,24	4,14	3,18	0,84	0,63	0,78
	S	0,52	0,44	0,14	0,02	0,02	14,33	1,00	1,55	0,20	0,06	0,10
	CV	<b>8,02</b>	<b>2,36</b>	<b>1,31</b>	<b>3,71</b>	<b>5,92</b>	<b>39,53</b>	<b>24,09</b>	<b>48,82</b>	<b>24,19</b>	<b>9,66</b>	<b>12,94</b>

Variétés	N°	Feuilles						Fruits				
		LP	LL	LLC	LLC/LL	LP/LL	PF	LF	IF	L/I	HC	DO
<i>Avouacou</i>	Moy	6,70	19,21	11,53	0,60	0,35	23,75	3,13	2,84	0,59	0,41	0,65
	S	0,59	0,72	0,48	0,00	0,02	5,36	0,28	1,42	0,23	0,12	0,04
	CV	<b>8,83</b>	<b>3,77</b>	<b>4,16</b>	<b>0,35</b>	<b>5,45</b>	<b>22,58</b>	<b>9,10</b>	<b>49,96</b>	<b>39,77</b>	<b>28,75</b>	<b>6,22</b>
<i>Alekak</i>	Moy	5,80	16,73	10,12	0,61	0,35	29,79	3,13	3,97	0,79	0,67	0,64
	S	0,31	0,65	0,10	0,02	0,01	2,72	0,05	0,09	0,01	0,02	0,03
	CV	<b>5,28</b>	<b>3,90</b>	<b>0,95</b>	<b>3,07</b>	<b>1,47</b>	<b>9,14</b>	<b>1,67</b>	<b>2,21</b>	<b>1,39</b>	<b>2,55</b>	<b>4,83</b>
<i>Abiarous</i>	Moy	5,92	18,12	11,10	0,62	0,33	36,74	3,89	3,21	0,94	0,64	0,60
	S	0,50	1,02	0,34	0,02	0,01	6,74	0,23	1,45	0,05	0,07	0,07
	CV	<b>8,43</b>	<b>5,65</b>	<b>3,02</b>	<b>2,63</b>	<b>3,07</b>	<b>18,34</b>	<b>5,82</b>	<b>45,13</b>	<b>5,32</b>	<b>10,95</b>	<b>11,26</b>
<i>Fraga</i>	Moy	6,97	18,62	11,73	0,63	0,37	29,45	3,64	2,97	0,80	0,58	0,80
	S	0,33	0,42	0,38	0,01	0,01	4,46	0,30	1,31	0,17	0,10	0,07
	CV	<b>4,75</b>	<b>2,28</b>	<b>3,26</b>	<b>0,86</b>	<b>3,39</b>	<b>15,13</b>	<b>8,38</b>	<b>44,30</b>	<b>21,56</b>	<b>16,68</b>	<b>8,72</b>
<i>Gentille</i>	Moy	6,38	18,26	11,18	0,61	0,35	21,23	3,20	2,58	0,79	0,54	0,55
	S	0,10	0,36	0,17	0,00	0,00	1,33	0,05	1,06	0,22	0,07	0,02
	CV	<b>1,50</b>	<b>1,97</b>	<b>1,48</b>	<b>0,45</b>	<b>1,03</b>	<b>6,28</b>	<b>1,54</b>	<b>41,01</b>	<b>27,90</b>	<b>13,03</b>	<b>2,76</b>
<i>Hamri</i>	Moy	7,00	16,99	10,49	0,62	0,41	24,25	3,86	2,67	0,97	0,44	0,55
	S	0,13	0,19	0,13	0,01	0,01	3,97	0,50	1,06	0,34	0,08	0,01
	CV	<b>1,89</b>	<b>1,14</b>	<b>1,24</b>	<b>2,13</b>	<b>1,87</b>	<b>16,38</b>	<b>13,02</b>	<b>39,67</b>	<b>34,75</b>	<b>17,99</b>	<b>1,72</b>
<i>Karout</i>	Moy	6,13	19,06	12,25	0,64	0,32	33,77	3,69	3,05	0,75	0,67	1,04
	S	0,11	0,34	0,01	0,01	0,01	0,34	0,33	1,47	0,12	0,29	0,08
	CV	<b>1,73</b>	<b>1,79</b>	<b>0,12</b>	<b>1,83</b>	<b>2,63</b>	<b>1,00</b>	<b>9,02</b>	<b>48,19</b>	<b>15,69</b>	<b>43,79</b>	<b>7,51</b>
<i>Roudane</i>	Moy	5,78	17,11	9,06	0,53	0,34	26,01	3,45	3,72	0,93	0,46	0,64
	S	0,23	0,35	0,46	0,02	0,02	1,90	0,21	0,08	0,05	0,04	0,04
	CV	<b>3,97</b>	<b>2,07</b>	<b>5,11</b>	<b>3,49</b>	<b>6,49</b>	<b>7,32</b>	<b>6,19</b>	<b>2,22</b>	<b>5,40</b>	<b>7,76</b>	<b>5,58</b>
<i>Taranimt</i>	Moy	5,93	17,40	9,84	0,56	0,34	30,05	3,57	3,86	0,93	0,57	0,69
	S	0,20	0,26	0,22	0,01	0,01	2,62	0,19	0,16	0,01	0,07	0,01
	CV	<b>3,39</b>	<b>1,50</b>	<b>2,27</b>	<b>1,96</b>	<b>1,77</b>	<b>8,71</b>	<b>5,29</b>	<b>4,18</b>	<b>0,78</b>	<b>11,76</b>	<b>1,41</b>

Variétés	N°	Feuilles						Fruits				
		LP	LL	LLC	LLC/LL	LP/LL	PF	LF	IF	L/I	HC	DO
	<b>Moy</b>	5,82	19,41	13,37	0,69	0,30	19,01	3,77	2,87	1,34	0,51	0,60
<i>Tameriout</i>	<b>S</b>	0,10	0,30	0,12	0,01	0,01	1,97	0,03	0,05	0,04	0,10	0,06
	<b>CV</b>	<b>1,68</b>	<b>1,52</b>	<b>0,87</b>	<b>1,54</b>	<b>2,53</b>	<b>10,37</b>	<b>0,86</b>	<b>1,61</b>	<b>3,29</b>	<b>20,61</b>	<b>9,27</b>
	<b>Moy</b>	6,32	16,43	10,35	0,63	0,38	23,55	4,22	3,34	1,26	0,87	0,55
<i>Verbale</i>	<b>S</b>	0,26	0,13	0,16	0,01	0,01	2,94	0,22	0,12	0,05	0,15	0,01
	<b>CV</b>	<b>4,06</b>	<b>0,82</b>	<b>1,53</b>	<b>1,66</b>	<b>3,07</b>	<b>12,48</b>	<b>5,12</b>	<b>3,61</b>	<b>4,28</b>	<b>17,35</b>	<b>1,99</b>
	<b>Moy</b>	6,37	18,17	10,29	0,57	0,35	45,99	4,74	4,50	1,06	0,87	0,77
<i>Zreka</i>	<b>S</b>	0,18	0,47	0,25	0,02	0,02	4,36	0,65	0,29	0,13	0,21	0,03
	<b>CV</b>	<b>2,79</b>	<b>2,56</b>	<b>2,42</b>	<b>2,78</b>	<b>4,41</b>	<b>9,48</b>	<b>13,67</b>	<b>6,50</b>	<b>12,19</b>	<b>23,98</b>	<b>4,31</b>
	<b>Moy</b>	6,77	18,86	11,26	0,60	0,36	35,55	4,50	4,00	1,13	0,48	0,75
<i>El fessi</i>	<b>S</b>	0,13	0,14	0,36	0,02	0,01	6,14	0,38	0,28	0,02	0,02	0,06
	<b>CV</b>	<b>1,90</b>	<b>0,72</b>	<b>3,21</b>	<b>2,96</b>	<b>2,17</b>	<b>17,28</b>	<b>8,52</b>	<b>6,93</b>	<b>1,51</b>	<b>3,17</b>	<b>7,72</b>
	<b>Moy</b>	7,08	18,53	10,43	0,56	0,38	31,29	5,29	3,62	1,49	0,63	0,60
<i>Bezoul el khadem</i>	<b>S</b>	0,19	0,72	0,72	0,02	0,01	3,67	0,14	0,28	0,14	0,15	0,04
	<b>CV</b>	<b>2,75</b>	<b>3,90</b>	<b>6,87</b>	<b>3,38</b>	<b>1,60</b>	<b>11,74</b>	<b>2,59</b>	<b>7,81</b>	<b>9,09</b>	<b>23,40</b>	<b>6,48</b>

LP : Longueur du pétiole (cm); LL: Longueur du limbe; LLC: Longueur du lobe central ; LLC / LL : Rapport longueur du lobe central / longueur du limbe ; PL / LL : Rapport longueur du pétiole / longueur du limbe ; PF: Poids du fruit ; LF : Longueur du fruit ; IF: Largeur du fruit; L/I: Rapport longueur/largeur ; HC : Hauteur du collet; DO: Diamètre de l'ostiole ; Moy : Moyenne ; S : Ecart type; Cv : Coefficient de variation

### 3. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Les résultats de la classification ascendante hiérarchique avec la méthode UPGMA des données morphologiques sur base de la distance euclidienne, produit le dendrogramme présente comment les 22 cultivars sont regroupés au sein des groupes obtenus.

Pour l'analyse de classification hiérarchique, Les matrices engendrées pour les différents marqueurs morphologiques, analysées par le logiciel SPSS21 basée sur la méthode d'agrégation de Ward, a permis d'établir les premières relations génétiques entre les différentes cultivars. En effet, le dendrogramme obtenu figure (22) révèle parfaitement l'existence d'un niveau significatif du polymorphisme morphologique inter-accession. Ainsi, en se situant à une distance d'agrégation de l'ordre de deux groupes des cultivars.

Une classification plus fine au niveau de la distance d'agrégation trois subdivise, principalement selon les paramètres qualitatifs des feuilles et fruits. Le premier groupe rassemble les accessions (*Celeste*, *Karout*, *Bazoul el khadem*, *Bakor blanc*, *Abiarous*). Le deuxième groupe se subdivise en deux sous-ensembles, le premier renferme des accessions (*Boule d'or*, *Blanquette*, *Bifer de talaamara*, *Hamri* et *Black dourou*), et le deuxième sous-ensemble regroupe des variétés (*Roudane*, *El fessi*, *Avouacou*, *Gentille*, *albo*, *Fraga*, *Taranimt*, *Zreka*, et *Tameriout*). Le troisième groupe renferme les accessions (*Alekak*, *Verbale* et *Cavalière*).

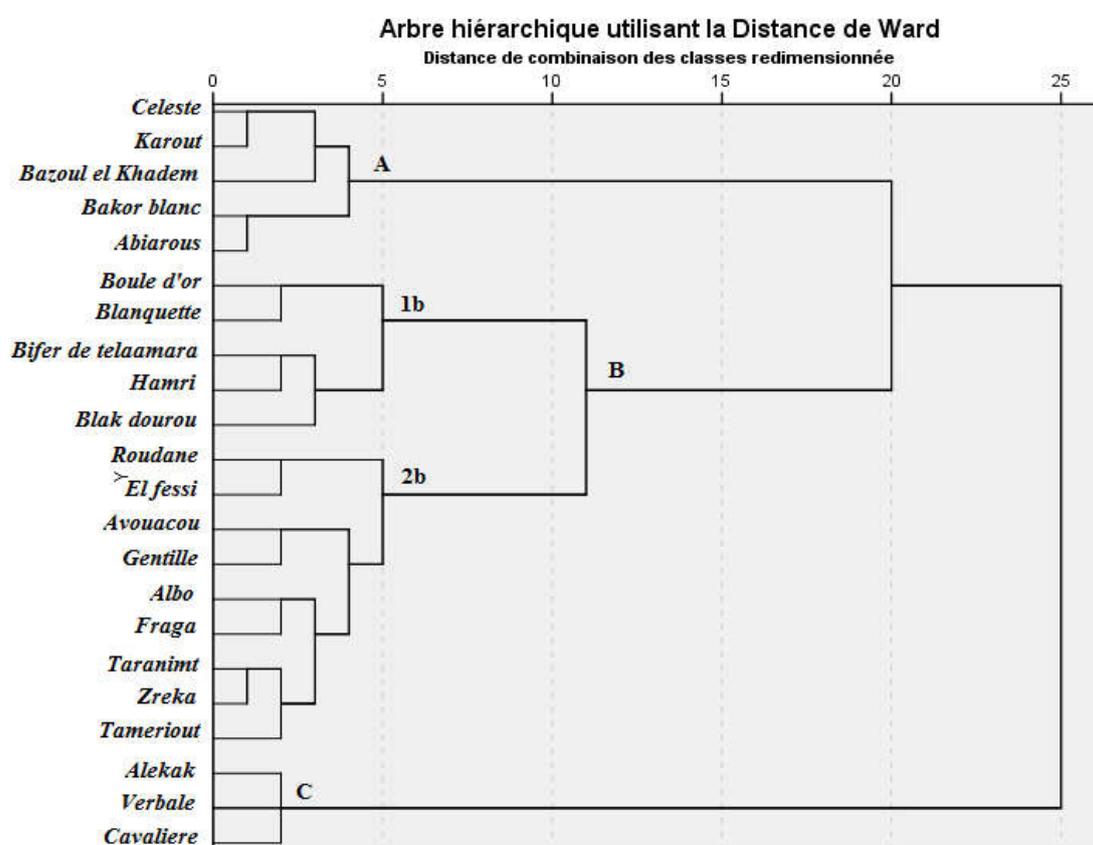


Figure 22 : Classification hiérarchique basée sur la méthode de Ward des vingt deux variétés selon la morphologie quantitative des cultivars feuilles et fruits

#### 4. Discussion

La connaissance de la variabilité génétique est essentielle en sélection variétale. La mise en évidence de cette variabilité génétique pour certains caractères morphologiques constitue la première étape indispensable dans la description des ressources génétiques (Radhouane, 2004). La variabilité phénotypique des vingt deux cultivars, au regard de la plupart des

caractères morphologique étudiés, montre la richesse du patrimoine figuicole dans la station ITAFV, Skikda. L'analyse en composante principale ainsi que la classification hiérarchique en se basant sur les descripteurs morphologiques de la feuille et du fruit ont bien révélé l'importance de ces paramètres dans la discrimination des variétés de figuier ainsi que les travaux de (Mars *et al.*,1998 ; Hedfi *et al.*,2003 ; Saddoud *et al.*,2008, 2011 ; Gaaliche *et al.*,2012; Aljane *et al.*,2012 et Khadivi-khub et Anjam, 2014).

La caractérisation de figuier a été réalisée sur la base de 24 paramètres morphologiques dont 11 quantitatifs et 13 qualitatifs pour observer le niveau de diversité et proposer une stratégie de collection et de conservation. Les résultats ont indiqué une gamme importante de variabilité phénotypique pour la plupart des caractères morphologiques analysés. Onze caractères sont fortement corrélés aux deux premières composantes principales expliquant 68,63% de la variance totale. L'analyse en composantes principales et la classification ascendante hiérarchique ont mis en évidence deux ensembles de diversité morphologique ou morphotypes.

Les résultats ont présenté une grande diversité phénotypique parmi les accessions de figues étudiées dans le nord-est de l'Algérie. L'existence d'un CV important à très élevé dans quelques caractères évalués a indiqué qu'il existe une diversité inter-variétale dans la collection. Nos résultats confirment que certains caractères morphologiques sont fiables pour évaluer la diversité génétique parmi les génotypes de figuier et pourraient être utilisés efficacement pour la discrimination de ces génotypes, ce qui prouve les travaux de (Oukabli *et al.*, 2002; Papadopoulou *et al.*, 2002; Ahmed *et al.*, 2002; Pérez-Sánchez *et al.*, 2016).

La morphologie qualitative des feuilles présente des différences dans les vingt deux cultivars. Le nombre de lobes par feuille varient entre 3 et 5 respectivement. La forme du lobe central varie entre losangique large, losangique étroit, spatulée et forme de lyre. La forme de la base de la feuille est très variable selon les cultivars (calcariforme, calcariforme ouverte, cordiforme et décurrente). En ce qui concerne les lobes latéraux basaux du sinus, la plupart des cultivars n'ont pas de lobes supplémentaires. Ils ont observés uniquement dans les feuilles de la *Tameriout*. Cette différenciation peuvent être expliquées par l'effet des conditions environnementales, en particulier par l'exposition des plantes au soleil ceci est du à l'emplacement de la plantation et à la gestion agronomique, en particulier à la taille (Garcia, 2015).

En ce qui concerne les paramètres qualitatifs de fruit, des différences pomologiques importantes ont observées entre les cultivars. Le type de production des variétés varie entre bifera et unifera, pareillement López-Corrales *et al.* (2011) ont indiqué que la plupart des cultivars de figue espagnols parthénocarpique (type unifera ou bifera). Le début de maturité est un caractère qui varie sensiblement de précoce à tardif suivant le type de fruits (figes-fleurs ou figes). Il n'y a aucun début de maturité très précoce ou très tardif chez les accessions étudiées. Le début de maturité peut être favorisé par les conditions climatiques, en particulier les températures élevées de printemps et d'été (Gaaliche *et al.*, 2016).

Les formes de fruits les plus fréquentes sont sphériques ou turbinales. La couleur de l'épiderme de nos variétés change du jaune au noir, mais les plus fréquents sont le vert jaunâtre (9 accessions), vert violâtre (3 variétés), et violet (3 variétés). La couleur de la chair du fruit varie de jaune marron au rouge. Ainsi, la présence des lenticelles sur la peau varie entre dense, moyenne et rare on présence ou l'absence de cette dernière de grande taille suivant la variété. Quant à la couleur de l'épiderme et de la chair, est influencée par l'accumulation d'anthocyanine et de caroténoïdes, ainsi que par la dégradation des chlorophylles, survenus au cours du développement et de la maturation des fruits. Les changements de couleur commencent à des stades précoces de leur développement et augmentent au cours de la maturation, en passant par des nuances vertes jusqu'à noir (Crisosto *et al.*, 2011; Valero et Serrano Pascual, 2010).

L'absence de craquelure sur la peau est un bon critère pour la qualité des figes de table (Can, 1993; Ilgin, 1995). Dans cette étude les craquelures (fissures) de la peau sont craquelées longitudinales chez les variétés *Albo*, *Blak dourou*, *Fraga* et *Gentille*. La susceptibilité de la peau aux craquelures est favorisée par des températures basses associées à une humidité élevée lors de la maturité des fruits ainsi que par les éléments fertilisants, notamment le rapport potassium/calcium.

Certaines caractéristiques pomologiques, comme la forme, la facilité d'épluchage, la couleur de la pulpe, la couleur, les fissures et les nervures de la peau, ont un intérêt commercial et servent habituellement de traits cibles pour les sélectionneurs et les producteurs. Pratiquement, on admet que la forme globuleuse est la plus intéressante, notamment en termes de conditionnement et de transport des fruits (Trad *et al.*, 2012). La forme plate est quant à elle, bien adaptée pour la présentation des figes sèches en boucle.

La plus grande concentration des composés phénolique se trouve dans l'épiderme de ces fruits surtout dans les variétés à peau sombre (Solomon *et al.*, 2006; Dueñas *et al.*, 2008; Vallejo *et al.*, 2012). De manière générale, la couleur de la peau de figes varie de noir de violet, marron, vert, vert-jaune et jaune. L'épiderme se caractérise par présentation d'une couleur de fond en fonction de la variété et de l'état de maturation.

La caractérisation morphologique quantitative foliaire, montre clairement que les variétés étudiées ont présenté une grande variabilité au niveau des feuillages. Cependant le nombre de lobes par feuilles varie de 1 à 5 lobes. Ce polymorphisme foliaire est parfois très accentué, sur le même rameau ou plutôt sur le même arbre, on trouve plusieurs types de feuilles. Les résultats obtenus sont conformes aux données citées par López et Guzmán (2007) et González et Grajal (2012) pour les cultivars de figes de l'Espagne ainsi que par Ajane (2004) et Chatti *et al.* (2004) pour les figuiers de la Tunisie. La différenciation des variétés de figuier est difficile à l'aide de leurs feuilles, surtout au niveau du nombre de lobes et de l'épaisseur du pétiole puisque elles sont polymorphes au sein d'un même individu (Khanfir, 2015).

En ce qui concerne l'aspect pomologique quantitatif, le poids des fruits est l'un des éléments les plus importants pour déterminer la taille des fruits. Selon les moyennes sur trois ans, le poids du fruit le plus faible avec 7,74g chez *Bifer de tala amara* et le plus élevé avec 45,99g *Zreka*, Nos variétés ont produit des figes de poids presque semblable à ceux obtenus (9 à 39,37g) par Koyuncu (1997).

Comme pour le caractère précédent, la longueur du fruit des variétés *Bazoul el khadem* et *Zreka* est supérieure par rapport aux autres, alors que la variété *Bifer de tala amara* distingue par la valeur la plus faible. La longueur élevée des fruits mûrs est un facteur qui augmente le prix du produit. Les grandes variétés sont davantage préférées dans la consommation de table et la demande des acheteurs peut être générée à des prix plus élevés. Le fait que la figue Turque ait acquis une telle réputation dans le monde entier est dû au potentiel élevé de la production de figue à grande échelle. (Can, 1993, Caliskan et Polat, 2008). La largeur du fruit la plus faible (19,8 mm) *Bifer de tala amara* et maximale de 45 mm *Zreka*, ces résultats ont produit des largeurs inférieurs aux résultats de Bostan et Islam (1999) et de Küden *et al.* (2008). Ils ont déterminé que la largeur des fruits est situé entre (42 à 51 mm) et entre (49,97 et 32,97 mm), respectivement.

De plus, la hauteur du collet varie entre 4,1 mm chez *Cavaliere* et 8,7 mm chez *verbale* et *Zreka*, on a enregistré quelques fruits sans collet. Küden *et al.* (2008) ont constaté que la longueur du collet varie (4,80 à 9,00 mm) et Ilgin (1995) a constaté une longueur varie entre (14,50 et 7,30 mm). De même, Küden *et al.* (2008) et Ilgin (1995) ont également découvert les types de figes sans collet. Les fruits avec un trop long collet ne sont pas souhaités par l'industrie de la fige de table.

Dans cette étude, la largeur de l'ostiole varie entre 4,5 mm en *Bifer de tala amara* et 10,4 mm en *Karout*. Aksoy *et al.* (1992) ont déterminé que la largeur de l'ostiole (9,10 et 0,60 mm). Cependant, les valeurs maximales et minimales d'ostiole dans cette étude est supérieure à celles de Şahin *et al.* (1994) qui ont déterminé que la largeur de l'ostiole (3,17 et 6,15 mm). Un gros ostiole sur la fige est une caractéristique indésirable qui permet l'entrée de nombreux facteurs de maladie, notamment la pourriture interne (Can, 1993), mais aussi parce qu'elle permet la contamination d'autres fruits sur l'arbre (Çalışkan et Polat, 2008).

L'identification des cultivars basés sur la morphologie est difficile et exige une bonne connaissance des caractéristiques des cultivars Zigo et Stampar (1995). Les facteurs environnementaux, ainsi que la localisation de la culture, influent également sur sa qualité finale (Botti *et al.*, 2003). Selon Guesmi et Ferchichi (2004), un même cultivar peut s'exprimer de façon très différente selon les conditions écologiques (sol, climat) et présente des différences morphologiques considérables (couleur, grosseur des fruits). Le début de maturité peut être favorisé par les conditions climatiques, en particulier les températures élevées de printemps et d'été (Gaaliche *et al.*, 2016).

En raison de leurs bonnes propriétés pomologiques et de leurs très bons scores, les figes de *Zreka*, *Bifer de talaamara*, *Albo*, *Boule d'or*, *El fassi*, *Abiarous*, *Bakor blanc*, *Karout*, *Bezoul el khadem* et *Taranimt* méritent d'être candidats pour la plantation de nouveaux vergers dans la région algérienne et méditerranéenne.

Les populations de figuier décrites dans ce travail ont été cultivées dans les mêmes conditions environnementales. Par conséquent, nos résultats montrent que la diversité naturelle de différents caractères ne peut pas être expliquée uniquement par les conditions météorologiques. Les différences morphologiques constatées indiquent clairement que les populations de figuiers de la station ITAFV, Skikda sont génétiquement distinctes.

## II. Caractérisation phytochimique

### 1. Tests phytochimiques

Les tests phytochimiques ont été réalisés sur différents extraits préparés à partir des feuilles, et fruits de figuier *Ficus carica* pour différentes variétés, en appliquant des réactifs spécifiques de révélation et des solvants de polarités distinctes. Le criblage phytochimique nous a permis de mettre en évidence la présence de métabolites secondaires au niveau des variétés étudiées. La détection de ces composés chimiques est basée sur des essais de solubilité des constituants, de turbidité, un changement de couleur spécifique ou un examen sous la lumière ultraviolette.

#### 1.1. Tests phytochimiques d'extraits des figes sèches (*F.carica*)

Les résultats de l'analyse phytochimique préliminaire des trois fractions d'extraits des figes sèches sont regroupés dans le tableau XV. Il révèle la présence ou l'absence d'un groupe de métabolites secondaires. Effectivement cinq groupes de composés bioactifs sont identifiés dans les extraits : flavonoïdes, saponines, tanins, alcaloïdes et composés réducteurs, à différentes proportions selon la variété et le solvant d'extraction, alors que les tests de recherche des anthraquinones libres, stérols et les triterpènes ont été négatifs sur nos échantillons. En revanche l'usage de solvants ou mélange de solvants de polarité différente semble influencer sur la qualité de composé extrait. En outre, les alcaloïdes et les saponines sont présents dans tous les extraits testés.

Bien entendu, les tests de caractérisation présentent des imprécisions car ils sont basés sur l'analyse qualitative. La composition chimique des extraits varie selon les organes et suivant les espèces. Toutefois, ce screening phytochimique ne renseigne point sur la nature des molécules chimiques.

La richesse de fige sèche de figuier en nombreux composés chimiques d'intérêt thérapeutique pourrait justifier ses nombreux usages en médecine traditionnelle.

De plus, nous avons enregistré que l'extrait hydroalcoolique s'est montré une richesse en divers familles de métabolites secondaires. Comme l'indique les résultats du criblage phytochimique des fruits (Tableau XVI).

Tableau XVI: Composition phytochimique des extraits de figue sèche (*F. carica*) dans différents solvants

Ecotypes N°	Extrait aqueux							Extrait Hydroalcoolique							Extrait chloroformique						
	Flavonoïdes	Saponosides	Tanins	Alcaloïdes	Composés reducteurs	Antraquinones libre	Stérols et triterpènes	Flavonoïdes	Saponosides	Tanins	Alcaloïdes	Composés reducteurs	Antraquinones libre	Stérols et triterpènes	Flavonoïdes	Saponosides	Tanins	Alcaloïdes	Composés reducteurs	Antraquinones libre	Stérols et triterpènes
'Albo'	+	+	++	+	+	ND	ND	+	-	++	+	++	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Celeste'	+	+	++	++	++	ND	ND	-	-	+	+	+++	ND	ND	ND	++	-	+++	ND	-	-
'Cavaliere'	+	-	++	+	+	ND	ND	+	-	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Boule d'or'	-	-	+	-	+	ND	ND	-	+	+	-	+	ND	ND	ND	++	-	+	ND	-	-
'Blanquette'	+	+	++	+	+	ND	ND	-	+	+	+	+	ND	ND	ND	++	-	+	ND	-	-
'Blak dourou'	-	+	++	+	++	ND	ND	+	+	++	+	++	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Bifer de Talaamara'	+	+	+	+	+	ND	ND	-	+	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	+++	ND	-	-
'Bakor blanc'	+	-	++	+	++	ND	ND	+	-	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Avouacou'	+	+	+++	++	++	ND	ND	+	+	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	+++	ND	-	-
'Alekek'	-	-	++	++	+	ND	ND	-	+	+++	+	+	ND	ND	ND	++	-	+++	ND	-	-
'Abiarous'	-	+	+++	++	++	ND	ND	+	++	+	+	+	ND	ND	ND	++	-	+++	ND	-	-
'Fraga'	++	+	++	+	+	ND	ND	++	+	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Gentille'	-	+	++	-	+	ND	ND	+	-	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-

Ecotypes N°	Extrait aqueux							Extrait Hydroalcoolique							Extrait chloroformique						
	Flavonoïdes	Saponosides	Tanins	Alcaloïdes	Composés reducteurs	Anthraquinones libre	Sterols et triterpènes	Flavonoïdes	Saponosides	Tanins	Alcaloïdes	Composés reducteurs	Anthraquinones libre	Sterols et triterpènes	Flavonoïdes	Saponosides	Tanins	Alcaloïdes	Composés reducteurs	Anthraquinones libre	Sterols et triterpènes
'Hamri'	+	+	++	+	++	ND	ND	+	-	+	+	+	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Karout'	++	+	++	+	+	ND	ND	+	-	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	+++	ND	-	-
'Roudane'	++	+	++	++	+	ND	ND	+	-	+	+	+	ND	ND	ND	+++	-	+++	ND	-	-
'Taranimt'	++	-	++	++	++	ND	ND	++	-	++	+	+	ND	ND	ND	+	-	+++	ND	-	-
'Tameriout'	+	+	+	+	+	ND	ND	+	+	++	+	++	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Verbale'	-	+	++	-	+	ND	ND	-	+	++	-	++	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Zreka'	-	-	+	-	+	ND	ND	-	+	+	-	++	ND	ND	ND	++	-	+	ND	-	-
'El fessi'	+	+	++	+	+	ND	ND	+	+	++	+	+	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-
'Bezoul el khadem'	-	+	++	-	+	ND	ND	++	-	+	-	+	ND	ND	ND	++	-	++	ND	-	-

+++ : abondant; ++ : présence modérée; + : faible, - : Absent, ND: No déterminé

Nous avons rassemblé les variétés en fonction de leur contenu dans les composants secondaires avec l'analyse de classification hiérarchique, établi les premières relations entre les différents cultivars. En effet, le dendrogramme résultant révèle parfaitement l'existence d'un niveau significatif de polymorphismes biochimiques inter-adhérents. Ainsi, le dendrogramme a montré sept groupes sur les vingt-deux accessions. Comme le montre la figure 23, d'après les composants des métabolites secondaires des fruits de vingt-deux variétés de figuier, il semble que les variétés les plus éloignées sont 'Bezoul el khadem' et 'Alekak' avec une distance de 2,189, alors que les variétés les plus proches sont 'Avouacou' et 'El fessi'; 'Black dourou' et 'Tameriout'; 'Gentille', 'Karoute', 'backor blanc' et 'Cavaliere' avec une distance de 0,000.

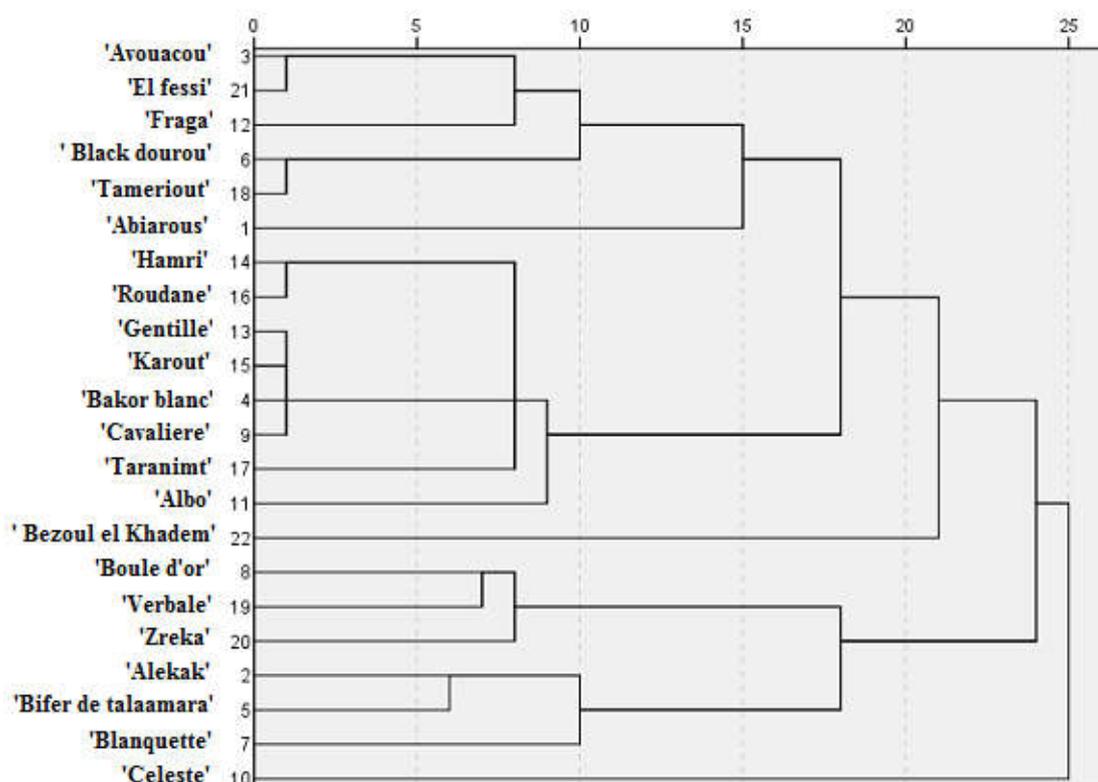


Figure 23 : Dendrogramme représentant différents groupes de composés phytochimiques sélectionnés chez 22 cultivars de *F.carica*.

## 1.2. Tests phytochimiques d'extraits des feuilles de figuier (*F.carica*)

Les résultats obtenus de criblage phytochimique d'extraits méthanoliques des feuilles de figuier ont montré la présence de flavonoïdes, saponines, tanins, alcaloïdes et triterpénoïdes, alors que l'absence de stéroïdes dans toutes les variétés (Tableau XVII).

Ces composés phytochimiques sont connus pour être des composés bioactifs et tous jouent un rôle pour l'activité antibactérienne des extraits de *Ficus carica*.

**Tableau XVII: Constituants phytochimiques de l'extrait méthanolique de figes algériennes sélectionnées**

Substances	Flavonoïdes	Saponines	Tanins	Alcaloïdes	Stéroïdes	Triterpénoïdes
<b>Ecotypes</b>						
<b>Albo</b>	+	+++	++	+	-	+
<b>Celeste</b>	+	++++	+++	+	-	+
<b>Cavaliere</b>	+	+++	+++	++	-	+
<b>'Boule d'or'</b>	++	+++	+++	+	-	+
<b>'Blanquette'</b>	+++	+++	++	++	-	+++
<b>Blak dourou</b>	+	+++	+++	+	-	+++
<b>Bifer de tala amara</b>	++	++++	++	++	-	+
<b>Bakor blanc</b>	+	+++	++	+++	-	++
<b>Avoacou</b>	++	++	+++	++	-	+
<b>Alekak</b>	+	+	+++	-	-	+
<b>Abiarous</b>	+	+++	+++	+	-	+++
<b>Fraga</b>	+	+	++	+	-	+

+++ : abondant; ++ : présence modérée; + : faible, - : Absent

## 2. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits de feuilles de figuier

Cette étude, vise à montrer la présence ou l'absence d'une activité antibactérienne des dix variétés sur quatre souches bactériennes. Les résultats obtenus, exprimés par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (en mm) des différentes concentrations (mg/ml), sont représentés dans les deux tableaux (XVIII et XIX).

L'extrait méthanolique de 'Blanquette' présentait de fortes activités contre les bactéries Gram positif (*P. aeruginosa* avec 9, 25 mm de diamètre en zone d'inhibition) à la concentration de 100 mg / ml, suivi de 8,75mm et 8mm à la concentration de 50mg / ml et 25mg / ml respectivement. En outre, il a été fortement affecté contre *S. aureus* qui a enregistré 8,25 mm avec 50 mg / ml, suivi de 7, 75 mm, 7, 12 mm à la concentration de 25 mg / ml et 100 mg / ml respectivement. *E. coli* a semblé être moins sensible aux extraits, la zone d'inhibition était de 6,5 mm, à la concentration de 25 mg / ml et l'activité antibactérienne résistante a été montrée de 6 mm.

En revanche, extraits méthanoliques de 'Boule d'or' ont présenté que la zone d'inhibition la plus élevée auprès la croissance *in vitro* de *P. aeruginosa* avec 8 mm à la concentration 50mg / ml, suivie de 6,5mm et 6,12 mm à la concentration 25 mg / ml, 100 mg / ml respectivement. En outre, il a été fortement affecté par *S.aureus* avec 7 mm à la concentration de 100 mg / ml.

De plus, *E. coli* semblait être résistant aux extraits, la zone d'inhibition était de 6 mm.

En comparaison avec le traitement témoin de l'antibiotique Gentamicine, toutes les valeurs de zone d'inhibition précédentes étaient inférieures au témoin positif (49 mm avec *E. coli*, 32 mm avec *P. aeruginosa* et 38, 75 mm avec *S. aureus*).

Les résultats de l'activité antimicrobienne de *F. carica* étaient encourageants et que l'extrait végétal présentait une activité antimicrobienne significative vis-à-vis différentes souches bactériennes.

Tableau XVIII . Zone d'inhibition (mm) des différentes concentrations (mg/ml) d'extrait méthanolique de feuilles des variétés étudiées vis-à-vis quatre souches

Microorganismes	Inhibition zone diamètres (mm)							
	'Blanquette'			'Boule d'or'			DMSO	Gentamicin
	100 mg/ml	50 mg/ml	25 mg/ml	100 mg/ml	50 mg/ml	25 mg/ml	T-	T+
<i>E.coli</i>	6	6	6.5	6	6	6	6	49
<i>P.aeruginosa</i>	9.25	8.75	8	6.12	8	6.5	6	32
<i>k.pneumonia</i>	6	6	6	6	6	6	6	16.30
<i>S.aureus</i>	7.12	8.25	7.75	7	6	6	6	38.75

Les résultats de cette étude, montrent que les souches bactériennes étudiées présentent une sensibilité vis-à-vis des extraits de feuille de figuier étudiées, qui se manifeste par l'apparition d'une zone d'inhibition.

L'effet inhibiteur le plus élevé est obtenu avec l'extrait de la variété *Abiarous* vis-à-vis *k.pneumonia*, et la variété *Fraga et Cavaliere* avec *P. aerginosa* et *S. aureus* respectivement.

Les zones d'inhibition mesurées pour la souche *k. pneumonia* varient de 7 à 15.75 mm. La valeur la plus élevée est enregistrée par les extraits de la variété *Abiarous* avec un diamètre de 15.75 mm, suivie des variétés *Avouacou, Celeste et Cavaliere* avec des diamètres d'environ de 13.75, 12.25 et 10.25 mm, respectivement. La variété *Bakor blanc* présente la zone d'inhibition la plus faible avec un diamètre de l'ordre de 7 mm.

Pour la souche *Staphylococcus aureus*, une meilleure inhibition est observée par les extraits des variétés *Cavaliere* avec un diamètre de l'ordre de 8.25. Tandis que les variétés *Avouacou* et *Fraga* ont donné la même zone de l'ordre de 7.5 mm.

Les zones d'inhibition mesurées pour la souche *P. aerginosa* varient de 6 à 8.25 mm. La valeur la plus élevée est enregistrée par les extraits de la variété *Fraga* avec un diamètre de 8.25 mm. Suivi par les de variété *Bifer de talaamara et Alekak* avec une zone de 7 mm.

De plus, *E. coli* semblait être résistant aux extraits, la zone d'inhibition était de 6 mm.

**Tableau XIX: Activité antibactérienne de l'extrait de méthanol (100mg/ml) de *Ficus carica* vis-à-vis les souches bactériennes testées**

Cultivars	<i>E.coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>k.pneumonia</i>	<i>S.aureus</i>
Albo	6	6	12.75	6
Celeste	6	6	12.25	7
Cavaliere	6	6	10.25	8.25
Blak dourou	6	6	8.75	6
Bifer de talaamara	6	7	7.25	7
Bakor blanc	6	7	7	6
Avoacou	6	6	13.75	7.5
Alekak	6	7	9.25	6
Abiarous	6	6	15.75	6
Fraga	6	8.25	7.25	7.5

### 3. Discussion

Le test de sélection phytochimique préliminaire est une étape disponible pour détecter les principes bioactifs et peut ensuite conduire au développement et à la découverte de médicaments. Ainsi, ces tests supportent leur estimation quantitative et la séparation qualitative des composés chimiques pharmacologiquement actifs (Varadarajan *et al.*, 2008).

En général, la présence des familles chimiques détectées pour *Ficus carica* dans notre étude est confirmée par les différents travaux : de Azzi (2013) où il a révélé la présence de saponines, d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de coumarines, de stéroïdes, de triterpènes et surtout de sucres réducteurs dans les extraits des figues, par Gilani *et al.*, 2008, où ils ont révélé que l'extrait aqueux de fruits secs de *F.carica* contient des alcaloïdes, des flavonoïdes, des saponines. Concernant les flavonoïdes, Veberic *et al.* (2008) confirment que les figues récoltées dans la zone côtière de la Slovénie (partie nord de la Méditerranée) en sont riches. La peau et la pulpe de la figue sont des sources importantes d'anthocyanes et de polyphénols (Solomon *et al.*, 2006). Les composés phénoliques sont des classes importantes de composés phytochimiques possédant nombreuses activités biologiques notamment l'activité antioxydante, astringente, anti-inflammatoire, antibactérienne, et anticancéreuse, etc. (Ryu *et al.*, 1998; Rubnov *et al.*, 2001; Vaya et Mahmood , 2006).

La phytochimie de *F. carica* montre qu'il s'agit d'une source puissante de flavonoïdes et de polyphénols et de divers autres composés comme l'arabinose, les b-amyrines, les b-carotines, les glycosides, les b-setostérols et le xanthotoxol (Ross et Kasum, 2002; 2009). Dans l'extrait aqueux de figues séchées de *F. carica* ont été décrits des alcaloïdes, des flavonoïdes, des saponines, des coumarines et des terpènes (Vaya et Mahmood, 2006, Teixeira *et al.*, 2006, Gilani *et al.*, 2008). Teixeira *et al.* (2006) ont séparé les différentes familles présentes dans les fruits du figuier. Ce résultat confirme la présence de constituants connus pour leur activité médicinale et biologique (Sofowora, 1993). Les extraits méthanoliques ont été soumis à divers tests phytochimiques pour révéler les métabolites secondaires responsables de la plupart des activités biologiques de chaque espèce végétale. Ces tests ont été effectués selon les méthodes décrites par Farnsworth (1966), Harbone (1973), Rizk (1982), Al-Yahia (1986) et Silva *et al.* (1993). De plus, la présence de différents phytoconstituants dans les trois extraits différents peut être responsable des propriétés thérapeutiques du fruit de figue.

La position de 'Celeste' était à l'extrémité extrême du dendrogramme le montrant comme le cultivar le plus divergent. C'est pourquoi ce cultivar peut être considéré comme un exogroupe puisqu'il est le plus divergent (Graham *et al.*, 2002). Cela pourrait s'expliquer par des différences au niveau phytochimique qui reflètent bien les différences observées dans la caractérisation biochimique. Comme l'ont confirmé les travaux de Belattar *et al.*, 2017, où ils ont révélé la faible diversité de la collection, la différence pourrait être due à des différences physiologiques, morphologiques et physiochimiques chez les cultivars.

Le criblage phytochimique d'extraits méthanoliques de feuilles de *F. carica* de différentes variétés algériennes a révélé leur richesse en flavonoïdes et en polyphénols avec une variabilité significative entre les variétés testées (Mahmoudi *et al.*, 2016).

Comme plusieurs rapports ont démontré que certains composés flavonoïdes témoignent d'une activité antibactérienne contre les bactéries buccales Jeong *et al.*, 2009 et Rashid *et al.*, 2014, ils ont généralement considéré que les flavonoïdes dans *F. carica* peuvent être liés, aux effets antibactériens observés dans la présente étude. De plus, les flavonoïdes et les tanins présentent actuellement un grand intérêt scientifique, puisque ils sont considérés comme de puissants antibactériens, antioxydants, antifongiques et antiviraux (Chen *et al.*, 2008).

Les résultats montrent que la zone d'inhibition produite par les témoins positive (gentamicine) était plus grande que celle produite par tous les extraits hydrométhanoliques.

Cela peut être attribué au fait que les extraits de plantes sous forme brute contiennent des concentrations plus faibles de composés bioactifs (Chew *et al.*, 2012).

Il existe plusieurs études sur le potentiel antibactérien des extraits bruts de *F. carica*. Jung a rapporté que l'extrait de méthanol brut des feuilles de *F. carica* présentait un fort potentiel contre *E. coli*, cependant un faible potentiel contre *S. aureus* (Jung, 2007). Une autre bonne étude a démontré que la variation du potentiel antibactérien était due à certains composés flavonoïdes dans les feuilles de *F. carica* (Jeong *et al.*, 2005). Ahmed *et al.* ont rapporté que le potentiel antibactérien des feuilles méthanoliques extraites de *F. carica* contre cinq souches bactériennes *Bacillus cereus*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis* à différentes concentrations a été retrouvé dans l'ordre décroissant suivant *Staphylococcus epidermidis* > *Klebsiella pneumoniae* > *Bacillus subtilis* > *Bacillus cereus* > *Enterobacter aerogenes*. Le potentiel antibactérien par dosage de diffusion sur disque d'agar a dévoilé que l'extrait brut de méthanol de *F. carica* présentait un potentiel contre les bactéries non pathogènes ainsi que pathogènes. Les auteurs ont également mentionné que l'effet significatif sur l'inhibition de la croissance des bactéries Gram-positives et Gram-négatives (Ahmed et Khan, 2013).

Mi-Ran *et al.*, ont trouvé les mêmes résultats avec des extraits méthanoliques de feuilles de figue (*F. carica*) contre les bactéries buccales, ils ont indiqué que le latex et les extraits étaient élevés contre les bactéries Gram-positives par rapport aux bactéries Gram-négatives (Mi-Ran *et al.*, 2009).

Cet effet antibactérien était dirigé à la fois contre les bactéries pathogènes et non pathogènes. L'effet significatif sur l'inhibition de la croissance des bactéries Gram positif et Gram négatif a également été remarqué (Ahmad et Khan 2013). Al Askari *et al.* ont montré que l'extrait aqueux de feuilles de *F. carica* était plus actif contre les bactéries Gram-positives que les bactéries Gram-négatives. Rashid et al. ont trouvé les mêmes résultats avec l'extrait éthanolique de feuilles de *F. carica* (Rashid *et al.*, 2014). Al Askari *et al.* ont également montré que l'extrait éthanolique avait une forte activité antimicrobienne, avec une zone maximale d'inhibition notée contre *Staphylococcus epidermidis* (21mm) avec MIC 25µg / ml (Al Askari *et al.*, 2013). Les extraits éthanoliques ont également montré une forte activité contre les souches de champignons (Rashid *et al.*, 2014).

Les feuilles de *Ficus carica* montrent une activité antimicrobienne élevée de l'extrait méthanolique contre les bactéries buccales. Les effets combinés de l'extrait de MeOH avec

l'ampicilline ou la gentamicine sont synergiques contre les bactéries buccales (Jeong *et al.*, 2009). Cet effet synergique a également été observé lorsque l'extrait méthanolique de *F. carica* a été combiné avec l'oxacilline ou l'ampicilline contre *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (Lee et Cha, 2010). Al-Yousuf (2012) a visualisé l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de *F. carica* était plus efficace contre *B. megaterium* chez les souches gram-positives et *E. coli* chez les souches gram-négatives. Lee et Cha (2010) ont également observé l'effet de l'extrait méthanolique de *F. carica* par rapport à *S. aureus*. Cette bactérie a une grande sensibilité aux antibiotiques et aux substances ayant un tel potentiel, utilisée comme bioindicateur pour analyser cette propriété.

Selon Lazrag Aref *et al.* (2010), l'activité antimicrobienne des extraits de latex de *F.carica* varie suivant le solvant d'extraction, elle est élevée avec le chloroforme et éthyle acétate qui constituent des meilleurs solvants d'extraction des agents antimicrobienne.

Le mécanisme des effets antimicrobiens des polyphénols est très complexe. Parmi les hypothèses avancées, nous pouvons citer l'inhibition des enzymes extracellulaires microbiens, le blocage de substrat nécessaire à la croissance microbienne ou la chélation de métaux comme le fer et l'inhibition de métabolisme microbien (Milane, 2004).

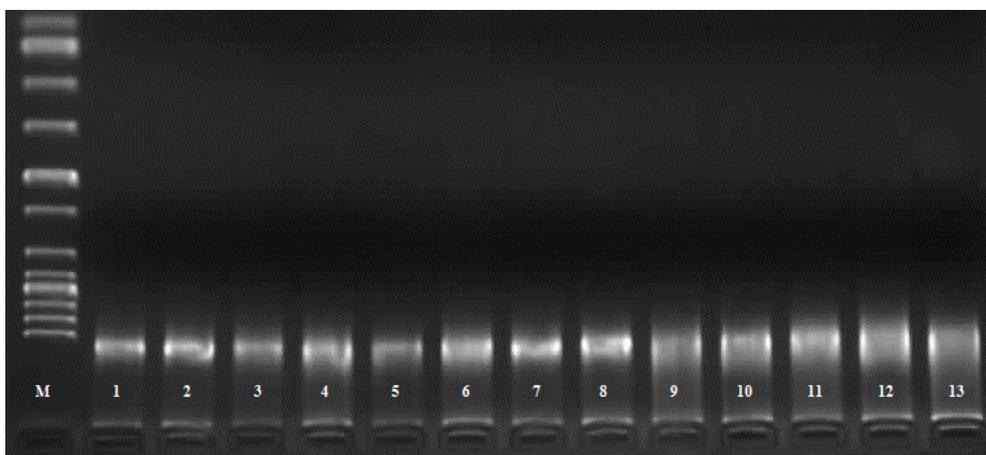
### III. Caractérisation moléculaire

#### 1. Extraction d'ADN

La réussite des SSR et iPBS demande des ADN de bonne qualité. L'étape de l'extraction de l'ADN est par conséquent déterminante pour l'accomplissement de nos expériences. En effet, selon plusieurs auteurs (Roche *et al.*, 2000 ; Grati kamoun , 2007), la présence des composés inhibiteurs ainsi que des ADN dégradés peuvent modifier considérablement la capacité des enzymes de restriction à couper dans leurs propres sites de restriction. En plus, Pafundo *et al.*, (2005) révèlent que des amplifications non spécifiques sont générées dans le cas de l'utilisation d'un ADN de mauvaise qualité.

La feuille de figuier est très riche en polysaccharides et en composés phénoliques même à son jeune âge. Par conséquent, l'obtention d'un ADN entier et de bonne qualité a nécessité de nombreux lavages et purification (avec le mélange chloroforme/Alcool isoamylique) au cours de l'extraction. La qualité et la pureté des ADN extraits des jeunes feuilles sont contrôlées par des mesures de densité optique effectuées au spectrophotomètre à deux longueurs d'onde 260 et 280 nm. Les différents ADN extraits se sont avéré de bonne qualité comme en témoigne les rapports des densités optiques (DO260/DO280) qui dans tous les cas se situent entre 1,4 et 2. Les résultats des mesures de DO sont détaillés dans l'annexe 4.

La qualité et la quantité de l'ADN extrait ont été également vérifiées par électrophorèse sur gel d'agarose 1.5%. La figure 24 montre le profil obtenu après migration de l'ADN génomique de quelques échantillons des cultivars millénaires. Un bon profil ne doit pas contenir de trainées ou « smear » et les bandes doivent être d'intensités semblables.

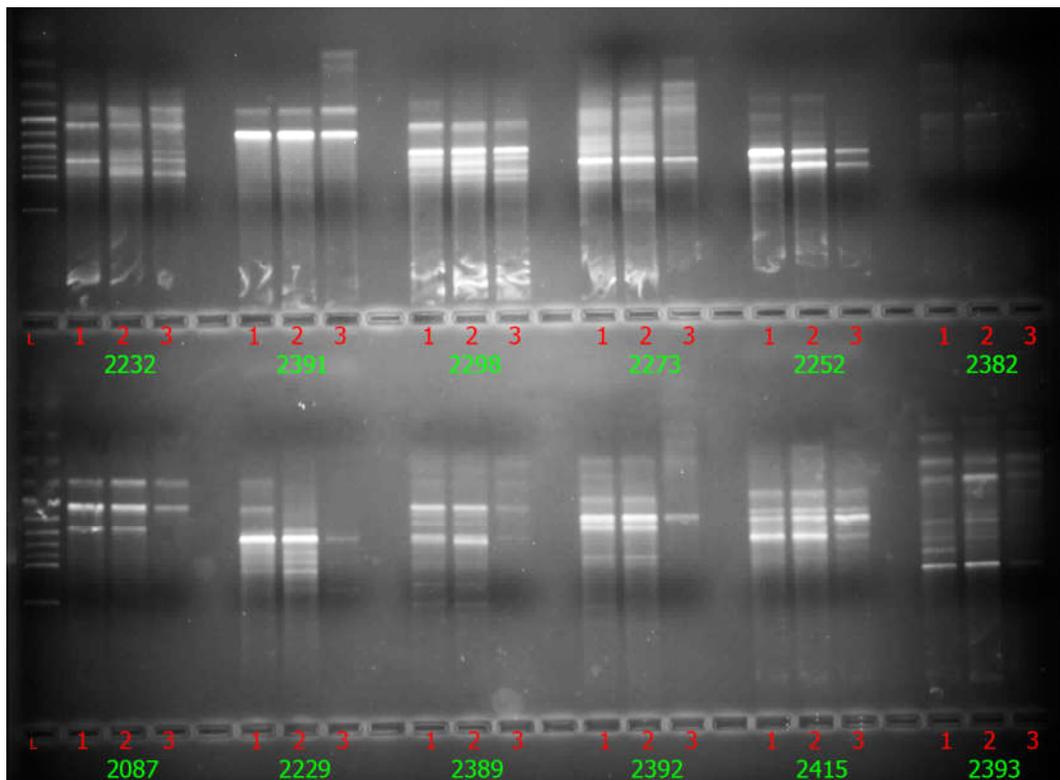


**Figure 24: Electrophorèse de l'ADN génomique de quelques accessions de figuier sur gel d'agarose 1,5% coloré au bromure d'éthidium, sous UV**

## 2. Amplification PCR (Polymerase Chain Reaction)

### ➤ Amplification pré-sélective de l'ADN

La combinaison d'amorces utilisée dans l'amplification pré-sélectives est *EcoRI-A/MseI-X*. Les produits d'amplification pré-sélective de l'ADN ont été examinés sur gel d'agarose 1,5% et sous lumière UV sont visualisés. La figure 25 représente le profil de l'amplification pré-sélective. Chaque profil montre une trainée « smear » continue située entre 100 et 1500 pb, représentant les fragments de restriction amplifiés.



**Figure 25 : Electrophorèse des produits d'amplification pré-sélective de quelques accessions de figuier**

### 3. Polymorphisme des marqueurs iPBS

Trente-cinq amorces iPBS ont d'abord été criblées parmi 86 accessions de figuier. L'amplification a été réussie avec 23 amorces iPBS qui ont généré un produit de PCR avec un grand nombre de bandes polymorphes. Trois amorces iPBS (amorces: 2074, 2237, 2395) n'ont pas pu être évaluées, alors que l'amplification des 9 amorces (2087, 2222, 2272, 2298, 2376, 2389, 2391, 2392, 2415) avec un dessin de bandes monomorphes, les 23 amorces (16 12-13 nt de long et 7 18-nt de long) étaient des produits d'amplification non ambigus et reproductibles

et ils ont été sélectionnés pour une analyse plus approfondie. La taille des bandes reproductibles et évaluables variait de 100 à 900 pb. La figure 26 montre les résultats représentatifs de l'amplification iPBS. De plus, les 23 amorces que nous avons utilisées ont amplifié un total de 63 bandes évaluables. Le nombre de bandes amplifiées par amorce variait de 1 (2238, 2252, 2270, 2375 et 2379) à 7 (2393). La valeur PIC la plus élevée (0,997) provenait de l'amorce iPBS 2252, et la plus faible (0,046) provenait de l'amorce iPBS 2379 avec une moyenne de 0,73. Le tableau XX contient les informations concernant ces amorces, y compris: le polymorphisme de la bande, la longueur de l'amorce, les températures d'hybridation et les valeurs du contenu d'information polymorphique (PIC).

**Tableau XX : Liste des séquences d'amorces iPBS utilisées dans l'amplification sélective des variétés étudiées**

<b>Locus</b>	<b>Séquences</b>	<b>nt</b>	<b>T<sub>m</sub> (°C)</b>	<b>PB</b>	<b>PIC</b>
2076	GCTCCGATGCCA	12	50	3	0.736
2079	AGGTGGGCGCCA	12	55	2	0.659
2384	GTAATGGGTCCA	12	41	3	0.743
2394	GAGCCTAGGCCA	12	48	2	0.992
2075	CTCATGATGCCA	12	42	2	0.961
2375	TCGCATCAACCA	12	45	1	0.991
2379	TCCAGAGATCCA	12	41	1	0.046
2380	CAACCTGATCCA	12	41	2	0.539
2381	GTCCATCTTCCA	12	40	2	0.984
2383	GCATGGCCTCCA	12	50	2	0.528
2387	GCGCAATACCCA	12	47	2	0.982
2388	TTGGAAGACCCA	12	43	6	0.955
2393	TACGGTACGCCA	12	45	7	0.657
2238	ACCTGGCGTGCCA	13	47	1	0.497
2273	GTCATCATGCCA	13	45	2	0.863
2277	GGCGATGATACCA	13	47	6	0.652
2229	CGACCTGTTCTGATACCA	18	48	2	0.708
2238	ACCTAGCTCATGATGCCA	18	55	1	0.155

<b>2249</b>	AACCGACCTCTGATACCA	18	47	5	0.832
<b>2251</b>	GAACAGGCGATGATACCA	18	55	2	0.863
<b>2252</b>	TCATGGCTCATGATACCA	18	45	1	0.997
<b>2228</b>	CATTGGCTCTTGATACCA	18	52	5	0.895
<b>2232</b>	AGAGAGGCTCGGATACCA	18	43	3	0.548
<b>Total</b>				63	
<b>Mean</b>				2.739	0.730

Une première approche de l'analyse de la variabilité génétique consiste à compter, pour chaque combinaison d'amorces, le nombre total de bandes apparues sur le gel et le nombre de bande polymorphes. Pour chaque combinaison nous avons calculé, le nombre total de bandes sur les variétés étudiées, le nombre de bande polymorphes et le taux de polymorphisme qui est le rapport des deux paramètres précédentes. Dans ce contexte, la figure 26 montre un exemple de profils iPBS de 86 accessions et met en évidence le polymorphisme observé pour les cultivars testés en utilisant primer 2277

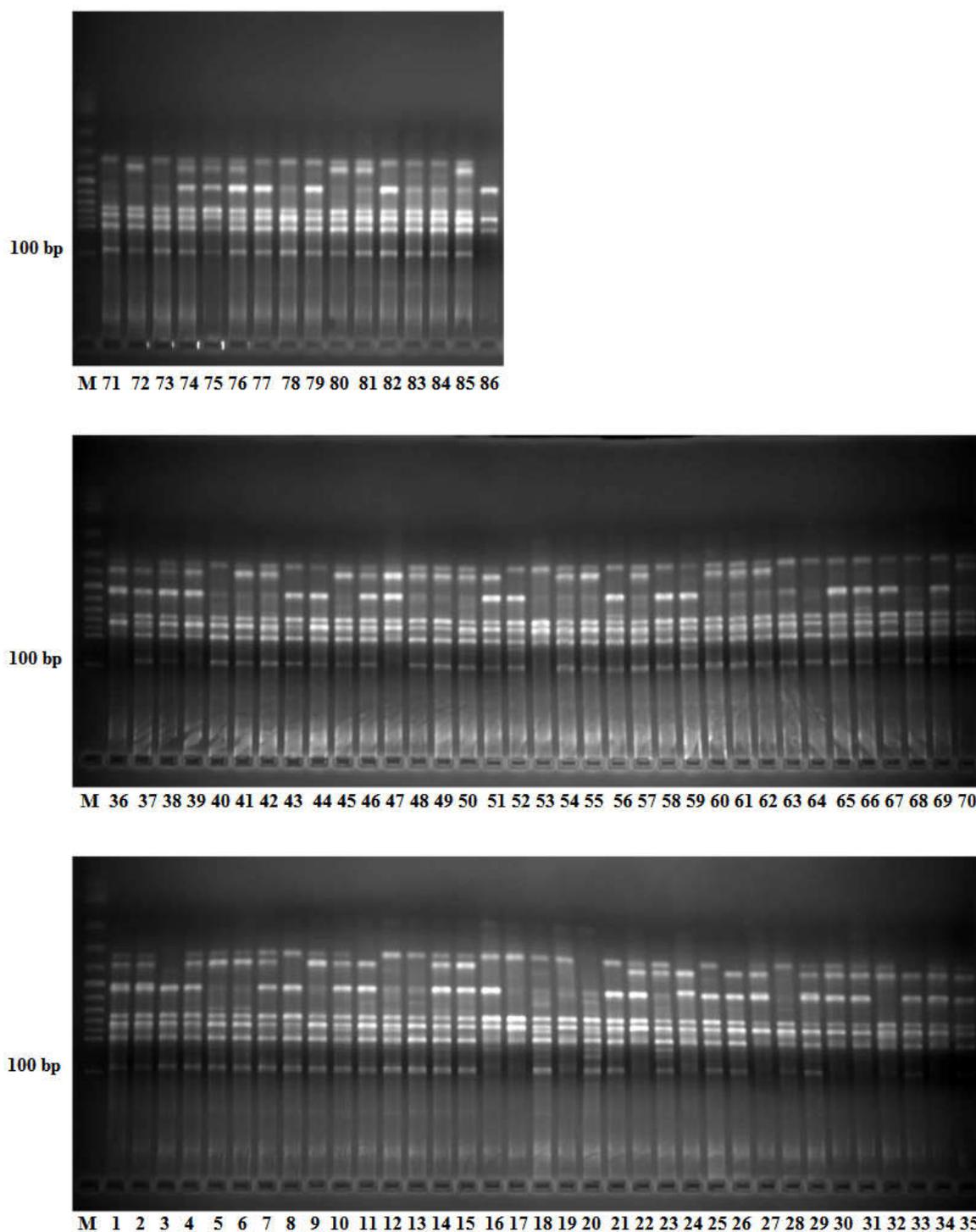


Figure 26 : Empreintes génétique iPBS de 86 accessions obtenues par PCR selective sur la base d'amorce 2277. Les numéros d'accès figurent dans le Tableau V, numéros de génotypes 1-86, échelle ADN M-100 pb (Thermo Fisher Scientific Co.).

### **3.1. Analyse de la diversité génétique des cultivars**

Les bandes obtenus ont été codés 1/0 selon la présence ou l'absence de bandes puis exploitées dans des programmes statistiques en vue d'estimer la similarité génétique entre les variétés de figuier en se basant sur le coefficient de similarité de Jaccard, ainsi que l'étude de la phylogénie par l'établissement de dendrogramme de proximité.

La plus grande distance génétique (0,90) a été observée entre la paire d'accessions 'El sefra1' et 'L'Alebia' (83-78) tandis que la valeur la plus basse (0,00) a été observée entre la paire d'accessions 'El sefra1' et 'El sefra2' (83-84) basé sur l'analyse iPBS-rétrotransposon. La distance génétique entre les paires d'accessions a été utilisée pour effectuer l'analyse de la grappe basée sur la jonction des voisins (figure 27). L'analyse par grappes a regroupé les 86 accessions de figues en deux groupes principaux. Le nombre d'accessions de figues dans les divisions A et B était respectivement de 56 et 30. Chaque groupe a été divisé en deux sous-groupes. L'analyse en composantes principales (ACP) des distances génétiques relatives entre les accessions individuelles a été utilisée pour étudier le modèle de variation (Figure 28). Les coordonnées couplées représentaient 11,8% de la variation totale, les deux premières composantes principales expliquant respectivement 6,5% et 5,3% de la variance moléculaire. Les résultats ont indiqué une différenciation génétique étroite et des mélanges entre les individus, bien que le regroupement des accessions de figuier n'ait pas montré de division claire. La structure de la population d'interpénétration de presque toutes les grappes de l'UPGMA est située dans les quadrants supérieurs de la projection. Ils représentent des variétés qui ont des origines géographiques différentes et un mélange de distribution entre les uns et les autres.

### **3.2. Classification hiérarchique**

La matrice des distances génétiques distance de Nei (1978), est calculé par le logiciel NTSYS-pc version 2.1 (Rohlf, 1998). Puis, elle a été utilisée pour construire un dendrogramme au moyen de la méthode de cloustring UPGMA. Les groupes de cultivars peuvent être définis en coupant le dendrogramme à une distance 0.5 (Figure 27) :

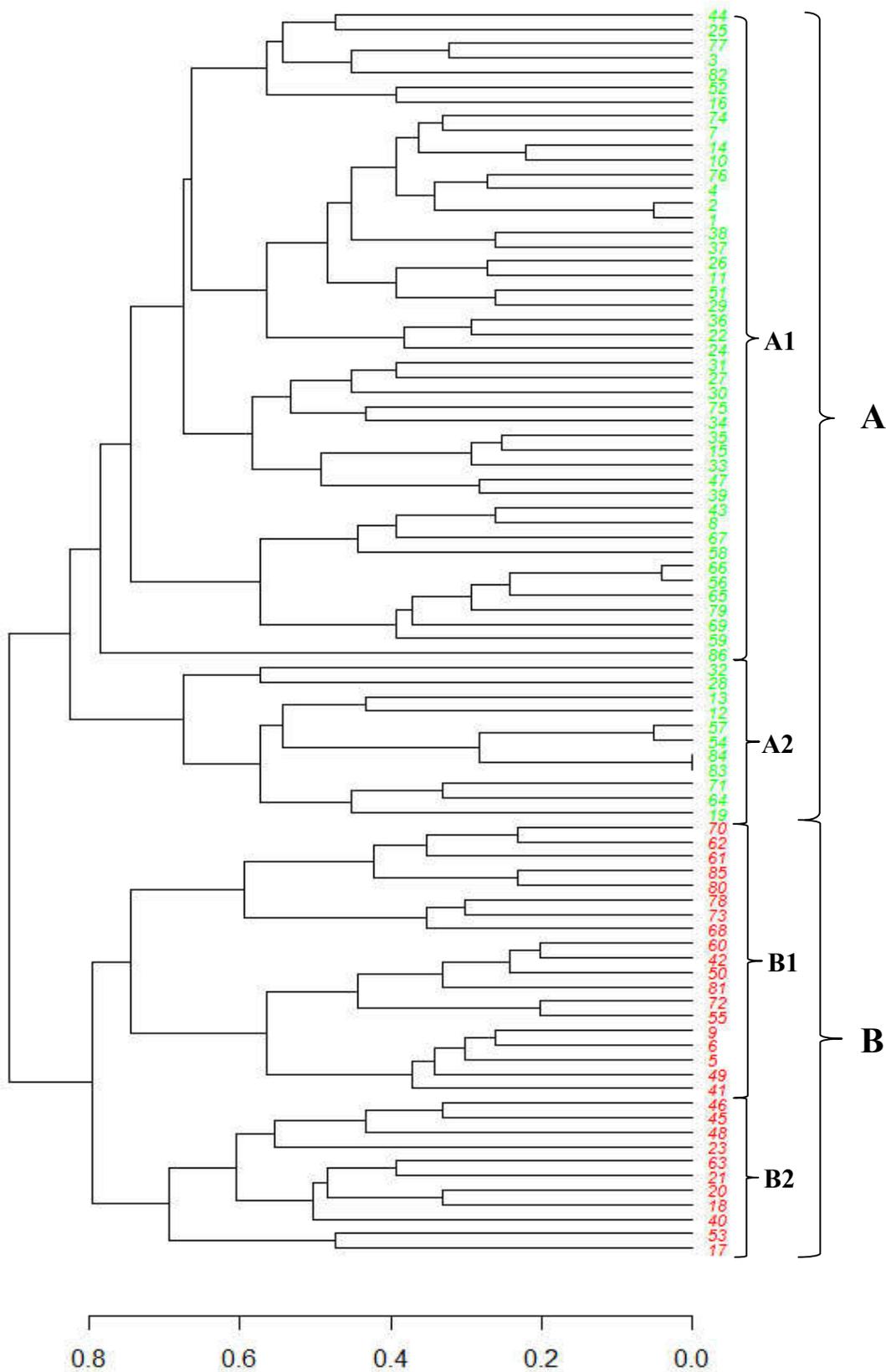
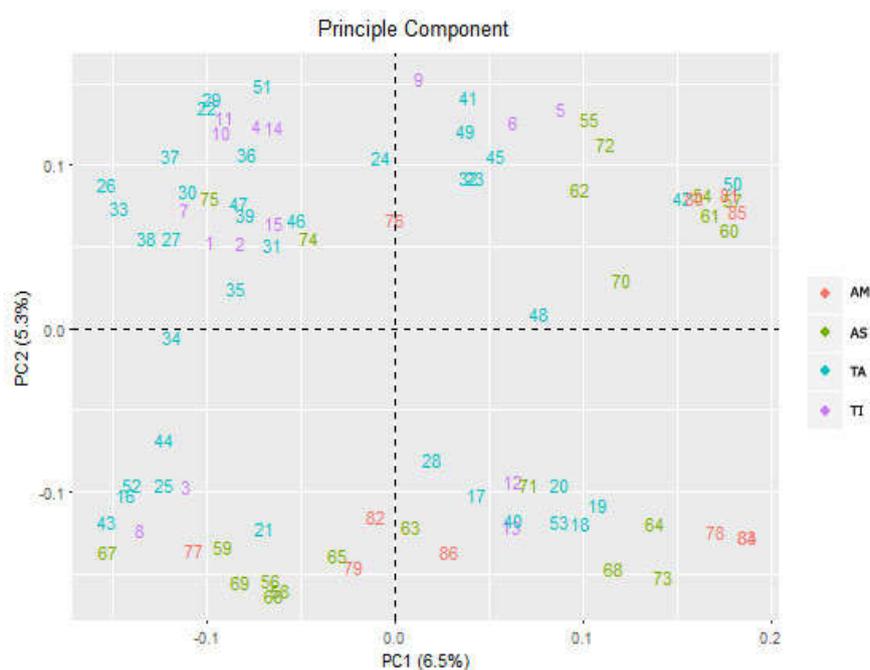


Figure 27 : Dendrogramme basé sur la matrice de similarité de Jaccard's et la méthode de clustering UPGMA des cultivars étudiés par iPBS

### 3.3. Analyse en Coordonnées Principales

Les axes (PC1 et PC2) de l'analyse en coordonnées principales (Figure 28) représentent respectivement 6,5 % et 5,3 % de la variance. La projection des individus dans le plan défini par les deux premières composantes (PC1 et PC2) permet la séparation génétique des 86 accessions, en se basant sur les 23 couples d'amorces iPBS en quatre groupes:



**Figure 28 : Analyse des composantes principales de 86 accessions de figuier sur la base des amorces iPBS.** AM: collections Algérie-Mila; AS: Algérie - Collections Skikda; TA: collections Turquie-Aydin; TI: collections Turquie-Izmir.

### 4. Polymorphisme des marqueurs SSR

En utilisant les données fournies, nous avons analysé les 16 meilleurs locus microsattellites, qui représentent les microsattellites les plus informatifs pour l'identification de toutes les variétés de figuier. Les résultats globaux sont présentés dans le tableau XIX. Les données ont révélé que 11 des amorces testées ont produit des profils de bandes monomorphes comme suit: les amorces (Fsync04, LMFC24, LMFC34, LMFC35, LMFC37, LMFC38, LMFC36, LMFC28 et LMFC40), tandis que sept microsattellites locus (LMFC2, LMFC8, LMFC32, MFC9, LMFC25, FCUPO27-4 et Fsync09) aucun polymorphisme clair n'a été détecté et nous avons été incapables de détecter les différences entre ces accessions.

L'analyse des données totales a montré que 25 allèles par locus allaient de 1 (MFC1, MFC11, LMFC20, LMFC21, LMFC22, LMFC26, LMFC27, LMFC30, FCUPO38-6, FCUPO68-1) à 3 (LMFC31, FCUPO66-7, MF4-70), avec une moyenne de 1,56 allèle par locus. La taille des bandes reproductibles et évaluables varié de 100 à 1300 pb. Les valeurs PIC calculées se situent entre 0,16 (LMFC21) et 0,95 (LMFC22) avec une moyenne de 0,56. Les 14 locus ont été classés comme des marqueurs hautement informatifs (PIC > 0,5, voir le tableau XXI).

**Tableau XXI : Paramètres de diversité calculés pour 16 marqueurs SSR parmi 86 accessions de figues.**

Locus	Sequence	Tm (°C)	PB	PIC
<b>MFC1</b>	F: ACTAGACTGAAAAAACATTGC R: TGAGATTGAAAGGAAACGAG	60	1	0.7837
<b>MFC3</b>	F: GATATTTTCATGTTTAGTTTG R: GAGGATAGACCAACAACAAC	55	2	0.8531
<b>MFC11</b>	F: CAAAAGAGAAGACCAGCATC R: GACGAGGGAAGGAGAGACAC	46	1	0.6343
<b>LMFC19</b>	F: CTTATGAAAACCTCGGTAGAAG R: AATGAATGGAAATGATCTTG	50	2	0.6166
<b>LMFC20</b>	F: ATGGAGGCTTAGATAGAAAT R: ACAACACAAAAAGAAATATCA	58	1	0.9404
<b>LMFC21</b>	F: ATGTCAAAACACCAGCTCTA R: AAGAATAGAAAACCTGAAAAAG	49	1	0.1562
<b>LMFC22</b>	F: ATCACGATATAGGTGTTTTAAT R: AGACTTGTAATTTTGATTCT	57	1	0.9459
<b>LMFC26</b>	F: ATGTTATAGTTGAGTGAGGATAA R: GCTTTCCAAATCTAAAGTAAC	58	1	0.8783
<b>LMFC27</b>	F: ATTTCTTCAACTTTTGTAATGA R: CCTTTTGTCTACATATACCTTT	56	1	0.6620
<b>LMFC30</b>	F: TTGTCCGTTTCTTATACAAT R: TCTTTTTAGGCAGATGTTAG	50	1	0.6620
<b>LMFC31</b>	F: GTAAAATGAAAATTGGAGTATT R: TTGAAGATATTGTTGTATGCT	58	3	0.8224
<b>Fsync01</b>	F: CAAATGAAAAACACAAATTTGCCAAC R: TGCAAGTACTAATTCCTCTGCCGTG	60	2	0.6152
<b>FCUPO38-6</b>	F: CAATGTATCATTTCATCTCACGAA R: AGTTCCCATGTTTGGTTACTGA	45	1	0.3184
<b>FCUPO66-7</b>	F: CCCTCTCGAAGAAGAAGCA R: CTACAGGAAATGGGCCTCAA	60	3	0.8445
<b>FCUPO68-1</b>	F: GGAATTACCGTCCATGGCTA R: CGCCACTCTCTCTCCACT	60	1	0.6620

<b>MF4-70</b>	F: CAGATGAGGTTGACGATGTTATTG R: TAAACCCTCTTCAAATTCACCTCTC	55	3	0.6881
<b>Total</b>			25	
<b>Mean</b>			1.56	0.6927

L'analyse de la variabilité génétique consiste à compter, pour chaque combinaison d'amorces, le nombre total de bandes apparues sur le gel et le nombre de bande polymorphes. Pour chaque combinaison nous avons calculé, le nombre total de bandes sur les variétés étudiées, le nombre de bande polymorphes et le taux de polymorphisme qui est le rapport des deux paramètres précédentes. Dans ce contexte, la figure 29 montre un exemple de profils SSR de 86 accessions et met en évidence le polymorphisme observé pour les cultivars testés en utilisant primer MF4-70.

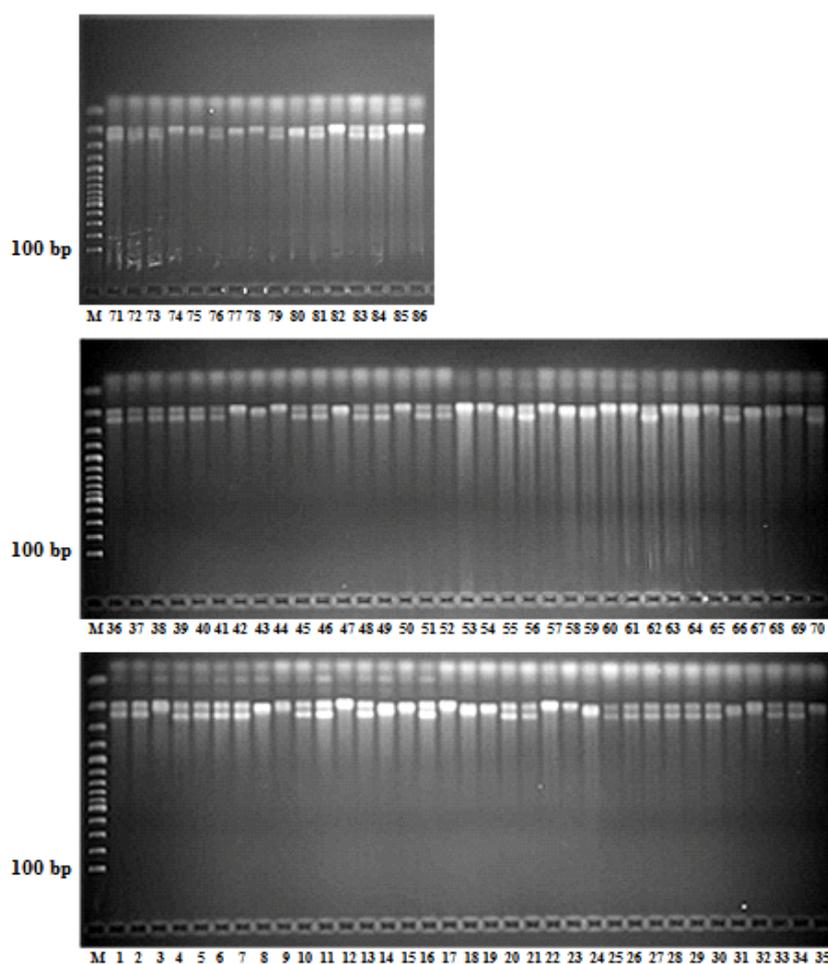


Figure 29 : Empreintes génétique SSR de 86 accessions obtenues par PCR selective sur la base d'amorce MF4-70. Les numéros d'accès figurent dans le Tableau V, numéros de génotypes 1-86, échelle ADN M-100 pb (Thermo Fisher Scientific Co)

#### **4.1. Analyse de la diversité génétique des cultivars**

La distance génétique la plus élevée (0,95) a été obtenue entre deux paires «Boule d'or» et «Biferia» (57-85); 'Boule d'or' et 506 'Beyaz Sultani' (57-50), la distance génétique minimale (0.00) a été obtenue entre la paire 'El sefra1' et 'El sefra2' (83-84) basée sur l'analyse SSR. Le dendrogramme des relations génétiques a été utilisé pour regrouper toutes les accessions basées sur 16 amorces SSR. L'analyse de grappes UPGMA a produit deux groupes principaux, appelés groupes A et B, étaient respectivement de 56 et 30. Chaque groupe a été divisé en différents sous-groupes. Dans le but d'évaluer le regroupement des accessions de figues en utilisant 25 bandes de polymorphisme SSR, nous avons effectué une analyse en composantes principales (ACP). Dans cette étude, les coordonnées combinées expliquaient 13,8% de la variation totale, alors que la première coordonnée expliquait 9,2% et la deuxième coordonnée expliquait 7,6% (Figure 31). Quasiment toutes les accessions sont regroupées en deux parcelles dimensionnelles différentes, sur les deux plans supérieurs. La distribution graphique des accessions a démontré que presque tous les germoplasmes de figuier sont situés indépendamment de leur origine géographique.

#### **4.2. Classification hiérarchique**

La matrice des distances génétiques distance de Nei (1978), est calculé par le logiciel NTSYS-pc version 2.1 (Rohlf, 1998). Puis, elle a été utilisée pour construire un dendrogramme au moyen de la méthode de cloustring UPGMA. Les groupes de cultivars peuvent être définis en coupant le dendrogramme à une distance 0.5 (Figure 30).

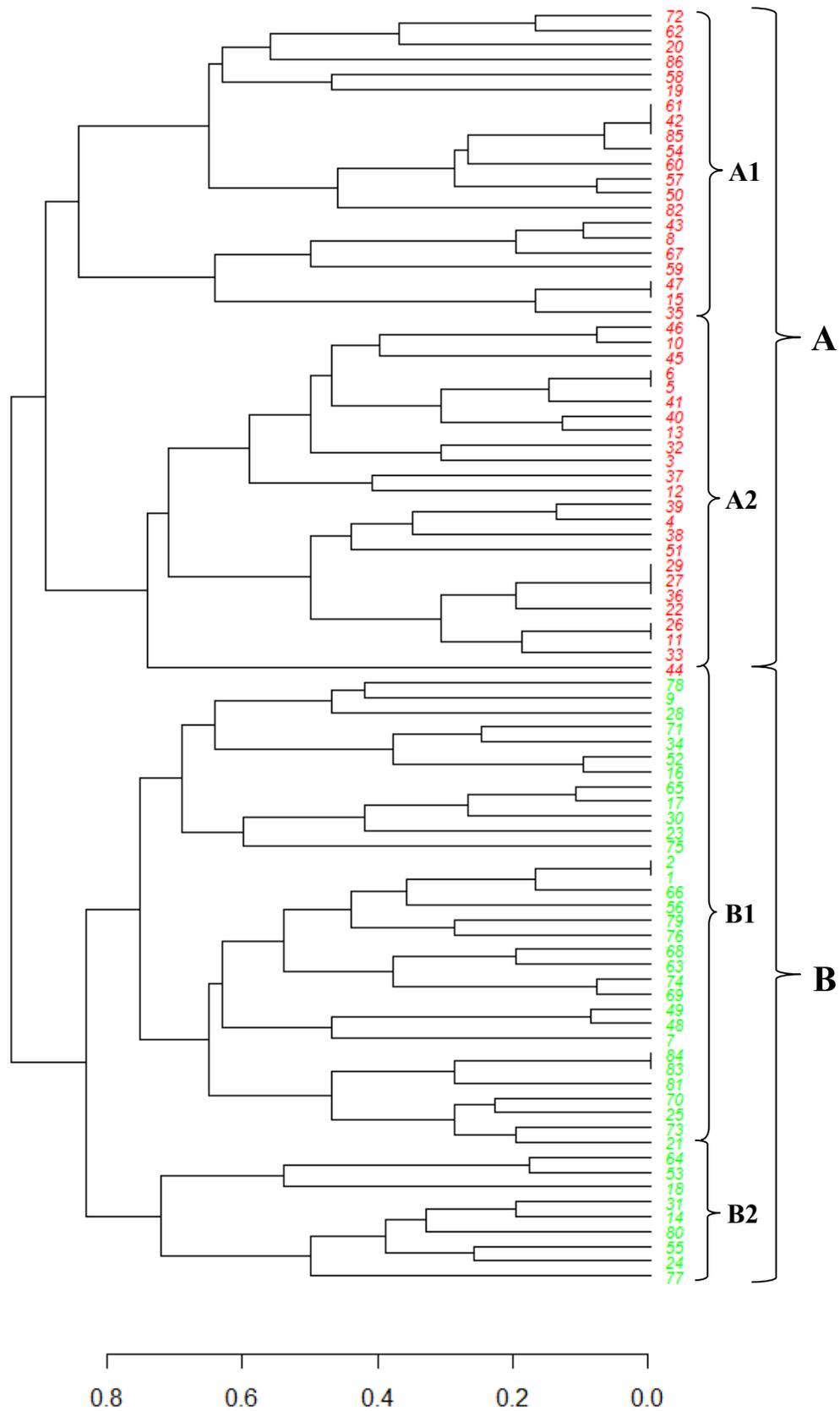
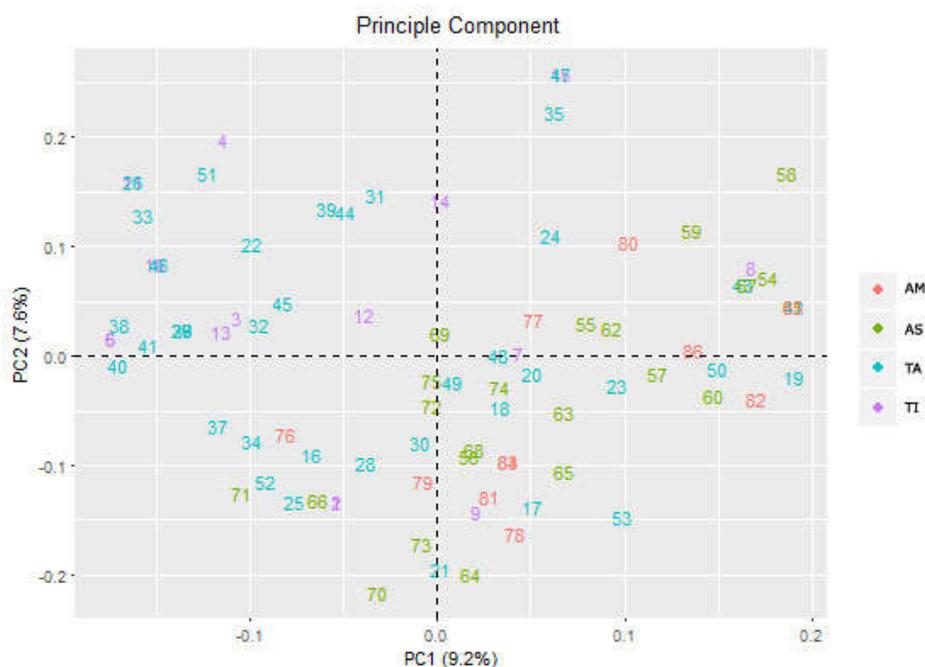


Figure 30 : Dendrogramme basé sur la matrice de similarité de Jaccard's et la méthode de cloustring UPGMA des cultivars étudiées par SSR

### 4.3. Analyse en Coordonnées Principales

Les axes (PC1 et PC2) de l'analyse en coordonnées principales (Figure 31) représentent respectivement 9,2 % et 7,6 % de la variance. La projection des individus dans le plan défini par les deux premières composantes (PC1 et PC2) permet la séparation génétique des 86 accessions, en se basant sur les 16 couples d'amorces SSR en quatre groupes:



**Figure 31 : Analyse des composantes principales de 86 accessions de figuier sur base des amorces SSR.** AM: collections Algérie-Mila; AS: Algérie - Collections Skikda; TA: collections Turquie-Aydin; TI: collections Turquie-Izmir.

### 5. Combinaison des deux méthodes (iPBS + SSR)

Le dendrogramme UPGMA est produit et basé sur les données combinées de deux marqueurs moléculaires (iPBS + SSR), les valeurs de distance génétique varient de 0.00 à 0.90 par IPBS et de 0.00 à 0.95 par SSR, indiquant un niveau élevé de variation génétique dans le gène *F. carica* bassin. Les données binaires combinées de tous les fragments polymorphes par deux types de marqueurs moléculaires regroupaient les individus étudiés dans deux groupes distincts A et B, respectivement 50 et 36, qui étaient ensuite placés dans des sous-groupes différents. Les génotypes provenaient de chaque site géographique regroupé séparément et dans le même sous-groupe n'étaient pas proches les uns des autres.

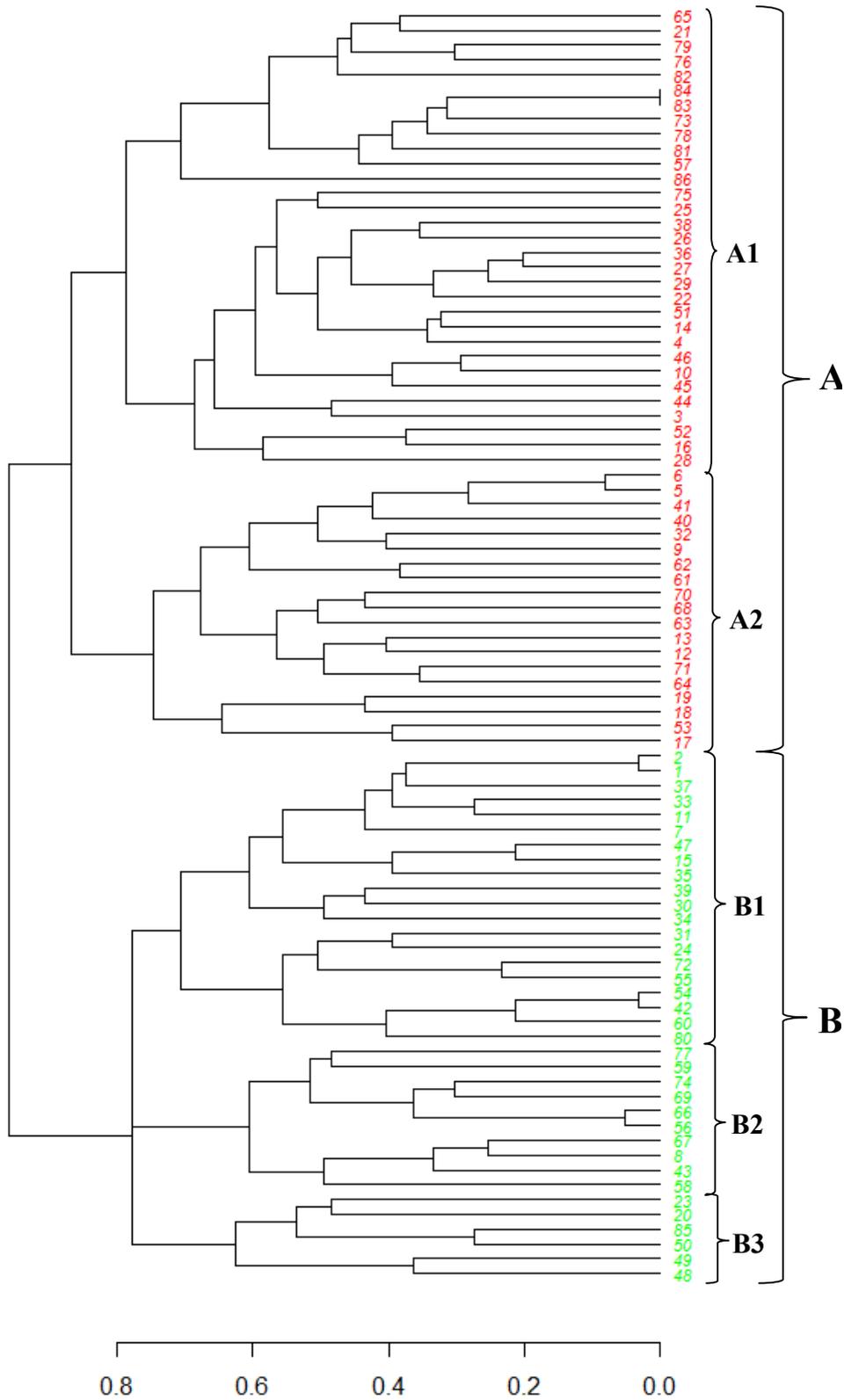
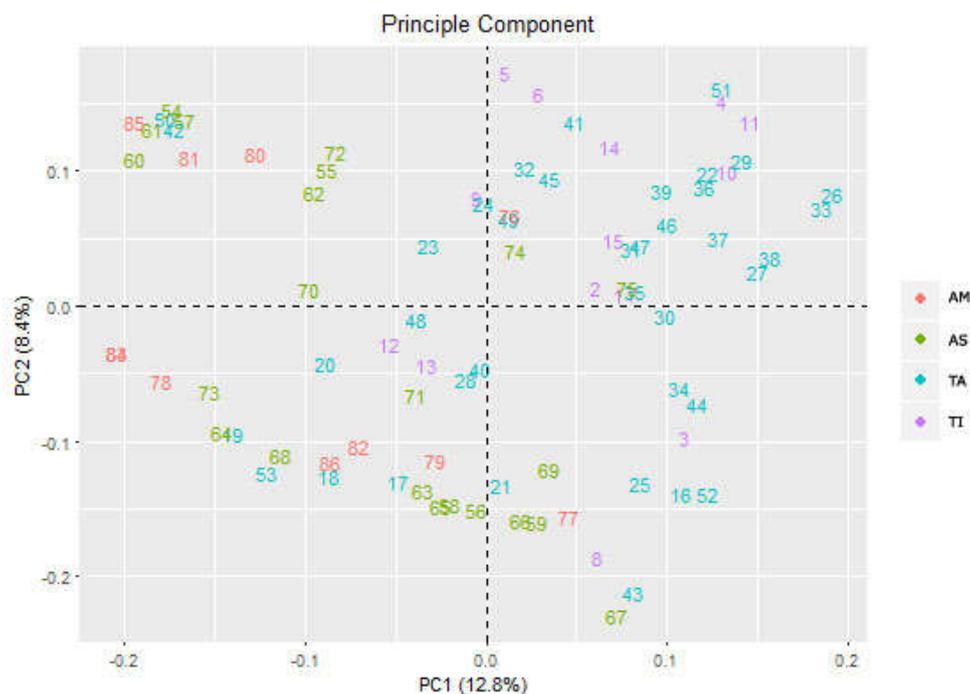


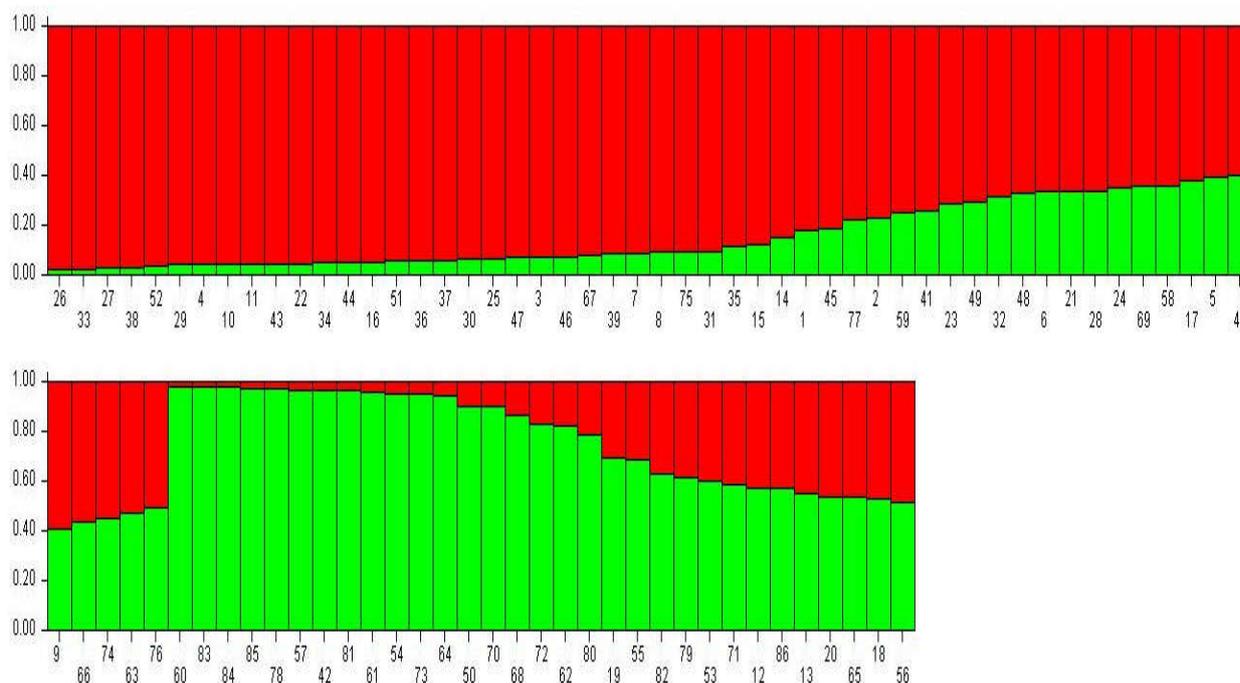
Figure 32 : Dendrogramme basé sur la matrice de similarité de Jaccard's et la méthode de cloustring UPGMA des cultivars étudiées par iPBS+ SSR



**Figure 33 : Analyse des composantes principales de 86 accessions de figuier sur la base de la combinaison des deux amorces (iPBS + SSR). AM: collections Algérie-Mila; AS: Algérie - Collections Skikda; TA: collections Turquie-Aydin; TI: collections Turquie-Izmir.**

## 6. Structure de la population

La structure génétique de la collection de matériel génétique a été évaluée en établissant le critère  $\Delta K$  à l'aide du logiciel STRUCTURE (Evanno *et al.*, 2005). Les résultats démontrent un maximum pour  $\Delta K$  à  $K = 2$ , indiquant l'existence de deux groupes ou groupes de gènes différents que tous les individus ont été divisés en deux sous-populations (Cluster 1 et Cluster 2) montrés avec des couleurs rouges et vertes, utilisant les deux ensembles (Fig.34). Le groupe 1 contenait la plupart des génotypes turcs, et le groupe 2 comprenait la majorité des génotypes algériens, à côté de deux groupes génétiques, les accessions montrées comme: 'Kadota1' (6), '232 Kocayemiş' (21), '210 Mor Incir' (28), '220 Dumanlıkara' (24), 'Roudane' (69), 'Blanquette' (58), '305 Mor Incir' (17), 'Kadota2' (5), '1002 Bardakçı' (40), 'Siyah İncir' (9), 'Gentille' (66), 'El fessi' (74), 'Aleka' (63), 'Shenoufkhia' (76), '244 Kavak Patlıcan' (19), 'Celeste' (55), 'Zerihy' (82), 'Bouzenouna' (79), '318 Mor Incir' (53), 'Tameriout' (71), 'Kara Yaprak' (12), 'Dhokkar' (86), 'Bardakçı' (13), '243 Susak' (20), 'Fraga' (65), '302 Mor Incir' (18) et 'Cavaliere' (56).



**Figure 34 : Structure estimée de la population d'accessions de figes basée sur STRUCTURE lorsque  $K = 2$ . Codes de couleur: Cluster 1 rouge et Cluster 2 vert**

## 7. Discussion

La présente étude propose une caractérisation préliminaire des germplasmes de figes algériens et turcs prélevés sur des arbres cultivés et reproducteurs dans deux régions différentes de l'Algérie et de la Turquie. C'est le premier rapport à identifier et caractériser les figiers cultivés en Algérie et en Turquie en utilisant les techniques iPBS et SSR. Nous avons combiné tous les fragments polymorphes produits par deux types de marqueurs moléculaires. Comprendre l'image taxonomique qui présente un niveau défini de différenciation taxonomique et c'est l'avantage de combiner différents ensembles de données (Sneller *et al.*, 1997).

Considérant iPBS-rétrotransposon comme un système de marqueur dominant, alors que les marqueurs SSR sont principalement de nature co-dominante. Ces systèmes de marqueurs varient de leur variation et de leur distribution dans le génome de la plante; cela varie dans la nature du mécanisme évolutif. Les résultats obtenus à partir des systèmes de marqueurs iPBS et SSR sont fortement supportés par le fait qu'ils ont montré que le contenu de l'information de polymorphisme est presque similaire dans ces deux systèmes de marqueurs moléculaires.

Ces derniers temps, la méthode iPBS est considérée comme un bon système de marqueurs moléculaires puisqu'elle ne nécessite aucune connaissance préalable du génome

(Odong *et al.*, 2011) et l'utilisation des marqueurs rétrotransposons iPBS comme marqueurs universels (Kalendar *et al.*, 2010), Malgré ses avantages, seules quelques plantes ont été utilisées pour étudier leur diversité génétique. Nous avons étudié la diversité génétique du germplasma de *F. carica*, alors que le système d'amorces iPBS n'a pas été utilisé pour l'identification de la diversité génétique et la caractérisation moléculaire des génotypes de figuier.

Notre étude constitue la première utilisation des marqueurs iPBS pour la prise d'empreintes digitales et la distinction d'un grand nombre de génotypes de figes. Dans la présente étude, les bagues iPBS des génotypes *Ficus* ont été présentées avec soixante-trois bandes polymorphes par vingt-trois amorces iPBS. Les nombres moyens de bandes iPBS étaient beaucoup plus élevés que ceux rapportés par (Baránek *et al.*, 2012, Duan *et al.*, 2015, Guo *et al.*, 2014). L'amorce 12-mère (2375 et 2379) a généré le plus petit nombre de 1 bande alors qu'une autre amorce 1293-nt 2393 a produit le plus grand nombre de 7 bandes. Pour cette raison, la longueur de l'amorce individuelle (12 nt) n'était pas efficace par rapport au nombre de bandes amplifiées dans nos résultats, ce qui est en désaccord avec les résultats rapportés par (Baránek *et al.*, 2012) et (Guo *et al.*, 2014) , mais proche de (Al-Najm *et al.*, 2016). Les normes PIC sont utilisées pour évaluer l'aptitude discriminante d'une amorce spécifique et mesurer l'efficacité des locus polymorphes en révélant la diversité génétique parmi les variétés. Les valeurs PIC moyennes des amorces iPBS varient de 0,046 et 0,997, avec une moyenne de 0,73, montrant que les marqueurs iPBS pourraient être bénéfiques pour l'estimation de la diversité génétique des variétés de figes car PIC pour les marqueurs dominants est supérieur à 0,5 (De Riek *et al.*, 2001). Ce résultat est plus élevé que ceux rapportés en Australie pour les accessions de goyave (0,24) par (Mehmood *et al.*, 2013), en Chine (0,445) par Guo *et al.*, 2014, et en Australie et en Irak, par les accessions de palmiers dattiers (0,28 ) par (Al-Najm *et al.*, 2016) .Nous avons observé que le nombre de locus polymorphes et de PIC détectés par les marqueurs iPBS était plus élevé que celui des marqueurs SSR. En fait, ces marqueurs ont une capacité égale ou même supérieure à révéler le polymorphisme et offrent un grand potentiel pour déterminer la diversité intra et interspécifique des variétés de figuier.

Pour évaluer les diversités génétiques parmi les variétés de figuier et pour une évaluation plus approfondie des performances du marqueur SSR, les paramètres des bandes polymorphes (PB) et du contenu informationnel polymorphe (PIC) ont été calculés. En utilisant 16 marqueurs SSR, nous avons observé que 25 bandes étaient polymorphes, avec une

moyenne de 1,56 fragment polymorphe par amorce inférieure à celles rapportées par (Ikegami *et al.*, 2009) (0,44), (Aradhya *et al.*, 2010) (0,482), (Caliskan *et al.*, 2012) (0,678), (Perez-Jiménez *et al.*, 2012) (0,53) et (Ganopoulos *et al.*, 2015) (0,747). Ce résultat suggère un polymorphisme de faible niveau que celui des marqueurs iPBS, ce qui démontre que les microsatellites sont des marqueurs moins puissants pour l'identification de ce germoplasme. La valeur PIC reflète le niveau de variation génétique dans une population. Il fournit une meilleure estimation située de la diversité que le nombre brut d'allèles, car il tient compte des fréquences relatives de chaque allèle présent. Dans notre étude, la valeur PIC moyenne avec les marqueurs SSR était de 0,6927 avec un intervalle de 0,9459 à 0,1562. Cependant, il était inférieur à celui des rétrotransposons. L'amorce SSR la plus utile était FCUPO66-7, qui a détecté trois allèles avec PIC 0.8445. Toutes les variétés ont une combinaison d'allèles SSR spécifique à la variété qui permet une identification précise des variétés.

De plus, l'analyse des grappes utilisant les deux types de marqueurs moléculaires a montré que les matériaux pouvaient être classés en deux groupes principaux avec plusieurs sous-groupes (Figure 32) De plus, l'analyse STRCUTURE et le clustering UPGMA se complètent et donnent une idée claire de la structure génétique. Ainsi, le pool génétique des figuiers cultivés et analysé, présente une faible diversité génétique et montre une différenciation étroite. Ces résultats indiquent que la majorité des génotypes de figuier examinés avaient une origine mélangée et avaient probablement un fond génétique commun. De plus, l'analyse par grappes, le dendrogramme UPGMA et la placette PCA ont révélé un cas de synonymie, à savoir 'El sefra1' (83) synonyme de 'El sefra2' (84), donc des accessions proches ont été remarquées dans cette étude entre 'Sultan Selim' (1) et «Çix çek Inciri» (2); 'Kadota2' (5) et 'Kadota1' (6); 'Gentille' (66) et 'Cavaliere' (56) de la même région, aussi 'Albo' (54) et '1013 Beyaz Orak' (42) ont montré une relation étroite, mais ont été recueillies à différents endroits, cette similitude entre les accessions probablement pourrait être les mêmes accessions avec différents noms locaux. Alors que le cas de l'homonymie a été découvert. Les accessions «Soltani» ont été regroupées en deux groupes différents (A et B) selon la méthode de classification UPGMA. En effet, les cultivars 'Sultani' comprennent des accessions d'origines géographiques différentes, 'Soltani' ou 'Soltania' (77), collectées en Algérie (Mila), et '403 Sultani' (16) récoltées en Turquie (Aydin). Par conséquent, ces accessions, originaires d'Algérie et de Turquie ayant la même dénomination tout en exprimant des profils génétiques différents peuvent être considérées comme des homonymes. Le même cas avec les accessions 'Çiçek Inciri' (3) et 'Çiçek Inciri' (26); 'Siyah Incir' (9), '216 Siyah İncir' et '208 Siyah Incir'

(29); 'Bursa siyahi' (14) et '237 Bursa siyahi' (31), parce que ces géotypes ne divergent pas suffisamment pour aboutir à une reproduction sexuée suggérant que la mutation somatique sur un locus microsatellite est l'explication de géotypes si étroitement associés (Achtak *et al.*, 2009). De plus, durant la domestication historique et la culture avec une diffusion extensive des cultivars, il en est résulté une confusion dans la classification et l'identification des cultivars (Aradhya *et al.*, 2010). D'un autre côté, les marqueurs microsatellites ont divisé nos accessions en groupes selon leur catégorisation génétique des espèces. Par exemple, les marqueurs couplés iPBS et SSR ont distingué un géotype sauvage 'Dhokkar' (86) de la liste complète des collections, ce qui indique le mot commun pour caprifig en arabe. Ainsi, les dendrogrammes UPGMA et l'analyse PC montrent des groupements indépendants de types botaniques et des variétés d'origine. Bien que le regroupement n'a pas indiqué une division claire parmi les accessions de figuier en fonction de leur origine géographique. Ces résultats correspondent avec nombreux études qui ont utilisé différents marqueurs moléculaires (Baraket *et al.*, 2011, Chatti *et al.*, 2007, Ganopoulos *et al.*, 2015, Ikten *et al.*, 2010, Salhi-Hannachi *et al.*, 2006).

Dans l'ensemble, les deux marqueurs diffèrent les uns des autres, de par leur nature, leur contenu informationnel et leur distribution dans le génome de la plante. Les marqueurs rétrotransposons IPBS sont dominants, alors que les marqueurs SSR sont co-dominants, c'est pourquoi la méthode UPGMA générée par eux a regroupé les géotypes différemment. En fait, chaque marqueur montre seulement une partie du génome dans l'incongruence du dendrogramme. Il a été constaté à travers ces résultats que l'utilisation de marqueurs multiples est très cruciale pour évaluer la parenté des figes au niveau de la diversité, puisque les différents résultats de classification sur leur caractère respectif sont le résultat de différents marqueurs utilisés par Ikegami *et al.* 2009).

En fait, le mélange de populations d'espèces fruitières méditerranéennes est le résultat de la multiplication végétative, des activités de migration des humains et des oiseaux par génération (Ikten *et al.*, 2010). De même que la domestication des figes dans toutes les régions méditerranéennes a été influencée par les activités humaines (Ikten *et al.*, 2010 Khadari *et al.*, 2005a). Ainsi, la fragmentation des ressources arborées pourrait entraîner une augmentation remarquable de ce type d'activité (Andrianoelina *et al.*, 2006). Dans notre recherche, la structure génétique faible observée est probablement causée par la variation allélique circulante selon différents types de figuier à travers un mécanisme de pollinisation complexe, incluant la relation symbiotique entre le figuier et son pollinisateur et l'opération de

recombinaison-mutation dynamique (Ganopoulos *et al.*, 2015). Ces résultats suggèrent un faible niveau de diversité génétique dans cette collection de figuier, ce qui pourrait refléter d'un faible polymorphisme dans les populations, qui pourrait indiquer une origine commune du figuier cultivé en Algérie et en Turquie, en particulier pendant la période de l'Empire Ottoman en Algérie. Ces variétés sont faciles à multiplier végétativement, la libre circulation et la longue histoire de culture, ou peuvent partager une ressource génétique commune durant le processus de la domestication. D'autre part, il pourrait être causé par des lignées d'élevage adaptées en tant que matériaux en cours de test.

# *Conclusion et Perspectives*



## Conclusion et perspectives

Afin de conserver les ressources biologiques et d'évaluer la diversité génétique des figues de type commun en Algérie, nous avons collecté et caractérisé vingt-deux accessions importantes de figues originaires de la station ITAFV, Skikda. Une identification précise et non ambiguë des cultivars constitue l'étape majeure dans les programmes d'amélioration de cette espèce et c'est dans ce contexte que notre travail s'inscrit.

Le présent travail qui traite du polymorphisme phénotypique, biochimique et moléculaire de figuier (*Ficus carica* L.), nous a permis d'atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés au début de notre projet à savoir la détermination des descripteurs phénotypiques, marqueurs biochimiques et moléculaires nécessaires pour identifier les cultivars ayant des traits agronomiques intéressants pour une meilleure gestion et exploitation rationnelle des ressources génétiques de figuier. En se basant sur la description morphologique des principaux organes des deux parties, végétative et de reproduction, de l'arbre en utilisant les marqueurs morphologiques décrits dans le descripteur international de l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et du CIHEAM (Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes). Ensuite nous avons déterminé la qualité des métabolites secondaires et l'activité antibactérienne d'extrait méthanolique des feuilles de différentes variétés. Enfin une caractérisation moléculaire de quatre-vingt-six accessions en utilisant les marqueurs iPBS et SSRs et établir leur phylogénie.

Les analyses morphologiques des vingt deux cultivars de figuier station expérimentale ITAFV, Skikda ont indiqué une diversité relativement importante. L'exploitation des résultats de l'analyse statistique des données morphologiques qualitatives de cette étude ont montré des différences phénotypiques fortement significatives entre les cultivars étudiés. En effet, les caractères morphologiques utilisés, pour les feuilles et fruits, ont indiqué une variabilité génétique assez importante entre les vingt deux cultivars étudiés, avec un degré de polymorphisme relativement élevé. Cette variation au niveau phénotypique est fort probablement due, en grande partie, à la variation des composantes génétique et aux facteurs agro-écologiques des différents cultivars.

L'analyse biochimique des feuilles et fruits de figuier montrent qu'ils semblent constituer une source en composés phénoliques. L'analyse qualitative réalisé par un criblage phytochimique a montré la présence de plusieurs familles de composés naturelles comme les flavonoïdes, les tanins, les glycosides, les saponosides, les alcaloïdes, Par contre, les tests de

recherche des triterpènes et stéroïdes, et les anthraquinones ont été négatifs. Le pouvoir antibactérien des extraits a été réalisé par la méthode de diffusion des disques sur quatre souches bactériennes (*S.aureus*, *K.pneumoniae*, *P. aeruginosa* et *E.coli*). Tous les extraits sont révélés inactifs ou ont un effet faible vis-à-vis de *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S.aureus*. Par contre, a montré un effet inhibiteur élevé contre *K.pneumoniae*.

Les résultats d'iPBS et SSR ont clairement révélé que les cultivars de *F. carica* pouvaient être différenciés les uns des autres à exception de certaine similarité génétique entre cultivars. Les résultats de cette étude ont démontré comment les traits morphologiques intégrés et l'analyse génétique peuvent fournir une évaluation de la biodiversité des géotypes de *F. carica*.

De plus, des profils d'amplification hautement reproductibles ont montré que les marqueurs iPBS et SSR étaient efficaces pour l'évaluation de la diversité pour toutes les variétés. Un examen plus approfondi est nécessaire pour révéler une corrélation claire entre la variabilité génétique de *F. carica* et la similarité des caractères morphologiques. Les cultivars de figes de la collection de figes algériennes et turques sont génétiquement diversifiés, et la conservation de ces ressources génétiques est donc extrêmement importante pour la reproduction et l'amélioration de la qualité des fruits.

L'analyse en coordonnée principale ainsi que la classification hiérarchique de ces accessions selon les paramètres moléculaires montre que la structuration génétique des figuiers selon l'origine géographique se trouve très controversée. Ces résultats pourrait s'expliquer par les diverses migrations humaines qui ont favorisé la dispersion de figuier cultivé depuis la haute antiquité sur l'ensemble du pourtour de la méditerranée ainsi que par l'influence des conditions environnementales.

Particulièrement qu'il est très primordial de connaître l'organisation de figuier algérien afin de pouvoir classer les variétés et de récupérer les géotypes en raison du risque d'érosion génétique due à la mise au point de nouvelles variétés par la voie des programmes de l'amélioration génétique. Surtout que, peu d'étude sur le matériel végétal local a fait l'objet d'un certain nombre d'études descriptives mais avec des critères non homogènes et si variés qu'il n'a pas été possible d'améliorer les connaissances sur la structure variétale de figuier, en particulier le nombre de géotypes et leur distribution.

La culture du figuier est en régression, elle a été longtemps été éloignée par l'exode rural, des difficultés de d'exploitation de cette culture souvent localisée dans les terrains

accidentés, à la dégradation par le manque d'entretien et les destructions par les incendies. Aujourd'hui, l'espèce est menacée et si des mesures ne sont pas prises immédiatement pour la réhabilitation du figuier et la revalorisation de la figue, cette plante risque de disparaître dans nos campagnes.

Sur le plan national l'ouverture de nouvelles perspectives, dans le but de rentabiliser davantage nos investigations, reste judicieuse à concrétiser :

1. L'élargissement de cette collection de figuier en y apportant de nouvelles accessions provenant de toutes les régions d'Algérie non étudiées ;

2. Enrichir les données de différentes collections ou accessions avec d'autres informations utiles telles que la nature de plantation (cultivée ou spontanée), âge, production, exposition,..... ;

3. Evaluer la diversité génétique intra-cultivar et entre les types sauvages et cultivés en Algérie ;

4. Confronter les résultats d'analyse de ressource génétique algérienne de figuier à ceux de certains pays méditerranéens afin de construire un arbre phylogénétique global ;

5. Valoriser les verges locaux et le système d'agriculture de petits agriculteurs afin d'assurer un maintien de la variabilité *in situ* ;

6. il serait nécessaire de diversifier les variétés et les zones de culture par des variétés à période de récolte longue, afin de prolonger de la disponibilité des figes fraîches sur le marché ;

7. Utiliser un nombre de marqueurs et d'individus plus élevé ce qui permettrait de réaliser d'autres applications comme la recherche des gènes candidats liés à la résistance au stress biotique ou abiotique ;

8. La conservation du germoplasme du figuier dans une collection de référence doit être prise en charge grâce à l'établissement d'un programme adéquat de culture *in vitro*.

## Publications et communications

Plusieurs parties des résultats de ce travail ont été présentées sous forme de publications ou de communications.

### Publications :

**Belattar H.**, Yahia A, Nemli S, Ates D, Erdogmus S, Ertan B, Himour S, Hepaksoy S, Tanyolac MB (2017). Determination of the Population Structure of Fig Genotypes from Algeria and Turkey Using Inter Primer Binding Site-Retrotransposon and Simple Sequence Repeat Markers. *Agricultural Sciences (AS)* 8: 1337-1357.

### Communications:

**1-Belattar Hakima.** Himour S and Yahia A. 2014. Analyse de la diversité génétique des cultivars algériens de figuier (*Ficus carica* L.), à l'aide des caractères morphologiques. Séminaire National « Etat des lieux, conservation et possibilités de valorisation des ressources biologiques dans l'Est algérien Mila ». 11-12 Mars, Mila, Algérie (Orale).

**2- Belattar H.**, Himour S., Boukeria S. et Yahia A. 2015. Evaluation de l'activité biologique des feuilles de *Ficus carica*. The 3<sup>rd</sup> International Congress of Plant Diversity, held at Marrakech, Maroc (Affiche).

**3- Belattar Hakima.** Himour S and Yahia A. 2017. “ Phytochemical screening of various extracts of dried figs (*Ficus carica* L.). First International Congress On Biotechnologies For Sustainable Development CIBSDD. Boumerdes, Algeria (Poster).

**4- Hakima Belattar,** Sara Himour, Fawzia Bouchetat, Adelouahab Yahia .2018 . Molecular characterization and genetic relationships of cultivated algerian and turkish fig varieties (*Ficus carica* l.) Using iPBS and SSR markers. Troisième Colloque National sur la Biodiversité en Algérie CNBA3. Oum El Bouaghi, Algeria (Poster).

**5- Hakima Belattar,** Sara Himour, Adelouahab Yahia .2018. Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des feuilles et fruits de figuier. Séminaire National de Biologie, Environnement et Santé SNBES. Skikda, Algérie (Poster).

*Références*  
*Bibliographiques*





**AACC., 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists.** American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN

**Achtak H., Oukabli A., Ater M., Santoni S., Kjellberg F. et Khadari B., 2009.** Microsatellite markers as reliable tools for fig cultivar identification Journal of the American Society for Horticultural Science 134:624-631.

**Ahmed B., Barket G., Essalouh L., Achtak H., Khadari B., et Salhi-Hannachi A., 2015.** Use of morphological traits and microsatellite markers to characterize the Tunisian cultivated and wild figs (*Ficus carica* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*,59: 209-219.

**Ahmed J. et Khan I., 2013.** Evaluation of antioxidant and antibacterial activity of *Ficus carica* leaves: an *in vitro* approach. J Plant Pathol Microbiol: 4:157.

**Ahmed S., Dawson D.A., Compton S.G. et Gilmartin P.M., 2007 .**Characterization of microsatellite loci in the African fig *Ficus sycomorus* L.(Moraceae) Molecular Ecology Notes 7:1175-1177

**Akbulut M., Ercisli S. et Karlidag H., 2009.** RAPD-based study of genetic variation and relationships among wild fig genotypes in Turkey Genetics and Molecular Research 8:1109-1115.

**Aksoy U., Seferoglu G., Misirli A., Kara S., Sahin N., Bülbül S. et Düzbastilar M., 1992.** Ege Bölgesi kosullarına uygun sofralık incir çeşit seleksiyonu. Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 9-13 Ekim, (1) : 545–548.

**Al Askari G., Kahouadji A., Khedid Kh., Ouaffak L., Mousaddak M., Charof R., et Mennane Z., 2013 .** In vitro antimicrobial activity of aqueous and ethanolic extracts of leaves of *Ficus carica* collected from five different regions of Morocco. J. Mater. Environ. Sci. 4 (1) 33-38.

**Al Yahya M.A., 1986.** Phytochemical studies of the plant used in traditionnal medicine of Saudi Arabia. Fitoterapia. 57(3),179-182.

**Ali B., Mujeeb M., Aeri V., Mir S.R., Ahmad S., Siddique N.A. et al., 2011.** High performance thin layer chromatographic quantification of bioactive psoralen and daidzein in leaves of *Ficus carica* L. Nat Prod Res .Oct; 25 (17): 1666-70.

**Aljane F. et Ferchichi A., 2009.** Postharvest chemical properties and mineral contents of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Tunisia. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(2): 209-212.

**Aljane F. S., Nahdi A. et Essid., 2012.** Genetic diversity of some accessions of Tunisian fig tree (*Ficus carica* L.) based in morphological and chemical traits. J. Nat. Product Plant Res., 2: 350-359.

**Aljane F., 2004.** Analyse de la diversité génétique de cultivars locaux du figuier (*Ficus carica* L.) cultivés dans la chaîne de Matmata. Rev. des Rég. Arides. NS: 95-104.

**Al-Najm A., Luo S., Ahmad N.M. et Trethowan R., 2016.** Molecular variability and genetic relationships of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars based on inter-primer binding site (iPBS) markers Australian Journal of Crop Science

**Álvarez-Arbesú R. et Fernández-Prieto J.A., 2000.** Poblaciones silvestres de higueras, vides y olivos en la costa cantábrica. Consideraciones acerca de su origen. *Naturalia Cantabricae* 1: 33-43.

**Al-Yousuf H.H., 2012.** Antibacterial activity of *Ficus carica* L. extract against six bacterial strains. Int. J. Drug Dev. & Res. 4(4): 307-310.

**Alzohairy A. M., Gyulai G., Mustafa M.M., Edris S., Sabir J.S.M., Jansen R. K. et Bahieldin A., 2015.** Retrotransposon-based Plant DNA Barcoding. Lambert Academic Publishing, Germany.p14.

**Alzohairy A. M., Gyulai G., Ramadan M. F., Edris S., Sabir J. S.M., Jansen R. K., Eissa H.F. et Bahieldin A., 2014.** Retrotransposon-based molecular markers for assessment of genomic diversity. Csiro Publishing. Functional Plant Biology. 41 (8), 781-789.

**Anderson J.A., Churchill G., Autrique J., Tanksley S. et Sorrells M., 1993.** Optimizing parental selection for genetic linkage maps Genome 36:181-186.

**Andrianoelina O., Rakotondraoelina H., Ramamonjisoa L., Maley J., Danthu P. et Bouvet J.M., 2006.** Genetic diversity of *Dalbergia monticola* (*Fabaceae*) an endangered tree species in the fragmented oriental forest of Madagascar. In: Forest Diversity and Management. Springer, pp 49-68.

**Ansari J.A., Khan A.R., Ahmad M.K., Fatima N., Rastogi N., Khan M.F., Khan H.J. et Mahdi A.A., 2016.** Phytochemicals, antioxidant and antiproliferative studies of some

medicinal plants from Indian sub-continent. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 11: 1-11, doi: 10.9734/BJPR/2016/26198.

**Aradhya M.K., Stover E., Velasco D. et Koehmstedt A., 2010.** Genetic structure and differentiation in cultivated fig (*Ficus carica* L.) *Genetica* 138:681-694

**Aref H.L., Salah K.B., Chaumont J.P., Fekih A., Aouni M. et Said K., 2010.** In vitro antimicrobial activity of four *Ficus carica* latex fractions against resistant human pathogens (antimicrobial activity of *Ficus carica* latex). *Pak J. Pharm. Sci.*, 23: 53–8.

**Armstrong W.P., 2006.** Sex determination & life cycle of *Ficus carica*. Available from: <http://waynesword.palomar.edu/pljun99b.htm>.

**Azzi R., 2013.** Contribution to the study of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in western Algeria: ethnopharmacological survey; Pharmacotoxicological analysis of Figuier (*Ficus carica*) and colocynth (*Citrullus colocynthis*) in the Wistar rat. PhD, Abou Bekr Belkaid University, Tlemcen, Algeria.



**Bandelj D., JAVORNIK B. et Jakse J., 2007.** Development of microsatellite markers in the common fig, *Ficus carica* L *Molecular Ecology Notes* 7:1311-1314

**Baraket G., Chatti K., Saddoud O., Abdelkarim A.B., Mars M., Trifi M. et Hannachi A.S., 2011 .**Comparative assessment of SSR and AFLP markers for evaluation of genetic diversity and conservation of fig, *Ficus carica* L., genetic resources in Tunisia *Plant Molecular Biology Reporter* 29:171-184

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

**Baránek M., Meszáros M., Sochorová J., Čechová J. et Raddová J., 2012.** Utility of retrotransposon-derived marker systems for differentiation of presumed clones of the apricot cultivar Velkopavlovická *Scientia Horticulturae* 143:1-6.

**Bayer E., Buttler K-P., Finkenzeller X., et Grau J., 2005.** Guide de la flore méditerranéenne *Edition Tec et Doc, Lavoisier Paris*. P:12-13.

**Beck N.G. et Lord E. M., 1988.** Breeding system in *Ficus carica*, the common fig II. Pollination events. *Am. J. Bot.* 75:1913-1922.

- Belattar H., Yahia A., Nemli S., Ates D., Erdogmus S., Ertan B., Himour S., Hepaksoy S. et Tanyolac M.B., 2017.** Determination of the Population Structure of Fig Genotypes from Algeria and Turkey Using Inter Primer Binding Site-Retrotransposon and Simple Sequence Repeat Markers. *Agricultural Sciences (AS)*, 8: 1337-1357 doi: 10.4236/as.2017.812097
- Belloum A., 1992.** Contraintes naturelles et mise en valeur en Algérie : La région de Skikda. *Medit 3 (4)*, 26 - 33.
- Benckec S.C., Morellato I. P.C., 2002.** Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasil. Bot.*, V.25, n.2, p.237-248.
- Berg C.C., 2003.** Flora malesiana precursor for the treatment of Moraceae 1: The main subdivisión of Ficus: The subgenera. *Blumea*, 48: 167-78.
- Bergamaschi H., 2008.** Temperatura x fotoperíodo sobre a fenologia das plantas. UFRGS. <http://www.ufrgs.br/agropfagrom>.
- Berral J. S., 1966.** *The Garden*. an illustrated history. The Viking press, New York.
- Bertaudeau, J. et Faure Y., 1990.** *Atlas d'arboriculture fruitière.*: Vol 2 : Les arbres fruitiers à pépins (3<sup>e</sup> Ed). Lavoisier/ Tec et Doc ,207.
- Bianchini F. et Corbetta F., 1975.** *The Complete Book of Fruits and Vegetables*. Crown publishers, inc. New York.
- Bostan S.Z. et İslam A., 1999.** Vakfikebir’de Yetiştirilen Önemli Mahalli İncir Çeşitlerinin Pomolojik Özellikleri. Türkiye III. Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül, 751-755.
- Botstein D, White R.L., Skolnick M. et Davis R.W., 1980.** Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms *American journal of human genetics* 32:314.
- Botti, C., Franck, N., Prat, L. et Loannidis, D., 2003.** The effect of climatic conditions on fresh fig fruit yield, quality and trype. *Acta Horticulturae*, 605: 37-42.
- Bossard R. et Cuisance., 1986.** Arbres et Arbustes d’ornement des régions tempérées et méditerranéennes. Edition Tec et Doc, Lavoisier Paris. 736 p.
- Bracci T., Busconi M., Fogher C. et Sebastiani L., 2011.** Molecular studies in olive (*Olea europaea* L.): overview on DNA markers applications and recent advances in genome analysis. *Plant Cell Rep* 30:449-462

**Bravo H. E., 1978.** L'as cactaceae de Mexico 2a. ed. Vol. 1. Universal nacional autonoma de Mexico. Mexico, D.F.

**Brunini O., 1998.** Elementos meteorológicos e comportamento vegetal. Boletim Técnico IAC, Campinas. 46 p.

**Bryant C., 1783.** *Flora Diætica*: or, history of esculent plants, both domestic and foreign. London: B. White. 379p.

**Budak H., Pedraza F., Baenziger P.S., Cregan P.B. et Dweikat I., 2003.** Development and utilization of SSR to estimate genetic diversity in a collection of pearl millet germplasm. *Crop Sci.*43:2284–2290.

**Buxó R., 2007.** Crop evolution: new evidence from the neolithic of west mediterranean europe. in: S. Colledge; J. Conolly (eds.). *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. Walnut Creek: Left Coast press, p.155-72.



**Çalışkan O., Polat A., Celikkol P. et Bakir M., 2012.** Molecular characterization of autochthonous Turkish fig accessions Spanish Journal of Agricultural Research 10:130-140

**Çalışkan O. et Polat A.A., 2008.** Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*. 115. 360–367.

**Çalışkan O. et Polat A.A., 2011.** Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128: 473-478.

**Can H.Z., 1993.** The investigation of some horticultural characteristics of some selected fig genotypes in Aegean Region. Master Thesis. Ege University. Izmir. Turkey (in Turkish. with English abstract).

**Chatti K., Baraket G., Abdelkrim A.B., Saddoud O., Mars M., Trifi M. et Hannachi A.S., 2010.** Development of molecular tools for characterization and genetic diversity analysis in Tunisian fig (*Ficus carica*) cultivars *Biochemical genetics* 48:789-806

**Chatti K., Saddoud O., Salhi Hannachi A., Mars M., Marrakchi M. et Trifi M., 2007.** Analysis of genetic diversity and relationships in a Tunisian fig (*Ficus carica*) germplasm collection by random amplified microsatellite polymorphisms *Journal of Integrative Plant Biology* 49:386-391

- Chatti K., Salehi-Hannachi A., Mars M., Marrakchi M. et Trifi M., 2004.** Analyse de la diversité génétique de cultivars tunisiens de figuier (*Ficus carica* L.) à l'aide de caractéristiques morphologiques. *Fruits*, 59:49-61.
- Chen H.Q., Jin Z.Y., Wang X.J., Xu X.M., Deng L. et Zhao J.W. 2008.** Luteolin protects dopaminergic neurons from inflammation-induced injury through inhibition of microglial activation. *Neuroscience letters*, 448(2) : 175- 179.
- Chew A.L., Jeyanthi J.A.J. et Sasidharan S., 2012.** Antioxydant and antibacterial activity of different parts of *Leucas aspera*. *Asian Pac J Trop Biomed*; 2(3):176-180.
- Chouaki S., Bessedik F., Chebouti A., Maamri F., Oumata S., Kheldoun S., Hamana M. F., Douzene M., Bellah F., Kheldoun A. et al., 2006.** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques 92.
- Colledge S. et Conolly J., 2007.** A review and synthesis of the evidence for the origins of farming on Cyprus and Crete. in: Colledge S, Conolly J (eds.). *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. Left Coast press, Walnut Creek, p.53-74.
- Condit I. J., 1941.** Fig characteristics useful in the identification of varieties. *Hilgardia* 14, 1-69.
- Condit I. J., 1947.** The fig. Waltham, *Chronica Botanica*.
- Condit I.J., 1955.** Fig varieties: a monograph. University of California, California Agricultural Experiment Station, v.23, n.11, p.323-511.
- Cook J.M. et Rasplus J.Y., 2003.** Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and
- Cook N.C. et Samman S. 1996.** Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 7:66-76.
- Cos P., Vlietinck A.J., Berghe D.V. et Maes L., 2006.** Anti-infective potential of natural products: How to develop a stronger in vitro 'proof-of-concept'. *J Ethnopharma*, 9 (2):290-295, doi:10.1016/j.jep.2006.04.003.
- Cowell F. R., 1978.** *The Garden as a Fine Art*. From antiquity to modern times. Boston: Houghton Mifflin Company, 1978. 232p.

**Crisosto C.H., Ferguson L. et Bremer V., 2011.** Fig (*Ficus carica* L.), in: Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Yahia E E, ed. Cambridge, UK, pp. 134-158.

## *D*

**Dalkiliç Z., Mestav H.O., Günver-Dalkiliç G. et Kocatas H., 2011.** Genetic diversity of male fig (*Ficus carica caprificus* L.) genotypes with random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers African Journal of Biotechnology, 10:519

**Daglia M., 2011.** Polyphenols as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology, 23, 1-8.

**Datwyler S.L. et Weiblen G.D., 2004.** On the origin of the fig: phylogenetic relationships of Moraceae from NDHF sequences. Journal of Biogeography, 31:767-777.

**De Candolle A., 1885.** *Origin of Cultivated Plants*. New York: D. appleton and Company, 1885. 468p.

**Dehgan B., 1998.** Landscape Plants for Subtropical Climates. University Press of Florida, Gainesville, FL.

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

**De Riek J., Calsyn E., Everaert I., Van Bockstaele E. et De Loose M., 2001.** AFLP based alternatives for the assessment of distinctness, uniformity and stability of sugar beet varieties Theoretical and Applied Genetics 103:1254-1265.

**DE Vienne. D.,1998.** Les marqueurs moléculaires et leurs applications. INRA.

**Dixon R.A., Xie D.Y., Sharma S.B. (2005).** Proanthocyanidins - a final frontier in flavonoid research ?. *New Phytologist*, 165: 9-28.

**Do Val A., Souza C., Ferreira E., Salgado S., Pasqual M. et Cançado G., 2013.** Evaluation of genetic diversity in fig accessions by using microsatellite markers Genet Molec Res 12:1383-1391.

**Dominguez-Garcia M.C., 2012.** Marcadores moleculares de ADN: análisis de la variabilidad, relaciones genéticas y mapeo en olivo (*Olea europaea* L.). Thèse de doctorat. Université de Cordoue. 158 p.

**Duan Y., Guo D., Guo L., Wei D. et Hou X., 2015.** Genetic diversity analysis of tree peony germplasm using iPBS markers Genetics and molecular research: GMR 14:7556.

**Dueñas M., Pérez-Alonso J.J., Santos-Buelga C. et Escribano-Bailón T., 2008.** Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.) Journal of Food Composition and Analysis 21:107-115.

**Duthie G.G., Gardner P.T. et Kyle J.A., 2003.** Plant polyphenols: are they the new magic bullet? Proc.Nutr.Soc., 62

## *£*

**Earl D. et Vonholdt B., 2011.** Conservation Genetics Resources structure harvester: a website and program for visualizing structure output and implementing the Evanno method.

**Eberlin T., 1997.** Les Infections Microbiennes, Tome1: Agents Infectieux. Nathan Université, Paris.

**Edlin H. L., 1969.** *Plants and Man*. New York: the natural History press, 253p.

**El Bouzidi S., 2002.** Le figuier : histoire, rituel et symbolisme en Afrique du Nord. Dialogues d'Histoire Ancienne. 28 (2) : 103-120.

**El-Gharably A.M., Nagib A.I et Rizk E.M., 2009.** Evaluation of quality attributes for Egyptian apricot and fig cultivars produced by osmodrying process. Ann. Agric. Sci. 54: 359-369

**El-Rayes R.,1995.** The Fig Tree dans la région méditerranéenne et en Syrie. *Cahiers Options Méditerranéennes* 13 : 79-83.

**Ersoy N., Gözlekci S., Kaynak L., Dal B. et al., 2008.** Relationship among the shoot, leaf and fruit growth of some fig (*Ficus carica*) cultivars grown in Antalya conditions. *Acta Hort.* 798:143-148.

**Essid A., Aljane F., Ferchichi A. et Hormaza J.I., 2015.** Analysis of genetic diversity of Tunisian caprifig (*Ficus carica* L.) accessions using simple sequence repeat (SSR) markers Hereditas 152:1.

**European Committee for Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious diseases (ESCMID), 2003.**

Determination of minimum inhibitory concentration (MIC) of antibacterial agents by broth dilution. *Clinical Microbiology and infectious*, 9 (8): 1-7.

**Evanno G., Regnaut S. et Goudet J., 2005.** Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study *Molecular ecology* 14:2611-2620.

**Evans P. et Halliwell B., 1999.** Free radicals and hearing. Cause, consequence, and criteria. *Ann.N. Y. Acad. Sci.*, 28: 19-40.

## *F*

**Fachinello J.C., 2005.** Propagação de plantas frutíferas. Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, .

**Falcão M.A., Clement C.R. et Gomes J.B.M., 2003 .**Fenologia e produtividade da sorva (*Couma utilis* (Mart.) Muell. Arg.) na Amazônia Central. *Acta botanica brasílica*, v.17, n.4, p. 541-547.

**Fang-Yong C., et Ji-Hong L., 2014.** Germplasm genetic diversity of *Myrica rubra* in Zhejiang Province studied using inter-primer binding site and start codon-targeted polymorphism markers *Scientia Horticulturae* 170:169-175.

**FAOSTAT., 2015.** Statistical Databases of Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://faostat.fao.org>

**FAOSTAT., 2018.** Statistical Databases of Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://faostat.fao.org>.

**Farnsworth N.R., 1996.** Biological and phytochemical screening of plants. *J Pharm Sci* 55: 225- 276. doi: <https://doi.org/10.1002/jps.2600550302>.

**Ferguson L., Michailides T.J.et Shorey H.H., 1990.** The California Fig Industry. *Horticultural Reviews*, 12: 409-490.

**Ferraz D.K., Artes R., Mantovani W.et Magalhães L.M.,1999.** Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, v.59, n.2, p.305-317.

**Field D. et Willis C.,1996.** Long Polymorphic Microsatellites in simple Organisms, *Proc. Lond* 263 (1367). 209-215.

**Fisch S. T. V., Nogueira JR. L. R. et Mantovani, W., 2000.** Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (Reserva ecológica do Trabiçu, Indaípolis-SP). Revista Biociência de Taubaté, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 31- 37.

**Flaishman M.A, Rodov V. et Stover E., 2008.** The Fig: Botany, horticulture and breeding. Horticultural Review 34: 113-197.

**Flandrin J. L. et Montanari M.,1998.** *História da alimentação*. 4ed. São Paulo: estação Liberdade, 885p.

**Flores A., 1990.** La higuera. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 190 pp.



**Gaaliche B., Saddoud O. et Mars M., 2012.** Morphological and pomological diversity of fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Northwest of Tunisia. International Scholarly Research Network, 1-9.

**Gaaliche B., Aiachi-Mezghani M., Trad M., Costes E., Lauri P-E et Mars M., 2016.** Shoot Architecture and Morphology of Different Branch Orders in Fig Tree (*Ficus carica* L.). International Journal of Fruit Science, 16(4) : 378–394.

**Gallego M.C, Angulo R., Serrano S. et Jodral M.,1996.** Estudio espacio-temporal del consumo de higos. Ciencia y Tecnología Alimentaria; 1:43-48. <https://doi.org/10.1080/11358129609487562>

**Gallegos-Vázquez C.J., Cervantesherrerera J. et Barrientos-Priego A. F., 2005.** Manual gráfico para la descripción varietal del nopal tunero y xoconostle (*Opuntia* spp.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SNICS – SAGARPA) y la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, México, 116 p.

**Ganopoulos I., Xanthopoulou A., Molassiotis A., Karagiannis E., Moysiadis T., Katsaris P., Aravanopoulos F., Tsiftaris A., Kalivas A. et Madesis P., 2015.** Mediterranean basin *Ficus carica* L.: from genetic diversity and structure to authentication of a Protected Designation of Origin cultivar using microsatellite markers Trees 29:1959-1971.

**Gonzales A., et Grajal M., 2011.** *Higueras de Canarias, Caracterización morfológica de variedades*. Islas Canarias: Sabater.

**González A.M. et Grajal M.J., 2012.** Higueras de Canarias. Caracterización morfológica de variedades. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Gobierno de Canarias, Tenerife, Spain.

**García, M.R., 2015.** Tesis (Doctorado en Ciencias, especialista en Fisiología Vegetal). Colegio de Postgraduados, 2014. Obtenido de Caracterización morfológica y genética de variedades mexicanas de higo (*Ficus carica* L.): <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2570>

**Gausson H., Leroy JF et Ozenda P.,1982 .**Précis de botanique, tome II : végétaux supérieure Masson : 558-560 pp.

**Gautier M., 1987 .** La culture fruitière, V 1, L'arbre fruitier. Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 492 P.

**Guesmi F., Ferchichi A., Farès K. et Touil L., 2006.** Identification and differentiation of *Ficus carica* L. cultivars using inter simple sequence repeat markers, Afr. J. of Biotech. Vol. 5 (15): 1370-1

**Gilani A.H., Mehmood M.H., Janbaz K.H., Khan A.U. et Saeed S.A., 2008.** Ethnopharmacological studies on antispasmodic and antiplatelet activities of *Ficus carica*. Journal of Ethnopharmacology, 119:1-5. doi:10.1016/j.jep.2008.05.040.

**Giraldo E., Lopez-Corrales M. et Hormaza J.I., 2008.** Optimization of the management of an ex-situ germplasm bank in common fig with SSRs Journal of the American Society for Horticultural Science 133:69-77.

**Giraldo E., Viruel M., López-Corrales M. et Hormaza J., 2005.**Characterisation and cross-species transferability of microsatellites in the common fig (*Ficus carica* L.) The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 80:217-224

**Graham S.W., Olmstead R.G. et Barrett S.C.H., 2002.** Rooting phylogenetic trees with distant outgroups: a case study from the commelinoid monocots. Molecular and Biological Evolution., 19 (10) pp. 1769-1781. doi: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a003999

**Guo D-L., Guo M-X., Hou X-G. et Zhang G-H., 2014.** Molecular diversity analysis of grape varieties based on iPBS markers Biochemical Systematics and Ecology 52:27-32

**Gupta PK. et Varshney RK., 2000.**The development and use of microsatellite markers for genetic analysis and plant breeding with emphasis on bread wheat. *Euphytica*113:163– 185.



- Hancock J. F., 1992.** *Plant Evolution and the Origin of Crop Species*. new Jersey: prentice Hall inc., 1992.
- Harbarne J.B., 1973.** *Phytochemical methods*, Chapman and Hall, LTD. London. 49-188p.
- Harborne J. B., 1967.** *Comparative Biochemistry of the Flavonoids*, Academic Press, New York, 1-30.
- Harborne J.B. et Williams C.A., 2000.** Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55: 481-504.
- Harborne J.B. et Williams C.A., 2001.** Anthocyanins and other flavonoids. *Natural Product Reports*, 18: 310-333.
- Harborne J.B., 1973.** Methods of plant analysis. In: *Phytochemical Methods*. Chapman and Hall, London.
- Harborne J.B., 1998.** *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis*. 3th ed. Chapman & Hall Thomson Science, UK, 203-234.
- Harlan J. R., 1992.** *Crops & Man*. 2ed. madison: american Society of agronomy, inc. 284p.
- Hatano T., Kusuda M., Inada K., Ogawa T.O., Shiota S., Tsuchiya T. et Yoshida T., 2005.** Effects of tannins and related polyphenols on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Phytochemistry*, 66: 2047-2055.
- Harrison S. G., Masefield G. B., Wallis M., 1969.** *The Oxford Book of Food Plants*. Manchester: Oxford University Press
- Healey A., Furtado A., Cooper T. et Henry R.J., 2014.** Protocol: a simple method for extracting next-generation sequencing quality genomic DNA from recalcitrant plant species *Plant methods*10:1.
- Hedfi J. M., Trifi A., Hannachi-Salhi A., Ould Mohamed Salem A. et Rhouma M. Marrakchi., 2003.** Morphological and isoenzymatic polymorphisms in Tunisian fig (*Ficus carica* L.) collection. *Acta Hort.*, 605: 319-325.
- Hedrick U. P., 1972.** *Sturtevant's Edible Plants of the World*. new York: Dover publications inc. 686p.

**Hobhouse P.,1993.** *Gardening through the Ages.* an illustrated history of plants and their influence on garden Styles from ancient Egypt to present Day. London: Simon & Schuster, 336p.

**Hossaert-Mckey M., Gibernau M. et Frey J-E., 1994.** Chemosensory attraction of fig wasps to substances produced by receptive figs. *Entomologia. Experimentalis Applicata.*, 70:185-191

**Hu S.G., Li L. et He X.W., 2005.** Solid-phase extraction of esculetin from the ash bark of chinese traditional medicine by using molecularly imprinted polymers. *Journal of Chromatography A*, 1062:31-37.

**Huang M.T. et Ferraw T., 1991.** Phenolic compound in food and cancer prevention. Phenolic compounds in food and their effects on health, 3:83.

**Hyams E., 1971.** *A History of Gardens and Gardening.* New York; Washington: praeger publishers.



**Ikegami H., Nogata H., Hirashima K., Awamura M. et Nakahara T., 2009.** Analysis of genetic diversity among European and Asian fig varieties (*Ficus carica* L.) using ISSR, RAPD, and SSR markers Genetic resources and crop evolution 56:201-209.

**Ikten H., Mutlu N., Gulsen O., Kocatas H. et Aksoy U., 2010.** Elucidating genetic relationships, diversity and population structure among the Turkish female figs *Genetica* 138:169-177

**Ilgin M.,1995.** The investigation of fertilization biology of some fig genotypes selected from Kahramanmaras region. PhD Thesis. Cukurova University. Adana. Turkey (in Turkish. with English abstract).

**IPGRI & CIHEAM., 2003.** Descriptor for Fig. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy and International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France, 52.

## L

**Janick J., 2005.** The origins of fruits, fruit growing and fruit breeding. *Plant Breeding Review*, 25: 255-321.

**Janick J., 2006.** *Ficus carica* fig. En: The encyclopedia of fruit and nuts. CAB International, 493-503.

**Janick J., 2007.** Fruits of the Bibles. *Hortscience*, 42 (5): 1072-1076.

**Jeong M. R., Cha J. D. et Lee Y. E., 2005.** Antibacterial activity of Korean Fig (*Ficus carica* L.) against food poisoning bacteria. *Korean J. Food. Cookery Sci.*, 21:84-93.

**Jeong M.R., Kim H.Y. et Cha J.D., 2009.** Antimicrobial activity of methanol extract from *Ficus carica* leaves against oral bacteria. *Journal of Bacteriology and Virology*; 39: .97 – 102. doi 10.4167/jbv.2009.39.2.97.

**Jiao H. et Wang S.Y. 2000.** Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry. *J Agric Food Chem.*, 2000, 48 (11):5672–5676, doi: 10.1021/jf000765q.

**Joffin J.N. et Leyral G., 2006.** *Microbiologie Technique*. Tome 1, Dictionnaire des techniques. 4<sup>ème</sup> Edition *A.S.M* Washington, 967-971.

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

**Jung E.K., 2007.** Antibacterial activity of extract and fractions from *Dryaria fortunei* against oral bacteria. *J Bacteriol Virol*; 37(2): 61-68.

## K

**Kalendar R., Antonius K., Smýkal P. et Schulman A.H., 2010.** IPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation. *Theoretical and Applied Genetics* 121:1419-1430.

**Kalendar R., Flavell A., Ellis T., Sjakste T., Moisy C. et Schulman A.H., 2011.** Analysis of plant diversity with retrotransposon-based molecular markers *Heredity* 106:520-530.

**Kamiloglu S. et Capanoglu E., 2015.** Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): effect of sun drying. *International Journal of Food Properties*, 18:521-535. DOI: 10.1080/10942912.2013.833522.

**Karandeniz T., 2009.** Clonal Selection in Siyah Fig cv. at Black Sea Region of Turkey. In: Fourth International Symposium on Fig. Meknes, Morocco.

**Khadari B., Grout C., Santoni S. et Kjellberg F., 2005a.** Contrasted genetic diversity and differentiation among Mediterranean populations of *Ficus carica* L.: a study using mtDNA RFLP Genetic resources and crop evolution 52:97-109. doi: 10.1007/s10722-005-0290-4.

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

**Khadari B., Oukabli A., Ater M., Mamouni A., Roger J. et Kjellberg F., 2005b.** Molecular characterization of Moroccan fig germplasm using intersimple sequence repeat and simple sequence repeat markers to establish a reference collection *HortScience* 40:29-32.

**Khadari, B. et Kjellberg, F., 2009.** Tracking the genetic signature to identify fig origins: insights for evolution before and during domestication processes. Fourth International Fig Symposium, ISHS, oral communication.

**Khadari B., Breton C., Moutier N., Roger G., Besnard G., Bervillé A. et Dsba F., 2003.** The use of molecular markers for germoplasm management in a French olive collection. *Theor appl Genet.* 106: 521-529.

**Khadivi-Khub A. et Anjam K., 2014.** Characterization and evaluation of male fig (caprifig) accessions in Iran. *Plant Syst. Evol.*, 300: 2177-2189.

**Khan A.M., Qureshi R.A., Ullah F., Gilani S.A., Nosheen A., Sahreen S. et al., 2011.** Phytochemical analysis of selected medicinal plants of Margalla Hills and surroundings. *J Med plants Res.* 5 (25): 6017-6023.

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

**Kislev G.M.E., Hartmann A. et Bar-Yosef O., 2006.** Early domesticate fig in the Jordan valley, *Science*, 312: 1372-1374, doi: 10.1126/science.1125910.

**Kitts D.D., Wijewickreme A.N. et Hu C., 2000** . Antioxidant properties of a North American ginseng extract. *Mol Cell Biochem*, 203:1–10.

**Kjelberge F., Doumesche B. et Bronstein J.I.,1988**. Longevity of fig wasp (*Blastophaga psenes*).

**Kjellberg F., Gouyon P.H., Ibrahim M., Raymond M. et Valdeyron G.,1987**. The stability of the symbiosis between dioecious figs and their pollinators: a study of *Ficus carica* L. and *Blastophaga psenes* L. *Evolution* 41:693–704.

**Koyuncu M.A., 1997**. A study on some fruit characteristic in local fig cultivars grown in hilvan (Urfa. Soythern Turkey)”. *Acta Horticulturae*. (480). 83-85.

**Küden A.B, Bayazit S. et Çömlekcioğlu S., 2008**. Morphological and pomological characteristics of fig genotypes selected from Mediterranean and south east Anatolia regions. *Acta Hort* 798: 95-102. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.798.11>

**Kumar A., Bajpai O., Mishra A.K, Sahu N., et al., 2011**. Assessment of diversity in the genus *Ficus* L. (Moraceae) of Katerniaghat Wildlife Sanctuary, Uttar Pradesh, India. *Am. J. Plant Sci.* 2: 78-92.

**Kumar L.S., 1999**. DNA markers in plant improvement: an overview. *Biotechnology Advances*, 17: 143-182.

## *L*

**Lansky E.P., Paavilainen H.M., Pawlus A.D., Newman R.A., 2008**. *Ficus* spp.(fig): Ethnobotany and potential as anticancer and anti-inflammatory agents *Journal of Ethnopharmacology* 119:195-213

**Lansky E.P. et Paavilainen H.M., 2010**. *Figs: The Genus Ficus*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 359

**Lansky E.P., Harrison G., Froom P. et Jiang W.G.,2005**. Pomegranate (*Punica granatum*) pure chemicals show possible synergistic inhibition of human PC-3 prostate cancer cell invasion across Matrigel. *Invest New Drugs*, 23(2):121-2.

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

**Larcher W., 2004**. *Ecofisiologia vegetal*, São Carlos, SP: Rima artes, 531 p.

**Lazreg Aref H., Bel Hadj Salah K., Chaumont J.P., Fekih A.W., Aouni M.et Said K., 2010.** In vitro antimicrobial activity of four *Ficus carica* latex fractions against resistant human pathogens (Antimicrobial activity of *Ficus carica* latex). *Pak. J. Pharm. Sci*, 23(1): 53-58.

**Lazreg-Aref H., Mars M., Fekih A., Aouni M. et Said K., 2012.** Chemical composition and antibacterial activity of a hexane extract of Tunisian caprifig latex from the unripe fruit of *Ficus carica* *Pharmaceutical biology* 50:407-412.

**Lee Y.S et Cha J.D., 2010.** Synergistic Antibacterial Activity of Fig (*Ficus carica*) Leaves Extract Against Clinical Isolates of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 38, No. 4, 405–413.

**Lev-Yadun S., Ne’eman G., Abbo S.et Flaishman M.A, 2006.** Comment on “Early domesticated fig in the Jordan Valley”. *Science* 314:1683.

**Li H.B., Cheng K.W., Wong C.C., Fan K.W., chen F.et Tian Y.,2007.** Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. *Food Chemistry*, 102:771-776.

**Linné C V., 1744.** *Systema naturae*, Paris, David, p. 96.

**López B., G et Guzmán., 2007.** Catálogo de variedades locales de higuera (*Ficus carica* L.) de la Sierra de la Contraviesa (Granada). Consorcio Centro de Investigación y Formación en Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural, Granada, Spain.

**López-Corrales M., Gil M., Pérez F., Cortés J., Serradilla M.J. et Chome PM., 2011.** Variedades de higuera: descripción y registro de variedades. Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino, Madrid. <http://www.magrama.gob.es/>

**Luthria D.L. et Mukahapadhyay S., 2006.** Influence of sample preparation on Assay of phenolic acids from eggplant. *Agric. Food. Chem.*, 54: 41-47.

*M*

**Machado C.A., Jouselin E., Kjellberg F., Compton S .G. Y., Herre E.A., 2001.** Phylogenetic relationships, historical biogeography and character evolution of fig pollinating wasps. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 268:685-694.

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

**Maiorano, J.A., Antunes, L.E.C., Regina, M.A., Abrahão, E.; Pereira, A.F., 1997.** Botânica e caracterização de cultivares da figueira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.18, n.188, p.22-24.

**Marrelli M., Menichini F., Statti G.A., Bonesi M., Duez P., Menichini F. et al., 2012.** Changes in the phenolic and lipophilic composition, in the enzyme inhibition and antiproliferative activity of *Ficus carica* L. cultivar Dottato fruits during maturation. *Food Chem Toxicol*, 50:726–33.

**Marrelli M., Menichini F., Statti G.A., Bonesi M., Duez P., Menichini F. et Conforti F., 2012.** Changes in the phenolic and lipophilic composition, in the enzyme inhibition and antiproliferative activity of *Ficus carica* L. cultivar Dottato fruits during maturation. *Food Chem Toxicol*, 50:726–33, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.12.025>.

**Mars M., 2003.** Fig (*Ficus carica* L.). Genetic resources and breeding. *Acta Hort.*, 605: 19-27. MARS M., T.

**Mars M., Chatti K. et Saddoud O., 2008.** Fig cultivation and genetic resources in Tunisia, an overview. *Pro. IIIrd IS on fig. Acta Horticulturae*, 798:27-32.

**Martin L. et Gendron A., 2004.** Méthodes statistiques appliquées à la psychologie: traitement de données avec Excel. Trois-Rivières: SMG

**Mauri N., 1939.** Les figuier cultivés en Kabylie. Contribution à leur détermination et étalonnage. *Documents et renseignements agricoles, bulletin N° 5*, Alger. 64p.

**Mauri N., 1944.** Les figuiers cultivés en Algérie. Document et renseignements agricoles, *Bulletin N° 6*, 39 P.

**Mauri N., 1952.** Les figuier cultivée en Algérie. Documents et renseignements agricoles, *bulletin N° 105*, Alger. 57p.

**McLeish M. J. and Van Noort S., 2012.** Codivergence and multiple host species use by fig wasp populations of the *Ficus* pollination mutualism. *BMC evolutionary biology*, 12(1): 1.

**Medeiros, Antônio Roberto Marchese de., 2002.** Figueira (*Ficus carica* L.) do Plantio ao Processamento Caseiro. *Circular Técnica n° 35*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.

**Mehmood A., Jaskani M.J., Ahmad S. et Ahmad R., 2013.** Evaluation of genetic diversity in open pollinated guava by iPBS primers Pak J Agri Sci 50:591-597.

**Melgarejo M.P., 2000.** Tratado de Fruticultura para Zonas Áridas y Semiáridas. Vol I. Ediciones Madrid Vicente y MundiPrensa. Madrid, España.

**Meneghetti, F., 2006.** Colheita das antigas. *Revista Terra*. São Paulo: Editora Peixes, p.16.

**Merken H.M. et Beecher G.R., 2000.** Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review. *J Agric Food Chem*, 48 (3): 577-99.

**Middleton E. et Kandaswami C., 1992.** Effects of flavonoids on immune and inflammatory cell function. *Biochemical Pharmacology*, 43:1167-1179.

**Milane H. , 2004.** La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère prooxydant ou capteurs de radicaux libres ; études et applications thérapeutiques. Thèse de doctorat en Sciences Domaine : Pharmacochimie, Université Louis Pasteur Strasbourg.

**Mi-Ran J., Hye-Young K. and Jeong-Dan C., 2009.** Antimicrobial Activity of Methanol Extract from *Ficus carica* Leaves Against Oral Bacteria *Journal of Bacteriology and Virology*. 39(2): 97 – 102.

**Miura Y., Kondo K., Saito T., Shimada H. et Fraser P.D., 1998.** Misawa N. Production of carotenoids lycopene, 13-carotene and astaxanthin in the food yeast *Gandida of utilis*. *Appl Environ Microbiol*, 64:1226.

**Monteith J.L. et Elston J., 1996.** Climatic constraints on crop production. In: FOWDEN, L.; MANSFIELD, T.; STODDART, J. (Ed.). *Plant adaptation to environmental stress*. London: Chapman & Hall, p.3-18.

**Morton J., 1987.** Fig, p. 47-50. In: *Fruits of warm climates*. Julia F. Morton, Miami, fLo.

**Moulet O., Fossati D., Mascher F. et Schori A., 2008.** Les marqueurs moléculaires comme outils dans la sélection des céréales. *Revue suisse Agric*.40 (3):133\_138.

**Murayama S.,1984.** *Fruticultura*. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 428 p.

*N*

**Neal J.J. et Wu D. 1994.** Inhibition of insect cytochromes P450 by furanocoumarins. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 50: 43-50.

**Neal M.C., 1965.** In Gardens of Hawaii. Bernice P. Bishop Museum, Special Publication Honolulu, HI, 40.

**Negrelle R. R. B. et Muraro D., 2006..** Aspectos fenológicos e reprodutivos de *Vriesea incurvata* Gaudich (Bromeliaceae). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, v. 28, n. 2, p. 95-102.



**Odong T., Van Heerwaarden J., Jansen J., van Hintum T. et Van Eeuwijk F., 2011.** Determination of genetic structure of germplasm collections: are traditional hierarchical clustering methods appropriate for molecular marker data? *Theoretical and applied genetics* 123:195-205.

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

**Oliveira A.P., Valentao P., Pereira J.A., Silva B.M., Tavares F. et Andrade P.B., 2009.** *Ficus carica* L.: metabolic and biological screening. *Food Chem. Toxicol.*, 47: 2841-2846.

**Otero J.T., Ackerman J.D. et Bayman P., 2002.** Diversity and host specificity of endophytic Rhizoctonia-like fungi from tropical orchids. *American Journal of Botany*, 89, 1852–1858.

**Oukabli A. et Mamouni A., 2008.** Fiche Technique figuier (*Ficus carica*), installation et conduite technique de la culture, Institut de la recherche agronomique, Maroc.

**Oukabli A., Mamouni A., Laghezali M., Khadari B., Roger J. P., Kjellberg F., et Ater, M., 2003.** Genetic variability in Moroccan fig cultivars (*Ficus carica* L.) based on morphological and pomological data. *Acta Horticulturae*, 605:311-318.

**Oukabli A., Mamouni A., Laghezali R., Khadari B., Roger J.P., Kjellberg F. et Ater M., 2002.** Genetic variability in Moroccan fig cultivars (*Ficus carica*) based on morphological and pomological data. *Acta Hortic.*, 605:54-60.

**Owino W.O., Nakanao R., Yasutaka K. et Akisugu I., 2004.** Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Post Biol Technol* 32:67–77.



**Padilla M., 2003.** Alimentation méditerranéenne et héritage. 2 ème Conférence Méditerranéenne pour la Coopération Agricole. CIHEAM/NAGREF/INRA.

**Papadopoulou K., Ehaliotis C., Tourna M., Kastanis P., Karydis I. et Zervakis G., 2002.** Genetic relatedness among dioecious (*Ficus carica* L.) cultivars by random amplified polymorphic DNA analysis, and evaluation of agronomic and morphological characters. *Genetica*.;114:183-194.

**Papadopoulou K., Ehaliotis C., Tourna M., Kastanis P., Karydis I. et Zervakis G., 2002.** Genetic relatedness among dioecious *Ficus carica* L. cultivars by random amplified polymorphic DNA analysis, and evaluation of agronomic and morphological characters. *Genetica* Kluwer Academic Publishers, 114: 183–194, 2002

**Parra Lerma J., 1996.** Estudio Fenológico de un Huerto de Higuera (*Ficus carica* L.) en el Ejido Francisco Villa, Municipio de Comundu, Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit.

**Patil V.V. et Patil V.R., 2011.** Evaluation of anti-inflammatory activity of *Ficus carica* Linn. leaves *Indian journal of natural products and resources* 2:151-155.

**PENTEADO S.R., FRANCO J.A.M.,1997.** Figo (*Ficus carica* L.). Manual técnico das culturas. Campinas: SAA/CATI/DCT. p. 127-139.

**Pereira C., Serradilla M.J., Martín A., Villalobos M.C., Pérez-Gragera F. et López-Corrales, M., 2015.** Agronomic behavior and quality of six cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae*, 185: 121-128.

**Pereira F. M.,1981.** Cultura da figueira. Piracicaba: Livroceres, p.73, 1981.

**Pereira F.M., Nachtigal J.C., 1999.** Botânica, Biologia e Cultivares de Figueira. In: Corrêa & Boliani (Eds.). Cultura da figueira – do plantio a comercialização. Ilha Solteira: FAPESP, p. 25-35.

**Perez Jiménez M., López B., Dorado G., Pujadas Salvá A., Guzmán G. et Hernandez P., 2012.** Analysis of genetic diversity of southern Spain fig tree (*Ficus carica* L.) and reference materials as a tool for breeding and conservation *Hereditas* 149:108-113.

**Pérez-Sánchez R., Morales-Corts M.R. et Gómez-Sánchez M.A., 2016.** Agromorphological diversity of traditional fig cultivars grown in Central-Western Spain. *Genetika.*, 48:533-546.

**Piga A., Agabbio M. and Farris G.A., 2003.** Dehydration performance of local fig cultivars. *Acta Hort.* 605: 241-245.

**Piga A., Del Caro A., Milella G., Pinna I., Vacca V. et Schirru S., 2008.** HPLC analysis of polyphenols in peel and pulp of fresh figs. *Acta Horticulturae*, 798, 301-306.

**Pineda Alonso D., Salucci M., Lazaro R., Naiani G. and Ferro-Luzzi A., 1999.** Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Rev Cuba Aliment Nutr* 13:104–111

**Price R.H. and White E.A., 1902.** The Fig. Bulletin No. 62. Agricultural Experimental Stations. College Station, Brazos Country.

**Pritchard J.K., Stephens M. et Donnelly P., 2000.** Inference of population structure using multilocus genotype data *Genetics* 155:945-959.



**Raddová J., Ptáčková H., Čechová J. et Ondrášek I., 2013.** Genetic analysis of the genus *Diospyros* ssp. using RAPD and i-PBS methods *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 60:205-216.

**Radhouane L., 2004.** Étude de la variabilité morpho-phénologique chez *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. *Plant Genetic Resources Newsletter* 138: 18-22.

**Rashid K .I., Mahdi N .M., Alwan M .A. et Khalid L. B., 2014.** Antimicrobial activity of fig (*Ficus carica* Linn.) leaf extract as compared with latex extract against selected bacteria and fungi. *Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences*, 22 (5), 1620-1626.

**Rebour H., 1968.** Fruit méditerranéens autre que les agrumes. Ed. La maison rustique : pp 190-206.

**Redoyal L.M., Beltram M., Sauchó R. et Olmedo D.A., 2005.** Bioorganic and medicinal chemistry Letters. *Fitoterapia*, 15: 4447-4450.

**Renfrew J. M., 1973.** *Palaeoethnobotany: the prehistoric food plants of the Near East and Europe.* New York, Columbia University Press

**Ribechini E., Pérez-Arantegui J. et Colombini M.P. 2011.** Gas chromatography/mass spectrometry and pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry for the chemical characterisation of modern and archaeological figs (*Ficus carica*). *J Chromatogr A*; 1218 (25): 3915-22.

**Ribereau-Gayon P.,1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Paris: Dunod

**Ribechini E., Pérez-Arantegui J., Colombini M.P., 2011.** Gas chromatography/mass spectrometry and pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry for the chemical characterisation of modern and archaeological figs (*Ficus carica*). *J Chromatogr A*; 1218 (25): 3915-22.

**Rizk A.M.,1982.** Constituents of plants growing in Qatar. I. A chemical survey of sixty plants. *Fitoterapia.*, 52, 35-44.

**Roberts J., 2001.** *The Origins of Fruits and Vegetables*. New York: Universe publishing, 228p.

**Rohlf F.J., 1988.** NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system Exeter Publishing Ltd, New York.

**Ronsted N., Weiblen G.D., Cook J.M., Salamin N., Machado C.A. and Savolainen V., 2005.** 60 million years of codivergence in the fig-wasp symbiosis. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 272: 2593–2599

**Ross J.A. et Kasum C.M., 2002.** Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Review of Nutrition.*, 22:19-34. doi: 10.1146/annurev. nutr.22.111401.144957

**Rottoli M. et Pessina A., 2007.** Neolithic agriculture in Italy: an update of archaeobotanical data with particular emphasis on northern settlements. In: Colledge S, Conolly J (eds.). *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. Walnut Creek: Left Coast Press, p.141-53.

**Ruane J., Sonnino A., 2007.** Markers-assisted selection as a tool for genetic improvement of crops, livestock, forestry and fish in developing countries an overview of the issues. In : Guinar?es , C P, Ruane, J., Scherf, B.D., Sonnino, A., and Dargie, J.D.(eds)Marker-assisted selection: current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish, pp-3-13,FAO, Rome.

**Rubnov S., Kashman Y., Rabinowitz R., Schlesinger M. et Mechoulam R., 2001 .** Suppressor of cancer cell proliferation from fig (*Ficus carica*) resin: isolation and structure elucidation. J Nut. Prod, 64: 993-996.

**Rubnov S., Kashman Y., Rabinowitz R., Schlesinger M. et Mechoulam R., 2001.** Suppressors of cancer cell proliferation from fig (*Ficus carica*) resin: isolation and structure elucidation. J. Nat. Prod.; 64: 993-6.

**Ryu S.N., Park SZ. et Ho C.T.,1998.** High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. J Food Drug Anal, 6: 729-736.



**Sabot F. and Schulman A.H., 2006.** Parasitism and the retrotransposon life cycle in plants: a hitchhiker's guide to the genome. Heredity 97: 381-388.

**Saddoud O., Salhi-Hannachi A., Chatti K., Rhouma A., Mars M., Marrakchi M., and Trifi M., 2005.** Tunisian Fig (*Ficus carica* L.) genetic diversity and cultivars identification mediated by microsatellites markers. Fruits 60 (2): 143–153.

**Saddoud O., G. Baraket, K. Chatti, M. Trifi, M. Marrakchi, A. Salhi-Hannachi, M. Mars., 2008.** Morphological variability of fig (*Ficus carica* L.) cultivars. Int. J. Fruit Sci., 8: 35-41.

**Saddoud O., G. Baraket, K. Chatti, M. Trifi, M. Marrakchi, M. Mars, A. Salhi-Hannachi ., 2011.** Using morphological characters and simple sequence repeat (SSR) markers to characterize Tunisian fig (*Ficus carica* L.) cultivars. Acta Biol. Crac., 53: 7-14.

**Şahin N., Aksoy U., Urel N. ve Ozkan R., 1994.** Ege Bölgesi Koşullarına Uygun Sofralık İncir Seleksiyonu Uygulama Sonuç Projesi. Erbeyli İncir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İncirliova-Aydın, Turkey.

**Salhi-Hannachi A., Chatti K., Saddoud O., Mars M., Rhouma A., Marrakchi M. et Trifi M.,2006.** Genetic diversity of different Tunisian fig (*Ficus carica* L.) collections revealed by RAPD fingerprints Hereditas 143:15-22.

**Salhi-Hannachi A., Trifi M., Zehdi S., Hedfi J., Mars M., Rhouma A. et Marrakchi M., 2004.** Inter-simple sequence repeat fingerprints to assess genetic diversity in Tunisian fig (*Ficus carica* L.) germplasm Genetic Resources and Crop Evolution 51:269-275.

**Samouélian F., Gaudin V., and Boccara M., 2009.** Génétique moléculaire des plantes. Editions Quae, p208

**Scalver A., Manach C. et Morand C., 2005.** Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. Critical Review in Food Science and Nutrition, Massachusetts. V. 45, p. 287-306

**Schulman A.H., 2007.** Molecular markers to assess genetic diversity. Euphytica 158: 313-321.

**Sen F., Meyvacı K.B., Turanlı F. and Aksoy U., 2010.** Effects of short-term controlled atmosphere treatment at elevated temperature on dried fig fruit. *J. Stored Prod. Res.* 46: 28-33.

**Silva L.G., Lee I.S et Kinghorn D.A., 1998 .** Special problems with the extraction of plants. In: Methods in Biotechnology Vol 4. Natural product isolation. Cannell JPR (ed) Humana Press Inc., Totowa, New Jersey, USA, 329-363 doi: 10.1007/978-1-59259-256-2\_12.

**Simpson B. B. et ogorzaly, M. C., 1995.** *Economic Botany.* plants in our world. 2ed. new York: mcgraw-Hill, inc

**Singer C., Holmyard E.J. and Hall A.R., 1954.** A History of Technology. Vol. 1. Fall of Ancient Empires. Oxford Univ. Press, London.

**Smýkal P., Bačová-Kerteszová N., Kalendar R., Corander J., Schulman A.H. et Pavelek M., 2011 .** Genetic diversity of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) germplasm assessed by retrotransposon-based markers Theoretical and Applied Genetics 122:1385-1397.

**Sneller C., Miles J. et Hoyt J., 1997.** Agronomic performance of soybean plant introductions and their genetic similarity to elite lines Crop science 37:1595-1600.

**Sofowora A., 1993.** Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa. Spectrum Books Ltd, Ibadan, Nigeria, 191-289.

**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.). J Agric Food Chem, 54:7717-23 doi:[10.1021/jf060497h](https://doi.org/10.1021/jf060497h).

**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 and Food Chemistry, 54: 7717-7723.

**Soni N., Metha S., Satpathy G. et Gupta R.K., 2014.** Estimation of nutritional, Phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of dried fig (*Ficus carica*). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 3(2): 158-165.

**Starr F., Starr K. and Loope L., 2003.** *Ficus carica*, United States Geological Survey–Biological Resources Division, Haleakala Field Station, Hawaii.

**Stewart P., 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord ; Alger,59 :14

**Storey W.B., Enderud J.E., Saleeb W.F and Nauer E.M., 1977.** The Fig: Its Biology, History, Culture and Utilization. Jurupa Mountains Cultural Center, Riverside.

**Storey W.B.,1955.** Sex inheritance in figs. California Fig Institute. *Proc. Annu. Res. Conf.*, 9: 15–17.

**Storey W.B., 1975.** Figs, p. 568–588. In: J. Janick and J.N. Moore (eds.), Advances in fruit breeding. Purdue University Press, West Lafayette, IN.

**Stover E., Aradhya M., Ferguson L. et Crisosto C.H., 2007.** The fig: overview of an ancient fruit HortScience 42:1083-1087.

**Stover E., Aradhya M., Crisosto C. et Ferguson F., 2007.** Overview of the California fig industry and new interest in varieties for fresh fruit. Proc. California Plant and Soil Conference: Opportunities for California Agriculture, Sacramento, Calif. 169–175 pp.



**Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A. et Kumar S., 2013.** MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0 Molecular biology and evolution 30:2725-2729.

**Teixeira DM., Patão R.F., Coelho A.V. et Da Costa C.T., 2006.** Comparison between sample disruption methods and solid-liquid extraction (SLE) to extract phenolic compounds from *F. carica* leaves. J Chromatogr, 1103: 22-28. doi:10.1016/j.chroma.2005.11.047.

**Tiwari P., Kumar B., Kaur M., Kaur G. et Kaur H., 2011.** Phytochemical screening and extraction: a review. Int. Pharm. Scientia, 1, 98-106.

**Toribio F. and Montes P., 1996.** Variedades de la higuera. *Vida Rural* 27: 92-96.

**Trad M. B., Gaaliche M., Mars C. and Renard M.G.C., 2012.** Quality performance of 'Smyrna' type figs grown under Mediterranean conditions of Tunisia. *J. Ornament. Hort. Plants* 2:139-146.

**Trease E. et Evans W.C., 1987.** *Pharmacognosy Billiaire*. Ed. Tindall London. 13: 61-62.

**Trease G.E. et Evans W.C., 1989.** A textbook of Pharmacognosy. 13th ed. Bacilluere Tinal Ltd, London.

**Trichopoulou A., Vasilopoulou E., Georga K., Soukara S., Dilis V., 2006** .Traditional foods: Why and how to sustain them *Trends in Food Science & Technology* 17:498-504.

**Tupac Otero J. & Ackerman J.D., 2002.** Flower Style Length and Seed Production in Two Species of Ficus (Moraceae) in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 38(3-4): 249-251.

*U*

**Ucko p. J. et Dimbley g. W., 1969.** *The Domestication and Exploitation of Plants and Animals*. Chicago; new York: aldine; atherton, inc. 581p.

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

*V*

**Valizadeh M., Valdeyron G., Kjellberg F. and Ibrahim M., 1987.** *Acta Oecologica Plantarum*, 8: 143–154.

**Valero D. et Serrano M., 2010.** Fruit ripening. Postharvest biology and technology for preserving fruit quality. (pp. 4-47). CRC Press, Boca Raton, FL.

**Vallejo L. F., Giulianotti M.A., Houghten R.A. et Medina-Franco J.L., 2012.** Expanding the medicinally relevant chemical space with compound libraries. *Drug Discov Today*. 17(13-14):718-26. doi: 10.1016/j.drudis.2012.04.001.

**Vallejo F., Marín J.G. et Tomás-Barberán F.A., 2012.** Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). *Food Chemistry*, 130: 485-492.

**Van Wyk B. E., 2005.** *Food Plants of the World*. an illustrated guide. portland: timber press,. 480p.

**Varadarajan P., Rathinaswamy G., Rangasamy D.et Asirvatahm D., 2008.** Antimicrobial properties and phytochemical constituents of *Rheo discolor Hance*. Ethnobotanical Leaflet, 12: 841–845 <http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1149&context=eb.l>

**Vavilov N. I.,1951.** *The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants*. New York: the ronald press Company, 1951.

**Vaya J. et Mahmood S., 2006.** Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L.), carob (*Ceratonia siliqua* L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). Biofactors, 28:169-175 <https://doi.org/10.1002/biof.5520280303>.

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

**Veberic R., Jakopic J. et Stampar F., 2008a.** Internal fruit quality of figs (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. Italian Journal of Food Science, 20: 255- 262.

**Vidaud J., 1997 .** Le figuier monographie du CTIFL (centre technique Interprofessionnel des fruits et légumes), 267p.

**Vinson J.A, Hao Y., Su X. et Zubik L., 1998.** Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. J Agric Food Chem, 46:3630–4.

**Vinson J.A., Zuhik L., Bose P., Samman N. et Proch J., 2005.** Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. J Amer College Nutr, 24:44–50.

*W*

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

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

**Watson L., et Dallwitz M.J., 2004.** The families of flowering plants: Descriptions, illustratious, identification and information retrieval. <http://biodiversity.uno.edu/delta>.

**Weber J. L., 1990.** Human DNA polymorphisms and method of analysis. *Curr. Opin. Biotechnol.* 1:166–171.

**Wright R., 1934.** *The History of Gardening.* From the hanging gardens of Babylon to the hanging gardens of New York. New York: Dodd, mead & Company.

## X

**Xanthopoulos G., Yanniotis S. and Lambrinos G., 2010.** Study of the drying behavior in peeled and unpeeled whole figs. *J. Food Eng.* 97: 419-424.

## Z

**Zavodna M., Arens P., Van Dijk P.J, et Vosman B., 2005.** Development and characterization of microsatellite markers for two dioecious *Ficus* species *Molecular Ecology Notes* 5:355-357.

**Zhang K. et Jiang R., 2006.** Pharmacological study of *Ficus carica*. *Zhongguo LinchuangKangfu* 10: 226–8.

**Zhukovsky P.M., 1962.** Cultivated plants and their relatives (abridged translation by Hudson PS) England: Commonwealth Agricultural Bureaux.

**Zigo A. and Stampar F., 1995.** Characterization of isozymes variation in common fig (*Ficus carica* L.), Research,. Reports biotechnical faculty of the University of Ljubljana, 65, p. 97-102.

**Zohary D. and Spiegel-Roy P., 1975.** Beginnings of fruit growing in the old world, *Science*, 187: 319-327.

**Zohary D. et Hopf M.,2004.** *Domestication of Plants in the Old World: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley.* New York: Oxford University Press,. 316p.

# *Annezes*



**Annexe 1: Résultats de l'analyse descriptive de l'ensemble des caractères quantitatifs mesurés pour les trois ans d'études**

Variétés	N°	Feuilles					Fruits					
		LP	LL	LLC	LLC/LL	LP/LL	PF	LF	IF	RLL	HC	DO
<i>Albo</i>	2012	5,86	17,73	11,36	0,64	0,33	32,33	3,90	0,87	0,58	0,67	0,67
	2013	5,79	17,62	10,86	0,62	0,33	32,85	3,54	4,07	0,88	0,40	0,67
	2014	6,28	17,21	9,81	0,58	0,37	54,09	5,57	4,97	1,13	0,69	0,85
	Moy	5,98	17,52	10,67	0,61	0,34	39,76	4,34	3,30	0,86	0,59	0,73
	S	0,15	0,16	0,43	0,02	0,01	9,56	0,82	1,62	0,19	0,12	0,08
	CV	<b>0,25</b>	<b>0,09</b>	<b>0,41</b>	<b>0,26</b>	<b>0,36</b>	<b>24,03</b>	<b>19,03</b>	<b>49,15</b>	<b>21,96</b>	<b>20,88</b>	<b>11,13</b>
<i>Celeste</i>	2012	5,88	16,52	10,15	0,62	0,35	19,00	3,49	3,09	1,12	0,69	0,54
	2013	5,05	14,28	9,24	0,65	0,35	25,70	4,47	3,41	1,31	1,11	0,62
	2014	6,13	16,21	10,01	0,62	0,38	19,14	3,35	3,28	1,03	0,77	0,50
	Moy	5,68	15,67	9,80	0,63	0,36	21,28	3,77	3,26	1,15	0,85	0,55
	S	0,32	0,70	0,28	0,01	0,01	2,95	0,47	0,12	0,11	0,17	0,04
	CV	<b>5,59</b>	<b>4,44</b>	<b>2,87</b>	<b>1,47</b>	<b>2,26</b>	<b>13,87</b>	<b>12,35</b>	<b>3,56</b>	<b>9,26</b>	<b>19,83</b>	<b>8,03</b>
<i>Cavaliere</i>	2012	6,34	18,79	10,18	0,54	0,34	19,14	3,21	1,05	0,57	0,56	0,56
	2013	6,39	19,64	12,40	0,63	0,33	16,87	3,16	3,12	1,02	0,84	0,52
	2014	5,94	18,77	13,22	0,70	0,31	36,95	5,33	4,36	1,23	0,68	0,73
	Moy	6,22	19,06	11,93	0,63	0,33	24,32	3,90	2,84	0,94	0,69	0,60
	S	0,14	0,29	0,88	0,04	0,01	8,42	0,95	1,19	0,25	0,10	0,08
	CV	<b>2,32</b>	<b>1,50</b>	<b>7,36</b>	<b>6,64</b>	<b>1,89</b>	<b>34,63</b>	<b>24,42</b>	<b>42,02</b>	<b>26,38</b>	<b>13,78</b>	<b>13,78</b>
<i>Boule d'or</i>	2012	6,37	19,22	11,98	0,62	0,33	23,82	3,27	3,31	0,99	0,70	0,61
	2013	5,29	17,32	10,33	0,60	0,31	16,83	3,55	3,05	1,16	0,65	0,51
	2014	5,91	17,52	11,35	0,65	0,34	66,36	5,67	5,20	1,11	0,73	0,95
	Moy	5,86	18,02	11,22	0,62	0,33	35,67	4,16	3,86	1,09	0,70	0,69
	S	0,28	0,60	0,45	0,01	0,01	20,46	1,01	0,90	0,06	0,03	0,17
	CV	<b>4,83</b>	<b>3,33</b>	<b>3,97</b>	<b>2,22</b>	<b>3,03</b>	<b>57,36</b>	<b>24,19</b>	<b>23,24</b>	<b>5,87</b>	<b>4,04</b>	<b>25,07</b>
<i>Blanquette</i>	2012	6,20	17,12	10,04	0,59	0,36	2,72	2,70	1,00	0,56	0,48	0,48
	2013	4,21	16,46	11,36	0,69	0,25	9,32	2,49	2,33	1,07	0,43	0,44
	2014	5,49	16,27	10,05	0,61	0,34	11,18	2,45	2,60	0,95	0,59	0,43
	Moy	5,30	16,62	10,48	0,63	0,32	7,74	2,55	1,98	0,86	0,50	0,45
	S	0,55	0,25	0,44	0,03	0,03	3,35	0,10	0,65	0,20	0,06	0,02
	CV	<b>10,31</b>	<b>1,51</b>	<b>4,16</b>	<b>4,92</b>	<b>9,87</b>	<b>43,22</b>	<b>3,93</b>	<b>32,83</b>	<b>23,35</b>	<b>12,19</b>	<b>4,33</b>
<i>Blak dourou</i>	2012	7,00	18,19	10,34	0,57	0,39	3,22	3,31	0,98	0,52	0,61	0,61
	2013	6,87	17,50	11,15	0,64	0,39	29,27	4,16	4,07	1,02	0,36	0,53
	2014	8,42	15,92	9,43	0,60	0,55	24,32	3,64	3,94	0,93	0,46	0,70
	Moy	7,43	17,20	10,31	0,60	0,44	18,94	3,70	3,00	0,82	0,48	0,61
	S	0,50	0,64	0,44	0,02	0,05	10,48	0,30	1,35	0,20	0,09	0,06
	CV	<b>6,67</b>	<b>3,74</b>	<b>4,27</b>	<b>3,07</b>	<b>11,98</b>	<b>55,32</b>	<b>8,14</b>	<b>44,93</b>	<b>24,33</b>	<b>18,83</b>	<b>9,73</b>
<i>Bifer de tala amara</i>	2012	4,14	16,55	11,15	0,67	0,25	42,91	4,24	1,26	0,65	0,82	0,82
	2013	5,43	17,66	10,53	0,60	0,31	34,81	5,18	3,97	1,28	0,63	0,75
	2014	7,31	17,06	11,02	0,65	0,43	55,86	6,71	4,75	1,42	0,75	0,93
	Moy	5,63	17,09	10,90	0,64	0,33	44,53	5,37	3,33	1,12	0,74	0,83
	S	0,84	0,29	0,19	0,02	0,05	7,56	0,89	1,38	0,31	0,07	0,07
	CV	<b>14,94</b>	<b>1,68</b>	<b>1,70</b>	<b>3,25</b>	<b>15,17</b>	<b>16,97</b>	<b>16,56</b>	<b>41,35</b>	<b>27,62</b>	<b>9,25</b>	<b>7,95</b>
<i>Bakor blanc</i>	2012	6,93	18,89	10,55	0,56	0,37	25,32	3,65	0,85	0,54	0,70	0,70
	2013	5,39	17,61	11,01	0,63	0,31	25,67	3,13	3,60	0,87	0,54	0,70
	2014	6,95	18,95	10,63	0,56	0,37	57,73	5,64	5,08	1,12	0,65	0,93
	Moy	6,42	18,48	10,73	0,58	0,35	36,24	4,14	3,18	0,84	0,63	0,78
	S	0,52	0,44	0,14	0,02	0,02	14,33	1,00	1,55	0,20	0,06	0,10
	CV	<b>8,02</b>	<b>2,36</b>	<b>1,31</b>	<b>3,71</b>	<b>5,92</b>	<b>39,53</b>	<b>24,09</b>	<b>48,82</b>	<b>24,19</b>	<b>9,66</b>	<b>12,94</b>
<i>Avouacou</i>	2012	7,28	19,93	11,99	0,60	0,36	17,45	3,47	0,71	0,24	0,59	0,59
	2013	5,52	17,77	10,57	0,60	0,31	31,79	3,22	4,24	0,76	0,25	0,70
	2014	7,31	19,95	12,03	0,60	0,37	22,00	2,70	3,57	0,76	0,39	0,65
	Moy	6,70	19,21	11,53	0,60	0,35	23,75	3,13	2,84	0,59	0,41	0,65
	S	0,59	0,72	0,48	0,00	0,02	5,36	0,28	1,42	0,23	0,12	0,04
	CV	<b>8,83</b>	<b>3,77</b>	<b>4,16</b>	<b>0,35</b>	<b>5,45</b>	<b>22,58</b>	<b>9,10</b>	<b>49,96</b>	<b>39,77</b>	<b>28,75</b>	<b>6,22</b>

Variétés	N°	Feuilles					Fruits					
		LP	LL	LLC	LLC/LL	LP/LL	PF	LF	IF	RLL	HC	DO
<i>Alekak</i>	2012	6,07	17,35	10,18	0,59	0,35	26,18	3,05	3,88	0,78	0,70	0,66
	2013	5,19	15,42	9,93	0,64	0,34	27,86	3,18	4,10	0,78	0,66	0,67
	2014	6,14	17,41	10,25	0,59	0,35	27,64	3,15	3,94	0,81	0,66	0,59
	Moy	5,80	16,73	10,12	0,61	0,35	29,79	3,13	3,97	0,79	0,67	0,64
	S	0,31	0,65	0,10	0,02	0,01	2,72	0,05	0,09	0,01	0,02	0,03
	CV	<b>5,28</b>	<b>3,90</b>	<b>0,95</b>	<b>3,07</b>	<b>1,47</b>	<b>9,14</b>	<b>1,67</b>	<b>2,21</b>	<b>1,39</b>	<b>2,55</b>	<b>4,83</b>
<i>Abiarous</i>	2 012	6,43	19,14	11,44	0,60	0,34	26,64	3,55	1,04	0,91	0,53	0,53
	2 013	4,92	16,07	10,43	0,65	0,31	43,77	4,00	4,49	0,89	0,70	0,70
	2 014	6,41	19,15	11,43	0,60	0,34	39,82	4,13	4,09	1,01	0,68	0,56
	Moy	5,92	18,12	11,10	0,62	0,33	36,74	3,89	3,21	0,94	0,64	0,60
	S	0,50	1,02	0,34	0,02	0,01	6,74	0,23	1,45	0,05	0,07	0,07
	CV	<b>8,43</b>	<b>5,65</b>	<b>3,02</b>	<b>2,63</b>	<b>3,07</b>	<b>18,34</b>	<b>5,82</b>	<b>45,13</b>	<b>5,32</b>	<b>10,95</b>	<b>11,26</b>
<i>Fraga</i>	2012	7,61	19,47	12,49	0,64	0,39	27,35	3,58	1,00	0,54	0,69	0,69
	2013	6,31	18,07	11,24	0,62	0,35	24,87	3,24	3,63	0,89	0,43	0,80
	2014	6,99	18,33	11,45	0,63	0,38	36,14	4,10	4,27	0,96	0,60	0,89
	Moy	6,97	18,62	11,73	0,63	0,37	29,45	3,64	2,97	0,80	0,58	0,80
	S	0,33	0,42	0,38	0,01	0,01	4,46	0,30	1,31	0,17	0,10	0,07
	CV	<b>4,75</b>	<b>2,28</b>	<b>3,26</b>	<b>0,86</b>	<b>3,39</b>	<b>15,13</b>	<b>8,38</b>	<b>44,30</b>	<b>21,56</b>	<b>16,68</b>	<b>8,72</b>
<i>Gentille</i>	2012	6,38	17,87	11,01	0,62	0,36	21,18	3,18	0,99	0,46	0,54	0,54
	2013	6,19	17,93	11,01	0,61	0,34	19,27	3,15	3,39	0,93	0,64	0,53
	2014	6,56	18,98	11,51	0,61	0,35	23,23	3,28	3,36	0,98	0,43	0,57
	Moy	6,38	18,26	11,18	0,61	0,35	21,23	3,20	2,58	0,79	0,54	0,55
	S	0,10	0,36	0,17	0,00	0,00	1,33	0,05	1,06	0,22	0,07	0,02
	CV	<b>1,50</b>	<b>1,97</b>	<b>1,48</b>	<b>0,45</b>	<b>1,03</b>	<b>6,28</b>	<b>1,54</b>	<b>41,01</b>	<b>27,90</b>	<b>13,03</b>	<b>2,76</b>
<i>Hamri</i>	2012	6,74	16,97	10,23	0,60	0,40	20,82	3,12	1,08	0,46	0,56	0,56
	2013	7,05	16,62	10,71	0,64	0,43	30,21	4,61	3,60	1,28	0,38	0,55
	2014	7,21	17,38	10,54	0,61	0,42	21,73	3,84	3,33	1,16	0,38	0,53
	Moy	7,00	16,99	10,49	0,62	0,41	24,25	3,86	2,67	0,97	0,44	0,55
	S	0,13	0,19	0,13	0,01	0,01	3,97	0,50	1,06	0,34	0,08	0,01
	CV	<b>1,89</b>	<b>1,14</b>	<b>1,24</b>	<b>2,13</b>	<b>1,87</b>	<b>16,38</b>	<b>13,02</b>	<b>39,67</b>	<b>34,75</b>	<b>17,99</b>	<b>1,72</b>
<i>Karout</i>	2012	6,35	19,29	12,27	0,64	0,33	34,03	4,19	0,85	0,57	1,11	1,11
	2013	6,11	18,38	12,26	0,67	0,33	33,26	3,47	4,19	0,84	0,41	0,92
	2014	5,95	19,51	12,22	0,63	0,31	34,03	3,40	4,12	0,83	0,49	1,08
	Moy	6,13	19,06	12,25	0,64	0,32	33,77	3,69	3,05	0,75	0,67	1,04
	S	0,11	0,34	0,01	0,01	0,01	0,34	0,33	1,47	0,12	0,29	0,08
	CV	<b>1,73</b>	<b>1,79</b>	<b>0,12</b>	<b>1,83</b>	<b>2,63</b>	<b>1,00</b>	<b>9,02</b>	<b>48,19</b>	<b>15,69</b>	<b>43,79</b>	<b>7,51</b>
<i>Roudane</i>	2012	5,43	17,42	9,64	0,56	0,31	25,90	3,40	3,60	0,95	0,50	0,65
	2013	5,67	17,50	9,41	0,54	0,32	28,86	3,78	3,80	0,99	0,48	0,58
	2014	6,24	16,40	8,14	0,49	0,38	23,27	3,19	3,76	0,86	0,41	0,68
	Moy	5,78	17,11	9,06	0,53	0,34	26,01	3,45	3,72	0,93	0,46	0,64
	S	0,23	0,35	0,46	0,02	0,02	1,90	0,21	0,08	0,05	0,04	0,04
	CV	<b>3,97</b>	<b>2,07</b>	<b>5,11</b>	<b>3,49</b>	<b>6,49</b>	<b>7,32</b>	<b>6,19</b>	<b>2,22</b>	<b>5,40</b>	<b>7,76</b>	<b>5,58</b>
<i>Taranimt</i>	2012	5,78	17,31	9,39	0,54	0,34	27,68	3,37	3,65	0,94	0,66	0,70
	2013	5,68	16,97	9,87	0,58	0,34	35,28	3,95	4,19	0,95	0,44	0,70
	2014	6,34	17,92	10,25	0,57	0,35	27,18	3,39	3,75	0,92	0,62	0,67
	Moy	5,93	17,40	9,84	0,56	0,34	30,05	3,57	3,86	0,93	0,57	0,69
	S	0,20	0,26	0,22	0,01	0,01	2,62	0,19	0,16	0,01	0,07	0,01
	CV	<b>3,39</b>	<b>1,50</b>	<b>2,27</b>	<b>1,96</b>	<b>1,77</b>	<b>8,71</b>	<b>5,29</b>	<b>4,18</b>	<b>0,78</b>	<b>11,76</b>	<b>1,41</b>
<i>Tameriout</i>	2012	5,74	19,31	13,14	0,68	0,30	22,95	3,71	2,92	1,27	0,70	0,71
	2013	5,71	20,00	13,55	0,67	0,29	15,09	3,83	2,78	1,42	0,30	0,49
	2014	6,02	18,92	13,43	0,71	0,31	18,99	3,76	2,92	1,31	0,52	0,60
	Moy	5,82	19,41	13,37	0,69	0,30	19,01	3,77	2,87	1,34	0,51	0,60
	S	0,10	0,30	0,12	0,01	0,01	1,97	0,03	0,05	0,04	0,10	0,06
	CV	<b>1,68</b>	<b>1,52</b>	<b>0,87</b>	<b>1,54</b>	<b>2,53</b>	<b>10,37</b>	<b>0,86</b>	<b>1,61</b>	<b>3,29</b>	<b>20,61</b>	<b>9,27</b>
<i>Verbale</i>	2012	6,83	16,70	10,32	0,62	0,41	20,95	4,18	3,10	1,33	0,70	0,53
	2013	5,99	16,32	10,67	0,65	0,37	29,43	4,66	3,58	1,30	1,17	0,57
	2014	6,13	16,27	10,07	0,62	0,38	20,27	3,83	3,34	1,15	0,74	0,55
	Moy	6,32	16,43	10,35	0,63	0,38	23,55	4,22	3,34	1,26	0,87	0,55
	S	0,26	0,13	0,16	0,01	0,01	2,94	0,22	0,12	0,05	0,15	0,01
	CV	<b>4,06</b>	<b>0,82</b>	<b>1,53</b>	<b>1,66</b>	<b>3,07</b>	<b>12,48</b>	<b>5,12</b>	<b>3,61</b>	<b>4,28</b>	<b>17,35</b>	<b>1,99</b>

Variétés	N°	Feuilles					Fruits					
		LP	LL	LLC	LLC/LL	LP/LL	PF	LF	IF	RLL	HC	DO
<b>Zreka</b>	2012	6,01	18,71	10,08	0,54	0,32	37,59	3,44	4,16	0,83	0,64	0,78
	2013	6,61	18,56	10,79	0,58	0,36	45,67	5,55	4,25	1,32	1,28	0,71
	2014	6,48	17,24	10,00	0,59	0,38	54,71	5,21	5,08	1,03	0,68	0,83
	Moy	6,37	18,17	10,29	0,57	0,35	45,99	4,74	4,50	1,06	0,87	0,77
	S	0,18	0,47	0,25	0,02	0,02	4,36	0,65	0,29	0,13	0,21	0,03
	CV	<b>2,79</b>	<b>2,56</b>	<b>2,42</b>	<b>2,78</b>	<b>4,41</b>	<b>9,48</b>	<b>13,67</b>	<b>6,50</b>	<b>12,19</b>	<b>23,98</b>	<b>4,31</b>
<b>El fessi</b>	2012	6,75	18,59	11,01	0,59	0,36	28,18	4,03	3,67	1,10	0,51	0,68
	2013	6,53	18,99	11,99	0,63	0,34	47,84	5,27	4,55	1,16	0,46	0,87
	2014	7,02	19,01	10,79	0,57	0,37	30,64	4,21	3,77	1,11	0,47	0,71
	Moy	6,77	18,86	11,26	0,60	0,36	35,55	4,50	4,00	1,13	0,48	0,75
	S	0,13	0,14	0,36	0,02	0,01	6,14	0,38	0,28	0,02	0,02	0,06
	CV	<b>1,90</b>	<b>0,72</b>	<b>3,21</b>	<b>2,96</b>	<b>2,17</b>	<b>17,28</b>	<b>8,52</b>	<b>6,93</b>	<b>1,51</b>	<b>3,17</b>	<b>7,72</b>
<b>Bezoul et khadem</b>	2012	7,20	19,17	10,72	0,56	0,37	33,50	5,50	3,73	1,48	0,59	0,57
	2013	7,34	19,34	11,56	0,60	0,38	25,78	5,29	3,20	1,70	0,85	0,58
	2014	6,69	17,09	9,00	0,52	0,40	34,59	5,10	3,93	1,31	0,45	0,66
	Moy	7,08	18,53	10,43	0,56	0,38	31,29	5,29	3,62	1,49	0,63	0,60
	S	0,19	0,72	0,72	0,02	0,01	3,67	0,14	0,28	0,14	0,15	0,04
	CV	<b>2,75</b>	<b>3,90</b>	<b>6,87</b>	<b>3,38</b>	<b>1,60</b>	<b>11,74</b>	<b>2,59</b>	<b>7,81</b>	<b>9,09</b>	<b>23,40</b>	<b>6,48</b>

## Annexe 2: Résultats de l'analyse de la variance et la corrélation pour les caractères morphologiques quantitatifs

ANOVA à 1 facteur						
		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
<b>LP</b>	Inter-groupes	925,857	21	44,088	29,352	,000
	Intra-groupes	4923,749	3278	1,502		
	Total	5849,606	3299			
<b>LL</b>	Inter-groupes	3308,916	21	157,567	40,130	,000
	Intra-groupes	12870,872	3278	3,926		
	Total	16179,787	3299			
<b>LLC</b>	Inter-groupes	2718,516	21	129,453	49,028	,000
	Intra-groupes	8652,482	3277	2,640		
	Total	11370,999	3298			
<b>LLC / LL</b>	Inter-groupes	3,498	21	,167	34,812	,000
	Intra-groupes	15,685	3278	,005		
	Total	19,184	3299			
<b>LP / LL</b>	Inter-groupes	3,351	21	,160	39,142	,000
	Intra-groupes	13,365	3278	,004		
	Total	16,716	3299			

Corrélations							
		variété	LP	LL	LLC	LLC / LL	LP / LL
variété	Corrélation de Pearson	1	,093**	,070**	,000	-,080**	,060**
	Sig. (bilatérale)		,000	,000	,981	,000	,001
	N	3300	3300	3300	3299	3300	3300
LP	Corrélation de Pearson	,093**	1	,477**	,265**	-,109**	,792**
	Sig. (bilatérale)	,000		,000	,000	,000	,000
	N	3300	3300	3300	3299	3300	3300
LL	Corrélation de Pearson	,070**	,477**	1	,717**	-,036*	-,131**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000		,000	,040	,000
	N	3300	3300	3300	3299	3300	3300
LLC	Corrélation de Pearson	,000	,265**	,717**	1	,659**	-,166**
	Sig. (bilatérale)	,981	,000	,000		,000	,000
	N	3299	3299	3299	3299	3299	3299
LLC / LL	Corrélation de Pearson	-,080**	-,109**	-,036*	,659**	1	-,067**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,040	,000		,000
	N	3300	3300	3300	3299	3300	3300
LP / LL	Corrélation de Pearson	,060**	,792**	-,131**	-,166**	-,067**	1
	Sig. (bilatérale)	,001	,000	,000	,000	,000	
	N	3300	3300	3300	3299	3300	3300

ANOVA à 1 facteur						
		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
P	Inter-groupes	104017,769	21	4953,227	32,934	,000
	Intra-groupes	215068,527	1430	150,398		
	Total	319086,295	1451			
Long	Inter-groupes	763,071	21	36,337	49,983	,000
	Intra-groupes	1039,578	1430	,727		
	Total	1802,650	1451			
Larg	Inter-groupes	314,931	21	14,997	40,510	,000
	Intra-groupes	529,389	1430	,370		
	Total	844,320	1451			
Long/Larg	Inter-groupes	47,122	21	2,244	79,037	,000
	Intra-groupes	40,599	1430	,028		
	Total	87,721	1451			
HC	Inter-groupes	33,655	21	1,603	14,296	,000
	Intra-groupes	160,194	1429	,112		
	Total	193,850	1450			
DO	Inter-groupes	22,758	21	1,084	43,255	,000
	Intra-groupes	35,828	1430	,025		
	Total	58,586	1451			

Corrélations								
		var	P	Long	Larg	Long/Larg	HC	DO
<b>var</b>	Corrélation de Pearson	1	,020	,209**	-,064*	,353**	,007	,052*
	Sig. (bilatérale)		,438	,000	,014	,000	,777	,047
	N	1452	1452	1452	1452	1452	1451	1452
<b>P</b>	Corrélation de Pearson	,020	1	,732**	,905**	,072**	,165**	,629**
	Sig. (bilatérale)	,438		,000	,000	,006	,000	,000
	N	1452	1452	1452	1452	1452	1451	1452
<b>Long</b>	Corrélation de Pearson	,209**	,732**	1	,609**	,654**	,266**	,374**
	Sig. (bilatérale)	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	N	1452	1452	1452	1452	1452	1451	1452
<b>Larg</b>	Corrélation de Pearson	-,064*	,905**	,609**	1	-,171**	,105**	,644**
	Sig. (bilatérale)	,014	,000	,000		,000	,000	,000
	N	1452	1452	1452	1452	1452	1451	1452
<b>Long/Larg</b>	Corrélation de Pearson	,353**	,072**	,654**	-,171**	1	,202**	-,119**
	Sig. (bilatérale)	,000	,006	,000	,000		,000	,000
	N	1452	1452	1452	1452	1452	1451	1452
<b>HC</b>	Corrélation de Pearson	,007	,165**	,266**	,105**	,202**	1	,055*
	Sig. (bilatérale)	,777	,000	,000	,000	,000		,035
	N	1451	1451	1451	1451	1451	1451	1451
<b>DO</b>	Corrélation de Pearson	,052*	,629**	,374**	,644**	-,119**	,055*	1
	Sig. (bilatérale)	,047	,000	,000	,000	,000	,035	
	N	1452	1452	1452	1452	1452	1451	1452

### Annexe 3: Résultats de l'analyse de la corrélation pour les caractères morphologiques quantitatifs et les données climatiques

	Année	PF	LF	IF	L/I	HC	DO	LP	LL	LLC	LLC/LL	LP/LL	Tmin	Tmax	P	H	V
Année	1																
PF	,344	1															
LF	,589	,961	1														
IF	,200	,989	,909	1													
L/I	-,399	-,998*	-,976	-,978	1												
HC	-,740	-,886	-,980	-,807	,912	1											
DO	-,204	,849	,671	,919	-,816	-,508	1										
LP	,345	-,763	-,555	-,851	,723	,376	-,989	1									
LL	-,600	-,958	-1,000**	-,904	,973	,982	-,661	,544	1								
LLC	-,604	,541	,289	,661	-,490	-,090	,904	-,957	-,276	1							
LLC/LL	,218	,991	,917	1,000*	-,982	-,818	,911	-,841	-,912	,647	1						
LP/LL	,661	-,477	-,217	-,603	,424	,016	-,869	,932	,204	-,997*	-,588	1					
Tmin	,467	-,670	-,440	-,773	,624	,250	-,961	,991	,428	-,987	-,762	,972	1				
Tmax	,310	-,787	-,586	-,870	,748	,411	-,994	,999*	,575	-,945	-,861	,918	,985	1			
P	,217	,991	,917	1,000*	-,982	-,817	,912	-,842	-,911	,648	1,000**	-,589	-,762	-,861	1		
H	-,684	,450	,187	,579	-,396	,014	,854	-,921	-,174	,995	,564	-1,000*	-,965	-,906	,564	1	
V	-,719	,406	,139	,538	-,350	,064	,827	-,901	-,125	,988	,522	-,997	-,950	-,884	,523	,999*	1

#### Annexe 4 : Détermination de la concentration d'ADN des différents échantillons étudiés

Accession	Ci (ng/ul)	DO260	DO280	Ratio (DO260 / DO280 )	Ratio (260/ 230)	Volume pour (200ng ADN)	Volume H2O
E1	476,97	9,539	4,544	2,1	1,07	2,096568	197,9034
E2	789,69	15,794	7,471	2,11	1,18	1,26632	198,7337
E3	413,17	8,263	3,932	2,1	0,98	2,420311	197,5797
E4	789,05	15,781	7,476	2,11	1,19	1,267347	198,7327
E5	989,28	19,786	9,287	2,13	1,29	1,010836	198,9892
E6	998,34	19,967	9,397	2,12	1,32	1,001663	198,9983
E7	817,63	16,353	7,668	2,13	1,19	1,223047	198,777
E8	836,18	16,724	7,883	2,12	1,22	1,195915	198,8041
E9	985,07	19,701	9,235	2,13	1,32	1,015156	198,9848
E10	832,19	16,644	7,877	2,11	1,21	1,201649	198,7984
E11	761,85	15,237	7,163	2,13	1,15	1,312594	198,6874
E12	561,14	11,223	5,368	2,09	1,13	1,782086	198,2179
E13	1002,73	20,055	9,447	2,12	1,31	0,997277	199,0027
E14	814,14	16,283	7,72	2,11	1,18	1,22829	198,7717
E15	787,05	15,741	7,451	2,11	1,15	1,270567	198,7294
A1	790,1	15,802	8,527	1,85	1,13	1,265663	198,7343
A2	736,19	14,724	7,781	1,89	1,11	1,358345	198,6417
A3	448,55	8,971	6,107	1,47	1,15	2,229406	197,7706
A4	437,06	8,741	4,674	1,87	0,96	2,288015	197,712
A5	766,11	15,322	9,85	1,56	0,9	1,305296	198,6947
A6	465,69	9,314	6,719	1,39	1,1	2,147351	197,8526
A7	917,31	18,346	9,655	1,9	1,24	1,090144	198,9099
A8	456,78	9,776	5,359	1,87	1,04	2,189238	197,8108
A9	461,73	9,235	4,863	1,9	1,01	2,165768	197,8342
A10	754,72	15,094	10,188	1,48	0,8	1,324995	198,675
A11	449,64	8,993	6,044	1,49	1,19	2,224001	197,776
A12	444,71	8,894	4,785	1,86	0,97	2,248656	197,7513
A13	514,24	10,285	5,555	1,85	1,04	1,944617	198,0554

<b>A14</b>	445,22	8,904	6,004	1,48	1,16	2,246081	197,7539
<b>A15</b>	488,79	9,776	5,349	1,83	1,03	2,045868	197,9541
<b>A16</b>	530,18	10,604	5,571	1,9	1,11	1,886152	198,1138
<b>A17</b>	525,16	10,503	5,614	1,87	1,07	1,904182	198,0958
<b>A18</b>	408,4	8,168	5,66	1,44	1,08	2,44858	197,5514
<b>A19</b>	509,95	10,199	5,382	1,9	1,07	1,960977	198,039
<b>A20</b>	350,06	7,001	5,044	1,39	0,98	2,856653	197,1433
<b>A21</b>	514,09	10,282	5,515	1,86	1,07	1,945185	198,0548
<b>A22</b>	776,78	15,536	9,883	1,57	0,9	1,287366	198,7126
<b>A23</b>	476,54	9,531	5,191	1,84	1,03	2,09846	197,9015
<b>A24</b>	722,84	14,457	7,697	1,88	1,04	1,383432	198,6166
<b>A25</b>	386,32	7,726	5,469	1,41	1,04	2,588528	197,4115
<b>A26</b>	849,78	16,996	10,763	1,58	0,91	1,176775	198,8232
<b>A27</b>	1030,57	20,611	12,548	1,64	1,01	0,970337	199,0297
<b>A28</b>	220,02	4,4	3,698	1,19	0,68	4,545041	195,455
<b>A29</b>	431,4	8,628	5,956	1,45	1,16	2,318034	197,682
<b>A30</b>	277,77	5,555	4,309	1,29	0,79	3,600101	196,3999
<b>A31</b>	448,52	8,97	6,09	1,47	1,11	2,229555	197,7704
<b>A32</b>	752,5	15,05	7,956	1,89	1,12	1,328904	198,6711
<b>A33</b>	244,26	4,885	4,021	1,21	0,72	4,093998	195,906
<b>A34</b>	474,8	9,496	6,432	1,48	1,11	2,10615	197,8939
<b>A35</b>	557,24	11,145	7,281	1,53	1,26	1,794559	198,2054
<b>A36</b>	407,28	8,146	5,65	1,44	1,12	2,455313	197,5447
<b>A37</b>	306,8	6,136	4,654	1,32	0,88	3,259452	196,7405
<b>A38</b>	756,79	15,136	7,943	1,91	1,11	1,321371	198,6786
<b>H1</b>	508,76	10,175	5,538	1,84	2,04	1,965563	198,0344
<b>H2</b>	401,88	8,038	4,376	1,84	2,09	2,488305	197,5117
<b>H3</b>	795,21	15,904	8,534	1,86	2,03	1,257529	198,7425
<b>H4</b>	388,63	7,773	4,259	1,82	2,06	2,573142	197,4269
<b>H5</b>	870,14	17,403	10,066	1,73	1,52	1,14924	198,8508

<b>H6</b>	741,7	14,834	8,071	1,84	1,9	1,348254	198,6517
<b>H7</b>	309,55	6,191	3,403	1,82	1,95	3,230496	196,7695
<b>H8</b>	406,03	8,121	4,454	1,82	2,04	2,462872	197,5371
<b>H9</b>	470,52	9,41	5,162	1,82	2,1	2,125308	197,8747
<b>H10</b>	233,56	4,671	2,552	1,83	2,1	4,281555	195,7184
<b>H11</b>	497,26	9,945	5,392	1,84	2,09	2,011102	197,989
<b>H12</b>	525,11	10,502	5,721	1,84	2,16	1,904363	198,0956
<b>H13</b>	968,49	19,37	10,34	1,87	2,04	1,032535	198,9675
<b>H14</b>	476,24	9,525	5,618	1,7	1,76	2,099782	197,9002
<b>H15</b>	351,41	7,028	3,83	1,83	2,14	2,845679	197,1543
<b>H16</b>	347,63	6,953	3,76	1,85	2,05	2,876622	197,1234
<b>H17</b>	420,29	8,406	4,605	1,83	2,03	2,37931	197,6207
<b>H18</b>	275,79	5,516	2,979	1,85	1,98	3,625947	196,3741
<b>H19</b>	277,68	5,554	3,071	1,81	2,09	3,601268	196,3987
<b>H20</b>	406,79	8,136	4,396	1,85	2,17	2,458271	197,5417
<b>H21</b>	217,24	4,345	2,385	1,82	2	4,603204	195,3968
<b>H22</b>	191,47	3,829	2,12	1,81	2,06	5,22275	194,7772
<b>H23</b>	197,25	3,945	2,201	1,79	1,85	5,069708	194,9303
<b>H24</b>	448,03	8,961	4,95	1,81	2,1	2,231993	197,768
<b>H25</b>	163,67	3,273	1,831	1,79	1,81	6,109855	193,8901
<b>H26</b>	140,28	2,806	1,561	1,8	1,8	7,1286	192,8714
<b>H27</b>	316,3	6,326	3,606	1,75	1,75	3,161555	196,8384
<b>H28</b>	295,48	5,91	3,306	1,79	1,97	3,384324	196,6157
<b>H29</b>	362,96	7,259	4,003	1,81	2,03	2,755125	197,2449
<b>H30</b>	175,4	3,508	1,932	1,82	1,89	5,701254	194,2987
<b>H31</b>	247,56	4,951	2,759	1,79	1,81	4,039425	195,9606
<b>H32</b>	453,16	9,063	5,116	1,77	1,84	2,206726	197,7933
<b>H33</b>	781,23	15,625	9,304	1,68	1,42	1,280033	198,72

## **Thème : Caractérisation morphologique, biologique et moléculaire de quelques variétés de figuier (*Ficus carica* L.)**

### **Résumé**

*Ficus carica* L. est l'une des premières espèces fruitières cultivées dans le monde, cette espèce a suivi une évolution agro-morphologique conduisant à une importante diversité répartie en deux morphotypes principaux selon l'usage de figes (fraîches et sèches). Cette étude porte sur la caractérisation morphologique, biochimique ainsi que moléculaire des cultivars testés. Les résultats ont dévoilé une importante variabilité phénotypique du patrimoine figuicole selon les descripteurs de l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et du CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (2003). L'étude morphologique a montré que les caractères du fruit semblent être plus discriminants que ceux de la feuille.

L'étude biochimique des cultivars testés en les caractérisant par un criblage phytochimique et une évaluation des activités antimicrobienne. L'évaluation préliminaire de la composition phytochimique des différentes parties traitées a permis de mettre en évidence la présence de quelques groupes chimiques. Nous avons démontré que le méthanol aqueux est le meilleur extracteur des métabolites secondaires. L'évaluation, *in vitro*, de l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique des feuilles de *F.carica* ont été révélés une forte activité antibactérienne vis-à-vis de *Kleibseilla* et *E. coli* et de les extraits obtenus à partir de fruits de *F.carica* se sont révélés inactifs vis-à-vis de toutes les souches bactériennes testées. De même, une tendance a été montrée indiquant que les extraits les plus riches en flavonoïdes présentent des activités antibactériennes les plus élevées.

L'analyse moléculaire de la diversité génétique des figuiers algérienne et turque sur la base de vingt trois couples d'amorces iBPS et seize couples d'amorces SSR nous a permis de compter au total 63 fragments d'ADN amplifiés pour les marqueurs iPBS et 25 allèles pour les marqueurs SSR ont été identifiés avec une moyenne de 2,7 et 1,6 par amorce, respectivement. La valeur moyenne du contenu d'information sur le polymorphisme (PIC) pour les marqueurs iPBS (0,73) était plus élevée que celle du Marqueurs SSR (0,69). Appliquer la méthode de jointure voisine à la combinaison iPBS-retrotransposon et les données SSR, les génotypes de figes ont été regroupés en deux groupes. Nous avons pu mettre en évidence la diversité au sein de la collection ainsi que le rapprochement entre le pool algérien et turc.

Par conséquent, cette étude ouvre de grandes perspectives pour l'intégration de ces ressources génétiques et leur utilisation appropriée dans de nouveaux programmes d'amélioration de figuculture dans des pays comme Algérie pour leur gestion optimisée. D'ailleurs le figuier, avec ses rôles multiples de valorisation des terres agricoles et de lutte contre l'érosion, de fixation des populations dans les zones arides, constitue la principale spéculation fruitière qui peut garantir le développement durable de ces zones et la création d'un agro-système productif et durable.

**Mots clés :** *Ficus carica* L., polyphénols, activité antibactérienne, variations génétique, structure de la population, marqueurs iPBS -SSR , descripteurs.

## **Theme: Morphological, biological and molecular characterization of some fig varieties (*Ficus carica* L.)**

### **Abstract**

*Ficus carica* L. is one of the first fruit species cultivated in the world, this species underwent a morphological and agronomical evolution leading to an extensive diversity and to two distinct morphotypes according to the use of figs (fresh and dry). This aims of this study were to make a morphological, biochemical and molecular characterization of cultivars tested. The results were proved an important phenotypic variability of the fig heritage according to the descriptors of IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) and CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (2003). Morphological study has shown that the fruit characters appear to be more discriminating than those of the leaf.

The biochemical study of cultivars tested by characterized them with phytochemical screening and evaluating their antimicrobial activities. The preliminary evaluation of the phytochemical composition of the different treated parts made it possible to highlight the presence of some chemical groups. We have shown that aqueous methanol is the best extractor of secondary metabolites. The *in vitro* evaluation of the antibacterial activity of the methanolic extract of *F.carica* leaves showed a high antibacterial activity towards *Kleibseilla* and *E. coli* and extracts obtained from fruits of *F.carica* were inactive towards all tested bacterial strains. Similarly, a tendency was shown indicating that the richest extracts on flavonoids exhibit the higher antibacterial activities.

Molecular analysis of the genetic diversity of Algerian and Turkish fig trees based on twenty three pairs of iPBS primers and sixteen pairs of SSR primers allowed us to count a total of 63 amplified DNA fragments for iPBS markers and 25 Alleles for SSR markers were identified with an average of 2.7 and 1.6 per primer, respectively. The average value of the polymorphic information content (PIC) for the iPBS markers (0.73) was higher than that of the SSR markers (0.69). Applying the neighbor-joining method to the combined iPBS-retrotransposon and SSR data, the fig genotypes were clustered into two groups. We were able to highlight the diversity within the collection as well as the rapprochement between the Algerian and Turkish pool.

Therefore, this study opens great prospects for the integration of these genetic resources and their appropriate use in new breeding programs for fig trees in countries like Algeria for their optimized management. Moreover, the fig tree, with its multiple roles of valorization of the agricultural lands and fight against the erosion, of the fixation of the populations in the arid zones, constitutes the main fruit speculation which can guarantee the sustainable development of these zones and the creation of a productive and sustainable agro-system.

**Keywords:** *Ficus carica* L., polyphenols, antibacterial activity, genetic variation, population structure, iPBS-SSR markers, descriptors.

**العنوان:** التوصيف المورفولوجي والبيولوجي والجزيئي لبعض أصناف التين (*Ficus carica* L.)

## الملخص

*Ficus carica* L. هي إحدى أول الأنواع المثمرة المزروعة في جميع أنحاء العالم، هذا النوع تتبع تطور زراعي مذهري مما أدى إلى تنوع مهم منقسم إلى نمطين مذهريين أساسيين وفقاً لاستخدام التين (الطازجة والمجففة). تتناول هذه الدراسة التوصيف المورفولوجي، البيوكيميائي والجيني للأصناف التي تم اختبارها. كشفت النتائج عن تباين مذهري مهم لموروث التين وفقاً لوصفات المعهد الدولي للموارد الوراثية النباتية (اب ج ر ا) و المركز الدولي للدراسات الزراعية المتقدمة في البحر المتوسط (2003). أظهرت الدراسة المورفولوجية أن صفات الفاكهة تبدو أكثر تميزاً من تلك الموجودة في الورقة.

تتميز الدراسة البيوكيميائية للأصناف التي تم اختبارها من خلال الفحص الفيتوكيميائي وتقييم الأنشطة المضادة للميكروبات. ساعد التقييم الأولي للتركيب الفيتوكيميائي لمختلف الأجزاء المعالجة على استبيان وجود بعض المجموعات الكيميائية. لقد أثبتنا أن الميثانول المائي هو أفضل مستخلص للمستقلبات الثانوية. لقد تمت دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلص الميثانولي لأوراق التين كشفت لنا عن نشاط فعال مضاد للبكتيريا وهذا ضد كليبسيلا و المكورات العنقودية الذهبية على عكس ذلك فإن مستخلصات الثمار التين لم تظهر أي نتيجة وذلك ضد كل البكتيريا المختبرة. وبالمثل، تم إثبات أن المستخلصات الغنية بالفلافونويدات لها أعلى نشاط مضاد للبكتيريا.

التحليل الجزيئي للتنوع الوراثي لسلاطين الجزائرية والتركية على أساس ثلاثة وعشرين زوجاً من الوسمات (اب ب س) وستة عشر زوجاً من الوسمات (س س ر) سمح لنا لحساب ما مجموعه 63 حزمة تضخيم الحمض النووي للعلامات (اب ب س) و 25 ليل للعلامات (س س ر) بمتوسط 2.7 و 1.6 لكل واسمة، على التوالي. كانت القيمة المتوسطة لمحتوى المعلومات متعدد الأشكال (PIC) للعلامات (اب ب س) (0.73) أعلى من قيمة علامات (س س ر) (0.69). وبتطبيق طريقة الانضمام المجاور على توليفة الينفولات الراجعة من ال (اب ب س) وبيانات (س س ر)، تم تجميع الطرز الوراثية لتين في مجموعتين. تمكنا من تسليط الضوء على التنوع داخل التشكيلة وكذلك التقارب بين المخزون الجزائري والتركي.

ولذلك، فإن هذه الدراسة تفتح أفاقاً كبيرة لإدماج هذه الموارد الجينية واستخدامها الملائم في برامج جديدة لتحسين أشجار التين في بلدان مثل الجزائر من أجل التسيير الأمثل. علاوة على ذلك فإن شجرة التين مع الأدوار المتعددة لتقييم الأراضي الزراعية ومكافحة تآكل التربة، وتثبيت السكان في المناطق الجافة، تمثل أساس تكهنات الفاكهة التي يمكن أن تضمن التنمية المستدامة لهذه المناطق وإنشاء نظام زراعي مثمر ومستدام.

**الكلمات المفتاحية:** *Ficus carica* L.، المركبات الفينولية، النشاط المضاد للبكتيريا، التباين الوراثي، بنية المجموعة، المعلمات اب ب س- س س ر، واصفات.

## Caractérisation morphologique, biologique et moléculaire de quelques variétés de figuier (*Ficus carica* L.)

Thèse de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Science

### Résumé

*Ficus carica* L. est l'une des premières espèces fruitières cultivées dans le monde, cette espèce a suivi une évolution agro-morphologique conduisant à une importante diversité répartie en deux morphotypes principaux selon l'usage de figues (fraîches et sèches). Cette étude porte sur la caractérisation morphologique, biochimique ainsi que moléculaire des cultivars testés. Les résultats ont dévoilé une importante variabilité phénotypique du patrimoine figuicole selon les descripteurs de l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et du CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (2003). L'étude morphologique a montré que les caractères du fruit semblent être plus discriminants que ceux de la feuille.

L'étude biochimique des cultivars testés en les caractérisant par un criblage phytochimique et une évaluation des activités antimicrobienne. L'évaluation préliminaire de la composition phytochimique des différentes parties traitées a permis de mettre en évidence la présence de quelques groupes chimiques. Nous avons démontré que le méthanol aqueux est le meilleur extracteur des métabolites secondaires. L'évaluation, *in vitro*, de l'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique des feuilles de *F.carica* ont été révélés une forte activité antibactérienne vis-à-vis de *Kleibseilla* et *E. coli* et de les extraits obtenus à partir de fruits de *F.carica* se sont révélés inactifs vis-à-vis de toutes les souches bactériennes testées. De même, une tendance a été montrée indiquant que les extraits les plus riches en flavonoïdes présentent des activités antibactériennes les plus élevées.

L'analyse moléculaire de la diversité génétique des figuiers algérienne et turque sur la base de vingt trois couples d'amorces iPBS et seize couples d'amorces SSR nous a permis de compter au total 63 fragments d'ADN amplifiés pour les marqueurs iPBS et 25 allèles pour les marqueurs SSR ont été identifiés avec une moyenne de 2,7 et 1,6 par amorce, respectivement. La valeur moyenne du contenu d'information sur le polymorphisme (PIC) pour les marqueurs iPBS (0,73) était plus élevée que celle du Marqueurs SSR (0,69). Appliquer la méthode de jointure voisine à la combinaison iPBS-retrotransposon et les données SSR, les génotypes de figues ont été regroupés en deux groupes. Nous avons pu mettre en évidence la diversité au sein de la collection ainsi que le rapprochement entre le pool algérien et turc.

Par conséquent, cette étude ouvre de grandes perspectives pour l'intégration de ces ressources génétiques et leur utilisation appropriée dans de nouveaux programmes d'amélioration de figuiculture dans des pays comme Algérie pour leur gestion optimisée. D'ailleurs le figuier, avec ses rôles multiples de valorisation des terres agricoles et de lutte contre l'érosion, de fixation des populations dans les zones arides, constitue la principale spéculation fruitière qui peut garantir le développement durable de ces zones et la création d'un agro-système productif et durable.

**Mots clés :** *Ficus carica* L., polyphénols, activité antibactérienne, variations génétique, structure de la population, marqueurs iPBS -SSR, descripteurs.

**Laboratoire de recherche :** Science Naturel et Matériaux

Jury d'évaluation :

<b>Président:</b>	Baka Mebarek	Prof	Université des Frères Mentouri Constantine 1
<b>Rapporteur :</b>	Yahia Abdelouahab	Prof	Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila
<b>Examineurs :</b>	Boubandir Abdelhafid	MCA	Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila
	Bazri Kamel Eddine	MCA	Université des Frères Mentouri Constantine 1
	Kadi Kanza	MCA	Université Abbes Leghroure Khenchela

**Date de soutenance :** 14/01/2018