

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة وهران للعلوم و التكنولوجيا محمد بوضياف



# THÈSE

En vue de l'obtention du  
Diplôme de Doctorat en  
Sciences

Présentée par : *Benettayeb Zine-Eddine*

**Intitulé**  
*Caractérisation moléculaire et morphologique  
du figuier (*Ficus carica* L.) d'Algérie*

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

**Département** : *Biotechnologie*

**Spécialité** : *Biotechnologie*

**Option** : *Biotechnologie*

**Devant le Jury Composé de :**

<i>Membres de Jury</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Domiciliation</i>
<i>Mme Kaid-Harche Meriem</i>	<i>Pr</i>	<i>Présidente</i>	<i>Univ. U.S.T.O–M.B, Oran</i>
<i>Mr. Bencheikh Mohamed</i>	<i>Pr</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ. U.H.B.B.C, Chlef</i>
<i>Mr. Djabeur Abderrezak</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ. U.S.T.O–M.B, Oran</i>
<i>Mr. Lotmani Brahim</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ. U.A.I.B, Mostaganem</i>
<i>Mr. Setti Benali</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ. U.H.B.B.C, Chlef</i>
<i>Mr. Kerkoud Mohamed</i>	<i>Dr</i>	<i>Invité</i>	<i>Labo. DIAG–GENE, Angers, France</i>

*Année Universitaire : 2017-2018*

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة وهران للعلوم و التكنولوجيا محمد بوضياف



# THÈSE

En vue de l'obtention du  
Diplôme de Doctorat en  
Sciences

Présentée par : *Benettayeb Zine-Eddine*

**Intitulé**  
*Caractérisation moléculaire et morphologique  
du figuier (Ficus carica L.) d'Algérie*

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

**Département** : *Biotechnologie*

**Spécialité** : *Biotechnologie*

**Option** : *Biotechnologie*

**Devant le Jury Composé de :**

<i>Membres de Jury</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Domiciliation</i>
<i>Mme Kaid-Harche Meriem</i>	<i>Pr</i>	<i>Présidente</i>	<i>Univ. U.S.T.O–M.B, Oran</i>
<i>Mr. Bencheikh Mohamed</i>	<i>Pr</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ. U.H.B.B.C, Chlef</i>
<i>Mr. Djabeur Abderrezak</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ. U.S.T.O–M.B, Oran</i>
<i>Mr. Lotmani Brahim</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ. U.A.I.B, Mostaganem</i>
<i>Mr. Setti Benali</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ. U.H.B.B.C, Chlef</i>
<i>Mr. Kerkoud Mohamed</i>	<i>Dr</i>	<i>Invité</i>	<i>Labo. DIAG–GENE, Angers, France</i>

*Année Universitaire : 2017-2018*

## **Dédicaces**

Cette thèse veut rendre un vibrant hommage à la mémoire de mes très chers et regrettés enfants, Yassine (10 ans) et Yasmine (2 ans). Qu'ils reposent dans la miséricorde de Dieu.

Je tiens aussi à témoigner mon attachement indéfectible à ma famille qui a tant enduré avec moi lors des douloureuses épreuves et qui m'a toujours soutenu durant la préparation de mon doctorat.

## **Préambule**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de la démarche nationale de réhabilitation et de valorisation des ressources phytogénétiques locales. Elle ambitionne l'évaluation de la diversité génétique et la relance de la culture du figuier commun qui est une espèce fruitière indissociable de notre patrimoine socio-culturel.

Les travaux présentés dans cette thèse ont été effectués au laboratoire de biologie moléculaire (Diag-Gene) d'Angers (France) et au laboratoire de biologie végétale de l'Université Hassiba Benbouali de Chlef. Ces travaux ont été couronnés par les publications et communications orales et affichées suivantes :

### **Publications**

- Genetic diversity of Algerian fig (*Ficus carica* L.) cultivars based on morphological and quality traits. *Indian J. Hort.*, 74(3), 2017, 311–316.
- Assessment of the genetic diversity in Algerian fig cultivars (*Ficus carica* L.) using microsatellite markers (A soumettre très prochainement).

### **Communications orales**

- Journées d'études. Université Mustapha Stambouli, Mascara, 15 Avril 2015
- Les figues d'Algérie (*Ficus carica* L.). Diversité génétique et utilisation. Rencontre scientifique, Université Mustapha Stambouli, Mascara, 04 Mai 2016.

### **Communications affichées**

- Caractérisation morphologique et pomologique de cultivars algériens de figuier (*Ficus carica* L.). Séminaire sous-régional, FAO, Université Hassiba Benbouali, Chlef, 18-19 Novembre 2015.
- La labellisation des produits du terroir algérien. Séminaire international, Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment et des Industries Agro-alimentaires (ESSAIA), Alger, 08 Décembre 2016.

## Remerciements

L'encadrement scientifique de cette thèse a été assuré par Monsieur Bencheikh Mohamed, Professeur de l'Université Hassiba Benbouali de Chlef. Je veux lui exprimer mes remerciements et ma reconnaissance pour la confiance qu'il m'a témoignée, pour ses précieux conseils et pour ses encouragements incessants tout au long de mon parcours de doctorat.

Je tiens également à exprimer mes chaleureux et fraternels remerciements:

**A** Madame Kaid-Harche Meriem, Professeur de l'Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran, qui a bien voulu accepter de présider le jury de thèse. Je lui dois ma déférente gratitude et ma plus haute considération;

**A** Monsieur Djabeur Abderrezak, Professeur de l'Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran, qui a accepté d'expertiser cette thèse. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect et de mes vifs remerciements;

**A** Monsieur Lotmani Brahim, Professeur de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, qui a accepté d'évaluer ce travail. Je suis honoré par sa présence dans le jury et je lui exprime mes sincères sentiments de sympathie et de respect;

**A** Monsieur Setti Benali, Professeur de l'Université Hassiba Benbouali de Chlef, que j'ai beaucoup apprécié pour son aide dans le traitement des analyses de données et pour son apaisance;

**A** Monsieur Kerkoud Mohamed, Docteur du laboratoire de diagnostic moléculaire (Diagen) d'Angers (France), pour les analyses moléculaires, pour son savoir faire et pour sa bonhomie;

**Aux** personnels de la ferme agricole et des laboratoires de biologie végétale et des sciences alimentaires de l'Université Hassiba Benbouali de Chlef, pour leur disponibilité et leur assistance matérielle;

**Aux** directeurs et subdivisionnaires des services agricoles, aux pépiniéristes, aux arboriculteurs et aux amateurs-collectionneurs, pour leurs précieuses informations et pour l'octroi du matériel végétal;

**Aux** enseignant(e)s du département de Biotechnologie de l'Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran, Mme Sbaa Hanane, Mlle Lazreg Louiza et M.Chaa Lahouari, pour leur aide administrative et leur amabilité.

## التوصيف الجزيئي والمورفولوجي للتين (*Ficus carica* L.) في الجزائر

### ملخص:

يهدف البحث الحالي إلى تقييم التنوع الوراثي ل 73 من انضمامات شجرة التين الشائعة، *Ficus carica* L (2n = 26) باستخدام خمس علامات محددة للسوائل الصغرى (MFC2، MFC4، MFC5، MFC7 و MFC8). و 66 واصفا مورفولوجيا دوليا (26 وصفا و 40 نوعيا). وكشف التحليل الجزيئي عن وجود عدد من الأليلات ما بين 2.2 و 3.0 اعتمادا على السكان، فضلا عن متوسط العدد الإجمالي لكل السكان 2.64. تم الكشف عن اثنين من متماثلة اللواقح (MFC5 و MFC7) في حين أن معدل تخالف الاقتران الملحوظ أعلى (0.730) من تخالف الاقتران المتوقعة (0.593). وقد قسمت العلاقات الجينية المجموعات السكانية الخمسة إلى ثلاث مجموعات تتميز بالهيكل الجيني المكاني نظرا لعضوية الاصناف إلى سلف مشترك واختيارها من مواد نباتية موجودة من قبل. كشف التحليل التجميعي عن العديد من حالات التماثل والمرادفات بين الاصناف التي يكون هيكلها مستقلا عن جنس الشجرة أو أصلها ولكن ربما يكون نتيجة لعامل الإنسان. ومن الصعب أن تكون قائمة الأصناف شاملة، خاصة وأن تبادل المواد النباتية من منطقة إلى أخرى قد تم تيسيره من خلال العقل. كشفت نتائج تحليل التباين عند عتبة 0.0001 أن من بين 25 من الصفات المورفولوجية التي تم دراستها، لم يكن الا عدد الفصوص لكل ورقة وسمك السويقات غير معنويا بالنسبة لتمايز الأصناف. الحصول على نسبة المواد الصلبة القابلة للذوبان بين 15.33 و 28.23 هو مؤشر عالي الجودة لمعظم الأصناف. وكشف تقييم الخصائص الكيميائية بومولوجيكال نوعية الفاكهة ممتازة ودرجات جيدة جدا ضمن 18 صنفًا. ومن بين هذه الأصناف، توفر 'مروجي' و 'شتوي' و 'حرشا' فرصا جديدة لمنتجات التين وتحتاج إلى زراعتها على نطاق واسع. تسجل "عنق الحمام" و "رملية" أفضل أداء نوعي مع عشرات من 824 و 770، وتستحق أن تكون مرشحة للتسمية. وقد تبين أن العلامات الجزيئية والمورفولوجية المستخدمة في هذه الدراسة فعالة في تحليل تعدد الموارد الوراثية لشجرة التين. وسيستخدم حفظها في البحوث المستقبلية فضلا عن إنشاء قاعدة بيانات وطنية.

الكلمات المفتاحية : الجزائر، التوصيف، التنوع الجيني، *Ficus carica* L، تثمين

## **Molecular and morphological characterization of Algerian fig tree (*Ficus carica* L.)**

**Abstract :** The objective of this research is to evaluate the genetic diversity of 73 common fig tree accessions, *Ficus carica* L. ( $2n = 26$ ) using five specific microsatellite markers (MFC2, MFC4, MFC5, MFC7 and MFC8) and 66 international morphological descriptors (26 quantitative and 40 qualitative). Molecular analysis revealed a number of alleles per locus of between 2.2 and 3.0 depending on the population, as well as an average total number per population of 2.64. Two homozygous loci (MFC5 and MFC7) were detected while the observed average heterozygosity was higher (0.730) than the expected heterozygosity (0.593). Phylogenetic relationships have divided the five populations into three groups that are characterized by spatial genetic structuring due to the membership of the accessions to a common ancestor and their selection from pre-existing plant material. The analysis of the clustering made it possible to detect several cases of homonymies and synonymies among the accessions, whose structuring is independent of the type of tree or its origin but probably the consequence of the human factor. A list of varieties can hardly be exhaustive, especially since the exchange of plant material from one region to another has been facilitated through cuttings.

The results of the analysis of variance, at the threshold of 0.0001, revealed that among the 25 quantitative morphological characters studied, only the number of lobes per leaf and the thickness of the petiole were not significant and not useful for differentiation varietal. Soluble solids content of between 15.33 - 28.23% is a high quality index for most varieties. The evaluation of chemical pomological properties revealed an excellent fruit quality and very good scores in 18 varieties that can thus compete with the best genotypes of fig tree in the world. Among these varieties, 'Meroudji', 'Chetoui' and 'Harcha' offer new opportunities for fig producers and need to be planted on a large scale. The varieties 'Enk El H'mam' and 'Ramliya' record the best qualitative performances with respective scores of 824 and 770 and deserve to be candidates for the labeling.

The molecular and morphological markers used in this study have been shown to be efficient for genetic polymorphism analysis of fig tree resources. Their conservation will be used for future research as well as for the establishment of a national database.

**Key words:** Algeria, characterization, genetic diversity, *Ficus carica* L., valuation.

## **Caractérisation moléculaire et morphologique du figuier (*Ficus carica* L.) d'Algérie**

**Résumé :** La présente recherche a pour objectif l'évaluation de la diversité génétique de 73 accessions de figuier commun, *Ficus carica* L. ( $2n = 26$ ) à l'aide de cinq marqueurs microsatellites spécifiques (MFC2, MFC4, MFC5, MFC7 et MFC8) et de 66 descripteurs morphologiques internationaux (26 quantitatifs et 40 qualitatifs). L'analyse moléculaire a révélé un nombre d'allèles par locus compris entre 2,2 et 3,0 selon la population ainsi qu'un nombre total moyen par population de 2,64. Deux locus homozygotes (MFC5 et MFC7) ont été détectés alors que l'hétérozygotie moyenne observée est plus élevée (0,730) que l'hétérozygotie attendue (0,593). Les relations phylogénétiques ont réparti les cinq populations en trois groupes qui sont caractérisés par une structuration génétique spatiale en raison de l'appartenance des accessions à un ancêtre commun et à leur sélection à partir d'un matériel végétal préexistant. L'analyse du regroupement a permis de détecter plusieurs cas d'homonymies et de synonymies parmi les accessions, dont la structuration est indépendante du sexe de l'arbre ou de son origine mais probablement la conséquence du facteur humain. Un listing de variétés peut difficilement être exhaustif, surtout que l'échange du matériel végétal d'une région à une autre a été facilité grâce au bouturage.

Les résultats de l'analyse de variance ont révélé au seuil de 0,0001 que, parmi les 25 caractères morphologiques quantitatifs étudiés, seuls le nombre de lobes par feuille et l'épaisseur du pétiole se sont pas significatifs pour la différenciation variétale. L'obtention de teneurs en extrait sec soluble comprises entre 15,33 et 28,23 % constitue un indice de qualité élevée chez la plupart des variétés. L'évaluation des propriétés pomologiques chimiques a révélé une excellente qualité des fruits et de très bons scores chez 18 variétés. Parmi ces variétés, 'Meroudji', 'Chetoui' et 'Harcha' offrent de nouvelles opportunités aux producteurs de figues et doivent être plantées à grande échelle. Les variétés 'Enk El H'mam' et 'Ramliya' enregistrent les meilleures performances qualitatives avec des scores respectifs de 824 et 770 et méritent d'être candidats à la labellisation.

Les marqueurs moléculaires et morphologiques utilisés dans cette étude se sont avérés efficaces pour l'analyse du polymorphisme génétique des ressources du figuier. Leur conservation servira pour de futurs travaux de recherches ainsi que pour la constitution d'une base de données nationale.

**Mots-clés :** Algérie, caractérisation, diversité génétique, *Ficus carica* L., valorisation.

# Sommaire

<b>Dédicaces</b>	i
<b>Préambule</b>	ii
<b>Remerciements</b>	iii
<b>Moulakhass</b>	iv
<b>Abstract</b>	v
<b>Résumé</b>	vi
<b>Sommaire</b>	vii
<b>Liste des abréviations</b>	viii
<b>Introduction générale</b>	1

## Partie I

### Revue bibliographique

<b>Chapitre I. Le figuier (<i>Ficus carica</i> L.)</b>	5
1 Aspects socio-économiques	6
2 Origine et domestication	7
3 Position systématique	8
4 Les formes botaniques	9
4.1 La forme spontanée (caprifuier)	9
4.2 Les formes domestiques (cultivées)	10
4.2.1 Le type Smyrna	10
4.2.2 Le type San Pedro	10
4.2.3 Le type Commun	10
5 Biologie et écologie du figuier	11
5.1 L'arbre	11

5.2 Les feuilles	11
5.3 Les fleurs	12
5.3.1 Les fleurs mâles	13
5.3.2 Les fleurs femelles	13
5.4 Les fruits	13
5.5 Maturité et récolte des figues	14
5.6 Ecologie du figuier	15
6 Propriétés nutritives et thérapeutiques du figuier	16
7 Valorisation des figues	17
<b>Chapitre II. Ressources génétiques et polymorphisme du figuier</b>	<b>18</b>
1 Ressources génétiques	19
2 Polymorphisme	20
2.1 Polymorphisme moléculaire	20
2.1.1 Les marqueurs de type RFLP (Polymorphisme de Longueur des Fragments de Restriction)	21
2.1.2 Les marqueurs de type PCR (Réaction d'amplification en chaîne)	21
2.1.2.1 AFLP (Polymorphisme de taille des fragments amplifiés d'ADN)	21
2.1.2.2 ISSR (Inter-Simple Séquences Répétées)	22
2.1.2.3 RAPD (Polymorphisme d'ADN Amplifié Aléatoirement)	22
2.1.2.4 SSR ou microsatellites (Séquences Simples Répétées)	23
2.2 Polymorphisme phénotypique	24
2.2.1 Les descripteurs de l'arbre	24
2.2.2 Les descripteurs de la feuille	24
2.2.3 Les descripteurs du fruit	25

## **Partie II**

### **Caractérisation moléculaire et morphologique des ressources génétiques du figuier**

## **Chapitre I. Matériel et Méthodes d'étude** 28

1	Lieu d'étude	29
2	Matériel végétal	29
3	Méthodes d'étude	32
3.1	Etude du polymorphisme moléculaire	32
3.1.1	Extraction de l'ADN génomique	32
3.1.2	Analyse génétique du figuier via PCR/SSR	32
3.1.2.1	Amorces microsatellites	32
3.1.2.2	Amplification par PCR	33
3.1.2.3	Lecture des résultats sur gel d'agarose	33
3.1.2.4	Lecture des résultats sur gel de polyacrylamide	33
3.1.3	Analyses des données	34
3.2	Etude du polymorphisme phénotypique	35
3.2.1	Marqueurs agro-morphologiques	35
3.2.1.1	Les marqueurs quantitatifs	35
3.2.1.2	Les marqueurs qualitatifs	38
3.2.2	Evaluation de la qualité des figes	42
3.2.3	Analyse statistique	42
3.3	Recensement des noms vernaculaires et fiches variétales	42
3.3.1	Recensement des noms vernaculaires	42
3.3.2	Fiches variétales	42

## **Chapitre II. Résultats et Discussion** 43

1	Diagnostic moléculaire	44
1.1	Richesse et fréquence allélique	44
1.2	Taux de polymorphisme	45
1.3	Analyse phylogénétique populationnelle	46
1.4	Analyse du regroupement	47
2	Diversité agro-morphologique inter-accessions	49
2.1	Les arbres	49

2.2 Les feuilles	51
2.3 Les fruits	52
2.4 La qualité des figues	57
3 Recensement des noms vernaculaires et fiches variétales	58
3.1 Recensement des noms vernaculaires	58
3.2 Fiches variétales	58
<b>Chapitre III. Discussion générale et recommandations</b>	<b>82</b>
<b>Conclusion et perspectives</b>	<b>87</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>90</b>
<b>Annexes</b>	<b>98</b>

## Liste des abréviations

**A** : Adénine ; **C** : Cytosine ; **G** : Guanine ; **T** : Thymine

**A.D.N** : Acide désoxyribonucléique

**AFLP** : Amplified Fragment Length Polymorphism

**ARN** : Acide ribonucléique

**D.A** : Dinar Algérien

**dNTP** : Désoxyribonucleide triphosphate

**F.A.O** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture

**F<sub>is</sub>** : Indice de fixation

**IPGRI & CIHEAM**: Institut international des ressources phytogénétiques & Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes

**ISSR** : Inter-Simple Séquences Repeat

**Itafv** : Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne (Boufarik)

**J.-C.** : Jésus-Christ

**PCR** : Polymerase Chain Reaction

**Qssl** : 'Que le salut soit sur lui'

**RAPD** : Random Amplification of Polymorphic DNA

**RFLP** : Restriction Fragment Length Polymorphisme

**RNAase** : Enzyme qui digère l'ARN

**SSR** : Simple Sequence repeats ou microsatellites

**Taq** : De *Thermus aquaticus* (bactérie qui vit dans les sources chaudes)

**UPGMA** : Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages

.....  
**BET** : Bromure d'ethidium

**EDTA** : Ethyl Diamine Tétra Acétyle

**Mg Cl<sub>2</sub>** : Chlorure de magnesium

**NaOH** : Hydroxyde de sodium

**TAE** : Tris-Acétate-EDTA

**TBE** : Tampon Tris - Borate- EDTA

**pH** : Potentiel hydrogène; **UV** : Ultra violet; **Pb** : Paire de base; **Kb** : Kilobase; **Kcal** : kilocalorie, **M** : Molaire; **mM**: Millimolaire; **G**: gramme; **mg**: Milligramme; **µg** : Microgramme; **ng** : Nanogramme; **L**: litre; **ml** : Millilitre; **µl** : Microlitre; **ha**: Hectare; **cm** : Centimètre ; **cm<sup>2</sup>** : Ccentimètre carré ; **mm** : Millimètre **µm** : Micromètre; **h** : Heure ; **min** : Minute ; **s** : Seconde ; **V** : Volt ; **°C** : Degré Celsius ; **%** : Pourcentage.

# **Introduction générale**

L'Algérie est une vaste contrée dont la position géographique et la structure de ses étages bioclimatiques font de ses riches terroirs des gisements importants de ressources génétiques fruitières, à l'instar de l'olivier, de la vigne et du figuier. La culture du figuier (*Ficus carica* L.) est ancestrale dans notre pays en raison de son importance socio-économique et de sa très bonne adaptation aux conditions éco-géographiques. La disponibilité prolongée de ce fruit sur le marché et les diverses possibilités de transformation et de valorisation constituent également des atouts non négligeables pour le secteur de la figue. En dépit de ces opportunités de développement et de redynamisation, la culture du figuier en Algérie demeure encore une activité d'intérêt secondaire et se trouve confrontée à des problèmes d'urbanisation, d'incendies, de conduite culturale et de vieillissement des arbres. Les figuiers sont aussi en proie à des problèmes accrus et récurrents de phonologie, de confusion dans leurs appellations et de vulnérabilité génétique.

Les producteurs de figues se basent par ailleurs, sur les traits morphologiques des fruits pour adopter les variétés attrayantes et les reproduire par bouturage. Cette méthode de multiplication végétative favorise toutefois la propagation des maladies et rend très difficile l'identification des cultivars. En conséquence, le nombre exact de variétés locales ou étrangères cultivées en Algérie est inconnu, voire en régression à cause de ces diverses contraintes. Leurs répercussions peuvent s'avérer désastreuses pour le germoplasme national du figuier, d'autant plus que cette espèce n'a pas suscité l'intérêt des chercheurs et demeure encore très peu ou pas explorée. Dans ce contexte, l'identification et la caractérisation des ressources génétiques locales du figuier en vue de leur valorisation seraient très prometteuses si elles sont concrétisées. La présente étude s'inscrit dans cette démarche de préservation et de promotion de la diversité végétale nationale. A ce titre, les ressources génétiques étudiées pourront être mises à la disposition des sélectionneurs pour d'éventuels programmes d'amélioration génétique et aux pépiniéristes pour leur multiplication. Les opérateurs socio-économiques pourront également les exploiter pour réhabiliter le secteur figuicole et à terme labelliser la figue d'Algérie.

Notre recherche s'est fixée les objectifs suivants :

- Evaluer la diversité génétique du figuier à l'aide de marqueurs moléculaires et morphologiques spécifiques;
- Comprendre la structuration actuelle des ressources génétiques du figuier ;
- Inventorier les noms vernaculaires et établir des fiches variétales;
- Contribuer à la constitution d'une base de données sur le figuier ;

- Enrichir la jeune collection de figuiers de l'Université de Chlef pour qu'elle devienne à long terme une collection de référence ;
- Identifier les facteurs qui empêchent l'expansion de sa culture et contribuer à l'amélioration de son mode de conduite et de sa productivité.

La démarche adoptée pour atteindre les objectifs de la recherche a nécessité l'organisation de notre manuscrit en deux parties:

- La première partie du document est consacrée à une revue bibliographique de divers travaux de recherches sur le figuier. Elle se compose d'un premier chapitre qui accorde un intérêt accru à la bio-écologie de cet arbre fruitier. Le deuxième chapitre aborde les ressources et la diversité génétique du figuier et décrit les particularités de ses marqueurs génétiques et morphologiques.

- La deuxième partie du document concerne la caractérisation moléculaire et morphologique des ressources génétiques du figuier. Elle est structurée en trois chapitres:

- ✓ Le premier chapitre concerne les spécificités du matériel végétal et la méthodologie adoptée. Le premier aspect de l'étude traite le diagnostic moléculaire de 73 accessions de figuier à l'aide de cinq marqueurs microsatellites spécifiques (MFC2, MFC4, MFC5, MFC7 et MFC8). Un listing des noms vernaculaires usités en Algérie est établi à l'issue du génotypage. Le second aspect de l'étude procède à la description morphologique des arbres, des feuilles et des fruits de 23 accessions à l'aide de 66 descripteurs internationaux. L'analyse pomologique a été ensuite complétée par une évaluation de la qualité des figues.

- ✓ Le deuxième chapitre expose les résultats et discussion et les compare avec ceux d'études similaires.

- ✓ Le troisième chapitre développe une discussion générale où une signification est donnée à nos résultats tout en les comparant avec ceux d'autres auteurs et en émettant des hypothèses. Des recommandations agro-industrielles utiles sont formulées en fin de ce chapitre.

La conclusion générale récapitule brièvement le cheminement de la recherche. Elle met en exergue son intérêt et énumère les perspectives de développement du secteur figuicole, constituant ainsi le terme de notre thèse.

# **Partie I**

## **Revue bibliographique**

# **Chapitre I**

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

## 1 Aspects socio-économiques

La production mondiale de figues fraîches a atteint 1137730 t en 2014 dont 80% sont fournis par les pays du pourtour méditerranéen. Les trois plus grands pays producteurs de figues fraîches sont la Turquie (300282 t), l’Égypte (176105 t.) et l’Algérie (128620 t), (Faostat, 2014).

Les figues fraîches et sèches occupent une place non moins importante dans le commerce international des produits agricoles. Avec 13548 t de figues fraîches exportées en 2011, la Turquie occupe le premier rang à l’échelle mondiale. Elle est suivie, loin derrière, par l’Autriche (5439 t) et l’Italie (2588 t). Parmi les plus grands pays producteurs de figues sèches on retrouve la Turquie (44821 t), les Etats Unis d’Amérique (5393 t) et l’Iran (5012 t). Ces trois pays se sont partagés plus de la moitié des exportations mondiales totales (76398 t) de figues sèches en 2011. La communauté internationale en a importé 71153 t (Faostat, 2014).

La superficie totale mondiale de figuier a été estimée en 2014 à 364108 ha dont, 82500 reviennent au Portugal, 54771 ha au Maroc et 49464 ha à la Turquie (Faostat, 2014). En Algérie, les plantations de figuier couvrent une superficie globale de 44395 ha soit, près de 11% du patrimoine arboricole national (411000 ha). Cette superficie est occupée par plus de 4,5 millions d’arbres. Les vergers sont souvent hétéroclites avec peu de possibilités d’extension ou de modernisation. Ils sont disséminés en petits ensembles dans les massifs montagneux, le long du littoral et dans les oasis du sud du pays. La majorité des plantations, soit 60% environ, est concentrée dans les wilayas de Béjaïa, Sétif, Constantine, Tizi-Ouzou et Bouira. Béjaïa fournit l’essentiel de la production nationale et cultive les variétés les plus attrayantes comme ‘Tameriout’, ‘Taranimt’ et ‘Béjaoui’.

Le séchage des figues en Algérie est rudimentaire. Il concerne environ 20% de la production nationale et son activité est indûment limitée et aléatoire en raison du manque d’infrastructures et du peu d’intérêt qu’il suscite. Pourtant, cette activité peut être très rentable pour les producteurs de figues et constituer une alternative à l’importation. L’Algérie a en effet, importé 20 t de figues sèches de Turquie et de Syrie en 2011 (Faostat, 2014). La plupart de la production nationale de figues fraîches et sèches est consommée sur place ou bien commercialisée sur les marchés de proximité.

En dépit de l’importance socio-économique du figuier, la croissance de ce secteur demeure lente et en deçà des prévisions à cause des nombreuses contraintes qu’il rencontre (vieillesse des arbres, absence de caprification, déficit en eau, choix variétal limité,

incendies, plantations non entretenues, raréfaction de la main d'œuvre). L'espoir n'est toutefois pas perdu en raison de la prise de conscience grandissante ainsi que de la performance agronomique et de l'attractivité des géotypes locaux de figuier.

## 2 Origine et domestication

Le figuier commun (*F. carica*.) est aussi appelé figuier de Carie. Le genre *Ficus* est un nom latin dérivé du grec syké d'origine phénicienne. Il signifie figue ou verrue, car son lait soigne cette pathologie. Carie fait allusion à une ancienne province d'Asie Mineure située entre la méditerranée et la mer noire (Anatolie Turquie) d'où cette espèce serait issue.

Le figuier est l'un des plus anciens arbres fruitiers cultivés par l'Homme. En raison de son ancienneté, l'origine de *F. carica* fait l'objet d'hypothèses divergentes, mais toutes admettent que celle-ci précède la domestication du blé. D'après Janick, (2005) le figuier est la plus ancienne plante domestiquée dans le monde et sa domestication a été contemporaine avec l'olivier et la vigne. Cette espèce était en effet déjà cultivée au Proche-Orient et s'est propagée dans la région méditerranéenne depuis environ 4000 à 6000 ans avant J.-C. Dans la vallée du Jourdain des figues parthénocarpiques fossilisées datant de 11200 à 11400 ans avant J.-C ont été découvertes dans des sites du Néolithique, ce qui suggère que le figuier a été domestiqué avant la domestication des céréales (Kislev et al., 2006). Ainsi, le figuier aurait été domestiqué dans cette vallée non pas d'il y a 6000 ans mais 11400 ans avant J.-C et cette domestication s'est produite environ 1000 ans avant celle des céréales et des légumes grâce à sa facilité de multiplication par bouturage.

Le figuier serait la forme domestiquée de *Ficus palmata* F. présent de la Syrie à l'Inde. Khadari et al., a (2005) considèrent aussi que *F. carica* dérive de *F. palmata*., plus précisément de la forme *rupestris*, et qu'il a été diffusé naturellement dans le bassin méditerranéen. Une autre hypothèse considère par contre que, *F. carica*. et *F. palmata* sont deux espèces distinctes et que le figuier a été domestiqué à partir de populations méditerranéennes de *F. carica*. Zohary et al., (2012) estiment que le figuier a été domestiqué à partir d'un groupe de divers figuiers spontanés au sud et à l'est de la région méditerranéenne durant l'ancienne période du Néolithique. L'étude des populations spontanées méditerranéennes à l'aide d'outils moléculaires a montré en effet que la domestication a lieu plutôt sur les rives est et ouest de la méditerranée et qu'elle est multilocale (Khadari et al., a, 2005).

D'autres hypothèses considèrent que le nord et l'est de l'Asie sont le berceau du figuier à partir desquels il a rallié le pourtour méditerranéen. Il est également probable que le figuier provienne du sud Arabique où on y trouve encore du figuier sauvage et des caprifigiers (Ikegami et al., 2009). Certains auteurs rapportent, toutefois que les régions arides d'Asie Mineure (Anatolie) sont les lieux d'origine du figuier où prospèrent toujours ses ancêtres et à partir desquels il s'est propagé en méditerranée, en Syrie, en Iran, en Chine, en Arabie Saoudite au Sud du Caucase et en Crimée.

Ce sont vraisemblablement les Phéniciens et les Grecs qui ont introduit le figuier en Europe. Les missionnaires Espagnols l'ont diffusé aux Etats Unis d'Amérique au milieu du XVIe siècle puis au Pérou. La culture du figuier s'est répandue par la suite dans les différentes régions à climat doux d'Asie, d'Australie, de Nouvelle Zélande et d'Afrique. Quel que soit son lieu d'origine, Mallikarjuna et al., (2010) considèrent que l'histoire de la domestication du figuier a débuté le long d'anciennes routes commerciales qui ont influencé sa répartition, sa diversité et sa structure génétique. Actuellement, la figue est un produit agricole bien apprécié dans le monde et économiquement rentable.

### **3 Position systématique**

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Hamamelidées

Ordre : Urticales

Famille : Moracées

Genre : *Ficus*

Espèce: *Ficus carica* L.

Le figuier commun (*F. carica* ;  $2n = 26$ ) appartient à la famille des Moracées qui compte environ 1500 espèces réparties en 40 genres. Le genre *Ficus*, qui est habituellement classé en six sections (Berg et Wiebes, 1992) ou sous-genres (*Ficus*, *Synoecia*, *Sycidium*, *Sycomorus*, *Pharmacosycea*, *Urostigma*) comprend 700 à 800 espèces reconnaissables par leurs fruits particuliers, renversés et creux, appelés sycones. Certaines de ces espèces ont des propriétés agro-industrielles, pharmacologiques et ornementales remarquables. Toutefois, seules les espèces *F. carica* et *F. sycomorus* (figuier sycomore d'Egypte) ont des fruits comestibles

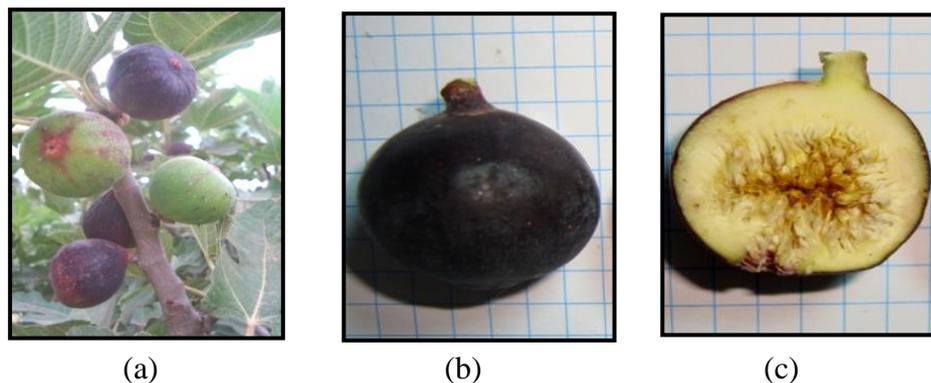
(Berg et Wiebes, 1992). *F.carica* est également la seule espèce de la famille des Moracées qui s'adapte très bien au climat méditerranéen et qui comporte à elle seule 650 à 1000 variétés. La monographie de Condit, (1955) a répertorié plus de 700 variétés de figuiers et les a classées en quatre types (Caprifiguiers, Smyrna, Commun et San Pedro), mais elle a montré beaucoup d'incertitude sur leur identification et leur nomenclature. Aussi, la longue histoire de domestication des variétés de figuier, l'existence de nombreux variants, la dispersion du matériel végétal à travers le monde et la confusion dans les appellations, sont autant de difficultés qui ne permettent pas d'établir des fiches variétales descriptives fiables.

## **4 Les formes botaniques**

Habituellement, la classification des taxons de *Ficus* tient compte de la biologie florale, notamment des systèmes de pollinisation, ainsi que de la couleur de la peau et de la pulpe des figes. Elle répartie les figuiers en quatre formes horticoles, à savoir le type sauvage ou caprifiguiers et les formes cultivées de type Smyrna (les figes nécessitent la pollinisation), San Pedro (les figes-fleurs ne nécessitent pas d'être pollinisées contrairement aux figes) et Commun (figes et figes-fleurs ne nécessitent pas de pollinisation), (Tous et Ferguson, 1996).

### **4.1 La forme spontanée (caprifiguiers)**

Les caprifiguiers sont des figuiers mâles, appelés 'Dokkars' en Algérie. Ils hébergent, sous forme de larves dans les ovaires des fleurs femelles, le blastophage. Les 'Dokkars' vivent plus longtemps que les figuiers cultivés et regroupent trois générations de sycones: les mammonis durant l'automne, les mammes en hiver et les nombreux profichis au printemps-été dont la production coïncide avec le principal cycle végétatif d'été des arbres femelles (Khanfir, 2015). La pollinisation se produit naturellement lorsqu'arbres femelles et caprifiguiers sont présents dans le même verger ou lorsque des branches portant des fleurs de caprifiguiers sont placées près de figuiers femelles. Ce sont les composés organiques volatiles, tels que les monoterpènes (C10), les sesquiterpènes (C15) et les isopentenyl pyrophosphate (IPP), émis par les fleurs femelles réceptives qui orientent et attirent vers elles le blastophage (Yu et al., 2015). Les principaux problèmes de la caprification dans les régions productrices de figes sont la perturbation du cycle des sycones du blastophage dans les régions montagneuses froides et l'indisponibilité de profichis mûres lorsque les figes femelles sont réceptives. Les 'Dokkars' forment des petits fruits non consommables (**Fig.1**).



**Fig.1**– Sycones du caprifiguier  
 (a) Sur l'arbre ; (b) Vue de profil ; (c) Coupe longitudinale

#### **4.2 Les formes domestiques (cultivées)**

Les figuiers femelles peuvent produire une ou deux récoltes par année, suivant le type d'arbre unifère ou bifère. Les arbres bifères produisent deux récoltes par an: les figues-fleurs naissent au printemps, sur les rameaux de l'année précédente, alors que les figues apparaissent en automne sur les rameaux de l'année en cours (Jeddi 2009). Les arbres unifères produisent une récolte principale de figues en été-automne. Les figues naissent à l'aisselle de feuilles portées par les rameaux latéraux de l'année en cours. Il existe trois types de figuiers domestiques : Smyrna, San Pedro et Commun.

##### **4.2.1 Le type Smyrna**

Ce sont des figuiers unifères et très fructifères, mais qui requièrent la pollinisation. Leurs figues, appelées 'Calimyrna' aux U.S.A., sont de bonne qualité et à double fin. Les figues renferment des graines viables et mûrissent à partir de fin juillet. Les variétés de ce groupe existent en Asie Mineure, en Europe et en Algérie ('Malaki', 'Sultani', 'Abiarous', 'Alelake', 'Taranimt', 'Tameriout', 'Azendjer', 'Averane', 'Taghlit', 'Tadefouith'), Condit, (1955).

##### **4.2.2 Le type San Pedro**

Les figuiers de type San Pedro (U.S.A.) ou San Pietro (Italie), sont bifères ('King', 'Lampeira', 'San Pedro'), Condit, (1955). Ils se distinguent par la formation de figues-fleurs parthénocarpiques, mais requièrent selon les cultivars la caprification pour la production des figues d'automne. Les figues San Pedro ont une saveur intermédiaire entre les fruits des types Commun et Smyrna.

##### **4.2.3 Le type Commun**

Ce sont des figuiers avec ou sans figues-fleurs, mais la production d'automne est abondante.

Ils ne forment que des fleurs pistillées qui se transforment en figues-fleurs et/ou en figues par parthénocarpié et sans nécessiter de caprification. Les 400 à 500 variétés que compte ce groupe sont les plus couramment cultivées dans le monde. En Algérie, les variétés du type Commun telles que, 'Azaich', 'Verdale blanche', 'Ziza Kheden', 'Kadota', 'Chetoui', 'Harcha' et plus particulièrement 'Bakor', sont plus populaires que celles du type Smyrna. Selon Condit, (1955) 78% des variétés de figuiers dans le monde sont du type Commun, moins de 4% sont du type San Pedro et les 18% restants sont du type Smyrna. La prévalence de la culture du type Commun dans le monde a été probablement favorisée par la sélection en raison de sa parthénocarpié, notamment dans les régions dépourvues de blastophage.

## **5 Biologie et écologie du figuier**

### **5.1 L'arbre**

Le figuier est un arbre volumineux, vigoureux et de grande longévité. Il est généralement conduit en forme d'arbuste de 2 à 5 m. de hauteur, mais en conduite libre il peut dépasser 10 ou 12 m. La constitution végétative de l'arbre est semi-ligneuse. Son tronc est tortueux, trapu et tuméfié au niveau des nœuds. L'écorce est gris-argentée, légèrement rugueuse. Le bois cicatrise mal et n'a pas de valeur en ébénisterie. Les branches sont vigoureuses, souples, torsadées, curvilinéaires et sont nombreuses à démarrer dès la base du tronc (Vidaud, 1997). A leurs extrémités se trouvent des bourgeons apicaux de différentes formes et couleurs. Le système racinaire du figuier est robuste, touffu et traçant, ce qui lui confère de larges possibilités d'adaptation écologique (Khanfir, 2015).

Le cycle végétatif de l'arbre comprend trois phases. Il commence en février par le débourrement et la formation de rameaux feuillés et se poursuit jusqu'au mois de mai. L'activité végétative peut éventuellement reprendre selon les conditions climatiques puis s'estompe au début d'octobre. L'arbre commence alors à se défolier avant d'entrer en période de repos hivernale de plusieurs mois (Oukabli, 2003). La ramification du figuier se fait par les bourgeons dormants de l'année précédente. Elle est de type acrofuge et édifie l'arbre par formation d'unités de croissance dans la partie supérieure de la tige. L'architecture de l'arbre conduit à l'établissement d'un tronc vigoureux portant des rameaux peu ou pas ramifiés.

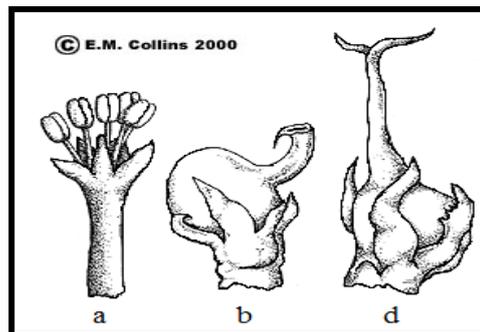
### **5.2 Les feuilles**

Les feuilles du figuier sont caduques, alternes, palmatilobées, avec trois à sept lobes sinués-dentés. Elles sont vert-clair à vert foncé, épaisses, dotées d'un solide pétiole et sans

parfum particulier. Leur face supérieure est sombre et rugueuse au toucher, alors que leur face inférieure est claire, pubescente et à nervation plus apparente. Les poils sont crochus, éparses ou denses. Les feuilles, les rameaux et les fruits immatures renferment un suc laiteux caustique, allergisant et riche en ficine, appelé le latex (Gerber, 2010).

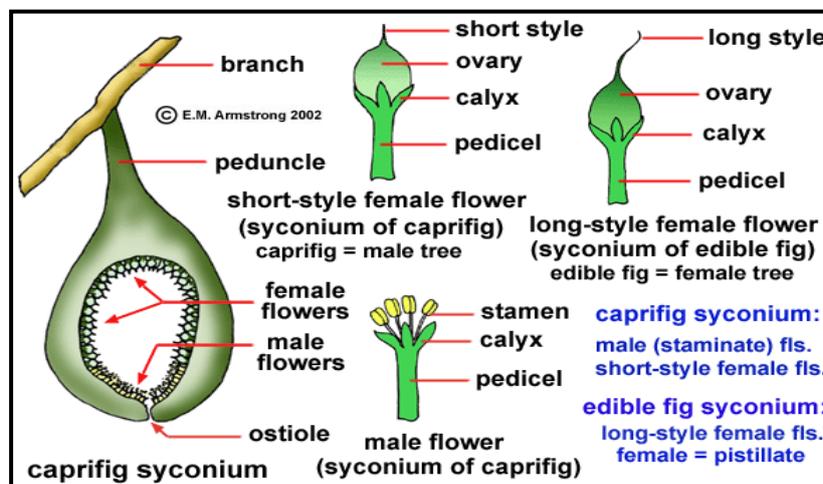
### 5.3 Les fleurs

Le figuier commun est une espèce gynodioïque, morphologiquement monoïque (avec des fleurs mâles et des fleurs femelles à style court ou long (Fig.2) dans le même sycone) mais fonctionnellement dioïque.



**Fig.2 - Les fleurs du figuier (Armstrong, 2006)**  
a : fleur mâle avec 5 étamines (caprifiguiier);  
b : fleur femelle à style court (caprifiguiier) ;  
c : fleur femelle à style long (arbre femelle)

La reproduction du figuier fascine les biologistes et les botanistes et sa complexité a, à juste titre, suscité de nombreux travaux de recherches. Les fleurs du figuier sont minuscules et unisexuées. Elles sont logées par centaines dans une inflorescence qui se transforme en un réceptacle creux et succulent (urne) à peine ouvert au sommet par l'ostiole, appelée sycone. Un figuier est considéré mâle ou femelle selon le sexe des fleurs renfermées dans ses inflorescences (Fig.3).



**Fig.3– Sycone mâle et fleurs du figuier (Armstrong, 2006)**

### **5.3.1 Les fleurs mâles**

Les fleurs mâles sont formées de quatre à cinq étamines entourant un gynécée avorté. On les retrouve aussi bien sur les arbres mâles que sur les arbres femelles. Chez les individus mâles seules certaines fleurs mâles ont un pollen fonctionnel alors que chez les individus femelles les étamines des fleurs mâles sont stériles car elles n'ont pas d'anthères (Armstrong, 2006).

L'arbre mâle (caprifiquier) produit des sycones spongieux contenant des fleurs mâles et des fleurs femelles avec style court (fleurs brévistylées) dans lesquelles les femelles ailées d'un insecte pollinisateur appelé blastophage (*Blastophaga psenes* L., famille: Agaonidae) peuvent pondre et donner des gales à la place des graines, en hiver (mammes), au printemps-été (profichis) ou en automne (mammonis), (Aouane, 2015). Le caprifiquier est protogynique car les fleurs femelles arrivent à maturité avant les fleurs mâles. L'autofécondation ne peut y avoir lieu.

### **5.3.2 Les fleurs femelles**

Les individus femelles portent des inflorescences (sycones) ne comportant que des fleurs femelles avec style long (fleurs à pistil uniovulé longistylé) et pas de fleurs mâles (fleurs mâles stériles). Les fleurs longistylées ne permettent pas aux blastophages femelles de pondre mais produisent des figes comestibles avec graines après avoir été pollinisées par cet insecte (Vidaud, 1997). L'hétérostylie prononcée des fleurs femelles du figuier constitue une forme de contrôle du dépôt des œufs dans l'ovule selon la longueur du style. En raison d'un asynchronisme (protogynie) dans la formation des organes reproducteurs, l'autogamie ne peut donc avoir lieu dans le même sycone. La relation entre la reproduction des figuiers et celle du blastophage est en fait un mutualisme spécifique et obligatoire, car le pollen n'arrive à travers l'ostiole que grâce à cet insecte (caprification) qui utilise, en échange, la fige comme site de reproduction.

## **5.4 Les fruits**

La fige est un sycone (inflorescence femelle) renversé qui se transforme en un fruit charnu et savoureux à maturité. La fige est pourvue d'un pédoncule, d'un col, d'une peau externe colorée, d'une pulpe mucilagineuse et d'une petite ouverture (ostiole ou opercule) fermée partiellement par des écailles. La fige contient de très nombreux petits fruits secs (akènes) de diverses couleurs et formes.

Les figues peuvent être consommées fraîches, séchées ou transformées. Elles sont très nutritives, digestes et énergisantes. Elles constituent une bonne source d'éléments minéraux, de vitamines C et B, d'acides aminés, de sucres, et d'acides organiques (Pande et Akoh, 2009), (**Tableau 1**).

**Tableau 1**– Composition moyenne de 100 g de figue fraîche (Jeddi, 2009)

Figue crue (valeur nutritive pour 100 g)			
Eau : 79,11 g	Cendres totales : 0,66	Fibres : 2,9 g	Valeur énergétique : 74 Kcal
Proteines : 0,75 g	Lipides : 0,30 g	Glucides : 19,18 g	Sucres simples : 16,26 g

La teneur en sucres (glucose et fructose) peut varier entre 9 et 18 g (Polat et Caliskan, 2008) en fonction de la variété, du stade de maturité, de l'ensoleillement et de l'état (séché ou fraîche) de la figue. La teneur en acides organiques est d'autre part, plus élevée dans la figue entière que dans les autres parties du fruit (**Tableau 2**).

**Tableau 2**– Composition en acides organiques des figues fraîches (mg/100g) ; (Pande et Akoh, 2009)

Fruit	Partie	Acide citrique	Acide ascorbique	Acide oxalique
	Pulpe+graine	24,7±2,9	11,7±1,8	17,2±2,8
Figue	Peau	18,8±6,3	10,6±5,2	17,4±3,5
	Fruit entier	20,2±8,0	14,2±2,6	17,9±1,3

### 5.5 Maturité et récolte des fruits

La maturité des figues est déclenchée lorsque la couleur du fruit change, sa pulpe ramollie et sa peau commence à se fissurer. En général, les figues fraîches doivent atteindre un certain stade de maturité avant d'être récoltées, car elles restent immatures si elles sont cueillies tôt (Gerber, 2010). Une figue peu mûre est en outre moins riche en sucres et n'a pas encore développé ses propriétés organoleptiques. En revanche, une récolte tardive entraîne de grosses difficultés de manutention (récolte, conservation, transport). En réalité, peu de figues sont récoltées à pleine maturité sur un arbre (Walali et al., 2003). Une bonne part est cueillie un peu avant maturité afin d'éviter les déperditions dues à la manipulation et aux déprédateurs.

Les figues fraîches doivent être récoltées manuellement et délicatement par temps frais, tôt le matin ou en fin de journée. Elles sont fragiles, rapidement périssables à température ambiante et sans possibilité de les conserver au-delà de deux ou trois jours au réfrigérateur. Leur écoulement rapide sur un marché de proximité est recommandé (Jeddi, 2009). Les figues destinées à être séchées ne sont pratiquement pas récoltées. Elles restent sur l'arbre jusqu'à ce qu'elles se dessèchent et se ratatinent avant de tomber au sol. Les figues sèches peuvent être conservées six à huit mois dans de bonnes conditions.

## **5.6 Ecologie du figuier**

Le figuier a un large spectre d'adaptation écologique et se montre peu exigeant vis-à-vis des conditions pédoclimatiques. Il réussit un peu partout dans le monde, notamment dans les régions tropicales et subtropicales, mais il est particulièrement bien adapté sur le pourtour méditerranéen où les hivers sont frais et les étés chauds et secs (Vidaud, 1997).

En Algérie, le figuier prospère du littoral jusqu'à 1200 m d'altitude (Rebour, 1968). Il tolère bien la sécheresse, mais des apports d'eau réguliers sont très bénéfiques pour son état végétatif et la production de fruits. Une pluviométrie annuelle de 600 à 700 mm est suffisante en culture non irriguée (Bachi, 2012). Cet arbre requiert huit heures par jour de plein soleil pour développer les qualités gustatives de ses fruits, sans pour autant être trop exposé aux insulations et à l'aridité extrême. Il ne supporte pas non plus les températures printanières inférieures à  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  et l'humidité élevée (Walali et al., 2003). Les producteurs de figues redoutent l'excès d'eau et les précipitations pendant la maturation et la période de séchage. Celles-ci provoquent des craquelures et l'éclatement de l'épiderme du fruit, son acidification, l'installation des champignons et une baisse notable de la qualité pomologique.

Le figuier peut s'accommoder d'une large gamme de sols (argileux, sableux, limoneux) mais préfère les sols limono-argileux et argilo-siliceux. Il se comporte aussi très bien dans les sols accidentés, profonds (1 à 2 m), légers, fertiles et bien drainés. Un pH compris entre 6 et 7,8 lui convient bien (Walali et al., 2003).. Sa tolérance à la salinité du sol et au calcaire actif est néanmoins moyenne. Les besoins annuels en froid hivernal du figuier sont faibles (300 h). Il commence à fructifier à partir de la quatrième année et peut rester productif jusqu'à 100 ans. La période de récolte peut s'étaler sur quelques semaines à plus de deux mois et nécessiter plusieurs passages (Oukabli, 2003). S'il est bien conduit un figuier adulte peut produire 100 kg, voire plus.

La multiplication du figuier ne pose pas de problèmes particuliers aux pépiniéristes. Cet arbre peut être propagé de différentes méthodes végétatives, tels que le prélèvement de rejets

racinés, l'écussonnage, le marcottage par couchage et surtout le bouturage ligneux. La multiplication par bouture de tête est la plus pratiquée en Algérie. Elle est plus commode, revient moins chère que le greffage et donne de bons résultats. La bouture doit être, toutefois prélevée sur du bois mûr, âgé de deux ans et avoir un bourgeon apical bien formé et sain. La plantation se fait le plus souvent au mois de mars à 6 x 6 m ou 7 x 7 m d'écartement entre les plants, soit à une densité de (250 à 400 plants/ha), (Oukabli 2003). Le figuier peut très bien réussir comme plante ornementale d'extérieur ou en conteneur, si les conditions afférentes au substrat, à la solution nutritive et au type de conteneur son réunies.

## **6 Propriétés nutritives et thérapeutiques du figuier**

Le figuier a de nombreuses propriétés nutritives, thérapeutiques et cosmétiques si bien, qu'en témoignage de ses innombrables vertus il est cité dans le Coran ('Sourat Ettine') et notre Prophète Mohamed (QSSL) lui a réservé plusieurs hadiths, parmi lesquels:

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

Les figues sont disponibles plusieurs mois sur le marché et sont appréciées différemment selon leurs particularités pomologiques et l'acceptance des consommateurs. Les figues fraîches ont un pouvoir antioxydant plus élevé que les figues sèches. Elles contiennent différents antioxydants, notamment les composés phénoliques et de petites quantités de caroténoïdes (lycopène, lutéine, bêta-carotène). Les figues à peau sombre contiennent, toutefois des teneurs en polyphénols, en anthocyanines et en flavonoïdes ainsi qu'une activité antioxydante plus élevées que les figues à peau claire (Crisosto et al., 2010). Divers autres composés, tels que les enzymes, les éléments minéraux (calcium, potassium, phosphore, sodium, magnésium) (Vinson, 1999), les phytostérols (sitostérol, campestérol, stigmastérol et fucostérol), les fibres alimentaires, les vitamines (C, B1, B2, B5), les composés lipidiques et beaucoup de sucres sont présents dans les figues (Jeddi, 2009). Malgré leurs nombreuses vertus ces fruits peuvent poser de graves J digestifs et immunologiques aux personnes allergiques, car ils sont incriminés dans le syndrome d'allergie orale et dans l'intolérance digestive chez les individus sensibles.

En raison des nombreux composés bioactifs présents dans ses différents organes le figuier peut être utilisé dans le contrôle de la pression artérielle, contre la fièvre, l'épilepsie, la constipation et les hémorroïdes. Le latex est une substance naturelle caustique qui détruit les

verrues et les cals et traite les piqûres d'insectes et le cancer. Il contient la présure qui est nécessaire pour la préparation des fromages et du lait caillé (Aouane, 2015). Des extraits glycérolisés de bourgeons soulagent efficacement les problèmes de stress et d'insomnie (gemmothérapie) et procurent du bien être et de la bonne humeur. Les feuilles et les pousses contiennent des furanocoumarines (psoralène, bergaptène) qui sont utilisées dans le traitement du vitiligo grâce à leur effet photo-sensibilisant. Les feuilles ont aussi une activité antifongique et antibactérienne contre plusieurs types de micro-organismes. Enfin, les racines de l'arbre sont utilisées dans le traitement des mycoses, du leucoderme et des inflammations (Derek et Rademaker, 2007).

## **7 Valorisation des figues**

Dans les pays méditerranéens, les figues sont quotidiennement présentes dans les préparations culinaires et l'industrie de transformation. Leurs propriétés diététiques et thérapeutiques sont bien connues dans la pharmacopée et suscitent un regain d'intérêt des professionnels du secteur agro-industriel et de la santé. Les industries agro-alimentaires cherchent en effet, à améliorer et à diversifier davantage les préparations à base de figues transformées afin de répondre aux exigences du marché. De leur côté, les laboratoires pharmacologiques sont toujours en quête de composés phytochimiques à base de figuier en vue d'élaborer des produits phytothérapeutiques et cosmétiques innovants et concurrentiels.

La transformation des figues par séchage et leur conservation est une pratique ancestrale. En général, la plupart des variétés de figues sont bonnes pour le séchage, mais celles qui sont plus sucrées et à peau fine et blanche sont les plus appropriées (Oukabli 2003). Les figues sèches sont dépourvues de cholestérol et riches en acides aminés (Solomon et al., 2006) en sucres et en éléments minéraux (surtout le calcium). La composition des figues sèches peut être, toutefois influencée par les facteurs environnementaux (nature du sol, conditions climatiques) et le mode de conduite culturale (Vidaud, 1997). Les figues sèches sont bénéfiques pour l'équilibre alimentaire et la perte de poids. Selon les besoins, elles sont livrées en vrac, en boucles ou conditionnées. Elles sont proposées à la vente sous forme de figues au sirop, jus de figues, confiture, chicorée, marmelade, tadjine aux figues, vinaigre et salade de figues. Elles sont également disponibles en boulangerie (pain aux figues), en confiserie (figues glacées) et en biscuiterie-pâtisserie (pâte de figues enrobée de chocolat, tarte aux figues, etc.).

## **Chapitre II**

# **Ressources génétiques et polymorphisme du figuier**

## 1 Ressources génétiques

En Algérie, les activités de recensement et d'identification des ressources génétiques du figuier sont limitées, voire aléatoires. Une collection de 70 variétés introduites en 1850 en Algérie aurait ainsi disparu. En 1955, la monographie de Condit, (1955) a recensé pour la première fois 43 variétés, dont 26 sont cultivées et 17 caprifiguiers locaux ('Dokkars'), mais leur parcours reste depuis inconnu. Ces dernières années l'Algérie a introduit une quarantaine de variétés étrangères et actuellement l'ITAFV de Boufarik détient une collection de 55 variétés communes, parmi lesquelles 17 sont locales et 38 sont étrangères, ainsi que trois 'Dokkars' locaux et deux introduits. Paradoxalement, huit variétés locales, 14 variétés étrangères et un caprifiguier uniquement sont officiellement enregistrés (Journal officiel n°7 du 28 janvier 2009), autorisés à la mise en marché et cultivés. Néanmoins, ces chiffres sont à prendre avec précaution, car les ressources génétiques du figuier sont confrontées à l'érosion génétique et à la confusion dans leurs appellations, d'autant plus que la collaboration et la diffusion de l'information entre les différents opérateurs est quasi-inexistante.

Le germoplasme du figuier d'Algérie est le résultat d'un long processus de sélection effectuée sur des individus issus de semis mais également sur des génotypes introduits. Ces individus présentent une large variabilité génétique et il arrive souvent qu'ils présentent des caractères agronomiques intéressants. De tels individus servent alors de pieds-mères et sont multipliés végétativement pour constituer de petites variétés implantées dans vergers locaux hétéroclites. Aussi, un listing des variétés peut difficilement être exhaustif, surtout que l'échange du matériel végétal d'une région à une autre a été facilité grâce au bouturage. La phonologie, ainsi que la profusion des synonymies et des homonymies ont entraîné de profondes confusions dans les appellations de cette espèce. Les variétés cultivées en Algérie sont essentiellement du type Commun et du type Smyrna (**Tableau 3**).

**Tableau 3**– Types de figuiers présents en Algérie (Feliachi, 2006)

Types de figuiers	Variétés
Caprifiguiers	'Amellal', 'Tit N'Tsekourt', 'Abetroune', 'Adras Violet', 'Azaim', 'Medloub'
Smyrna	'Alekake', 'Amesas', 'Tabelout', 'Tadefouit', 'Tameriout', 'Taranimt', 'Abougandjour', 'Adjaffar', 'Averane', 'Avouzegar', 'Azendjer'
Commun	'Abakor', 'Azaich', 'Verdale blanche', 'Kadota', 'Chetoui'

## **2 Polymorphisme**

Le polymorphisme est une caractéristique souvent étudiée en biologie, notamment pour différencier des populations d'organismes ou pour déterminer l'écotype à l'aide de différents marqueurs. Selon les concepts biologiques, le terme marqueur peut être défini comme marqueur physiologique qui correspond à tout type de molécules, facilement repérables, dont la présence renseigne sur un stade de développement ou un état physiologique. Il existe également des marqueurs ou descripteurs morphologiques qui révèlent les caractéristiques phénotypiques et des marqueurs moléculaires, ou locus marqueurs. Un locus marqueur est un locus polymorphe qui renseigne sur le génotype de l'individu qui le porte ou sur les génotypes des locus voisins.

### **2.1 Polymorphisme moléculaire**

Les marqueurs moléculaires sont par définition des caractères héréditaires qui correspondent au polymorphisme révélé au niveau de l'ADN (Aouane, 2015). Ils sont utilisés depuis plus d'une vingtaine d'années, car ils présentent diverses applications (amélioration des plantes, recherche des gènes liés aux traits de valeur commerciale) et avantages (couvrent le génome entier, indépendants des influences environnementales, de la partie de la plante prélevée et de son stade de développement) en comparaison avec les marqueurs morphologiques et protéiques.

Les marqueurs moléculaires sont en nombre illimité et très polymorphes. Ils permettent à la fois un diagnostic rapide et extrêmement fin de la variabilité génétique des individus ainsi que la mise en place de stratégies très rapides de création et de sélection variétale Khadari et al., 2003 . Ce diagnostic permet aussi de constituer une base de données qui servira pour confirmer l'identité du matériel végétal candidat à la multiplication et établir une collection de référence.

Chez le figuier des problèmes récurrents de confusion (homonymies et synonymies) dans les appellations sont rencontrés. La présence de variants au sein du même cultivar rend aussi l'identification problématique. Celle-ci peut se faire à l'aide de caractères morphologiques, mais ces derniers varient en fonction des années et de l'environnement, ce qui complique le diagnostic. Toutefois, ces problèmes de différenciation variétale peuvent être contournés par l'utilisation d'outils moléculaires (Khanfir, 2015).

Les diverses techniques de marquage moléculaire qui sont actuellement disponibles peuvent être regroupées en deux grandes catégories : les marqueurs de type RFLP

(Polymorphisme de Longueur des Fragments de Restriction) et les marqueurs basés sur la méthode de la PCR (Réaction d'amplification en chaîne) tels que: AFLP, RADP, SSR, ISSR. Le choix du système de marquage moléculaire dépend de l'objectif fixé et de la performance du laboratoire, mais les microsatellites sont considérés comme étant le système de marquage ultime pour l'identification variétale du figuier (Mavsar et al., 2008).

### **2.1.1 Les marqueurs de type RFLP (Polymorphisme de Longueur des Fragments de Restriction)**

La technique du RFLP repose principalement sur la détection de la variabilité de la taille des séquences nucléotidiques de l'ADN génomique, générées par digestion à l'aide d'enzymes de restriction et révélée par hybridation avec une sonde marquée (séquence anonyme, séquence clonée, ADN génomique total et ADN cytoplasmique ou mitochondrial). Le polymorphisme révélé par cette technique peut être illimité et concerne toutes les parties du génome, notamment en fonction des diverses enzymes de restriction et des sondes utilisées (Khadari et al., b, 2005).

Ce type de marqueur a été utilisé chez plusieurs espèces végétales et permet une analyse directe du génotype. Malgré le progrès présenté dans l'identification des variétés, cette méthode tend à être remplacée par les méthodes d'amplification d'ADN (PCR), car elles sont plus rapides et plus faciles à mettre en œuvre.

### **2.1.2 Les marqueurs de type PCR (Reaction de Polymerisation en Chaîne)**

La technique PCR offre l'avantage d'analyser les marqueurs moléculaires en un temps court tout en utilisant des concentrations faibles d'ADN. Les marqueurs basés sur la technique PCR tendent à remplacer les systèmes classiques (marqueurs morphologiques, iso-enzymatiques, RFLP) et sont nombreux. Cependant, les plus couramment utilisés chez le figuier sont la technique RAPD (Loredana et al., 2015) et plus particulièrement les SSR ou microsatellites (Khadari et al., 2003).

#### **2.1.2.1 AFLP (Polymorphisme de Longueur de Fragments Amplifiés)**

L'AFLP est une technique d'empreinte génétique qui est fondée sur la mise en évidence conjointe de polymorphisme de site de restriction et d'hybridation d'amorces arbitraires. Elle consiste à l'amplification sélective d'un sous-ensemble de fragments de restriction génomique utilisant la PCR. L'ADN est digéré avec une endonucléase de restriction et des adaptateurs d'ADN à double brin sont ligaturés aux extrémités des fragments d'ADN pour générer l'ADN

modèle pour l'amplification. Ainsi, la séquence des adaptateurs et le site de restriction adjacent servent de site de liaison d'amorces pour une amplification ultérieure des fragments de restriction par PCR.

Les avantages de l'AFLP résident dans le grand nombre de marqueurs polymorphes qu'elle génère (reproductibilité) et sa capacité de différenciation individuelle dans une population donnée (haut niveau de détection du polymorphisme), ce qui l'a rendue utile pour l'analyse de paternité (Baraket et al., 2009). L'AFLP a été utilisée chez plusieurs espèces fruitières (palmier-dattier, grenadier, abricotier, figuier), toutefois elle est confrontée à des problèmes similaires de ceux de la technique SSR (très coûteuse, problème d'analyse de données).

#### **2.1.2.2 ISSR (Inter-Simple Séquences Répétées)**

Les marqueurs ISSR, liés aux séquences ou nucléotides de l'espace présent entre les séquences simples répétées (SSR) dans le génome, sont basés sur le polymorphisme de taille de 200 à 2500 pb le long de ces espaces inter-microsatellites amplifiables par une seule amorce PCR (Konaté, 2007). L'ISSR amplifie les séquences inter-microsatellites à plusieurs loci à travers le génome et permet selon Saran et al., (2015) la détection de polymorphismes dans les microsatellites et les loci intermicrosatellites sans connaissance préalable des séquences d'ADN. Ces marqueurs peuvent détecter des polymorphismes en une seule réaction avec une répétabilité et une reproductibilité élevées

Une étude comparative entre marqueurs RAPD, ISSR et SSR pour la caractérisation du figuier a montré que les marqueurs ISSR et SSR sont plus informatifs que les marqueurs RAPD, mais les ISSR sont moins reproductibles (Abou-Allail et al., 2014). La production des marqueurs ISSR est, par rapport aux marqueurs AFLP, SSR et RFLP, moins coûteuse, rapide et facile à optimiser Les ISSR détectent en outre un plus grand polymorphisme génomique que les marqueurs RFLP (Konaté, 2007) et ont été largement utilisés pour l'identification et l'étude de la variabilité génétique de nombreuses plantes.

#### **2.1.2.3 RAPD (Polymorphisme de l'ADN Amplifié Aléatoirement)**

La technique RAPD a été utilisée à partir de 1989. Elle est basée sur la réaction d'amplification en chaîne (PCR) de séquences prises au hasard d'ADN génomique à l'aide d'amorces arbitraires (aléatoires) de taille courte d'environ 10 nucléotides et d'une enzyme la Taq polymérase. Les fragments générés en nombre quasiment illimité, sont répartis dans tout le génome. Cette technique peut produire de nombreux fragments polymorphes (Shteyah et

al., 2014) et le polymorphisme observé se traduit par la présence ou l'absence de bandes chez les différents génotypes. Ainsi, l'amplification avec les marqueurs RAPD obéit à la loi de «tout ou rien» mettant en jeu des amorces très spécifiques (Konaté, 2007). Les variations de séquences nucléotidiques entre les génomes, révélées par ces marqueurs, sont le résultat d'une modification (mutation ou insertion) au niveau du site de fixation de l'amorce (Caliskan et al., 2012). Les marqueurs RAPD ne nécessitent qu'une faible quantité d'ADN par rapport à d'autres outils, comme la RFLP, qui nécessitent des étapes supplémentaires telles que la digestion par restriction et l'hybridation (Khanfir, 2015). Ce type de marqueur est simple, rapide, peu coûteux et adapté pour distinguer les variantes génotypiques du figuier.

#### **2.1.2.4 Microsatellites ou SSR (Séquences Simples Répétées)**

Les microsatellites sont des séquences d'ADN répétées, dont la taille est généralement moins de 5pb. Ils sont constitués de répétitions en tandem de motifs mono, di, tri ou tétra-nucléotidiques révélés par amplification par PCR de l'ADN génomique. Les plus courantes sont (A)<sub>n</sub>, (AT)<sub>n</sub>, (GA)<sub>n</sub>, (GT)<sub>n</sub>, (TAT)<sub>n</sub>, (GATA)<sub>n</sub>, la valeur de n pouvant aller de quelques unités à plusieurs dizaines. Le polymorphisme des SSR résulte de la différence du nombre d'unité répétée, estimée de 5 à 50 copies chez les plantes et qui émane des erreurs survenues lors de la réplication d'ADN (Konaté, 2007). Ces différences sont révélées sur gel polysaccharide où les motifs en tandem migrent en fonction de leur poids.

Les marqueurs microsatellites sont polymorphes, multi-alléliques insensibles au milieu, indépendants de l'organe de la plante et couvrent tout le génome, d'où leur utilisation dans les études phylogénétiques (l'étude de populations) et de l'évolution des espèces ainsi que dans les comparaisons entre individus ou cultivars. Ils permettent la distinction des hétérozygotes individuels des homozygotes (Aouane, 2010), l'identification d'allèles multiples présents dans les populations et la production de résultats facilement interprétables avec une grande reproductibilité. Khadari et al., (2001) ont développé les premiers microsatellites polymorphes chez le figuier. Plus récemment, Zavodna et al., (2005) ont élaboré cinq et trois microsatellites pour deux autres espèces dioïques de figuier, *Ficus montana* Burm.f. et *Ficus septica* Burm.f. respectivement. Dans une étude comparative Khadari et al., (2003) ont montré que neuf amorces RAPD n'étaient pas appropriées pour distinguer 30 cultivars de figes alors que six amorces SSR étaient suffisantes pour l'identification. Combinant les caractéristiques des différents marqueurs, les microsatellites se montrent les plus appropriés pour l'analyse de la diversité génétique du figuier (Perez-Jimenez et al., 2012) et sont souvent considérés comme le système de marquage ultime.

## **2.2 Polymorphisme phénotypique**

Les marqueurs agro-morphologiques, à immense intérêt, relèvent de la caractérisation. Ils varient toutefois selon les stades phénologiques de l'arbre et interfèrent avec les facteurs environnementaux. L'analyse des traits phénotypiques est en outre plus complexe chez le figuier que les autres espèces fruitières en raison de particularités afférentes à la présence de deux types de productions dans l'année (figues-fleurs et figues d'automne), à son hétérophyllie et à la complexité de sa biologie florale. Pour surmonter ces contraintes, le choix de marqueurs phénotypiques en nombre limité, mais rigoureusement sélectionnés pour leur performance de discrimination, ainsi que la nécessité de périodes d'observations répétées à des périodes bien précises (fructification, repos végétatif, âge de la plante, organe étudié) peuvent suffire pour la caractérisation de l'arbre. Le recours à ce type de marqueurs est indéniable et doit être inclus dans tout projet d'identification et d'utilisation des ressources génétiques. Environ 80 descripteurs phénotypiques ont été recensés chez cette espèce, dont 23 pour l'arbre, 21 pour la feuille et 34 pour le fruit (IPGRI et CIHEAM, 2003).

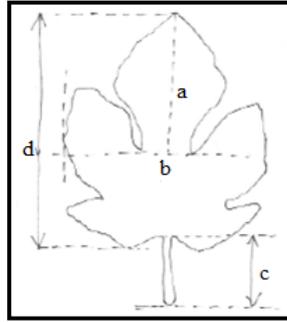
### **2.2.1 Les descripteurs de l'arbre**

A l'instar du port, de la vigueur, de la ramification et des bourgeons apicaux, certaines caractéristiques de l'arbre, comme l'émission des rejets, le début de défoliation, la longueur des entre-nœuds et le nombre de figues-fleurs par pousse peuvent s'avérer importantes pour la discrimination variétale. Les branches assurent la ramification de l'arbre et lui donnent sa forme et son port suivant l'âge et le génotype.

Le début de récolte peut être très précoce à très tardif et dépend du type de sol, des conditions climatiques et des techniques culturales. La durée de récolte peut également varier de très courte (< 7 jours) à très longue (> 60 jours) selon le type de production (figues-fleurs ou figues), les variétés et les régions (IPGRI et CIHEAM, (2003). En Algérie, la récolte commence vers la fin mai pour les figues-fleurs et la fin juillet pour les figues d'automne.

### **2.2.2 Les descripteurs de la feuille**

L'importance des caractères morphologiques des feuilles (**Fig. 4**) pour la différenciation variétale du figuier a fait l'objet de nombreux travaux de recherches (Aljane et al., 2012; Caliskan et Polat, a, 2012). Ces caractères sont très importants pour la sélection des génotypes par les arboriculteurs et les sélectionneurs (Papadopoulo et al., 2002).



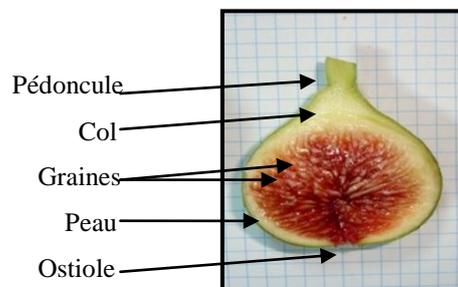
**Fig.4**– Feuille de figuier à cinq lobes  
 (a) Longueur du lobe central;(b) Largeur de la feuille;  
 (c) Longueur du pétiole ; (d) Longueur de la feuille

Aljane et Ferchichi, (2008) considèrent que la longueur du pétiole, le nombre de lobes par feuille, la longueur, la largeur et la surface foliaire, sont des paramètres importants pour l'analyse phénotypique du figuier, alors que pour Vrhovnik et al., (2008) ce sont la forme de la base de la feuille, la position des petits lobes latéraux, le degré de lobation, ainsi que le nombre et la forme des lobes qui sont importants. En Turquie, Simsek, (2011) a trouvé que la couleur du pétiole est un caractère qui peut aussi changer suivant le type de figuier, le cultivar et les conditions du milieu.

D'autres caractères, tels que le bord et la couleur du limbe, la forme de l'apex foliaire, la nervation, ainsi que la densité des poils, peuvent également servir pour la différenciation variétale (Aljane et Ferchichi, 2009). Contrairement à la vigne, il est toutefois insuffisant d'identifier les figuiers d'après les seuls caractères morphologiques de leurs feuilles, car ils présentent une hétérophyllie prononcée.

### 2.2.3 Les descripteurs du fruit

L'utilisation des descripteurs pomologiques pour la différenciation variétale est appropriée (Fig. 5).



**Fig.5**– Coupe longitudinale de la figue

Parmi les descripteurs du fruit nous pouvons citer la facilité d'épluchage, l'épaisseur de la peau et la couleur de l'exsudat ostiolaire.

Aksoy, (1981) estime que les traits les plus distinctifs sont le calibre, la qualité gustative, l'aptitude au séchage et l'arôme du fruit. Pour Vrhovnik et al., (2008), les caractéristiques les plus discriminantes sont la longueur et la largeur du pédoncule, la présence du col, l'abscission du pédoncule, la couleur de la peau, les caractères des lenticelles, le poids, le parfum et la forme du fruit.

Diverses autres caractéristiques, telles que la fermeté de la chair, la couleur de la pulpe, la forme du pédoncule, et les fissures de la peau sont aussi considérées des descripteurs fortement discriminants (Caliskan et Polat, b, 2012).

Sur le plan phytochimique la figue est un fruit nutritif et savoureux dont la composition chimique est riche en extrait sec soluble et en acidité titrable. Ces deux caractères sont essentiels dans le choix des cultivars à des fins spécifiques et figurent parmi les plus importants descripteurs du figuier (Giraldo et al., 2010; Trad et al., 2013) (**Tableau 1**).

## **Partie II**

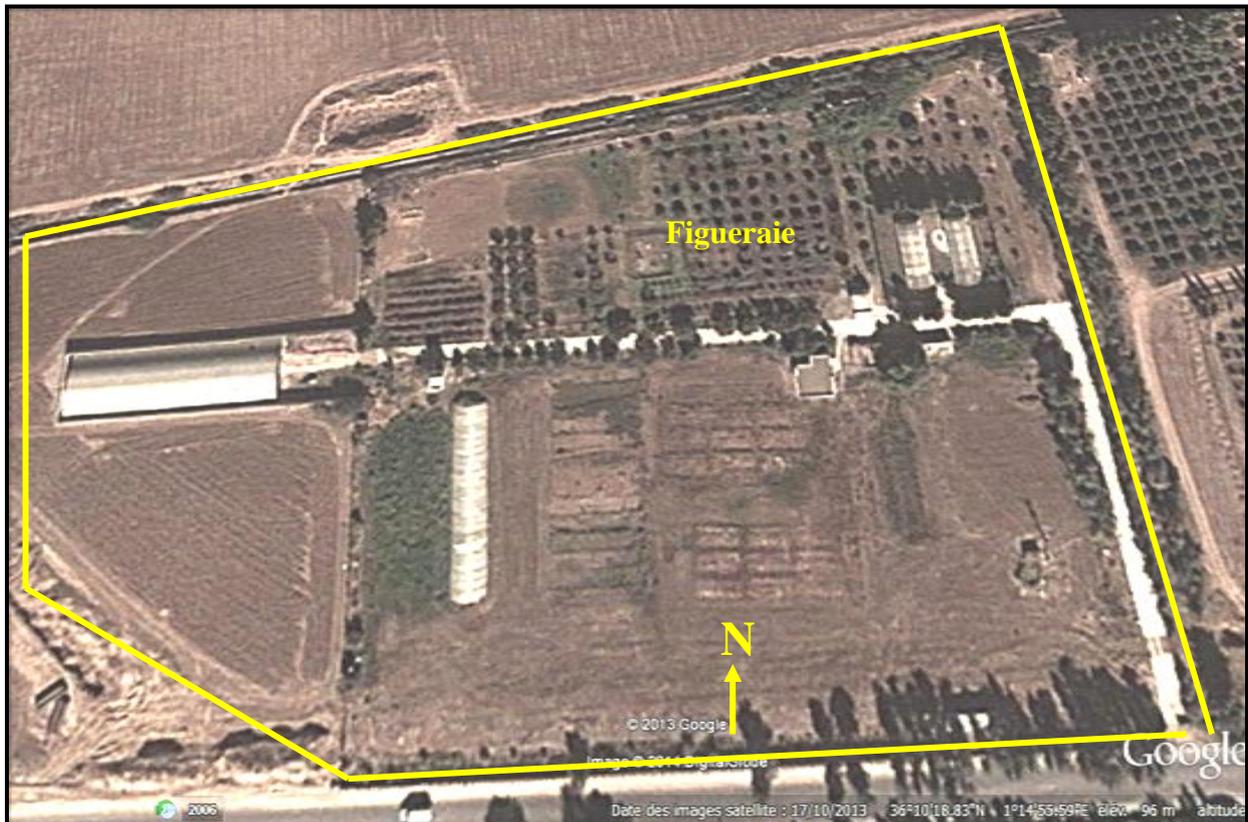
# **Caractérisation moléculaire et morphologique des ressources génétiques du figuier**

# **Chapitre I**

## **Matériel et Méthodes d'étude**

## 1 Lieu d'étude

La présente étude concerne une collection ex-situ de figuiers implantée dans la ferme agricole (Altitude, 109 m. ; Latitude, 36°10'N ; Longitude, 01°14'E) de l'Université Hassiba Benbouali de Chlef (**Fig.6**).



**Fig.6**– Ferme agricole de l'Université de Chlef (Image satellite ; Google Earth, 2017)

Le climat semi-aride de la plaine du Chélif est typiquement méditerranéen, avec des hivers relativement humides et doux et des étés secs et chauds. La température annuelle moyenne (sur 20 ans) est de 19,73 °C. Les amplitudes thermiques sont de 30,80 °C en été et de 9,40 °C en hiver. De rares gelées peuvent être remarquées en rase campagne au cours des mois de janvier et de février. La pluviométrie annuelle moyenne (sur 20 ans) est de 552 mm et se produit majoritairement de Novembre à Avril. Le sol du verger est de texture limono-argileuse, à pH 8,3.

## 2 Matériel végétal

La caractérisation morphologique a concerné 23 accessions, dont 8 sont bifères et 15 sont unifères (**Tableau 4**).

**Tableau 4–** Numéros, appellations et types d’accessions  
(Inc: inconnue)

Numéros des accessions	Appellations	Types d’arbres	
‘01’	Inc.	Bifères	
‘08’	‘Ramliya’		
‘21’	Inc.		
‘28’	Inc.		
‘36’	Inc.		
‘75’	Inc.		
‘81’	‘Bakor noir’		
‘84’	‘Bakor blanc’		
‘06’	Inc.		Unifères
‘11’	‘Taranimt’		
‘27’	‘Toudjente’		
‘31’	‘Kadota’		
‘34’	‘Chetoui’		
‘35’	‘Safra’		
‘43’	‘Benacer’		
‘50’	‘Beidha’		
‘52’	‘Enq El H’mam’		
‘58’	‘Arbiya’		
‘77’	‘Azendjer’		
‘80’	Inc.		
‘85’	‘Harcha’		
‘92’	‘Meroudji’		
‘102’	‘Taberkint’		

L’opération de recensement et d’échantillonnage des géotypes du figuier est importante afin que soit représenté la diversité génétique de l’espèce. La prospection et les prélèvements ont été opérés auprès des pépinières, des stations de protection et de vulgarisation agricole, des instituts techniques agricoles et forestiers, des directions de l’agriculture, des collectionneurs-amateurs et des particuliers. Les informations et les données recueillies ont été ensuite vérifiées, analysées puis classées. Soixante-treize accessions de figuier (69 variétés et quatre caprifiguiers) provenant de cinq grandes régions éco-géographiques d’Algérie (le Tell Ouest, le Tell Centre, le Chélib, les Aurès et les Oasis Sahariennes) ont été prospectées à partir de 2009. Le matériel végétal est représenté par trois formes botaniques du figuier : Commun, Smyrna et Caprifiguiier (**Tableau 5**). Les plants ont été implantés dans la ferme agricole par boutures de tête ligneuses, espacées de 6 x 6 m. Ils sont conduits en forme libre et reçoivent le même entretien cultural.

**Tableau 5– Diversité et provenance du matériel végétal**

Numéros des accessions	Noms des accessions	Provenances	Groupes
45	Belrait		
43	Benacer-1		
44	Hafer el bghel		
42	Génotype 42		
50	Beïdha	Tlemcen	
52	Hamra		
40	Chetoui-3		Le Tell Ouest
51	Benacer-2		
41	Col de Cygne-2		
13	Génotype 13		
35	Safra		
34	Chetoui- 1	Dahra	
36	Génotype 36		
92	Meroudji		
94	Dokkar-2		
96	Génotype 96		
97	Génotype 97	Ouarsenis	
98	Chetoui-2		
99	Harcha		
106	Esra Rqiqen		
111	Bouchekar		
102	Taberkint		
112	Tabakort		
108	Taghalit		
105	Tadefouith	Kabylie	
109	Tabelot		
103	Azendjer-2		
101	Taranimt-1		Le Tell Centre
104	Bouankod		
5	Bakor noir-1	Blida	
28	Génotype 28		
68	Génoype 68	Ain-defla	
77	Azendjer-1	Béjaïa	
56	Génotype 56		
54	Génotype 54	Guelma	
65	Génotype 65		Les Aurès
63	Génotype 63	Tebessa	
21	Génotype 21		
16	R'dani		
8	Ramliya		
18	Col de Cygne- 1		
114	Génotype 114		
115	Génotype 115		
19	Toudjente-2		
3	Col de Cygne-3		
7	Génotype 7		
84	Bakor blanc		
1	Génotype 1		
85	Génotype 85		
86	Génotype 86	Chlef	Le Chélif
80	Génotype 80		
83	Dokkar-4		
6	Génotype 6		
81	Bakor noir-2		
119	Génotype 119		
12	Dokkar-1		
11	Taranimt-2		
48	Génotype 48		
31	Kadota		
75	Génotype 75		
74	Bezoult Rhadem		
118	Dokkar-3		
73	Tergou		
27	Toudjente-1		
116	Génotype 116		
88	Tahert-1		
89	Tahert-2		
90	Tahert-3	Tamanrasset	
91	Lekhal		
62	Génotype 62		Les Oasis Sahariennes
61	Génotype 61	Adrar	
59	Génotype 59		
58	Génotypes 58	Ain Salah	

### 3 Méthodes d'étude

#### 3.1 Etude du polymorphisme moléculaire

##### 3.1.1 Extraction de l'ADN génomique

L'extraction de l'ADN génomique a été réalisée à partir d'échantillons de 100 mg de jeunes feuilles fraîches choisies au hasard sur les arbres. L'extraction a été faite selon le protocole du kit DNeasy Plant Mini de Qiagen Inc. (GmbH, Allemagne). Les extraits d'ADN obtenus ont été dosés au Nanodrop (ND-1000, UV-visible spectrophotomètre) pour déterminer les quantités et examiner la qualité en observant le rapport des valeurs des densités optiques de 260 /230. Les ADN obtenus ont été stockés à – 20°C jusqu'à leur utilisation.

##### 3.1.2 Analyse génétique du figuier via PCR/SSR

###### 3.1.2.1 Les marqueurs microsatellites

En raison de leur polymorphisme et de leur pouvoir discriminant chez le figuier (Khadari et al., 2001; Achtak et al., 2009) cinq amorces microsatellites (MFC2, MFC4, MFC5, MFC7 et MFC8) ont été choisies et testées dans cette étude. Les ADN des 73 variétés ont été amplifiés avec chacune des amorces présentées dans le **tableau 6**.

**Tableau 6**– Les amorces microsatellites et leurs caractéristiques

Identification du locus	Motif répété	Séquence de l'amorce (5'-3')	Température d'hybridation (°C)	Quantité de MgCl <sub>2</sub> (mM)
MFC2	[AC]18[AT]7	F: GCTTCCGATGCTGCTCTTA R:TCGGAGACTTTTGTTC AAT	55	2
MFC4	[AT]4[AC]11	F: CCAA AACTTTTAGATACA AACTT R:TTTCTCAACATATTAACAGG	55	2
MFC5	[GA]13	F: ACCAATCCAAATAATAATCC R: ACACGCTTACATGAATTACC	55	3
MFC7	[AG]11	F: CACAATCAA AATAGTTACCG R: AGCGAAGACAGTTACAAAGC	50	1,5
MFC8	[CA]9TA[CA]14[TA]6	F: GTGGCGTCGTCTCTAATAAT R:TATTCTATGCTGTCTTATGTCA	50	2

### **3.1.2.2 Amplification par PCR**

La PCR est une technique permettant d'obtenir, à partir d'une faible quantité d'ADN dans un échantillon, un très grand nombre de copies d'ADN. Le principe de cette technique consiste à utiliser deux couples d'amorces d'oligonucléotides, appelées aussi primers complémentaires à l'ADN cible et qui encadrent la région que l'on veut amplifier. Les réactions PCR ont été effectuées dans un volume final de 25  $\mu$ l. La mixture PCR est composée du tampon 1 X de la Taq Hot Start ADN polymérase, 0,2 mM de chaque dNTP, 1,5 à 3 mM  $MgCl_2$  ajustés selon la paire d'amorces (SSR) (Chatti et al.,2007), 0,5 $\mu$ M de chaque amorce, 0,3 $\mu$ l de Taq Hot Start ADN polymérase 5U/ $\mu$ l (Promega, France), 14,9  $\mu$ l d'eau déminéralisée stérile et 20 ng/ $\mu$ l d'ADN génomique.

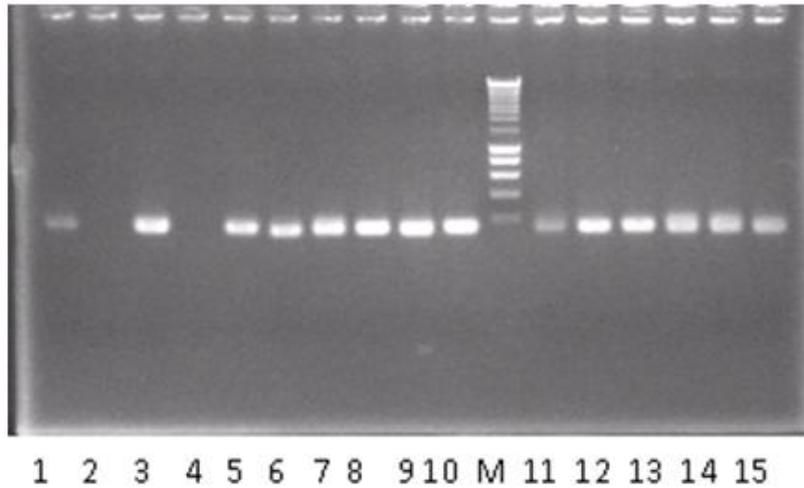
L'amplification a été effectuée dans un thermocycleur de type MyCycler (Bio-Rad Laboratories, CA, USA). Les conditions de température sont : un premier cycle de dénaturation initiale de l'ADN pendant 5 min à 95°C suivi de 40 cycles comprenant chacun une phase de dénaturation de 30 s à 95°C, une étape d'hybridation des amorces à une température spécifique selon le couple d'amorces (50–55°C) de 45 s et une phase d'élongation des brins d'ADN de 45 s à 72°C, puis un dernier cycle d'élongation finale de 7 min à 72°C.

### **3.1.2.3 Lecture des résultats sur gel d'agarose**

Afin de vérifier la qualité de l'amplification et de prévoir la quantité de produit PCR qui sera ensuite déposée sur le gel de polyacrylamide, les profils de bandes d'ADN amplifiées ont été d'abord contrôlés sur gel d'agarose. 5 $\mu$ l de produit PCR obtenu pour les différentes amorces SSR utilisées ont été ainsi déposés sur un gel d'agarose à 2%. 5 $\mu$ l de marqueur de taille de 100pb (Labtech ,USA) ont été également déposés sur chaque gel pour évaluer la taille des amplicons. La migration de l'ADN s'est déroulée à 135 volts durant 20 min dans du tampon TAE 0,5X ( Tris - acide acétique - EDTA). Le gel a été ensuite coloré au BET (bromure d'éthidium) durant 10 min puis l'ADN est révélé sous lumière ultra-violet sur Gel Doc (Biorad) (**Fig.7**). Les résultats observés sur les différents gels ont montré la présence de bandes pour l'ensemble des individus testés avec toutes les amorces étudiées. La présence d'une seule bande indique que l'individu est homozygote à ce locus, alors que la présence de deux bandes indique que l'individu est hétérozygote à ce locus.

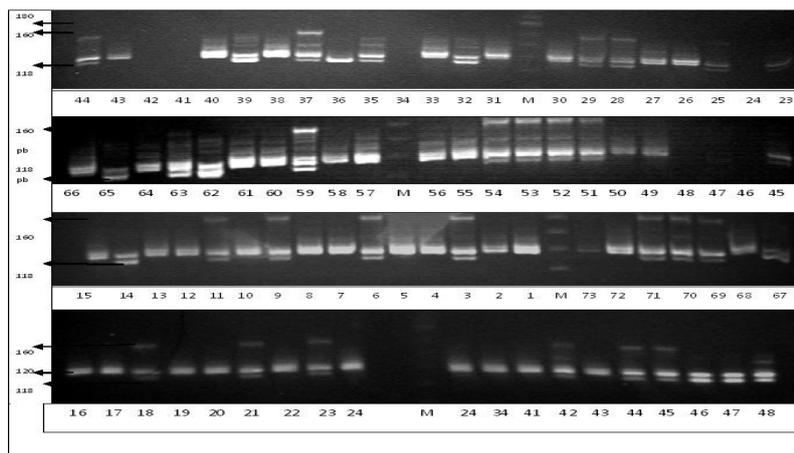
### **3.1.2.4 Lecture des résultats sur gel de polyacrylamide**

Après vérification de l'amplification PCR sur gel d'agarose, la lecture des bandes SSR a



**Fig.7**– Résultats des amplifications PCR par les amorces SSR sur gel d’agarose à 2%

été faite sur gel polyacrylamide (10%) après dépôt de 10µl de produit PCR de chaque échantillon ainsi que 15µl d’un marqueur de taille moléculaire 20 pb (SIGMA, Missouri USA). La migration a été faite dans du Tampon Borate EDTA (TBE) 1X à 0,5%, à 250 volts et a duré de 2h 30 à 3h 30 min suivant le marqueur microsatellite. Le gel a été ensuite coloré au bromure d’éthidium (BET) durant 10 min puis l’ADN est révélé sous lumière ultra-violet sur Gel Doc (Biorad). La lecture des photos de gel a montré les profils des individus pour chaque couple d’amorces SSR. Les résultats ont mis en évidence des profils polymorphes pour les variétés testées et ont répertorié des bandes de différentes tailles selon le locus étudié (**Fig.8**).



**Fig.8**– Gel de polyacrylamide à 10% du locus (MFC5) de 73 variétés de figuier

### 3.1.3 Analyse des données

Les indices standards du polymorphisme génétique, c'est-à-dire le nombre total d'allèles, la richesse allélique, les fréquences alléliques, l'hétérozygotie observée:  $H_o$  et attendue:  $H_e$

(sous l'hypothèse de la panmixie  $H_e = 1 - \sum p_i^2$ ,  $p_i$  étant la fréquence de l'allèle  $p$  (Ikegami et al., 2009) ont été calculés pour chaque locus et la moyenne est prise sur tous les loci, avec le logiciel genetix, version 4.05.2, (Belkhir et al., 2004). L'indice de fixation ( $F_{is}$ ) a été également calculé selon la formule  $(H_e - H_o) / H_e$  pour tous les loci afin d'estimer leur hétérozygotie. Nei, (1978) a proposé d'utiliser un estimateur non biaisé ( $H_{nb}$ ) lorsque le nombre d'échantillon testé est faible. Une valeur positive de l'indice de fixation indique un déficit d'hétérozygotie en comparaison avec les déviations de l'équilibre de Hardy-Weinberg qui ont été calculées à l'aide du logiciel GENEPOP (version 1.2) ; (Raymond et Rousset, 1995). Une analyse phylogénétique des cinq populations a été faite à l'aide du logiciel UPGMA Cluster Tools (Nei, 1972). L'analyse du regroupement a mis en évidence un dendrogramme qui a été établi à partir d'une matrice d'absence / présence des allèles à l'aide du logiciel PAST (<http://folk.uio.no/ohammer/past/intro.html>).

### **3.2 Etude du polymorphisme phénotypique**

L'analyse phénotypique des arbres, des feuilles et des fruits a pour but de révéler la richesse des caractéristiques morphologiques des ressources génétiques du figuier. La détermination des propriétés pomologiques et l'évaluation de la qualité des fruits sont complémentaires et devraient en outre, confirmer l'intérêt agro-industriel qui est associé à cette espèce fruitière. Pour effectuer les analyses morphologiques nous avons prélevé sur chaque arbre 35 feuilles adultes, 36 figes-fleurs et 36 figes mûres. Le prélèvement a été effectué à la périphérie de l'arbre sur huit pousses âgées d'un an, entre le troisième et le septième nœud. Les analyses chimiques des fruits ont nécessité d'autres prélèvements de 36 figes-fleurs et de 36 figes que nous avons réparties en trois lots (répétitions) par année (deux années).

Soixante-trois descripteurs agro-morphologiques de l'IPGRI et CIHEAM, (2003) ont été utilisés pour la caractérisation de 23 accessions ainsi que trois autres additionnels afférents au début de défoliation, à l'épaisseur de la pulpe du fruit (Basheer- Salimia et al., 2013) et à la forme de l'apex foliaire (Aljane et Ferchichi, 2009). Les 66 descripteurs se composent de 26 quantitatifs et 40 qualitatifs (**Annexe A**).

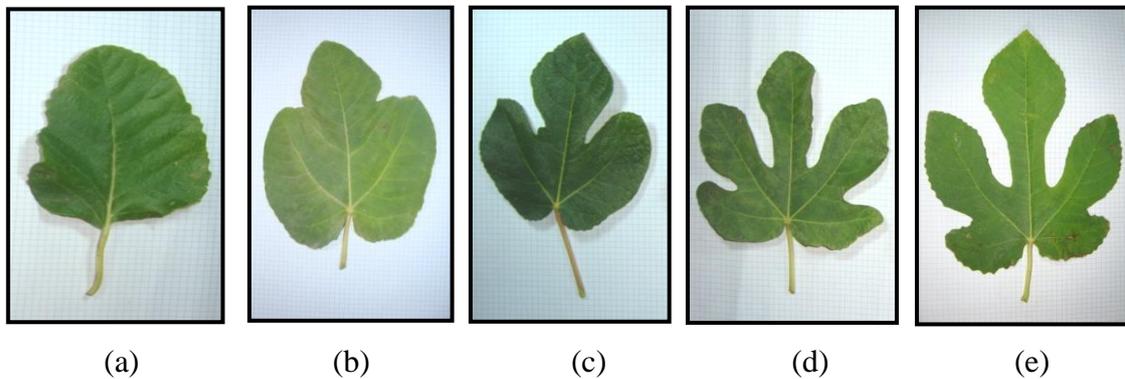
#### **3.2.1 Les marqueurs agro-morphologiques**

##### **3.2.1.1 Les marqueurs quantitatifs (IPGRI et CIHEAM, 2003)**

Les dimensions foliaires (longueur et largeur) ont été prises à l'aide d'une règle graduée. L'épaisseur du pétiole et les caractères pomologiques (longueur et largeur du fruit, du col, du

pédoncule, ainsi que l'épaisseur de l'ostiole et de la pulpe interne du fruit) ont été mesurées l'aide d'un pied à coulisse digital (0–150 mm ; BTS Tools, Malaysia).

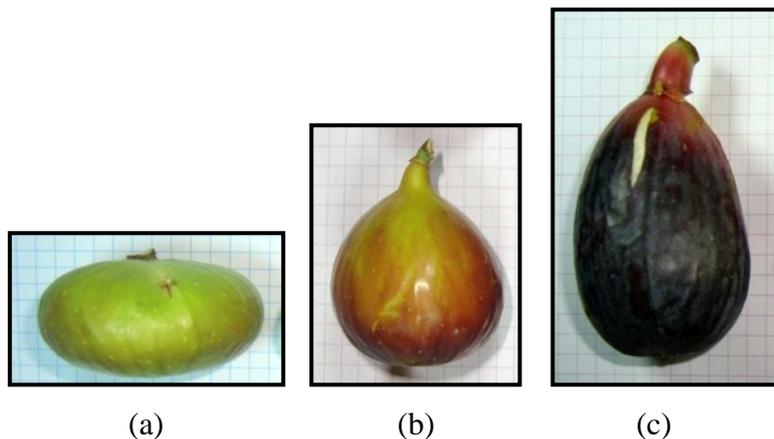
- 1- Le nombre de rejets par l'arbre : faible, < 3 ; moyenne, 3 à 7 ; élevée, > 7 ;
- 2- Le nombre de feuilles par pousse a été compté : < 4 ; 4–8 ; 9–12 ; >12 ;
- 3- La durée de récolte (en jours) est commune aux figes-fleurs et aux figes : très courte, < 15 ; courte, de 15 à 20 ; intermédiaire, de 21 à 40 ; longue, de 41 à 60 ; très longue, > 60 ;
- 4- Le nombre de lobes par feuille a été compté : 0 ; 3 ; 5 ; 7 ; > 7 ;
- 5- La longueur de la feuille (cm) a été notée de la base du pétiole à l'extrémité du lobe central;
- 6- La largeur de la feuille (cm) a été mesurée sur sa plus large partie ;
- 7- Le degré de lobation (cm) a été calculé en divisant la longueur du lobe central par la longueur de la feuille : sans lobation ; léger 0–0,25 ; moyen 0,26–0,50 ; marqué 0,51–0,75 ; très marqué > 0,75 (**Fig. 9**) ;



**Fig.9**– Lobation de la feuille

(a) Absente ; (b) Légère ; (c) Moyenne ; (d) Marquée ; (e) Très marquée

- 8- L'épaisseur du pétiole (mm) a été mesurée à 1cm du point de fixation sur la pousse : faible < 5 ; moyenne 5–6 ; large > 6 ;
- 9- La longueur du pétiole (mm) a été mesurée : courte < 50 ; moyenne 50–80 ; longue > 80 ;
- 10- Le rapport longueur du pétiole/longueur de la feuille a été calculé ;
- 11- La surface foliaire (cm<sup>2</sup>) a été calculée en multipliant la largeur par la longueur de la feuille : petite < 250 ; moyenne 250–400 ; large 400–550 ; très large > 550 ;
- 12- Le rapport longueur/diamètre du bourgeon terminal a été calculé ;
- 13- Le nombre de figes-fleurs par pousse a été compté ;
- 14- L'index de la forme du fruit a été calculé en divisant la largeur par la longueur du fruit : oblongue < 0,9 ; globuleuse 0,9–1,1 ; plate > 1,1 (**Fig.10**) ;
- 15- La longueur du fruit (mm):courte 29–46; moyenne 29–54; longue 54–75; très longue >75;
- 16- Le diamètre du fruit (mm) : petite 28–38 ; moyenne 38–49 ; large 50–60 ; très large > 60 ;
- 17- La longueur du col (mm) : absente, courte < 5 ; moyenne 5–15 ; longue >15 ;



**Fig.10**– Forme du fruit

(a) Plate ; (b) Globuleuse ; (c) Oblongue

- 18- L'épaisseur du col (mm) : petite < 8 ; moyenne 8 à 10 ; large >10 ;
- 19- La longueur du pédoncule (mm) : courte <4 ; moyenne 4–8 ; longue > 8 ;
- 20- L'épaisseur du pédoncule (mm) : petite < 4 ; moyenne 4–5 ; large >5 ;
- 21- Le diamètre de l'ostiole (mm) : petit < 1 ; moyen ; 1–3 ; large 4–5 ; très large > 5 ;
- 22- L'épaisseur de la pulpe interne (mm) : faible < 25 ; moyenne 25-35 ; large > 35 ;
- 23- Le poids (g) du fruit a été mesuré à l'aide d'une balance de 0,01g. de précision (Precisa XB 2200 C, United Kingdom) : léger < 20 ; moyen 20–39 ; élevé 40–60 ;
- 24- Le volume du fruit (cm<sup>3</sup>) a été mesuré par déplacement d'eau dans un bêcher gradué ;
- 25- L'acidité titrable, (exprimée en % d'acide citrique) a été déterminée selon la méthode AFNOR (NF V O5–101, 1970), par titrage à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (0,1N) jusqu'à pH 8,1 en présence d'un indicateur coloré : très faible < 0,050 ; faible 0,050–0,125 ; moyenne 0,126–0,225 ; élevée 0,226–0,300 ; très élevée > 0,300 ;

**Mode opératoire :** 10 ml de jus filtré ont été prélevés puis versés dans un bêcher jaugé de 250 ml auquel on a ajouté 50 ml d'eau distillée préalablement bouillie et refroidie ainsi que 0,5 ml de phénolphthaléine (2 gouttes). Tout en agitant, le titrage a été effectué en goutte à goutte à l'aide d'une solution de NaOH (0,1 N) jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistant pendant 30 secondes (sachant que 1ml de NaOH 0,1M équivaut à 0,0064 g d'acide citrique).

$$A.T (\%) = V1 \times K \times 100 / V2$$

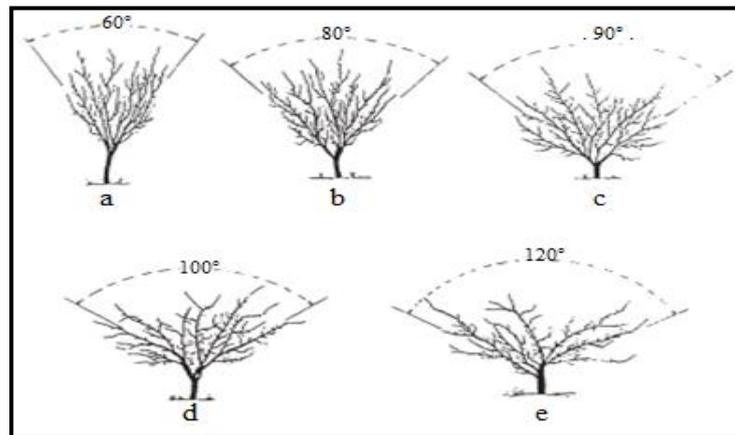
V1: volume de NaOH à 0,1N (Titre) ; V2 : volume de prise d'essai en (10 ml); K : facteur correspondant à l'acide (0,0064) ;

- 26- L'extrait sec soluble (°Brix) a été mesuré selon la méthode AFNOR (NF V 05–109, 1970) à l'aide d'un réfractomètre à main (NOW, 0–32% Brix) L'indice réfractométrique du jus permet de mesurer rapidement la fraction de matière sèche soluble : faible (10,0–13,0) ; moyen (13,1–16,0) ; élevé (16,1–20,0) ; très élevé (> 20,0) ;

**Mode opératoire :** L'échelle du réfractomètre est réglée en plaçant une goutte d'eau distillé sur la partie concave, en l'orientant vers la lumière jusqu'à l'obtention du zéro. La mesure se fait après dépôt d'une goutte de filtrat sur la partie concave du réfractomètre.

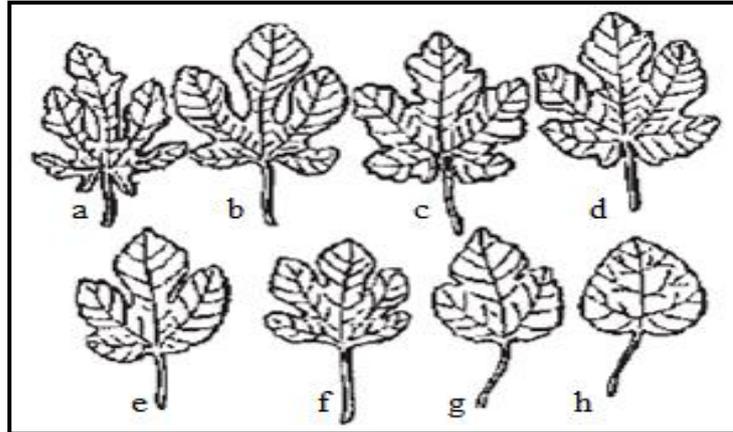
### 3.2.1.2 Les marqueurs qualitatifs (IPGRI et CIHEAM, 2003)

- 1- La vigueur de l'arbre : faible ; intermédiaire ; élevée ;
- 2- Le port de l'arbre: érigé ; semi-érigé ; ouvert ; étalé ; retombant (**Fig. 11**);



**Fig.11**– Les ports de l'arbre du figuier (IPGRI et CIHEAM, 2003).  
(a) Érigé; (b) Semi-érigé; (c) Ouvert; (d) Etalé; (e) Retombant

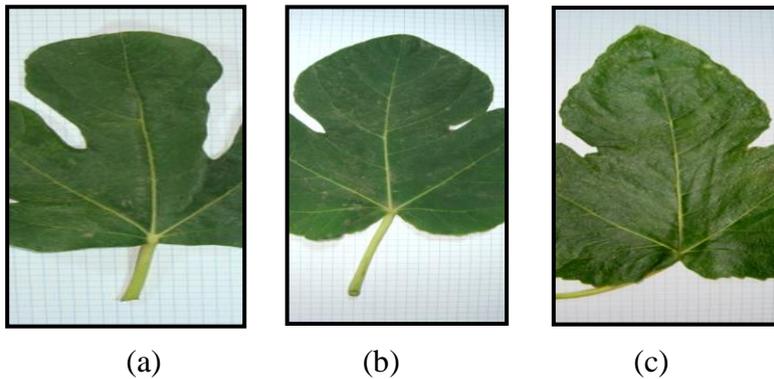
- 3- Le degré relatif de ramification de l'arbre: éparse; intermédiaire; dense ;
- 4- La couleur du bourgeon terminal : vert-clair ; jaune-vert ; vert ; rose-brun ; gris-pourpre ; brun ; gris-orange ;
- 5- La forme du bourgeon terminal : conique ; sphérique ;
- 6- Le début de maturité:
  - 6.1- Figes-fleurs : très précoce avant le 15 mai ; précoce, du 16 au 31 mai ; mi-saison, du 1 au 15 juin ; tardif, du 16 au 30 juin ; très tardif, au-delà du 1 juillet ;
  - 6.2- Figes : très précoce, avant juillet ; précoce, du 20 au 31 juillet ; mi-saison, du 1 au 15 août ; tardif, du 15 au 31 août ; très tardif, au-delà du 31 août ;
- 7- Le début de défoliation : très précoce, d'avant septembre au 30 septembre; précoce, du 1 au 31 octobre ; intermédiaire, du 1 au 30 novembre ; tardif, du 1 au 31 décembre ; très tardif, au-delà du 1 janvier ;
- 8- La couleur du limbe : jaune-verdâtre ; vert-clair ; vert ; vert-foncé ;
- 9- La forme des lobes : spatulée ; linéaire ; élargie; lyrée ;
- 10- La forme de la base foliaire: tronquée ; cordiforme ; décurrente ; sagittée ; sagittée ouverte (**Fig.12**) ;



**Fig.12**– Les formes de la feuille (Aksoy, 1991)

(a) Base calcarate, lobes linéaires ; (b) Base cordate, cinq lobes, lobes spatulés; (c) Base calcarate,lobes lyrates; (d) Base calcarate, lobes latates ; (e) Base cordate, trois lobes ; (f) Base tronquée ; (g) Base décurrente ; (h) Feuille non lobée.

11- La forme de l'apex foliaire : plate ; arrondie ; acutée (**Fig.13**);



**Fig.13**– Les formes de l'apex foliaire

(a) Plate ; (b) Arrondie ; (c) Acutée

12- La nervation : non apparente ; peu apparente ; apparente ;

13- Le bord du limbe : crénelé ; denté ; dentelé ; double dentelé ; ondulé régulièrement ; ondulé irrégulièrement ;

14- La position des petits lobes latéraux : sur le lobe central ; sur les lobes latéraux ;

15- La couleur du pétiole : rosâtre ; vert-jaunâtre ; vert-clair ; vert ; vert-pourpre ; brun ;

16- La section du pétiole : arrondie ; aplatie ;

17- Le détachement de la peau du fruit ( par épluchure à la main) : facile ; moyen ; difficile ;

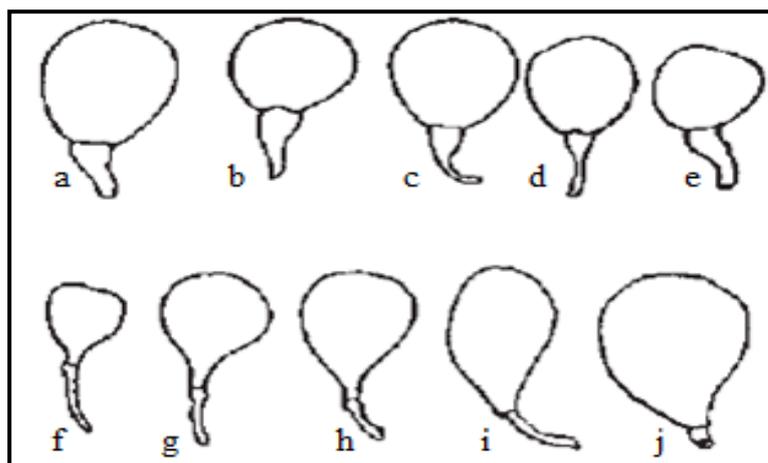
18- La symétrie du fruit selon l'axe vertical : symétrique ; non symétrique ;

19- L'uniformité du fruit : uniforme ; variable ;

20- La forme du fruit près du pédoncule : plate ; arrondie ; acutée ;

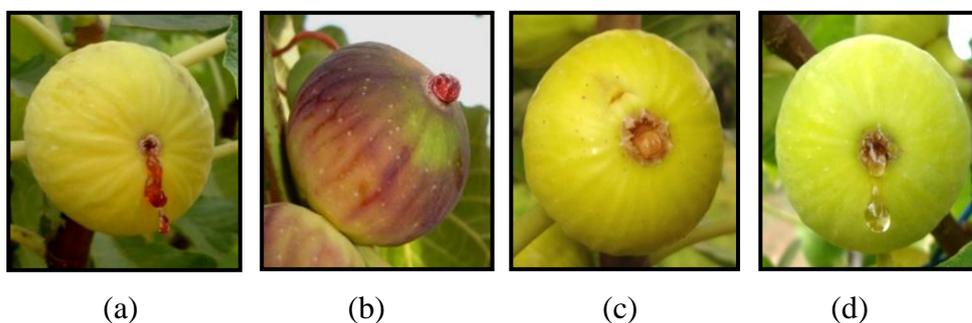
21- La forme du fruit selon l'emplacement de la largeur maximale : ovoïde (au centre) ; en cloche (près du pédoncule) ; pyriforme (près de l'ostiole) ;

22- La forme du pédoncule : variable ; longue et fine ; courte et élargie (**Fig.14**);



**Fig.14**– Formes du pédoncule du fruit (Aksoy, 1991)  
 (a, b, c, d, e) Formes diverses ; (f, g, h, i) Long et fin ; (j) Court et épais

- 23- Abscission du pédoncule : facile ; difficile ;
- 24- Résistance de l'ostiole aux fissures : susceptible ; intermédiaire ; résistant ;
- 25- La couleur de l'ostiole : blanc ; brun ; rose ; rouge ; rouge foncé ;
- 26- La présence de l'exsudat ostiolaire (notée à maturité du fruit) : absent ; présent ;
- 27- La couleur de l'exsudat ostiolaire : transparent ; rosâtre ; rouge ; rouge foncé (**Fig.15**);



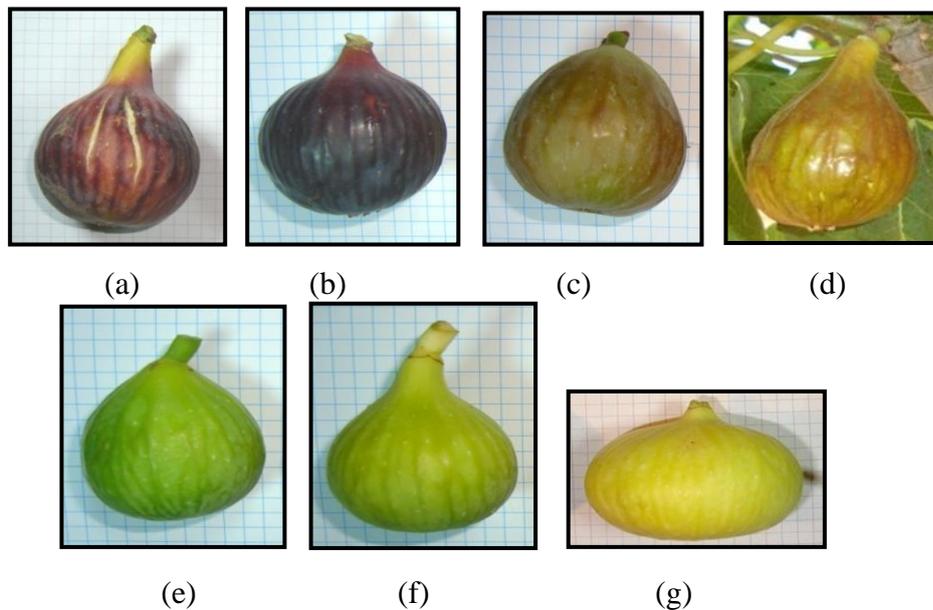
**Fig.15**– Couleur de l'exsudat ostiolaire  
 (a) Rouge ; (b) Rose ; (c) Jaune ; (d) Transparente

- 28- Les fissures de la peau : craquelées ; longitudinales ; minuscules (**Fig.16**);



**Fig.16**– Fissures de la peau  
 (a) Peau craquelée ; (b) Craquelures minuscules ; (c) Craquelures longitudinales

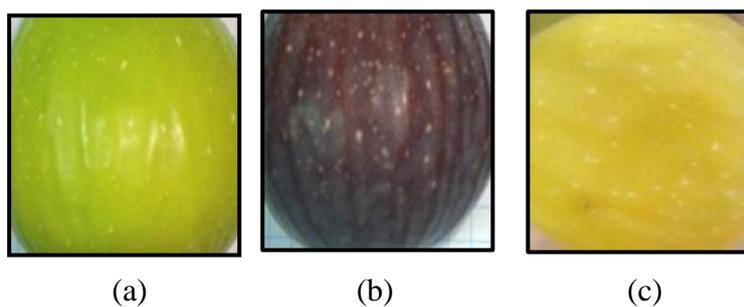
- 29- Les nervures de la peau : absentes ; intermédiaires ; proéminentes ;  
 30- La résistance de la peau aux fissures : susceptible ; intermédiaire ; résistante ;  
 31- La fermeté de la peau : douce ; moyenne ; ferme; élastique ;  
 32- La couleur de la peau : noir ; pourpre ; bleu-pourpre ; brun ; brun-vert ; vert ; vert-clair ;  
 jaune-vert ; jaune (**Fig.17**);



**Fig.17**– Couleur de la peau du fruit

- (a) Pourpre ; (b) Bleu-pourpre ; (c) Brun ; (d) Brun-gris ;  
 (e) Vert ; (f) Vert-clair ; (g) Jaune

- 33- La quantité des lenticelles : rares ; intermédiaires ; nombreuses ;  
 34- La couleur des lenticelles : blanc ; rose ; vert (**Fig.18**);



**Fig.18**– Quantités et couleurs des lenticelles

- (a) Intermédiaire et Vert, (b) Intermédiaire et rose, (c) Eparses et blanc

- 35- La taille des lenticelles : petite ; moyenne ; large ;  
 36- La couleur interne de la pulpe : blanc; jaune ; ambré ; rose ; rouge ; rouge-foncé ;  
 pourpre (**Fig.19**);



(a) (b) (c)  
**Fig.19**– Couleur de la pulpe  
 (a) Rouge ; (b) Ambrée ; (c) Rose

- 37- La texture de la pulpe interne : fine ; moyenne ; grosse ;
- 38- Le parfum de la pulpe interne : neutre ; peu parfumée ; parfumée ; très parfumée ;
- 39- Le jus de la pulpe interne : sans jus ; peu juteuse ; juteuse ; très juteuse ;
- 40- La cavité du fruit (observée selon sa plus large section) : absente ; très petite ; petite ; moyenne ; large.

Les caractères qualitatifs ont été observés minutieusement.

### 3.2.2 Evaluation de la qualité des figues

L'évaluation de la qualité des figues a été faite suivant la méthode du classement par score (Weighted Ranked Method) d'Aksoy, (1991) à l'aide de neuf caractères pomologiques (**Annexe B**).

### 3.2.3 Analyse statistique

L'analyse de variance (ANOVA à un facteur) a été utilisée pour évaluer les variations entre les 23 cultivars vis-à-vis de 25 caractères morphologiques quantitatifs. Un test post hoc (test de Tukey) a été réalisé pour les variables ayant montré une signification au seuil de 0,0001. Le logiciel utilisé étant le XLSTAT Version 2017.5

## 3.3 Recensement des noms vernaculaires et fiches variétales

### 3.3.1 Recensement des noms vernaculaires

En marge de la prospection des ressources génétiques du figuier, nous avons recensé auprès des producteurs et des pépiniéristes un grand nombre d'appellations vernaculaires.

### 3.3.2 Fiches variétales

A l'issue de l'identification variétale nous avons établi une fiche illustrée pour chaque variété.

## **Chapitre II**

### **Résultats et Discussion**

# 1 Diagnostique moléculaire

## 1.1 Richesse et fréquence allélique

La diversité génétique dans une population est mesurée à travers l'hétérozygotie. Cependant, une mesure efficace de cette diversité doit prendre nécessairement en compte les fréquences alléliques (ou génotypiques) dans une population et la taille de la dite population. Le diagnostic moléculaire à l'aide de 5 loci microsatellites a permis de détecter un nombre total de 16 marqueurs et une moyenne de 3,2 allèles par locus. Ces valeurs sont inférieures en comparaison avec celles, 40 et 6,8, rapportées par Sadoud et al., (2005) et Caliskan et al., (2012) respectivement. La taille des allèles révélés est comprise entre 110 pb au locus MFC7 et 210 pb au locus MFC4 et leur distribution varie entre 2 minimum et 5 maximum selon les locus. Ainsi, on trouve 2 allèles pour les locus MFC5 et MFC8, 3 allèles pour MFC4, 4 allèles pour MFC2 et 5 allèles pour le locus MFC7. Ces chiffres indiquent un niveau modéré de polymorphisme génétique des figuiers étudiés. Cela est probablement due au fait que le figuier n'a pas été soumis à des programmes intensives d'amélioration génétique comme le stipulent Perez-Jimenez et al., (2012). Les fréquences alléliques moyennes calculées pour chaque locus varient entre elles (**Tableau 7**). L'allèle 190 au locus MFC2 est

**Tableau 7**– Fréquences alléliques de chaque population

Allèles			Populations				
Locus	Nombre	Taille (pb)	1 Le Tell Ouest	2 Le Chélif	3 Les Oasis Sahariennes	4 Les Aurès	5 Le Tell Centre
MFC2	4	140	0,0833	0,2027	0,0625	<b>0,0000</b>	0,3000
		150	<b>0,5000</b>	<b>0,4595</b>	<b>0,5000</b>	<b>0,5000</b>	<b>0,5000</b>
		160	0,4167	0,3243	0,4375	0,5000	0,2000
		190	<b>0,0000</b>	0,0135	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>
MFC4	3	175	0,4444	0,4474	0,2500	0,3750	0,4000
		200	0,5278	0,5395	0,5000	0,5000	0,5000
		210	0,0278	0,0132	0,2500	0,1250	0,1000
MFC5	2	118	0,3056	0,1447	0,4375	0,3750	0,4000
		120	0,6944	0,8553	0,5625	0,6250	0,6000
MFC7	5	110	<b>0,0000</b>	0,3108	0,5000	<b>0,8750</b>	0,2000
		118	0,0556	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>
		120	0,6667	0,3784	<b>0,0000</b>	0,1250	0,5000
		130	0,1389	0,0676	0,1250	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>
		140	0,1389	0,2432	0,3750	<b>0,0000</b>	0,3000
MFC8	2	150	0,5000	0,5139	0,5625	0,5000	0,5000
		170	0,5000	0,4861	0,4375	0,5000	0,5000

le moins informatif avec une fréquence de 0,0027, alors que les plus informatifs sont l'allèle 120 au locus 5, l'allèle 150 au locus 8, l'allèle 200 au locus 4, avec des fréquences respectives de 0,6674, 0,5152, 0,5134. La comparaison des allèles avec ceux identifiés par Khadari et al., (2003) montre qu'ils peuvent aussi être spécifiques ou communs, selon les pays. Par exemple, les allèles 118 et 120 de MFC5, 130 de MFC7 et 150 de MFC8 sont communs à l'Algérie et à la Tunisie, alors que l'allèle 160 de MFC2 est commun à l'Algérie et le Maroc. Il est probable par contre, que parmi les allèles 140, 150, et 190 de MFC2, les allèles 110, 118 et 120 de MFC7 ainsi que l'allèle 170 de MFC8, certains soient spécifiques aux variétés de notre collection.

## 1.2 Taux de polymorphisme

Tous les locis testés révèlent un polymorphisme et montrent que les microsatellites utilisés dans cette étude sont adaptés pour l'analyse de la diversité génétique du figuier (**Tableau 8**).

**Tableau 8**– Hétérozygotie moyenne dans les 5 populations étudiées

He: hétérozygotie attendue, Hnb: hétérozygotie non biaisée, Hob: hétérozygotie observée

Hétérozygotie	Populations				
	1 Le Tell Ouest	2 Le Chélif	3 Les Oasis Sahariennes	4 Les Aurès	5 Le Tell Centre
He	0,5062	0,5190	0,5516	0,4563	0,5600
Hnb	0,5206	0,5260	0,5883	0,5214	0,6222
Hob	0,7000	0,6533	0,7000	0,8000	0,8000
Nombre d'allèles/locus	2,8000	3,0000	2,6000	2,2000	2,6000

L'hétérozygotie observée (Ho) moyenne des 5 populations est plus élevée (0,7306) que celle attendue (He), (0,5186), ce qui confirme les résultats de Giraldo et al., (2010). Les valeurs du taux d'hétérozygotie observée (Hob) et non biaisée (Hnb) ont permis de calculer l'indice de fixation (Fis) pour l'ensemble des locis étudiés (**Tableau 9**). Les valeurs de Fis sont négatives sur l'ensemble des locus et pour toutes les populations, à l'exception du locus MFC5 de la population 5 qui a présenté une déviation (Fis = 0,273) alors que pour le locus MFC7 la déviation par rapport à loi de Hardy-Weinberg a été observée sur les 5 populations allant de 0,143 (Tell Centre) à 1 (Oasis Sahariennes), ce qui exprime un déficit d'hétérozygotie. Le locus MFC8 semble en outre contribuer le plus à la topographie de la diversité génétique car il présente le plus grand nombre d'hétérozygotes observés dans les cinq populations. La diversité génétique de nos variétés est ainsi due à l'hétérozygotie car elle

est révélée par les valeurs négatives de  $F_{is}$  sur la plupart des locis. Elle s'explique selon (Mallikarjuna et al., (2010) par une particularité qui est propre aux espèces vivaces à propagation clonale pour surmonter les effets délétères de mutations récessives).

**Tableau 9**– Paramètres de variabilité génétique

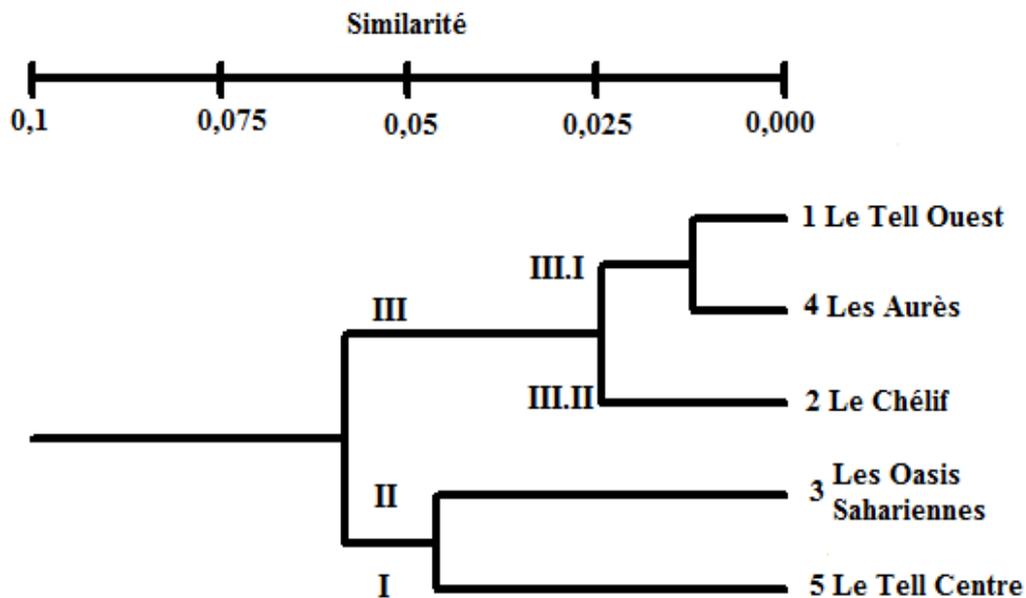
N : nombre d'individus, Hnb : hétérozygotie non biaisée,  
Hob : hétérozygotie observée,  $F_{is}$  : indice de fixation.

Locus	Paramètres de variabilité	Populations				
		1 Le Tell Ouest	2 Le Chélif	3 Les Oasis Sahariennes	4 Les Aurès	5 Le Tell Centre
MFC2	N	19	28	8	4	14
	Hnb	0,5857	0,6512	0,5917	0,5714	0,6889
	Hob	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$F_{is}$	-0,744	-0,547	-0,778	-1,000	-0,538
	p-value	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
MFC4	N	19	28	8	4	14
	Hnb	0,5381	0,5154	0,6667	0,6786	0,6444
	Hob	0,8333	0,8158	0,7500	1,0000	1,0000
	$F_{is}$	-0,574	-0,595	-0,135	-0,600	-0,667
	p-value	0,888	1,000	0,6420	1,000	1,000
MFC5	N	19	28	8	4	14
	Hnb	0,4365	0,2509	0,5250	0,5357	0,5333
	Hob	0,6111	0,2895	0,8750	0,7500	0,4000
	$F_{is}$	-0,417	-0,156	-0,750	-0,500	0,273
	p-value	1,000	1,000	1,000	1,000	0,619
MFC7	N	19	28	8	4	14
	Hnb	0,5286	0,7060	0,6333	0,2500	0,6889
	Hobs	0,0556	0,1892	0,0000	0,2500	0,000
	$F_{is}$	0,898	0,735	1,000	0,000	0,143
	p-value	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,3968
MFC8	N	19	28	8	4	14
	Hnb	0,5143	0,5067	0,5250	0,5714	0,5556
	Hob	1,0000	0,9722	0,8750	1,0000	1,0000
	$F_{is}$	-1,000	-0,944	-0,750	-1,000	-1,000
	p-value	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

### 1.3 Analyse phylogénétique populationnelle

L'analyse phylogénétique, basée sur les distances génétiques, réparti au seuil de 0,040 % de similarité les 5 populations en 3 groupes, I (Tell Centre), II (Oasis Sahariennes) et III

(Fig.20). Le groupe III comprend 2 sous-groupes, III.I et III.II. Le premier sous-groupe (III.I) comporte les populations du Tell Ouest et des Aurès ( $d = 0,0122$ ), alors que le deuxième sous-groupe (III.II) est représenté par la population du Chélif qui est pourtant limitrophe de l'Oranie ( $d = 0,0239$ ). Ces résultats sont dus au facteur humain et suggèrent que les génotypes des Aurès et de l'Oranie ont été diffusés dans un même axe, probablement via la rocade des hauts plateaux.



**Fig.20**– Distances génétiques entre les cinq populations, estimées par la méthode UPGMA (Nei,1972).

#### 1.4 Analyse du regroupement

L'analyse du regroupement répartit les 73 accessions en 3 groupes (I, II, III) comprenant chacun 2 sous-groupes lesquels sont structurés en branches ramifiées (Fig.21). Le premier groupe (I) est le plus petit des 3 car il se compose de 4 accessions. Le deuxième groupe (II) comprend 15 accessions alors que le troisième groupe (III) est le plus important avec 54 accessions. Chacun des 3 groupes comporte un assortiment de variétés de type Smyrna, Commun et occasionnellement des Caprifiguiers. D'après Mallikarjuna et al., (2010) ce type d'assortiment est suggestif de l'héritabilité de l'expression sexuelle chez le figuier et du partage d'un pool génétique commun entre ses différents types, ce qui a entraîné une vaste dispersion des cultivars et une homogénéisation des populations locales. Un regroupement similaire a été observé en Turquie par Caliskan et Polat, (a, 2012). Le dendrogramme révèle la présence de plusieurs cas d'homonymie (lorsque des génotypes différents portent la même

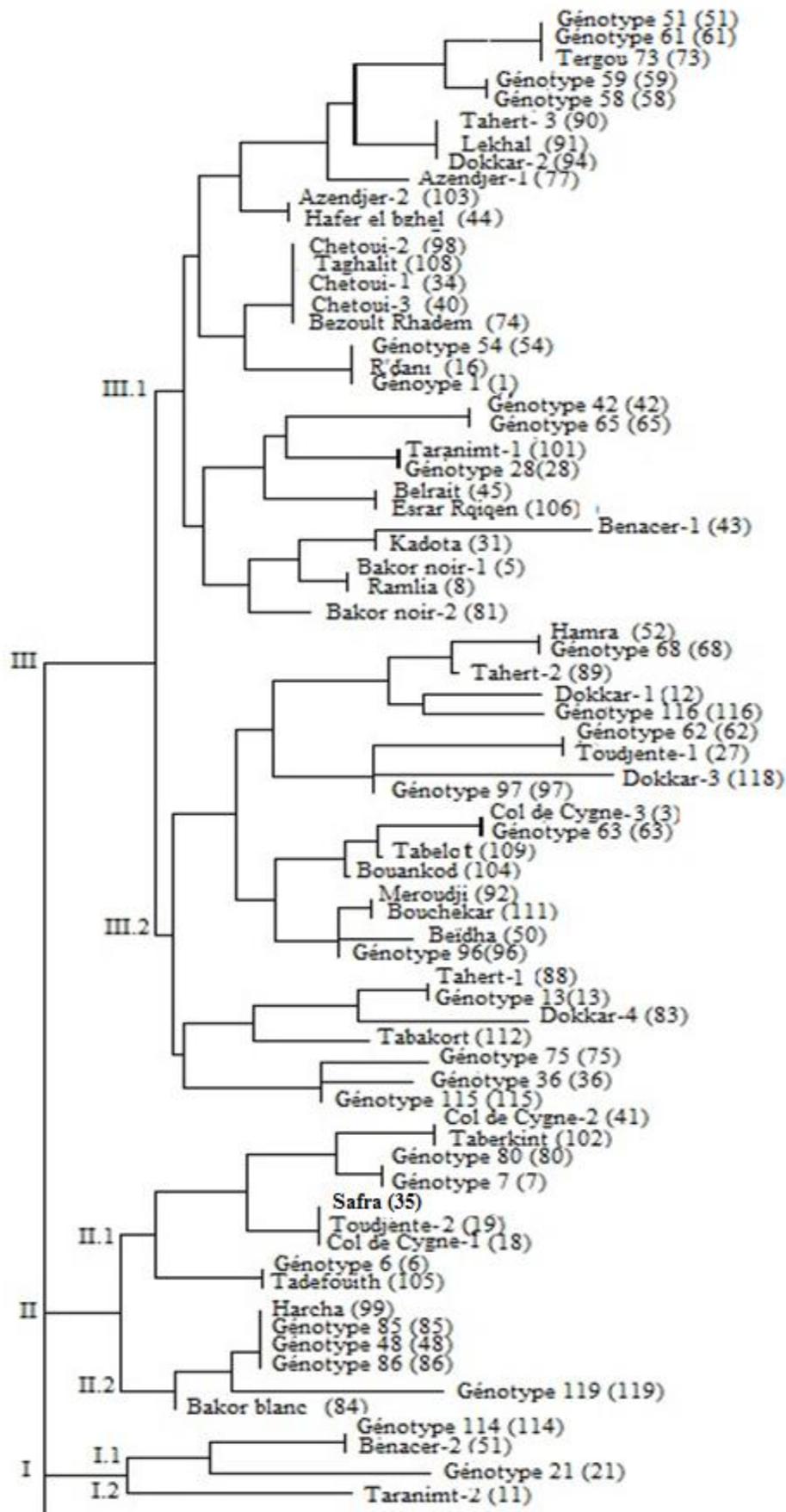


Fig.21– Arbre phylogénétique de 73 accessions de figuier

appellation) et de synonymie (lorsque des appellations différentes sont attribuées au même génotype) parmi les accessions. De nombreuses accessions sont également structurées indépendamment de leur sexe et de leur origine géographique et sont confondues dans leurs appellations. L'insuffisance du niveau de similarité génétique entre 'Bouankod' et 'Hamra' et entre 'Bakor blanc' et 'Tabakort' réfute l'idée selon laquelle ces deux couples de variétés sont des synonymies. Nous suspectons par contre la présence d'une synonymie pour d'autres couples comme, 'Azendjer' avec 'Hafer El Bghel', 'Bakor noir' avec 'Ramliya' et 'Taghalit' avec 'Chetoui'. Le regroupement montre en outre, l'existence de plusieurs cas d'homonymie représentés par 'Taranimt-1' et 'Taranimt-2', 'Toudjente-1' et 'Toudjente-2', 'Benacer-1' et 'Benacer-2', 'Bakor noir-1' et 'Bakor noir-2' ainsi que 'Col de Cygne-1', 'Col de Cygne-2' et 'Col de Cygne-3'. Des cas similaires d'homonymie ont été signalés chez d'autres cultivars, en Slovénie (Mavsar et al., 2008) et au Maroc (Ait Haddou et al., 2013). La prédominance du cultivar 'Col de Cygne' est due à son adoption par un grand nombre d'agriculteurs en raison de l'attrait de ses fruits.

## **2 Diversité agro-morphologique inter-accessions**

Les résultats de la caractérisation morphologique proviennent d'un matériel végétal disponible sur le même lieu d'échantillonnage et font, par conséquent, abstraction de la composante environnementale. L'analyse de variance a révélé, au seuil de 0,0001, que parmi les 25 caractères morphologiques quantitatifs étudiés, seuls le nombre de lobes par feuille et l'épaisseur du pétiole se sont pas significatifs et non utiles pour la différenciation variétale (**Tableau 10 et 11**). Ces résultats confirment les travaux de Benettayeb, (2017).

### **2.1 Les arbres**

Les caractéristiques de l'arbre telles que le port et la vigueur et le nombre de feuilles par pousse sont importants pour la distinction et la sélection variétale. Parmi les 23 accessions étudiées, 8 ont un port semi-érigé, 14 ont une vigueur intermédiaire et 16 ont une ramification intermédiaire. La plupart des accessions qui ont une vigueur élevée présentent une ramification dense. Le port et la ramification de l'arbre confèrent aux arbres leurs formes architecturales. Toutefois, leur variabilité aurait pu être accentuée car elle a été influencée par le jeune âge des arbres étudiés qui n'ont pas encore atteint leurs potentialités végétatives et leurs formes architecturales définitives. Crisosto et al., (2010) ont démontré que la variabilité

**Tableau 10**– Analyse de variance des caractères végétatifs et comparaison des moyennes par le test post hoc (Test de Tukey) au seuil de 0,0001

Variables	L.-I.B.T	N.R.A	D.R (jours)	N.FE.P	N.L.FE	D.L.O.F (cm)	L.FE (cm)	I.FE (cm)	S.F (cm <sup>2</sup> )	L.PT-L.FE	L.PT (mm)	I.P (mm)
Accessions												
'01'	2,150 abcd	0,000 c	39,500 bcd	16,500 a	3 <sup>NS</sup>	0,480 de	19,000 bcdef	19,000 bc	362,000 bcdef	0,320 def	61,000 efgh	5 <sup>NS</sup>
'Ramliya'	1,777 fg	0,000 c	50,000 bc	17,000 a	3 <sup>NS</sup>	0,533 abc	17,667 def	17,667 bc	315,000 cdef	0,303 efg	54,000 ghi	5 <sup>NS</sup>
'21'	2,047 bcdef	0,667 c	40,333 bcd	13,333 abcde	3 <sup>NS</sup>	0,410 g	16,000 fg	16,000 cd	267,000 fg	0,403 bc	67,333 def	4 <sup>NS</sup>
'28'	2,033 bcdef	0,000 c	40,000 bcd	15,333 ab	5 <sup>NS</sup>	0,520 abcd	21,000 bcd	20,333 b	428,000 b	0,277 fg	58,000 fgh	5 <sup>NS</sup>
'36'	2,367 a	0,000 c	39,333 bcd	14,333 abcd	3 <sup>NS</sup>	0,493 cde	20,000 bcde	17,000 bcd	339,333 bcdef	0,370 cde	74,000 bcd	4 <sup>NS</sup>
'75'	2,217 abc	0,000 c	23,333 d	13,333 abcde	3 <sup>NS</sup>	0,510 abcd	18,000 cdef	16,000 cde	287,333 ef	0,367 cde	65,667 def	4 <sup>NS</sup>
'Bakor noir'	2,093 bcde	0,000 c	30,333 cd	7,333 def	3 <sup>NS</sup>	0,530 abc	18,667 bcdef	16,000 cdef	297,667 def	0,400 bc	74,667 bcd	5 <sup>NS</sup>
'Bakor blanc'	1,923 defg	0,000 c	27,667 cd	5,000 f	3 <sup>NS</sup>	0,553 ab	20,000 bcde	16,667 cd	339,333 bcdef	0,320 def	64,667 def	4 <sup>NS</sup>
'06'	2,217 ab	0,000 c	44,333 bcd	8,000 cdef	3 <sup>NS</sup>	0,430 fg	25,000 a	22,667 a	566,333 a	0,277 fg	69,333 cdef	6 <sup>NS</sup>
'Taranimt'	1,717 g	0,667 c	43,333 bcd	16,000 ab	3 <sup>NS</sup>	0,427 fg	20,000 bcde	18,000 bc	359,333 bcdef	0,330 def	66,667 def	5 <sup>NS</sup>
'Toudjente'	1,933 cdefg	0,000 c	49,333 bc	15,000 abc	3 <sup>NS</sup>	0,470 de	20,000 bcde	18,000 bc	359,333 bcdef	0,290 fg	58,333 fgh	6 <sup>NS</sup>
'Kadota'	1,933 cdefg	0,000 c	43,000 bcd	18,000 a	3 <sup>NS</sup>	0,403 g	21,000 bcd	18,000 bc	377,333 bcde	0,383 cd	81,000 b	5 <sup>NS</sup>
'Chetoui'	2,257 ab	0,000 c	60,333 ab	11,333 abcdef	5 <sup>NS</sup>	0,510 bcde	19,000 bcdef	18,000 bc	342,000 bcdef	0,407 bc	78,333 bc	5 <sup>NS</sup>
'Safra'	1,847 efg	1,000 c	44,333 bcd	12,333 abcde	5 <sup>NS</sup>	0,557 a	21,333 bc	18,667 bc	398,667 bcd	0,333 def	71,000 cde	5 <sup>NS</sup>
'Benacer'	1,827 efg	0,667 c	58,333 ab	16,000 ab	5 <sup>NS</sup>	0,503 cde	18,000 cdef	17,000 bcd	306,667 def	0,343 cdef	62,333 efg	4 <sup>NS</sup>
'Beidha'	1,913 defg	1,000 c	44,000 bcd	11,000 abcdef	3 <sup>NS</sup>	0,490 cde	21,667 b	19,000 bc	413,667 bc	0,443 ab	95,667 a	6 <sup>NS</sup>
'Enk El H'mam'	1,857 efg	7,000 b	42,000 bcd	12,000 abcde	3 <sup>NS</sup>	0,500 cde	21,000 bcd	18,000 bc	378,667 bcde	0,333 def	70,000 cde	5 <sup>NS</sup>
'Arbiya'	2,177 abcd	8,000 a	30,000 cd	12,333 abcde	3 <sup>NS</sup>	0,520 abcd	14,667 g	13,333 ef	195,000 g	0,460 a	67,333 def	4 <sup>NS</sup>
'Azendjer'	1,797 efg	0,000 c	39,000 bcd	9,000 bcdef	3 <sup>NS</sup>	0,460 ef	18,667 bcdef	16,000 cd	300,667 def	0,243 g	45,333 i	5 <sup>NS</sup>
'80'	2,143 abcd	8,000 a	41,333 f	5,333 f	3 <sup>NS</sup>	0,473 de	16,000 fg	13,000 f	208,667 g	0,320 def	52,000 hi	4 <sup>NS</sup>
'Harcha'	2,370 a	0,000 c	69,333 a	7,000 ef	3 <sup>NS</sup>	0,553 ab	19,000 bcdef	14,000 def	265,333 fg	0,380 cd	72,333 bcde	5 <sup>NS</sup>
'Meroudji'	2,067 bcdef	0,000 c	39,667 bcd	7,333 def	3 <sup>NS</sup>	0,473 de	17,667 def	16,333 cd	288,000 ef	0,277 fg	48,333 i	4 <sup>NS</sup>
'Taberkint'	1,833 efg	0,000 c	46,000 bcd	13,000 abcde	3 <sup>NS</sup>	0,500 cde	19,333 bcdef	17,333 bcd	336,000 bcdef	0,330 def	64,000 def	5 <sup>NS</sup>

**Significations :**

**L.-I.B.T** : Longueur / largeur du bourgeon terminal ; **N.R.A**: Nombre de rejets par arbre ; **D.R** : Durée de récolte ; **N.FE.P** : Nombre de feuilles par pousse ; **N.L.FE** : Nombre de lobes par feuille ; **D.L.O.F** : Degré de lobation foliaire ; **L.FE** : Longueur de la feuille ; **I.FE** : Largeur de la feuille ; **S.F**: Surface foliaire ; **L.PT-L.FE** : Longueur du pétiole / longueur de la feuille ; **L.PT** : Longueur du pétiole ; **I.PT** : Largeur du pétiole ; **N.S** : Non significatif

de la vigueur et du port du figuier est due à une forte répétition de la croissance qui s'accompagne d'un important affaissement des rameaux. Le port de l'arbre est en outre héritable et cette hérabilité peut changer selon la diversité génotypique et les conditions écologiques (Simsek, 2009).

Le début de maturité est un caractère qui varie sensiblement de précoce à très tardif suivant le type de fruits (figues-fleurs ou figes). Il se produit en général à partir de la mi-juin (tardif) pour les figes-fleurs et à la fin du mois d'août (tardif) pour les figes. Il n'y a aucun début de maturité très précoce, par contre il est très tardif (08 septembre) chez l'accession 'Enk El H'mam'. 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).

La durée moyenne de récolte des figes est intermédiaire (40 jours). Elle coïncide avec celle observée en Turquie par Caliskan et Polat, (2008), mais elle est longue chez 11 accessions (41 à 57 jours) et très longue chez 'Harcha' (69 jours). Les périodes de récolte des figes enregistrées sont en général longues (15 à 57 jours) et sont proches (21 à 60 jours) de celles observées par Simsek et Yildirim, (2010). Celles-ci ne changent pas selon la couleur de la peau des fruits

## **2.2 Les feuilles**

Le nombre de feuilles par pousse et le nombre de lobes par feuille varient entre 5 et 18 et entre 3 et 5 respectivement. Ces deux caractères foliaires ne sont pas corrélés car il y a un nombre minimale de 3 lobes aussi bien sur feuilles peu nombreuses ('80', 'Bakor blanc') que sur feuilles très nombreuses ('Kadota', 'Ramliya'). Ces valeurs sont différentes (14 à 21) de celles enregistrées par Abo-El-Ez et al., (2013) mais proches (6 à 13) de celles de (Simsek, 2011).

La surface foliaire moyenne est de 334 cm<sup>2</sup> et varie selon les accessions entre 195 cm<sup>2</sup> ('Arbiya') et 572 cm<sup>2</sup> ('06'). Des études similaires en Turquie (Caliskan et Polat, a, 2012) et en Egypte (Abo-El-Ez et al., 2013), ont aussi montré que la surface foliaire varie suivant les variétés. Les surfaces foliaires varient indépendamment du nombre de feuilles par pousse, du nombre de lobes par feuille et de leur forme. A titre d'exemple, une surface foliaire moyenne de 340 cm<sup>2</sup> existe aussi bien sur 14 ('36') que sur 5 feuilles par pousse ('Bakor blanc').

Les longueurs des pétioles (46–97 mm) ne sont pas proportionnelles à leurs épaisseurs (4–6 mm). Ainsi, pour une épaisseur de 5 mm, les longueurs correspondantes du pétiole varient entre 46 mm ('Azendjer') et 81 mm ('Kadota').

Les analyses foliaires montrent que la variabilité afférente à la surface de la feuille, aux dimensions du pétiole et au nombre de feuilles par pousse, peut être influencée par les caractéristiques génétiques. Toutefois, étant donné que les dimensions des feuilles et le nombre de feuilles par pousses évolue avec l'âge de la plante, nous estimons qu'il est préférable d'évaluer ces deux caractères végétatifs sur des arbres adultes qui ont terminé leur croissance.

### **2.3 Les fruits**

La forme et l'index des fruits sont très importants pour le commerce des figes fraîches. En plus des conditions du milieu et de l'effet génotypique, sur la forme des fruits (Caliskan et Polat, a, 2012), celle-ci peut également varier selon le stade de maturité et l'entretien cultural (Simsek, 2009). Dans cette étude, la forme globuleuse des figes prédomine chez 16 génotypes alors que la forme oblongue et la forme plate caractérise cinq ('36', '75', 'Bakor noir', 'Bakor blanc' et 'Enk El H'mam') et deux variétés ('80' et 'Saфра') respectivement. Ces formes sont différentes de celles notées par Polat et Caliskan, (2008). La forme des figes-fleurs et des figes ne change pas chez une même accession. En général, la forme et l'index des fruits sont satisfaisants car, la plupart de nos variétés ont des figes globuleuses, moyennement épluchables, et qui conviennent bien pour le commerce. Les figes des autres variétés, telles que 'Saфра' et '80', doivent être proposées pour la confiserie, la confiture ou le chapelet.

Le poids des figes-fleurs est élevé chez les 8 variétés bifères (50– 80 g). Chez les figes il est élevé (44 à 64 g) chez 6 variétés et moyen (22 à 39 g) chez les 17 autres. 'Azendjer' et 'Ramliya' enregistrent le poids le plus faible (22 g) et le plus élevé (64g) respectivement. Dans une autre étude le poids le plus élevé enregistré est de 59 g (Aljane et al., 2012). Les chercheurs admettent qu'en plus de l'effet génétique, l'obtention de différents poids des figes peut être due au lieu de culture, au stade de maturité et à l'interaction entre le génotype et le stade de maturité (Crisosto et al., 2010). Nos variétés ont produit des figes de poids inférieurs (22 à 64 g) à ceux obtenus (56 à 82 g) par Trad et al., (2012). C'est probablement le jeune âge des arbres qui n'a pas permis d'obtenir des poids plus élevés. Un bon poids est un indice de qualité qui reflète le bon entretien de l'arbre. Aussi, les déséquilibres de la plupart des éléments essentiels (fer, potassium, magnésium, phosphore, azote) s'extériorisent selon Claypool, (1975) non seulement par un poids des fruits réduit, mais aussi par une baisse de leur teneur en extrait sec soluble et par une dépréciation de leurs caractéristiques organoleptiques. Le calibre est également fortement affecté par la charge fruitière de l'arbre

**Tableau 11**– Analyse de variance des caractères pomologiques et comparaison des moyennes par le test post hoc (Test de Tukey) au seuil de 0,0001

Variables Accessions	L.FR (mm)	L.FR (mm)	F.FR (l/l)	V.FR (cm <sup>3</sup> )	P.FR (g)	L.C (mm)	I.C (mm)	L.PD (mm)	I.PD (mm)	D.O (mm)	E.P (mm)	E.S.S (%)	A.T (%)
'01'	47,500 bc	42,500 defgh	1,100 c	48,500 bc	49,500 b	5,500 de	6,000 bc	3,500 ef	6,500 abc	4,500 a	44,500 abc	26,500 a	0,195 bcde
'Ramliya'	51,333 a	47,333 cd	1,083 c	61,333 a	62,333 a	5,000 def	7,000 bc	3,333 ef	6,333 abc	4,333 a	47,000 a	24,123 abcde	0,183 cde
'21'	36,000 h	39,333 gh	0,923 defg	27,333 ef	28,333 defg	5,333 de	6,000 bc	8,000 abc	8,000 a	2,000 a	34,333 hi	20,110 bcdef	0,220 abcd
'28'	41,000 defgh	37,333 hi	1,097 c	33,000 ef	34,333 def	3,333 efg	4,333 cd	5,333 cdef	4,667 bc	3,000 a	38,333 defghi	22,810 abcde	0,160 e
'36'	42,000 defg	49,333 c	0,853 gh	38,000 cde	39,000 cd	12,000 b	9,333 ab	4,333 def	5,667 abc	4,000 a	39,000 defgh	25,433 ab	0,140 e
'75'	40,333 defgh	47,667 cd	0,847 gh	35,000 def	35,000 cdef	11,000 b	8,333 ab	4,333 def	5,333 abc	3,000 a	36,333 fghi	27,500 a	0,143 e
'Bakor noir'	45,333 bcd	56,000 b	0,813 gh	52,000 b	51,000 b	7,333 cd	9,333 ab	6,000 bcde	6,333 abc	2,000 a	42,000 bcde	16,560 fg	0,173 cde
'Bakor blanc'	38,000 fgh	45,000 cdef	0,843 gh	30,000 ef	32,667 def	10,000 bc	9,000 ab	5,000 cdef	6,000 abc	2,000 a	34,000 hi	23,500 abcde	0,230 abc
'06'	43,000 cdef	39,000 gh	1,100 c	36,000 def	38,000 cde	1,333 g	1,333 e	4,000 ef	5,000 abc	2,000 a	41,000 bcdef	26,157 a	0,180 cde
'Taranimt'	36,000 h	40,000 fgh	0,907 efg	27,000 ef	26,333 fg	5,333 def	6,000 bc	9,000 ab	5,000 abc	3,000 a	33,000 i	22,750 abcde	0,250 a
'Toudjente'	40,000 efgh	39,000 ghi	1,023 cde	32,000 ef	32,000 defg	5,333 def	7,333 bc	8,000 abcd	6,000 abc	2,000 a	34,333 hi	25,260 abc	0,253 a
'Kadota'	37,333 gh	42,000 efgh	0,887 fg	31,000 ef	31,000 defg	3,333 efg	7,000 bc	6,333 bcde	5,333 abc	3,000 a	34,333 hi	22,120 abcde	0,190 bcde
'Chetoui'	36,000 h	39,333 gh	0,913 efg	25,000 ef	26,000 fg	6,333 de	7,667 b	8,000 abc	6,000 abc	2,000 a	33,000 i	16,743 fg	0,270 a
'Safra'	48,333 ab	39,333 gh	1,230 b	45,333 bcd	44,000 bc	4,333 defg	6,333 bc	4,333 def	5,333 abc	2,000 a	45,000 ab	19,500 defg	0,260 a
'Benacer'	39,333 efgh	43,333 defg	0,907 efg	25,667 ef	31,333 defg	6,333 de	6,333 bc	5,000 cdef	5,000 abc	2,000 a	36,667 efghi	26,750 a	0,240 ab
'Beidha'	38,000 fgh	41,000 efgh	0,927 defg	27,667 ef	28,000 efg	8,000 cd	9,000 ab	7,000 bcde	7,333 ab	3,000 a	35,333 ghi	15,330 g	0,150 e
'Enk El H'mam'	47,000 bc	62,333 a	0,753 h	52,333 b	51,000 b	21,333 a	11,000 a	6,333 bcde	7,000 abc	4,000 a	43,000 abcd	24,483 abcd	0,230 abc
'Arbiya'	42,000 defg	38,333 ghi	1,100 c	32,667 ef	30,333 defg	6,333 de	6,333 bc	11,000 a	5,000 abc	4,000 a	39,333 defgh	19,000 efg	0,180 cde
'Azendjer'	36,000 h	34,000 ij	1,033 cd	23,000 f	22,000 g	1,000 g	2,000 de	6,000 bcde	4,000 c	3,000 a	33,000 i	25,207 abc	0,250 a
'80'	43,667 cde	31,000 j	1,400 a	31,333 ef	30,667 defg	1,333 g	3,000 de	2,333 f	5,333 abc	2,333 a	40,667 bcdefg	24,247 abcde	0,190 bcde
'Harcha'	41,333 defgh	46,000 cde	0,900 efg	38,000 cde	35,333 cdef	8,000 cd	9,333 ab	10,333 a	7,000 abc	2,000 a	38,333 defghi	22,933 abcde	0,170 de
'Meroudji'	44,000 bcde	45,000 cdef	0,990 cdef	45,333 bcd	44,000 bc	4,333 defg	6,000 bc	9,333 ab	5,000 abc	2,333 a	40,000 cdefg	20,000 cdef	0,270 a
'Taberkint'	41,000 defgh	38,000 ghi	1,100 c	33,000 ef	32,333 defg	2,000 fg	2,000 de	10,667 a	4,667 bc	2,333 a	38,000 defghi	20,767 bcdef	0,140 e

**Significations :**

**L.LR** : Largeur du fruit ; **L.FR** : Longueur du fruit ; **F.FR** : Forme du fruit (Index) ; **V.FR** : Volume du fruit ; **P.FR** : Poids du fruit ; **L.C** : Longueur du col ; **I.C** : Largeur du col ; **L.PD** : Longueur du pédoncule ; **I.PD** : Largeur du pédoncule ; **D.O** : Diamètre de l'ostiole ; **E.P** : Epaisseur de la pulpe ; **E.S.S** : Extrait sec soluble ; **A.T** : Acidité titrable.

(Radivojevic et al., 2014), d'autant plus que sa vigueur est faible. En Algérie, les figues de poids élevés rapportent de très bons prix sur le marché. A cet effet, les fruits des variétés '01', 'Safra', 'Ramliya', 'Bakor noir', 'Enk El H'mam' et 'Meroudji', dont les poids varient entre 44 et 64 g, auront certainement le plus de chance d'être appréciés par les commerçants et les consommateurs.

Les valeurs maximales du diamètre de l'ostiole et de la longueur du col et du pédoncule sont de 4 mm, 21 mm, et 12 mm, respectivement. L'accession '80' présente à la fois un col et un pédoncule courts, alors que 'Azendjer' n'a pas de col. Il n'y a pas de petit (< 1 mm) ou de très large ostiole (> 5 mm) aussi bien chez les figues que les figues-fleurs. Ces résultats sont différents de ceux rapportés dans d'autres études (Vrhovnik et al., 2008 ; Simsek et Yildirim, 2010) et montrent que la variabilité de ces caractères a un déterminisme génétique, écologique et cultural. Les arboriculteurs considèrent que, contrairement à un pédoncule long, un col court est un caractère indésirable car il rend la récolte difficile et dommageable pour les fruits. Avec des cols courts ou absents, les figues des variétés '06', '28', '80', 'Safra', 'Kadota', 'Meroudji', 'Taberkint' et 'Azendjer' risquent de ne pas intéresser les producteurs car, elles sont difficiles à récolter. Les figues de 'Enk El H'mam', dont le col est par contre trop long (21 mm) et l'ostiole large (4 mm) auront également peu de chances d'être acceptées par l'industrie de la figue de table. Bien qu'il favorise la pénétration et l'envol des blastophages, la présence d'un large ostiole sur les figues n'est pas non plus appréciée car il facilite l'entrée des pesticides et des agents pathogènes et les rend inaptes pour l'industrie de la figue de table et le stockage (Gaaliche et al., 2012). Les variétés à large ostiole ('01', '36', 'Ramliya', 'Beidha' et 'Enk El H'mam') ne devraient donc pas convenir pour l'industrie de la figue.

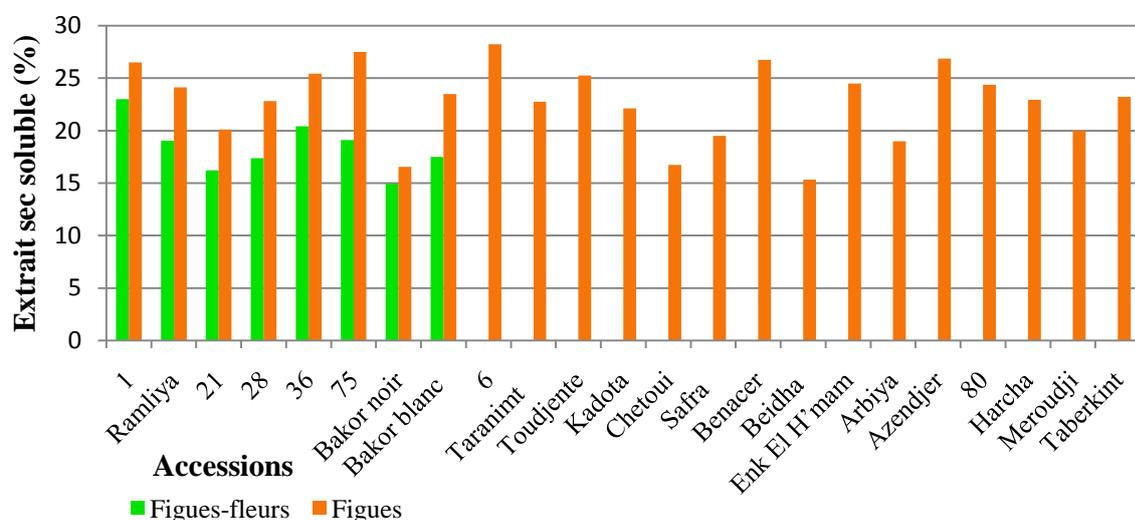
L'absence de fissures sur la peau est un bon critère pour la qualité des figues de table. Dans cette étude les fissures de la peau sont craquelées chez les variétés 'Chetoui' et 'Harcha' et longitudinales chez 'Bakor noir' autant sur figues que sur figues-fleurs. La susceptibilité de la peau aux craquelures 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. Les variétés qui ont une maturité trop longue, telle que 'Harcha' sont plus vulnérables au problème de fissuration de l'épiderme et ne devraient donc pas être cultivés dans les régions où l'automne est précoce et pluvieux.

La couleur de la peau de nos variétés change du brun-gris au jaune-pâle, mais c'est le vert-clair (10 accessions) et le bleu-pourpre (5 variétés) qui sont les plus fréquents. D'autre part, les figues-fleurs et les figues des variétés '21', '36', '75', et '01', n'ont pas la même couleur de l'épiderme. La variation de la couleur de la peau des fruits dans nos conditions de culture

est similaire à celle observée en Turquie par Gozlekci, (2011). Néanmoins, celle-ci est toujours difficile à évaluer et n'est pas recommandée pour la différenciation variétale (Benettayeb, 2017). Un fruit peut, en effet présenter sur sa surface des plages de couleurs nuancées et irrégulières selon le stade de maturité, la lumière et certains éléments minéraux, tels que le fer, le potassium, le phosphore et le calcium (Aksoy et Seferoglu, 1991). Il est possible en outre, que le système racinaire puisse influencer l'expression de la couleur de la peau du fruit, comme c'est le cas des abricots (Audergon et al., 1991). Cette influence offrirait, si elle venait à être confirmée chez le figuier, de nouvelles opportunités aux producteurs de figues.

L'épaisseur de la pulpe est large chez les figues-fleurs (40–51 mm), alors que pour les figues, elle est moyenne (33–34 mm) chez 7 variétés et large chez les 16 autres (47–36 mm). Il n'y a aucune faible épaisseur (< 25 mm) aussi bien chez les figues-fleurs que chez les figues. L'épaisseur de la pulpe interne est un caractère pomologique déterminant dans la qualité des fruits et leur l'utilisation.

Les caractéristiques chimiques des fruits sont importantes pour la détermination de la qualité pomologique et peuvent aussi servir pour la discrimination variétale, comme en témoignent Miklavcic et al., (2008). Dans nos conditions, les teneurs en extrait sec soluble et en acidité titrable des fruits varient significativement selon les variétés et le type de fruit, entre très élevées, élevées et moyennes. La valeur moyenne en extrait sec soluble est plus élevée chez les figues que chez les figues-fleurs. Ces dernières enregistrent des valeurs comprises entre 14,93% ('Bakor noir') et 23% ('01'), alors que pour les figues elles varient entre 15,33% ('Beidha') et 28,23% ('06') (**Fig.22**).



**Fig.22**— Teneurs en extrait sec soluble

Aksoy et al., (1992) considèrent que les figes de table de qualité supérieure doivent avoir une teneur en matière sèche soluble comprise entre 13,0% et 25,1%. L'obtention de teneurs comprises entre 15,33 et 28,23 % devrait donc constituer un indice de qualité élevée chez 16 variétés sur 23. Une telle qualité est proche de celle enregistrée par Basheer-Salimia et al., (2013) en Palestine occupée (13,03–21,67%). Par ailleurs, les figes des variétés '36', '75', '80' et 'Benacer' s'appâtent le mieux au séchage, car elles sont riches en sucres et ont une peau claire.

La valeur moyenne en acidité titrable varie entre 0,14% ('36') et 0,22% ('75') chez les figes-fleurs. Il n'y a aucune teneur faible ou très faible aussi bien chez les figes-fleurs que chez les figes. Comparativement aux figes-fleurs, les figes ont des teneurs en acidité plus élevées (0,14 à 0,29%), (**Fig.23**). Ces valeurs sont différentes en comparaison avec celles enregistrées en Tunisie (Trad et al., 2012) et en Egypte (Abo -El-Ez et al., 2013). L'obtention de résultats différents peut s'expliquer par l'effet génétique, le stade de maturité ainsi que par l'interaction entre ces deux facteurs (Crisosto et al., 2010). Aksoy et al., (1992) indiquent que les figes de table de qualité supérieure requièrent des teneurs d'acidité comprises entre 0,226 et 0,300%. D'après cette gamme d'acidités, 10 variétés ('21', 'Saфра', 'Bakor blanc', 'Taranimt', 'Toudjente', 'Chetoui', 'Benacer', 'Enk El H'mam', 'Meroudji' et 'Azendjer') ont des teneurs en acidité titrable de qualité.

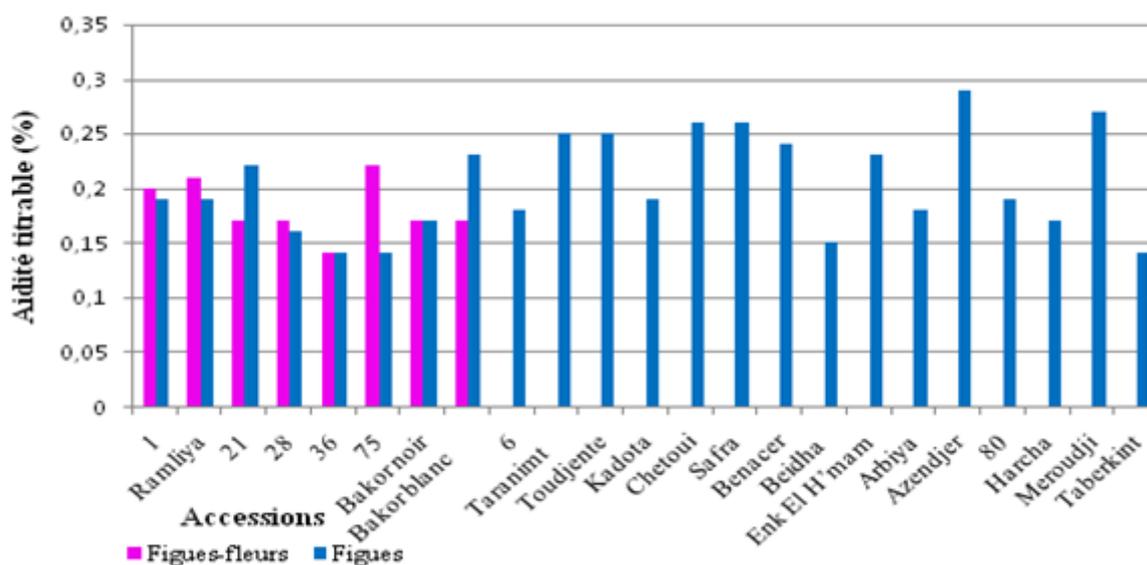
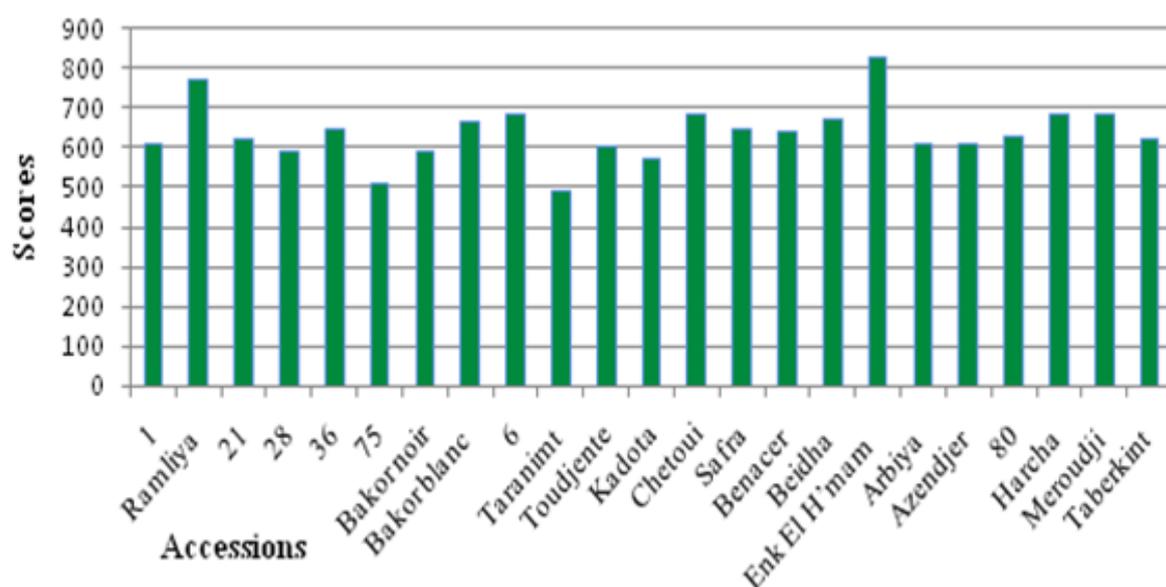


Fig.23- Teneurs en acidité titrable

## 2.4 La qualité des figues

Les résultats des propriétés qualitatives des figues et les scores correspondants sont reportés en **annexe C**. Le score le plus faible (490) est obtenu par l'accession 'Taranimt', alors que les plus élevés sont enregistrés chez 18 accessions, notamment 'Enk El H'mam' (824) et 'Ramliya'(770). Les accessions '75' et 'Taranimt' ont les plus faibles scores (508 et 490) en comparaison avec ceux de Simsek, (2008). Leurs faiblesses sont dues au début de maturité, à la longueur du col, à la facilité d'épluchage et à la largeur de l'ostiole (**Fig.24**).



**Fig.24-** Classement par score de la qualité des figues

L'obtention de scores élevés (600 à 824), reflètent une très bonne qualité pomologique de la plupart de nos figuiers à l'instar de ceux enregistrés (559 à 950) par Simsek, (2009). La qualité des figues est influencée par l'effet génotypique, les conditions du milieu (température, humidité, vent), le stade de maturité et l'entretien cultural (Gaaliche et al., 2012). Travers, (2004) a montré que certaines caractéristiques pomologiques des pommes, comme le calibre et la teneur en matière sèche, sont d'autant plus affectées par l'augmentation de la charge fruitière que le développement des arbres est faible. Ainsi, moins l'arbre est développé plus l'effet de la charge sur la qualité des fruits est marqué.

Les principaux caractères morphologiques des fruits selon le type d'arbre (bifère ou unifère) sont reportés dans le **tableau 12**.

**Tableau 12**– Caractères morphologiques selon le type de production

Caractères morphologiques	Types de production	
	Figues-fleurs	Figues
Début et période de récolte	Précoce et courte	Tardive et échelonnée
Nombre de fruits récoltés par pousse	Faible	Elevé
Facilité de détachement du fruit	Difficile	Moyenne
Facilité d'épluchage	Moyenne	Difficile
Volume et poids du fruit	Elevés	Réduits
Texture de la pulpe	Fine à moyenne	Moyenne
Parfum de la pulpe	Peu parfumée	Non parfumée
Extrait sec soluble	Elevé	Très élevé
Aptitude au séchage	Non appropriées	Appropriées

### 3 Recensement des noms vernaculaires et fiches variétales

#### 3.1 Recensement des noms vernaculaires

Les noms vernaculaires recensés lors des prospections dans les différentes localités sont listés dans le **tableau 13**.

**Tableau 13**– Liste non exhaustive des noms vernaculaires locaux du figuier

1- 'Abakor Aberkane'	13- 'Azugagh'	25- 'Mihboulen'
2- 'Abiarous'	14- 'Bâach'	26- 'R'dani'
3- 'Aboudjabout'	15- 'Chechi'	27- 'Sbagnouliya'
4- 'Abouherchaou' (le rugueux)	16- 'Chougrani'	28- 'Sultani'
5- 'Achtoui'	17- 'Djebliya'	29- 'Taberkint' (la noire)
6- 'Alekake' (le mou, tendre)	18- 'Djeld El Hallouf'	30- Tadefouit'
7- 'Amellal'	19- 'Ghoddane noir'	31- 'Tameriout' (la bougiotte)
8- 'Amessas' (l'insipide)	20- 'Hafer El Bghel'	32- 'Tarlit' (la négresse)
9- 'Aranim-Amellal' (roseau blanc)	21- 'Iles Oulezidh'	33- 'Taroumante' (la grenade)
10- 'Averane' (l'étranger)	22- 'Kehla'	34- 'Werq Ettout'
11- 'Avoughenjour' (le long nez)	23- 'Labidh'	35- 'Zine El Khadem'
12- 'Azigzaou' (la verte)	24- 'M'assel'	36- 'Ziza Kheden'

#### 3.2 Fiches variétales

Les caractères morphologiques adoptés dans cette étude ont été utilisés pour établir des fiches variétales illustrées (**Fiches 1 à 23**).

Accession  
'01'  
Code: 01-Inc-02



(a)



(b)



(c)



(d)

**Fiche 1**– Accession '01'

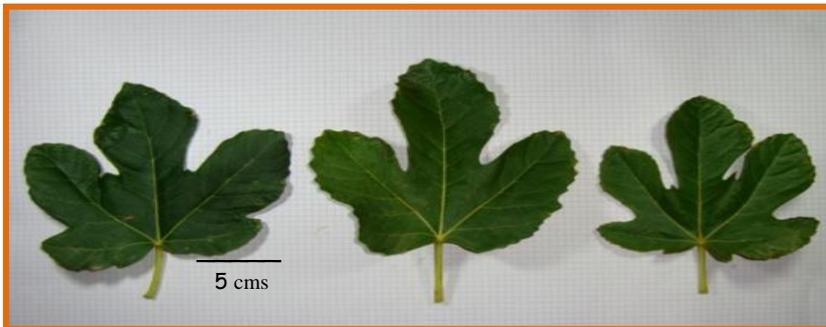
(a) Arbre ; (b) Feuilles ; (c) Figues-fleurs ; (d) Figues

'Ramliya'

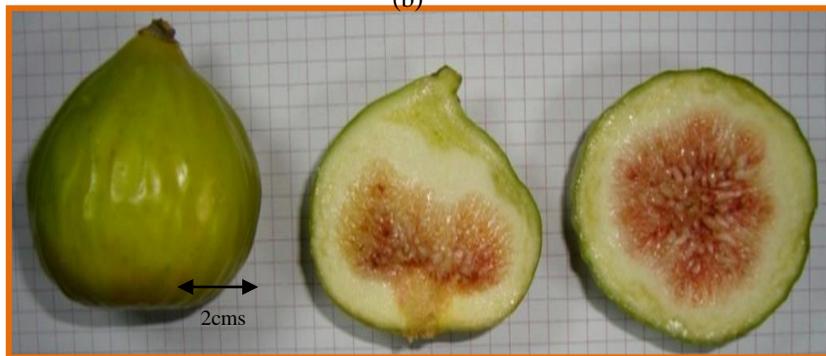
Code: 08-Ram-02



(a)



(b)



(c)



(d)

**Fiche 2- 'Ramliya'**

(a) Arbre ; (b) Feuilles ; (c) Figs-fleurs ; (d) Figs

Accession  
'21'  
Code: 21-Inc-02



(a)



(b)



(c)



(d)

**Fiche 3–** Accession '21'

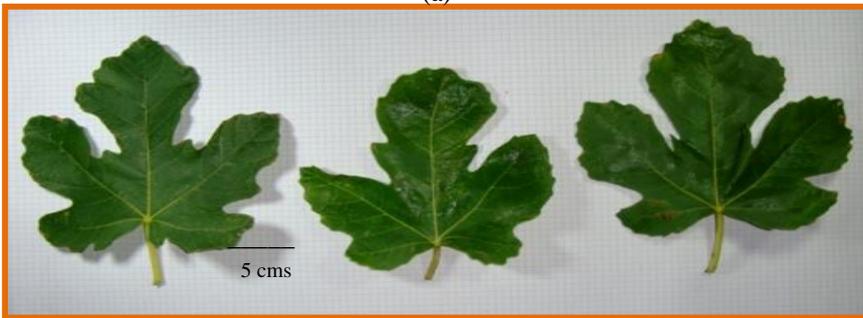
(a) Arbre ; (b) Feuilles ; (c) Figs-fleurs ; (d) Figs

Accession  
'28'

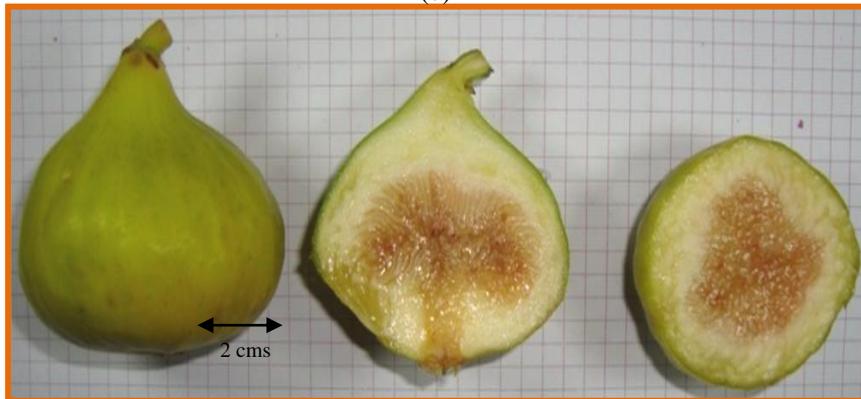
Code: 28-Inc- 02



(a)



(b)



(c)



(d)

**Fiche 4**– Accession '28'

(a) Arbre ; (b) Feuilles ; (c) Figs-fleurs ; (d) Figs

Accession  
'36'

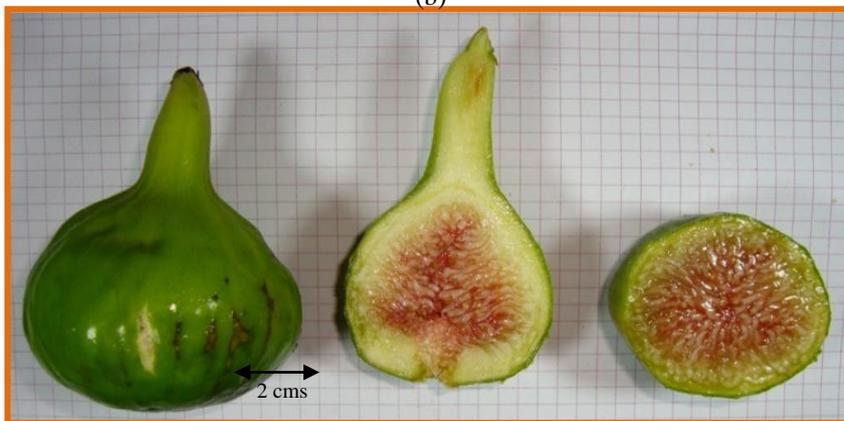
Code: 36-Inc-02



(a)



(b)



(c)



(d)

**Fiche 5**– Accession '36'

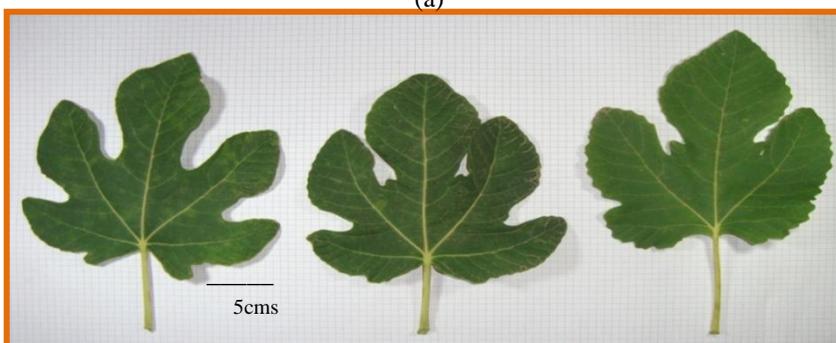
(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues-fleurs, (d) Figues

Accession  
'75'

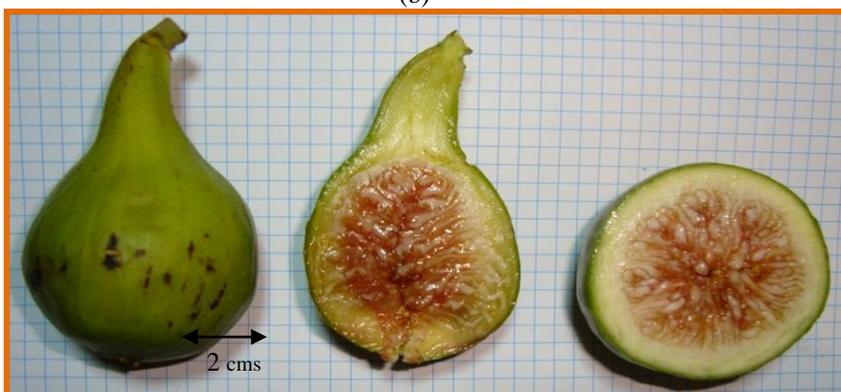
Code: 75-Inc-02



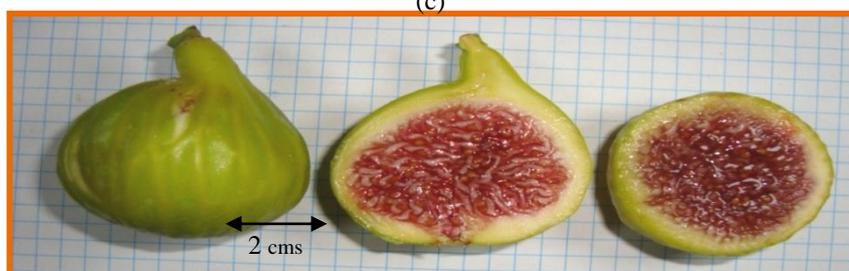
(a)



(b)



(c)



(d)

**Fiche 6**– Accession '75'

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figes-fleurs, (d) Figes

## 'Bakor noir'

Synonymes: 'Avakor noir',  
'Tabakort noir', 'Mézainia'

Code: 81-Bkn-02



(a)



(b)



(c)



(d)

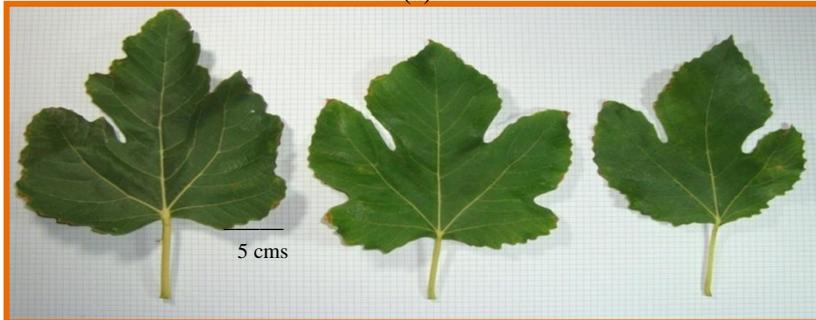
### Fiche 7- 'Bakor noir'

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues-fleurs, (d) Figues

**'Bakor blanc'**  
Synonymes: 'Avakor blanc',  
'Tabakort blanc'  
Code: 84-Bkb-02



(a)



(b)



(c)



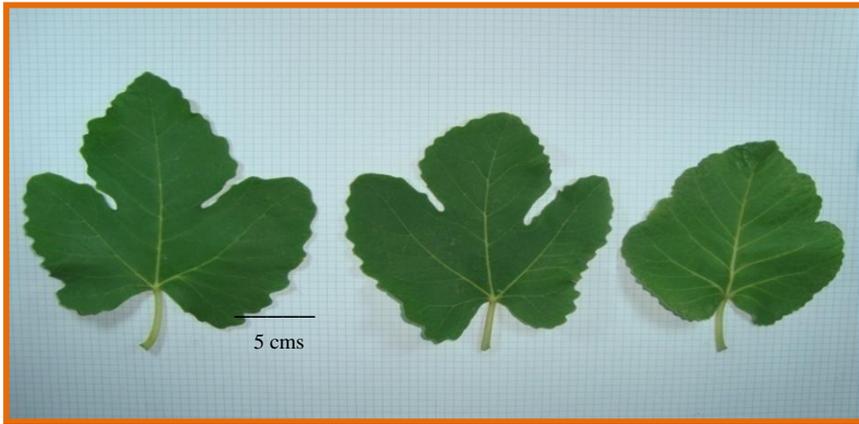
(d)

**Fiche 8— 'Bakor blanc'**  
(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figs-fleurs, (d) Figs

Accession  
'06'  
Code: 06-Inc-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 9– Accession '06'**

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figes

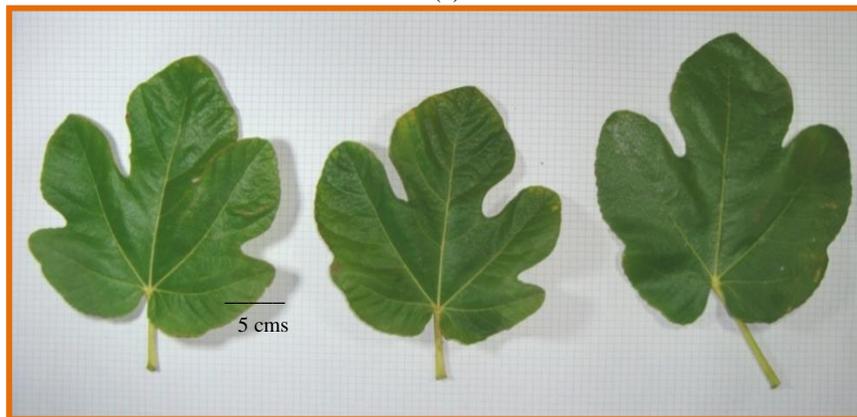
## 'Taranimt'

Synonymes: 'Thaaranimt';  
'Tagouawt'

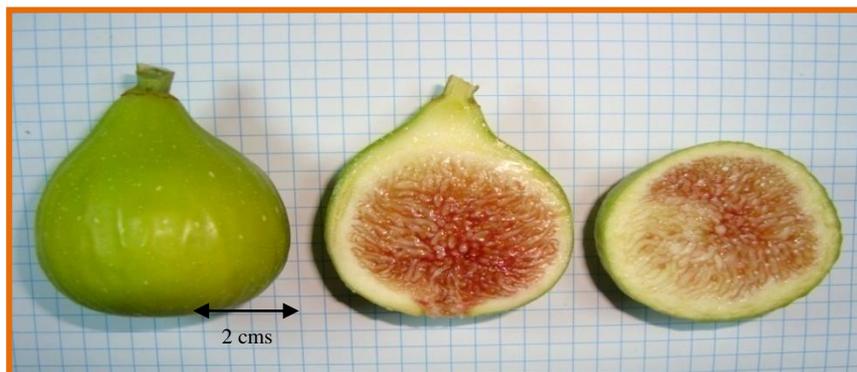
Code: 11-Trt-01



(a)



(b)



(c)

### Fiche 10- 'Taranimt'

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

'Toudjente'

Code: 27-Tjt-01



(a)



(b)



(c)

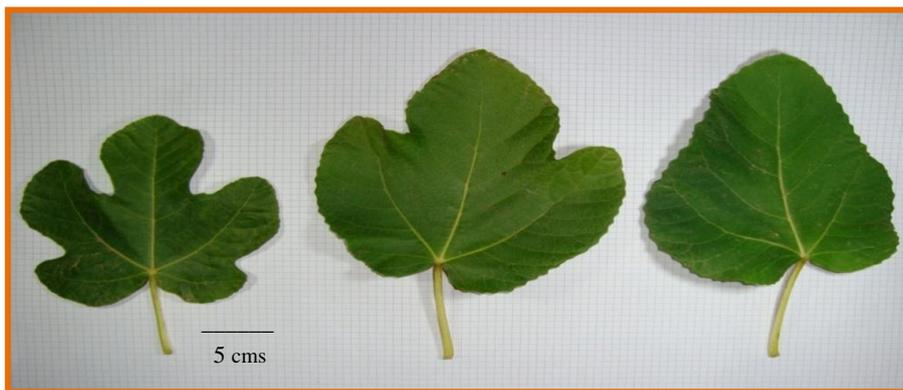
**Fiche 11**– 'Toudjente'

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

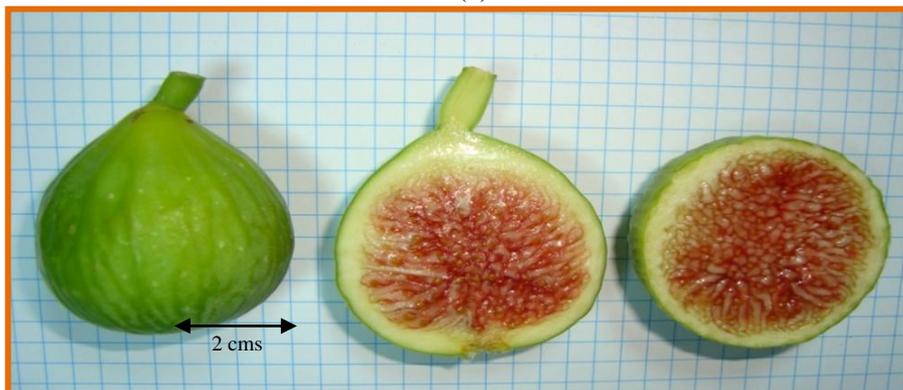
**'Kadota'**  
Synonymes : 'Bertouti';  
'Dottato'  
Code: 31-Kdt-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 12– 'Kadota'**

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figes

**'Chetoui'**  
Synonyme : 'Achtoui'  
Code: 34-Cht-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 13– 'Chetoui'**

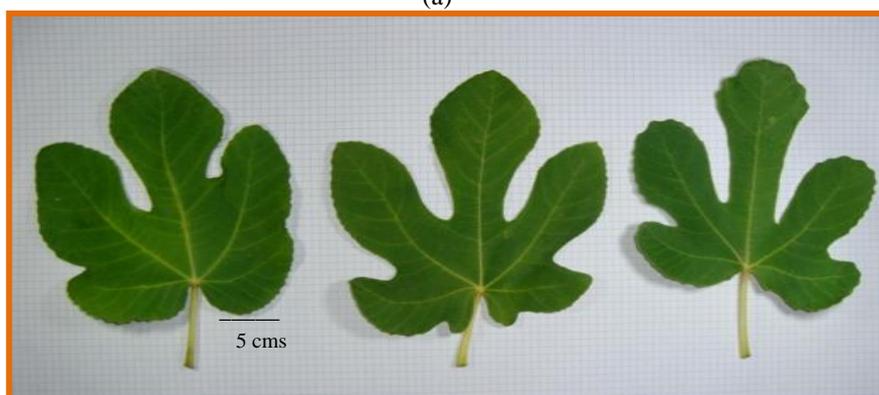
(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figes

'Safra'

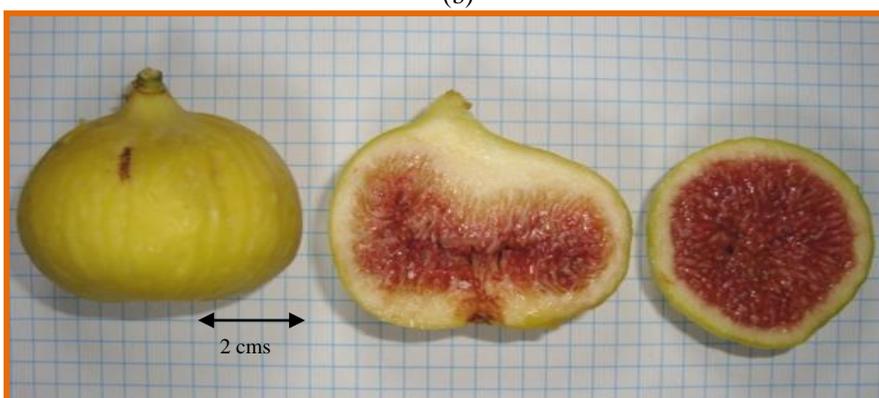
Code: 35-Inc-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 14**– Accession '35'

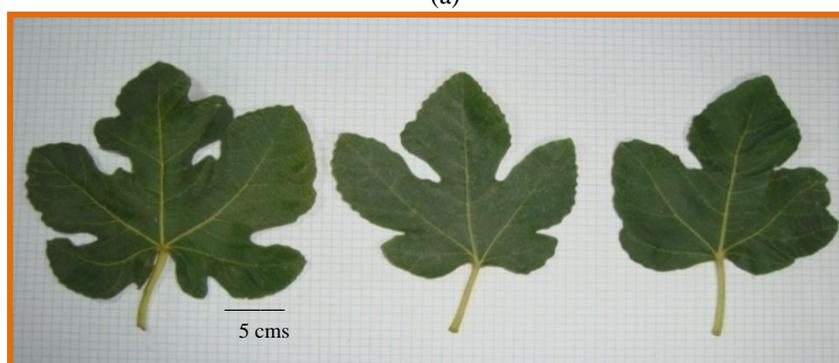
(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

'Benacer'

Code: 43-Bnc-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 15– 'Benacer'**

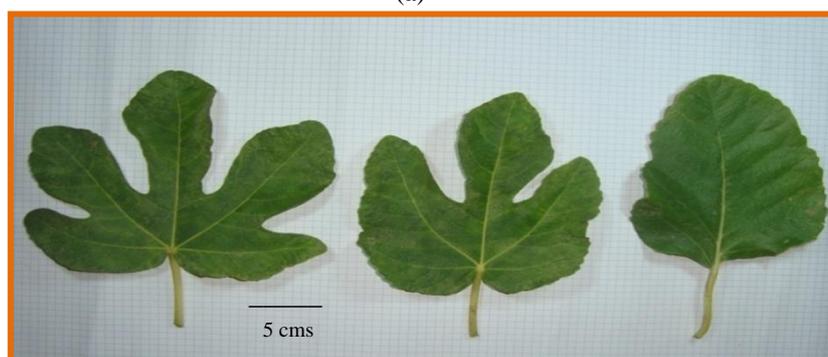
(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

'Beidha'

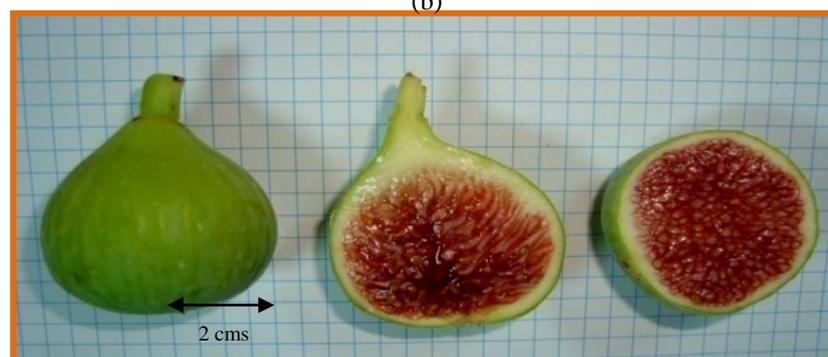
Code: 50-Bdh-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 16– 'Beidha'**

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

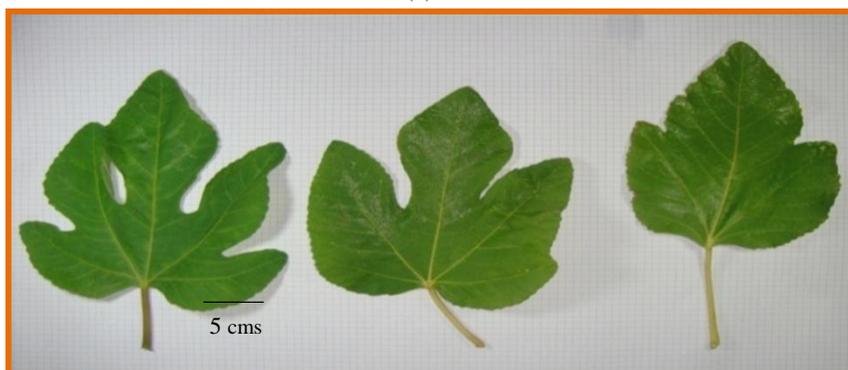
## 'Enk El H'mam'

Synonymes : 'Aboutrok', 'Béjaoui',  
'Col de Cygne', 'Hamra', 'Abgaiti',

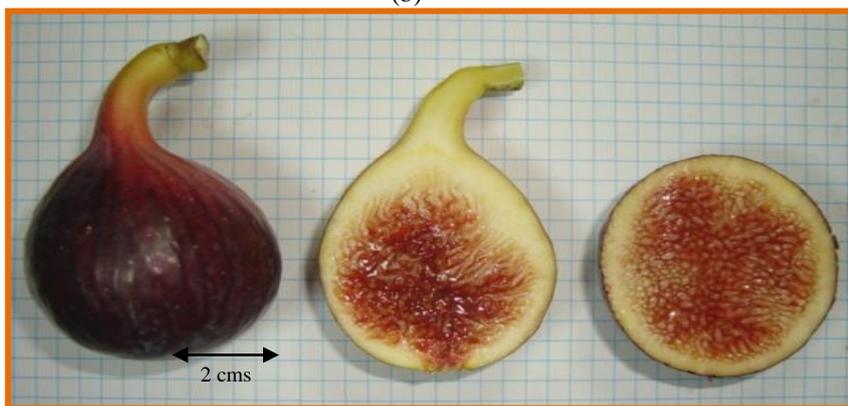
Code: 52-Ekh-01



(a)



(b)



(c)

### Fiche 17- 'Enk El H'mam'

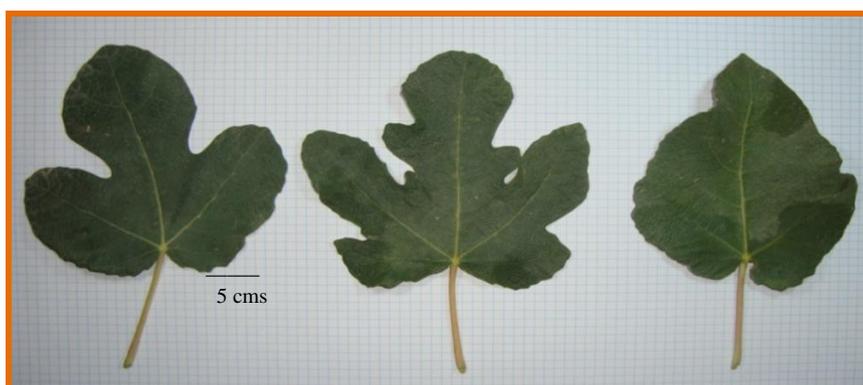
(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

'Arbiya'

Code: 58-Arb-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 18**– Accession '58'

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

'Azendjer'  
Synonyme : 'Ajenjer'

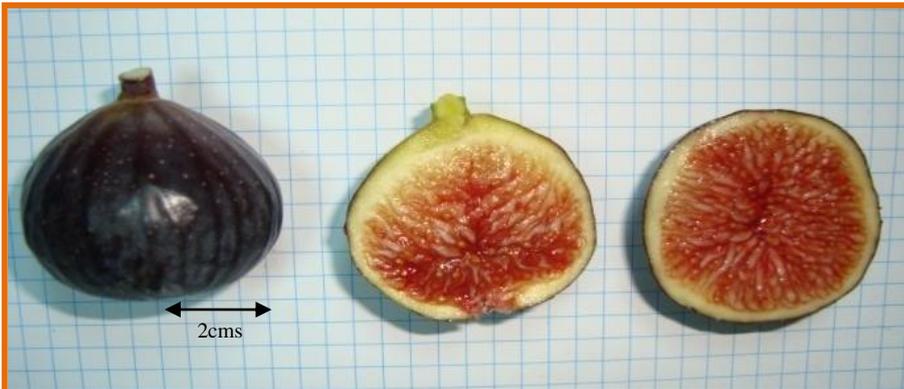
Code: 77-Azj-01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 19– 'Azendjer'**

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

Accession  
'80'  
Code: 80-Inc-01



(a)



(b)

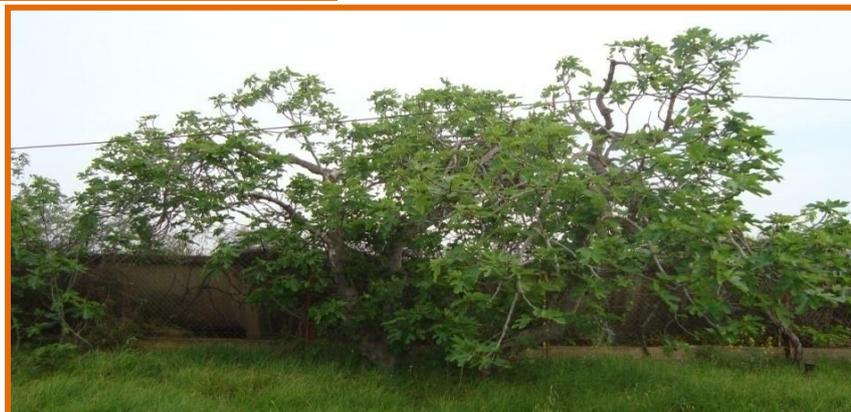


(c)

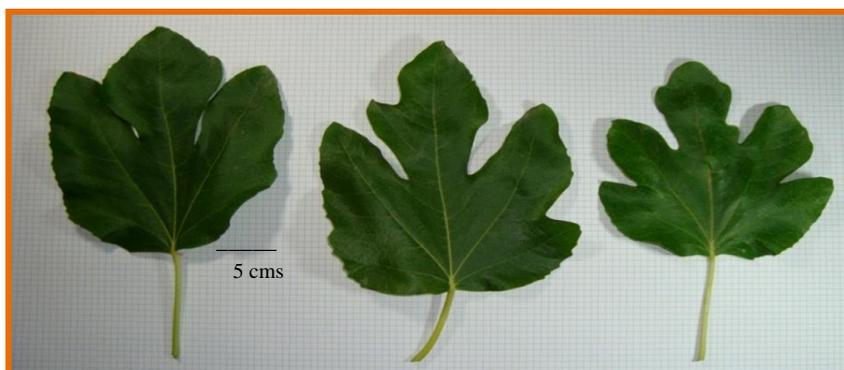
**Fiche 20**– Accession '80'  
(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

'Harcha'

Code: 85-Har- 01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 21**– Accession '85'

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

'Meroudji'

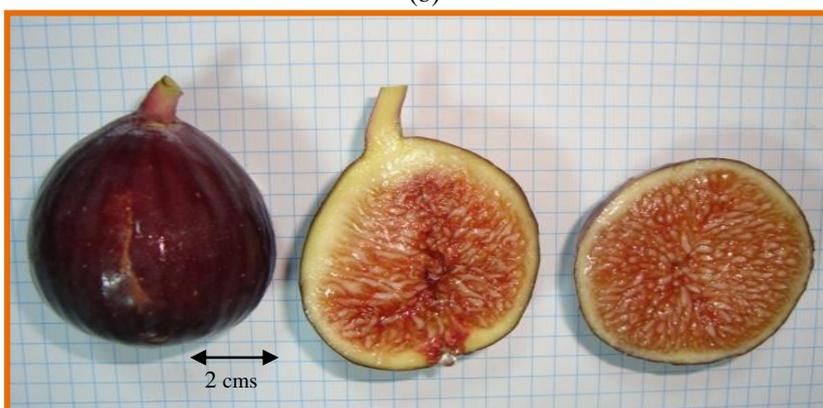
Code: 92-Mrj- 01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 22**– 'Meroudji'

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

**'Taberkint'**  
Synonyme: 'Kahla'  
Code: 102-Tbk- 01



(a)



(b)



(c)

**Fiche 23– 'Taberkint'**

(a) Arbre, (b) Feuilles, (c) Figues

# **Chapitre III**

## **Discussion générale**

Le figuier est bien adapté aux conditions pédoclimatiques de l'Algérie où on le trouve sous des formes sauvages et cultivées et avec une grande diversité de caractères morphologiques. Le diagnostique moléculaire a mis en évidence un niveau modéré de polymorphisme génétique des figuiers étudiés en comparaison avec ceux d'autres pays voisins comme la Tunisie, le Maroc ou la Turquie. Il a aussi montré que la diversité génétique des variétés est due à l'hétérozygotie qui est révélée par les valeurs négatives de  $F_{is}$  sur la plupart des loci.

L'analyse de variance a montré, qu'en dehors du nombre de lobes par feuille et de l'épaisseur du pétiole, les 23 autres caractères morphologiques quantitatifs sont discriminants, ce qui justifie le bon choix de ces descripteurs dans notre étude.

Les résultats des relations phylogénétiques ont réparti les 5 populations en 3 groupes qui sont caractérisés par une structuration spatiale. Ils confirment le regroupement des individus et suggèrent que la rocade des hauts plateaux a permis aux voyageurs qui l'empruntaient d'introduire ou de propager des boutures de figuier, ce qui a engendré des problèmes de phonologie et de confusion dans la dénomination variétale. L'exemple de la variété '44' illustre bien ce cheminement car, elle est appelée 'Hafer El Bghel' à l'Ouest, 'Hafer El Djmel' au Sud et 'Hafer El Dabba' à l'Est. De ce fait, il est probable que la route Est-Ouest des hauts plateaux ait joué un certain rôle dans la distribution et la structuration des ressources génétiques du figuier en Algérie. Par ailleurs, la plupart des génotypes du Tell Centre (notamment du Djurdjura) ne sont cultivés que dans cette contrée au relief montagneux. C'est probablement, grâce à l'enclavement de cette région escarpée et au confinement de ses vergers familiaux que le patrimoine figuicole et le savoir faire ancestral locaux ont été préservés.

L'étude du regroupement des individus a mis en évidence la présence de 3 groupes comportant chacun un assortiment de variétés de type Smyrna, Commun et occasionnellement des Caprifiguiers. Elle a aussi révélé l'existence d'une similarité phénotypique significative entre des variétés provenant de localités différentes, tels que 'Azendjer-1' avec 'Azendjer-2', 'Bakor noir-1' avec 'Bakor noir-2' ainsi que 'Chetoui-1' avec 'Chetoui-2' et 'Chetoui-3'. Il s'agit probablement de cultivars polyclônes qui sont issus de mutations somaclonales qui ont été favorisées par le bouturage. Le recours à la multiplication végétative, qui utilise probablement le même matériel de propagation, augmente en effet la fréquence des allèles issus de mutation conduisant à ce bas niveau d'hétérogénéité génétique. La sélection aléatoire à partir de populations naturelles diminue également la variabilité génétique (Caliskan et Polat, 2008). Des cas de polyclonalité similaires ont été rapportés dans les travaux de Achtak

et al., (2009) et de Papadopoulou et al., (2002). Le listing des variétés ne peut donc être exhaustif, car la profusion des synonymies et des homonymies a entraîné de profondes confusions dans les appellations de cette espèce.

En somme, cette étude a mis en évidence la présence d'une base génétique commune des variétés, probablement en raison de leur appartenance à un ancêtre commun et à leur sélection à partir d'un matériel végétal préexistant. C'est l'aboutissement d'un processus long et complexe de structuration des populations locales à partir desquelles les génotypes ont été sélectionnés et domestiqués pour constituer divers vergers familiaux locaux. La sélection locale aurait ainsi favorisé une polyclonalité adaptée à diverses conditions écologiques, ce qui confère au figuier algérien de bonnes aptitudes pour la sélection. Par ailleurs, la diversification variétale serait également due à l'adoption de génotypes attrayants provenant de semis, ou introduits, dans le matériel cultivé. De tels individus servent alors de pieds-mères et sont multipliés végétativement pour constituer une petite variété locale, ce qui signifie qu'une diversité génétique continue caractérise le germoplasme du figuier algérien. Cette hypothèse mérite d'être vérifiée par l'étude de la structuration génétique des cultivars en comparaison avec celle des populations naturelles.

La présente étude a révélé par ailleurs, que le port, la vigueur et la ramification de l'arbre, la période de défoliation, la couleur du bourgeon terminal ainsi que le début et la période de récolte, varient suivant les génotypes. Cette variabilité a été notée dans des études similaires (Simsek et Yildirim, 2010) et peut changer aussi selon les conditions environnementales et les techniques agricoles. L'étalement de la période de récolte est un atout majeur en arboriculture fruitière dans la mesure où il permet un gain de temps précieux en termes de précocité de récolte et un prolongement de la disponibilité des figues fraîches sur le marché. Aussi, pour satisfaire le marché en figues fraîches sur une longue période il serait nécessaire de diversifier les zones de culture et les variétés. Les 12 variétés à période de récolte longue et très longue devraient convenir pour cet usage. Il serait également intéressant de les impliquer dans un programme d'amélioration génétique de la durée de maturité des fruits.

Les caractéristiques morphologiques, telles que les dimensions foliaires, le nombre de feuilles par pousse et l'épaisseur de la pulpe sont importantes pour les sélectionneurs et peuvent constituer des variables hautement distinctives. Néanmoins, la différenciation des variétés de figuier à l'aide de leurs feuilles, surtout au niveau du nombre de lobes (Khanfir, 2015) et de l'épaisseur du pétiole est difficile car elles sont polymorphes au sein d'un même individu. Le recours aux feuilles pour la discrimination variétale peut être préconisé en présence de fruits très semblables les uns aux autres. Par exemple, les variétés '36' et '75' ont

des fruits qui se ressemblent, alors que leurs feuilles sont différentes. Certaines caractéristiques pomologiques, comme le calibre, la forme, l'index, la facilité d'épluchage, la couleur de la pulpe, la largeur de l'ostiole, l'extrait sec soluble ainsi que l'épaisseur, 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 figues sèches en boucle.

La couleur externe des fruits est subjective et complexe à évaluer mais elle constitue un préalable essentiel pour le choix des consommateurs. Contrairement aux figues à peau claire, les figues à peau sombre contiennent des niveaux élevés de polyphénols, d'anthocyanines et de flavonoïdes accompagnés par une intense activité antioxydante (Solomon et al., 2006). Les figues à peau claire sont toutefois plus attrayantes pour les consommateurs et peuvent être destinées pour le séchage. Aussi, la diversification des variétés à peau claire et à peau sombre lors de la plantation doit être encouragée en vue d'offrir aux consommateurs et aux industriels un plus grand choix de figues. En Algérie, les figues bien calibrées, mûres et riches en sucres sont très prisées par les consommateurs. La majorité de ces sucres sont sous forme de matière sèche soluble et composent avec les acides organiques la saveur des figues. Les acides organiques des figues sont composés d'acide malique, lactique, fumarique et surtout citrique (Miklavcic et al., 2008). Leur évaluation est nécessaire pour déterminer la qualité du jus et l'acceptabilité du fruit. La diminution de la teneur en acides organiques et l'augmentation de la concentration des sucres solubles lors de la maturation indiquent la période de récolte des fruits.

Au terme de cette étude nous pouvons formuler des recommandations à l'intention des industriels, des pépiniéristes et des arboriculteurs pour les aider dans le choix des variétés et leur utilisation. Les variétés '21', 'Bakor noir', 'Bakor blanc' et 'Ramliya' sont les plus fructifères parmi les figuiers bifères. Elles jouissent de bonnes aptitudes commerciales, car elles ont un bon calibre, une belle coloration, plus de jus, une plus longue durée de récolte et se récoltent assez facilement.

'Enk El H'mam' (score 824) est le meilleur génotype parmi tous les figuiers unifères. L'arbre est vigoureux, fructifère et à début de récolte très tardif. Il est populaire chez les consommateurs et les producteurs de figues en raison de ses très bonnes propriétés organoleptiques (calibre, parfum, jus et saveur). L'arbre redoute toutefois la canicule et les vents desséchants d'été. De plus, ses fruits ne sont pas appropriés pour l'industrie et pour le

séchage à cause du long col, du gros calibre et de la coloration pourpre de la peau. En raison de leurs bonnes propriétés pomologiques et de leurs très bons scores, les figues de 'Enk El H'mam' et 'Arbiya' méritent d'être candidats à la labellisation.

'Meroudji', 'Chetoui' et 'Harcha' sont des variétés qui présentent de très bonnes aptitudes commerciales. Leurs scores élevés et leurs très bonnes potentialités surclassent la plupart des autres variétés. 'Harcha' est en outre plus fructifère et sa durée de récolte est très longue, mais elle est pénalisée par la fissuration de la peau et l'acidification de la pulpe, notamment après les fortes pluies. 'Chetoui' et 'Harcha' devraient être plantées là où les pluies précoces d'automne ne sont pas à craindre. 'Kadota' et 'Taranimt' ont des fruits riches en sucres, uniformes, de calibre moyen et à peau claire. Ces variétés ne doivent pas être plantées à grande échelle dans des vergers monovariétaux. Elles gagneraient beaucoup si elles sont plantées avec d'autres variétés à peau sombre telles que 'Taberkint' ou 'Azendjer'. Les variétés '80', 'Safra' et 'Beidha' doivent être essayées pour le séchage.

L'analyse globale de nos résultats a montré l'aptitude des marqueurs microsatellites et morphologiques à révéler la diversité génétique du figuier ainsi que la nécessité de les impliquer dans la conduite agricole des plantations.

# **Conclusion et perspectives**

Dans cette étude, nous avons procédé à l'analyse de la diversité génétique de 73 génotypes de figuier cultivés et sauvages à l'aide de 66 descripteurs morphologiques internationaux et de cinq marqueurs microsatellites spécifiques (MFC2, MFC4, MFC5, MFC7, MFC8). Nos résultats ont montré que l'association des deux types de marqueurs a été très appropriée pour la différenciation variétale et, qu'en dépit de la performance du diagnostic moléculaire, la caractérisation morphologique reste complémentaire et toujours d'actualité. Nous nous sommes aperçus que la variabilité phénotypique des arbres dépend du stade végétatif et des facteurs agro-écologiques et que la plupart des caractères morphologiques quantitatifs sont discriminants et donc bien adaptés à ce genre d'étude. Une diversité phénotypique notable a été également mise en évidence, ce qui permettra éventuellement d'enrichir le germoplasme du figuier et d'élargir la gamme de figues dans le commerce. Plusieurs accessions ont présenté de très bons caractères pomologiques: fruits riches en sucres, symétriques, globuleux, bon calibre, peau et ostiole résistants aux fissures, pulpe interne de couleur rouge et sans cavité interne. La méthode du classement par score confirme la très bonne qualité des fruits et révèle pas moins de 18 accessions prometteuses pouvant rivaliser avec les meilleurs génotypes du monde.

Sur le plan moléculaire les cinq marqueurs microsatellites ont généré suffisamment de polymorphisme parmi les 73 accessions et ont levé des doutes sur leur identification. Le génotypage a montré que la diversité génétique des accessions est due à l'hétérozygotie car elle a été révélée par les valeurs négatives de Fis sur la plupart des loci. Il a aussi dénombré 25 16 allèles sur l'ensemble des individus et 23 variétés. Les relations phylogénétiques ont réparti les cinq populations en trois groupes qui sont caractérisés par une structuration spatiale en raison de la sélection des accessions à partir d'un matériel végétal préexistant. L'histoire de la présence du figuier en Algérie serait l'aboutissement d'un processus long et complexe de structuration des populations locales à partir desquelles les génotypes ont été sélectionnés et domestiqués pour constituer des vergers familiaux adaptés à diverses conditions écologiques. Cependant, le mode de propagation clonale a entraîné des problèmes de confusion dans les appellations et à des difficultés dans l'identification variétale. Il est en outre possible que la position géographique de l'Algérie et l'enclavement de certaines régions ait joué un rôle déterminant dans la distribution et la structuration des ressources génétiques locales du figuier. Ces hypothèses méritent d'être vérifiées par l'étude à grande échelle de la structuration génétique des cultivars locaux en comparaison avec celle des populations naturelles et des pays voisins.

Au terme de la caractérisation moléculaire et morphologique nous avons établi des fiches variétales illustrées et formulé des recommandations utiles à l'intention des industriels, des pépiniéristes et des arboriculteurs pour les aider dans le choix des variétés et leur utilisation. Dans cette perspective, il est impératif que cette recherche soit complétée par des études afférentes au perfectionnement des techniques agricoles et à la performance agronomique du figuier. Les chercheurs et les sélectionneurs auront également à leur disposition un matériel végétal diversifié et une base de données étoffée pour d'éventuels travaux d'amélioration génétique. Le lien entre terroir et variétés doit être étudié afin de déterminer l'effet des conditions pédoclimatiques sur leurs compositions chimiques et leurs profils sensoriels. L'étude de l'aptitude au séchage et à la transformation des figues est nécessaire pour valoriser ce produit agricole et améliorer sa visibilité dans le commerce local et international. La labellisation de la figue est également une bonne alternative pour l'émancipation socio-économique des zones productrices. La caractérisation de l'architecture des arbres est un autre aspect de recherche qui permettra, grâce à une meilleure maîtrise des processus de ramification et d'édification, de simuler leur comportement et d'optimiser leur rendement. 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. Sa mise en oeuvre permettra la multiplication rapide et à grande échelle de matériel végétal sain, y compris les variétés récalcitrantes. Finalement, il serait judicieux de débiter ces travaux de recherches par une étude à plus grande échelle de la structuration génétique des populations du figuier à l'aide d'un génotypage élargi à un plus grand nombre d'individus et de marqueurs moléculaires ainsi que par la recherche de nouveaux descripteurs morphologiques.

## **Références bibliographiques**

**Abo-El-Ez A.T., Mostafa R.A.A., Badawy I.F.M.,** 2013. Growth and Productivity of Three Fig (*Ficus carica* L.) Cultivars Grown Under Upper Egypt Conditions. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 7(2) : 709–714.

**Abou-Ellail M., Mahfouze S.A., El-Enany M.A.M., N.S.A. M.,** 2014. Using Biochemical and Simple Sequence Repeats (SSR) Markers to Characterize (*Ficus carica* L.) Cultivars. *World Appl. Sci. J.*, 29(3) : 313–321.

**Achtak H., Oukabli A., Ater, M., Santoni S., Kjellberg F., Khadari B.,** 2009. Microsatellite Markers as Reliable Tools for Fig Cultivar Identification. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 134(6) : 624–631.

**Ait Haddou L., Blenzar A., Messaoudi Z., Van Damme P., Zinedine F., Sakhaoui A.,** 2013. Caractérisation Pomologique de 22 Cultivars Locaux du Figuier (*Ficus Carica* L.) au Maroc. *European Journal of Scientific Research*, 112 (3) : 416–428.

**Ali-Shtayeh M.S., Jamous R.M., Abu Zaitoun S.Y., Mallah O.B., Mubaslat A.,** 2014. Genetic Diversity of the Palestinian Fig (*Ficus carica* L.) Collection by Pomological Traits and RAPD Markers. *American Journal of Plant Sciences*, (5) :1139–1155.

**Aksoy U.,** 1981. Researches on Fruit Development, Ripening and Storage of Fig Fruits Cultivars Akca, Goklop and Sarilop, PhD, Thesis, Ege University, Faculty of Agriculture, Turkey, 150 p.

**Aksoy U.,** 1991. Descriptors for Fig (*Ficus carica* L. and related *Ficus sp.*). Ege University, Faculty of Agriculture. Department of Horticulture, Izmir–Turkey, 17 p.

**Aksoy U., Anaç D., Seferoglu H.G.,** 1991. Incir bahçelerinde toprak özelliklerindeki farklılıkların sürgün gelimesi ve meyve kalitesine etkileri (in Turkish). Toprak Ilmi Dernegi Sempozyumu, sözlü bildir;

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

**Aljane F., Ferchichi A.,** 2008. Pomological Characteristics of Local Fig (*Ficus carica* ) Cultivars in Southern Tunisia. *Acta Hort.*, (798) :123–128.

**Aljane F., Ferchichi A.,** 2009. Assessment of genetic diversity among some southern Tunisian fig (*Ficus carica* L.) cultivars based on morphological descriptors. *JJAS*, 5(1):1–16;

**Aljane F., Nahdi S., Essid A.,** 2012. Genetic diversity of some accessions of Tunisian fig tree (*Ficus carica* L.) based in morphological and chemical traits. *J. Nat. Prod. Plant. Resour.* , 2(3) : 350–359.

**Aouane A.**, 2015. Contribution au génotypage par marqueur moléculaire et caractérisation morphologique de quelques cultivars locaux de figuier (*Ficus carica* L.). Mémoire de magistère, Université Hadj Lakhdar, Batna, 97 p.

**Armstrong W.P.**, 2006. Sex determination & life cycle of *Ficus carica* L.  
<http://www2.palomar.edu/users/warmstrong/pljun99b.htm> (consulté le 24 12 2017).

**Audergon J.M., Reich M., Souty M.**, 1991. Abricot. Les variations des critères de qualité. L'Arboriculture Fruitière, (436) : 35–46.

**Bachi K.**, 2012. Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier (*Ficus carica* L.) par la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis Capitata* (Diptera, trypetidae. Effets des huiles essentielles sur la longévité des adultes. Mémoire de magistère, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Oozou, 114 p.

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

**Basheer-Salimia R., Awad M., Hamdan Y., Shtaya M.**, 2013. Genetic Variability of some Palestinian Fig (*Ficus carica* L.). Genotypes Based on Pomological and Morphological Descriptors. *An - Najah Univ. J. Res. (N. Sc.)*, (27) : 83–110.

**Belkhir K., Bora P., Chikhi L., Raufaste N., Bonhomme F.**, 2004. GENETEX 4.05.2. Logiciel sous windows TM pour la génétique des populations. Montpellier : CNRS UMR 5000, laboratoire Génome, populations, Interaction,, Université de Montpellier II, France.  
<http://www.univ-montp2.fr/~genetix/genetix/constr#download>, (consulté le 22 06 2017).

**Benettayeb Z.E., Bencheikh M., Setti B. Chaillou S.**, 2017. Genetic diversity of Algerian fig (*Ficus carica* L.) cultivars based on morphological and quality traits. *Indian J. Hort.*, 74(3) : 311–316.

**Berg C.C., Wiebes J.T.**, 1992. African fig trees and fig wasps. Koninllijke Nederlandse Akademic van Wetenschappen. Verhandelingen Afdeling Natuurkunde, Tweede Reeks, Deel 89, 289 p.

**Caliskan O., Polat A.A.**, 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Sci. Hortic* , (115) : 360–367.

**Caliskan O., Polat A.A., (a)**, 2012. Morphological diversity among fig (*Ficus carica* L.) accessions sampled from the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Turk. J. Agric. For.*, (36) : 179–193.

**Caliskan O, Polat A.A., (b)**, 2012. Effects of genotype and harvest year on phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Span. J. Agric. Res.*, 10(4):1048–1058.

**Caliskan O., Polat A.A., Celikkol P., Bakir M.,** 2012. Molecular characterization of autochthonous Turkish fig accessions. *Span. J. Agric. Res.*, 10(1) : 130–140.

**Chatti K., Saddoud O., Salhi-Hannachi A., Mars M., Marrakchi M., Trifi M.,** 2007. Analysis of Genetic Diversity and Relationships in a Tunisian Fig (*Ficus carica* L) Germplasm Collection by Random Amplified Microsatellite Polymorphisms. *J.I.P.B.*, 49(3) : 386–391.

**Claypool L.L.,** 1975. Nutrition des arbres fruitiers à feuilles caduques et qualité de leurs récoltes. *La pomologie française*, 17(5) : 83–96.

**Condit I.J.,** 1955. Fig varieties: A Monograph Hilgardia. *A Journal of Agricultural Science*, 23(11): 323–539.

**Crisosto C.H., Bremer V., Ferguson L., Crisosto G.M.,** 2010. Evaluating Quality Attributes of Four Fresh Fig (*Ficus carica* L.) Cultivars Harvested at Two Maturity Stages. *HortScience*, 45(4) : 707–710.

**Derek J.G.B., Rademaker M.,** 2007. Phytophotodermatitis caused by contact with a fig tree (*Ficus carica* L). *New Zeal. Med. J.*, 120 (1259) :1–5.

**Feliachi K.,** 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, INRA Alger, 67 p.

**Gerber H.J.,** 2010. Tree Training and Managing Complexity and Yield in Fig (*Ficus carica* L.). Master of Science in Agriculture (Horticultural Science) at the University of Stellenbosch, 104 p.

**FAO** Statistical Database-Agriculture .2014. <http://www.fao.org/corp/statistics/fr/>

**Gaaliche B., Trad M., Hfaiedh L., Lakhel W., Mars M.,** 2012. Pomological and biochemical characteristics of fig (*Ficus carica* L.) cv. Zidi in different agro-ecological zones of Tunisia. *Pak. J. Agri. Sci.*, 49(4) : 425–428.

**Gaaliche B., Aïachi-Mezghani M., Trad M., Costes E., Lauri P-E, 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.

**Giraldo E., Lôpez-Corrales M., Hormaza J.I.,** 2010. Selection of the Most discriminating Morphological Qualitative Variables for Characterization of Fig Germplasm. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.*, 135(3) : 240–249.

**Gozlekci S.,** 2011. Pomological traits of fig (*Ficus carica* L.) genotypes collected in the west mediterranean region in Turkey. *J. Anim. Plant Sci.*, 21(4) : 646–652.

**Ikegami H., Nogata H; Hirashima K., Awamura M., Nakahara T.,** 2009. Analysis of genetic diversity among European and Asian fig varieties (*Ficus carica* L.) using ISSR, RAPD, and SSR markers. *Genet. Resour. Crop. Evol.*, (56) :201–209.

**IPGRI et CIHEAM,** 2003. Descriptors for Fig. International Plant Genetic Resources. Institute (IPGRI), Rome, Italy, and International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France, 52 p.

**Janick J.,** 2005. The Origins of Fruits, Fruit Growing, and Fruit Breeding. *Plant breed, Rev.*, (25) : 255–320.

**Jeddi L.,** 2009. Valorisation des figues de Taounate. Potentiel, mode et stratégies proposées. Rapport direction provinciale d'agriculture de Taounate, Maroc, 29 p.

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

**Khadari B., Hochu I., Bouzid L., Roger J.P., Kjellberg F.,** 2003. The use of microsatellite markers for identification and genetic diversity evaluation of the fig collection in CBNMP. *Acta Hort.*, (605) : 77–86.

**Khadari B., Grout C., Santoni S., Hochu I., Roger J-P., Ater M., Aksoy U. , Kjellberg F., (a),** 2005. Etude préliminaire des origines de *Ficus carica* L. et de sa domestication. Les actes du BRG, (5) : 53–65.

**Khadari B., Grout C., Santoni S., Kjellberg F., (b),** 2005. Contrasted genetic diversity and differentiation among Mediterranean populations of *Ficus carica* L.: A study using mtDNA RFLP. *Genet. Resour. Crop. Ev.*, (52) : 97–109.

**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 K.E., Hartmann A., Bar-Yosef O.,** 2006. “Early Domesticated Fig in the Jordan Valley, *Science*, 312(5778) : 1372–1374.

**Konaté I.,** 2007. Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Agdal . Faculté des sciences . Rabat, Maroc, 196 p.

**Loredana F. C., Pasquale P., Petronia C., Antonio D.L., PasqualinaW.,** 2015. Determination of the genetic relatedness of fig (*Ficus carica* L.) accessions using RAPD fingerprint and their agro-morphological characterization. *South African Journal of Botany* 97 (2015) 40–47.

**Mallikarjuna K. A., Stover Ed, Velasco D., Koehmstedt A.,** 2010. Genetic structure and differentiation in cultivated fig (*Ficus carica* L). *Genetica*, (138) : 681–694.

**Mavsar D.B., Jakse J., Javornik B.,** 2008. Development of Molecular Markers for Identification of Fig Varieties in Istria: 84-89 pp. In *The Common Fig (Ficus carica L.) in Istria. Morphological, Molecular and Some Chemical Characteristics.* University of Primorska, Science and Research Centre Koper, Publishing House Annales. Project RGFI – Revitalization of Fig Cultivation in Istria, 104 p.

**Miklavcic M.B., Butinar B., Valencic V.,** 2008. Sugars and Organic Acids Content in Fig Crops, 2006 and 2007: 90–100 pp. In *The Common Fig (Ficus carica L.) in Istria. Morphological, Molecular and Some Chemical Characteristics.* University of Primorska, Science and Research Centre Koper, Publishing House Annales. Project RGFI – Revitalization of Fig Cultivation in Istria, 104 p.

**Nei, M.** 1972. Genetic distance between populations. *Ann. Nat.*, (106) : 283292.

**Nei M.,** 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, (89) : 583–590.

**Oukabli A.,** 2003. Le figuier: un patrimoine génétique diversifié à exploiter. Transfert de technologie en agriculture, Ministère de l’agriculture, Maroc, PNTTA (106) : 4 p.

**Pande G., Akoh C.C.,** 2009. Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food Chemistry*, 120 (03) : 1067–1075.

**Papadopoulou K., Ehaliotis C., Tourna M., Kastanis P., Karydis I., 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.

**Perez-Jiménez M., López B., Dorado G., Pujadas-salvá A., Guzmán G., 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.

**Polat A.A., Caliskan O.,** 2008. Fruit characteristics of table fig (*Ficus carica*) cultivars in subtropicalclimate conditions of the Mediterranean region. *New Zeal. J. Crop Hort.*, (36) : 107–115.

**Radivojevic D.D., Milivojevic J.M., Oparnica C.D.J, Vulic T.B., Djordjevic B.S., Ercisli S.,** 2014. Impact of early cropping on vegetative development, productivity, and fruit quality of Gala and Braeburn apple trees. *Turk. J. Agric. For.*, (38) : 773–780.

**Raymond M, Rousset F.**, 1995. GENEPOP (version 1.2), population genetics software for exact tests and ecumenicism. *J. Heredity*, (86) : 248–249.

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

**Saddoud, O., Salhi-Hannachi A., Chatti K., Rhouma A., Mars M., Marrakchi M., Trifi M.**, 2005. Tunisian Fig (*Ficus carica* L.) genetic diversity and cultivars identification mediated by microsatellites markers. *Fruits*, 60 (2) : 143–153.

**Saran P.L., Choudhary R., Solanki I.S., Patil P., Kumar S.**, 2015. Genetic variability and relationship studies in new Indian papaya (*Carica papaya* L.) germplasm using morphological and molecular markers. *Turk. J. Agric For.* , (39 ) : 310–321.

**Simsek M.**, 2008. Selection and identification of fig genetic material under Diyarbakir conditions. PhD Thesis. Department of horticulture institute of natural and applied sciences university of Çukurova, Turkey, 282 p.

**Simsek M.**, 2009. Evaluation of selected fig genotypes from South east Turkey. *Afr. J. Biotechnol.*, 8(19) : 4969–4976.

**Simsek M.**, 2011. A Study on Selection and Identification of Table Fig Types in East Edge of Firat River. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 6(3) : 265–273.

**Simsek M., Yildirim H.**, 2010. Fruit characteristics of the selected fig genotypes. *Afr. J. Biotechnol.*, 9(37) : 6056–6060.

**Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H. E., Altman A., Kerem Z., Falaishmant M. A.**, 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.), *J. Agric. Food Chem.*, 54(20) : 7717–7723.

**Tous J., Ferguson L.**, 1996. Mediterranean fruits. p. 416-430. In: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Arlington, Virginia, USA, (30): 426-430.

**Trad M., Gaaliche B., Renard C.M.G.C., Mars M.**, 2012. Quality Performance of 'Smyrna' Type Figs Grown under Mediterranean Conditions of Tunisia. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2(3) : 139–146.

**Travers I.**, 2004. Influence des conditions pédo-climatiques du terroir sur le comportement du pommier et la composition des pommes à cidre dans le Pays d'Auge. Doctorat de l'université de Can, France, 124 p.

**Vidaud J.**, 1997. Le figuier monographie du CTIFL , France, 267 p.

**Vinson J.**, 1999. The Functional Food Properties of figs. *Cereal Foods World*, 44(2): 82–87.

**Vrhovnik I., Podgornik M., Tomazic I., Prgomet Z., Skrt A.,** 2008. Morphological Characters of Fig Varieties in Istria : 9–75 pp. In *The Common Fig (Ficus carica L.) in Istria. Morphological, Molecular and Some Chemical Characteristics.* University of Primorska, Science and Research Centre Koper, Publishing House Annales. Project RGFI –Revitalization of Fig Cultivation in Istria, 104 p.

**Walali L., Skiredj A., et Alattir H.,** 2003. L'amandier, l'olivier, le figuier, le grenadier Transfert de technologie en agriculture, Ministère de l'agriculture, Maroc, PNTTA (105) :4 p.

**Yu H., Nason J.D., Zhang L., Zheng L., Wu W., Ge X.,** 2015. De novo transcriptome sequencing in *Ficus hirta* Vahl. (Moraceae). to investigate gene regulation involved in the biosynthesis of pollinator attracting volatiles. *Tree Genet. Genomes*, (11) : 91.

**Zavodna M., Arens P., Vosman B.,** 2005. Development and characterization of microsatellite markers for two dioecious *Ficus* species. *Mol. Ecol. Notes*, (5) : 355–357;

**Zohary D., Hopf M., Weiss E.,** 2012. Domestication of plants in the old world. Oxford University Press, 264 p.

# **Annexes**

## Les descripteurs morphologiques du figuier (IPGRI et CIHEAM, 2003)

Organes	Descripteurs	
	Quantitatifs	Qualitatifs
Arbre	1- Rapport : Longueur / Diamètre du bourgeon terminal 2- Nombre de rejets par arbre 3- Nombre de figes-fleurs par pousse 4- Durée de récolte (jours)	1- Vigueur 2- Port 3- Début de récolte 4- Degré relatif de ramification 5- Forme du bourgeon terminal 6- Couleur du bourgeon terminal 7- Début de défoliation
Feuille	5- Nombre de feuilles par pousse 6- Nombre de lobes par feuille 7- Longueur (cm) 8- Largeur (cm) 9- Surface (cm <sup>2</sup> ) 10- Longueur pétiole / longueur feuille 11- Longueur du pétiole (mm) 12- Epaisseur du pétiole (mm) 13- Degré de lobation (cm)	8- Forme des lobes 9- Forme de l'apex foliaire 10- Position des petits lobes latéraux 11- Forme de la base 12- Couleur du limbe 13- Nervation 14- Bord du limbe 15- Couleur du pétiole 16- Section du pétiole
Fruit	14- Diamètre (mm) 15- Longueur (mm) 16- Volume (cm <sup>3</sup> ) 17- Poids (g) 18- Forme du fruit; Index (Diam/long)	17- Forme selon la largeur maximale 18- Forme près du pédoncule 19- Symétrie 20- Uniformité
Col	19- Longueur (mm) 20- Epaisseur (mm)	/
Pédoncule	21- Longueur (mm) 22- Epaisseur (mm)	21- Forme 22- Abscission
Ostiole	23- Diamètre (mm)	23- Couleur 24- Résistance aux fissures 25- Présence de l'exsudat ostiolaire 26- Couleur de l'exsudat ostiolaire
Peau	/	27- Facilité d'épluchage 28- Nervures 29- Fissures 30- Résistance aux fissures 31- Fermeté 32- Couleur externe
Lenticelles	/	33- Quantité 34- Couleur 35- Taille
Pulpe	24- Epaisseur (mm)	36- Couleur interne 37- Texture 38- Parfum 39- Jus 40- Cavité interne
Propriétés chimiques	25- Extrait sec soluble (%) 26- Acidité titrable (%)	/

*Annexe B*

Méthode de classement par score de la qualité des figues (Aksoy, 1991)

Caractères	Pondération	Point de classification	Facteur
Poids du fruit (g)	20	< 20,0	0
		20,1–30,0	2
		30,1–40,0	4
		40,1–50,0	6
		50,1–60,0	8
		> 60,0	10
Début de maturité	20	< 20 Juillet	8
		20–30 Juillet	6
		1–15 Août	2
		15–30 Août	6
		> 30 Août	8
Forme du fruit (index)	9	< 0,9	8
		0,9–1,1	10
		> 1,1	6
Longueur du col (mm)	6	< 5	0
		5,1–10	10
		10,1–15	6
		> 15	2
Fissures de la peau	10	Sans	10
		Rares	6
		Petites	0
		Facile	10
Facilité d'épluchage	10	Intermédiaire	6
		Difficile	0
Diamètre de l'ostiole (mm)	5	0,0–2,0	10
		2,1–4,0	8
		4,1–6,0	6
		> 6,1	2
Extrait sec soluble (%)	10	< 13,0	2
		13,1–16,0	4
		16,1–20,0	10
		20,1–25,1	8
		> 25,1	6
Acidité titrable (%)	10	< 0,050	0
		0,051–0,12	6
		0,126–0,225	8
		0,226–0,300	10
		> 0,301	4
Total	100		

## Annexe C

### Résultats du classement par score de la qualité des figes

Accessions	Poids du fruit (g)	Début de maturité du fruit	Forme (Index) du fruit	Longueur du col (mm)	Fissures de la peau du fruit	Facilité d'épluchage	Largeur de l'ostiole (mm)	Extrait sec soluble (%)	Acidité titrable (%)	Score total
'01'	120	120	90	0	100	0	40	60	80	610
'Ramliya'	200	120	90	0	100	60	40	80	80	770
'21'	40	120	90	0	100	60	50	80	80	620
'28'	80	120	90	0	100	0	40	80	80	590
'36'	80	120	72	36	100	60	40	60	80	648
'75'	80	40	72	36	100	0	40	60	80	508
'Bakor noir'	160	40	72	60	100	60	50	100	80	588
'Bakor blanc'	80	120	72	60	100	0	50	80	100	662
'Taranimt'	40	40	90	0	100	0	40	80	100	490
'Toudjente'	80	120	90	0	100	0	50	60	100	600
'Kadota'	80	40	90	0	100	60	40	80	80	570
'Chetoui'	40	120	90	60	60	60	50	100	100	680
'Safra'	120	120	54	0	100	0	50	100	100	644
'Benacer'	80	120	72	60	100	0	50	60	100	642
'Enk El H'mam'	160	160	72	12	100	100	40	80	100	824
'Arbiya'	40	40	90	60	100	60	40	100	80	610
'80'	80	120	54	0	100	60	50	80	80	624
'Harcha'	80	120	90	60	60	60	50	80	80	680
'Meroudji'	120	120	90	0	100	0	50	100	100	680
'06'	80	160	90	0	100	60	50	60	80	680
'Beidha'	40	120	90	60	100	60	40	80	80	670
'Taberkint'	80	120	90	0	100	0	50	100	80	620
'Azendjer'	40	120	90	0	100	60	40	60	100	610

# **Publication**



## Genetic diversity of Algerian fig (*Ficus carica* L.) cultivars based on morphological and quality traits

Z.E. Benettayeb, M. Bencheikh, B. Setti and S. Chaillou

Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, USTO-MB, BP 1505, El-M'nouer, 31000, Oran, Algérie

### ABSTRACT

Assessment of the genetic diversity of 11 fig (*Ficus carica* L.) cultivars using 45 traits using international morphological descriptors was undertaken. The results show that 20 quantitative variables and 7 qualitative variables were useful for discrimination of cultivars. Skin thickness, length and fruit width were the more discriminating pomological variables. In terms of total soluble solids, the levels obtained (13.56-25.12%), constitute an index of high quality for all cultivars. The principal component analysis indicates that 61.38% of the total variability involve the first three components. Cluster analysis divided the 11 cultivars into 4 sub-groups characterized by a narrow genetic base. The colour of the fruit was not sufficient for their differentiation, while the cultivars Bakor Blanc and Bakor Noir present a case of homonymy. Some cultivars (Chetoui, Benacer, Taranimt, Toudjente, Bakor Blanc and Meroudji) are attractive to growers due to the good fruit quality traits. The use of morphological descriptors has proved a more suitable means to assess the genetic diversity in Algerian fig genotypes.

Key words: Clusters analysis, cultivars, descriptors, fig.

### INTRODUCTION

The common fig (*Ficus carica* L.,  $2n = 26$ ) is one of the oldest plants to be grown by man, even before wheat (Kislev et al., 8). This species grows in a wide range of soils and adapts very well to Mediterranean basin. Fig is ubiquitous in Algeria, especially in the center of the country where it is found in abundance and in different cultivars. The names of the cultivars are often associated with the location of culture or to the fruit characteristics and some of them produce excellent quality fruits. Despite its importance, the cultivation of the tree is still considered as a secondary interest and local cultivars face recurrent problems of confusion in their names and genetic vulnerability. Currently, 1 caprifig, 6 local and 16 foreign cultivars are recorded, authorized in the market and grown in the country (ITAFV, 7). However, these figures are not sure as the identification of the genetic resources of the fig in Algeria and the exchange of data between the different operators are non-existent. Moreover, apart from some preliminary studies, the local germplasm of this species did not attract the interest of researchers and still remains unexplored. In this context, surveys and research are needed to identify and characterize the genetic resources of this fruit crop. Different methods of analysis exist, but in the lack of molecular tools, the

use of phenotypic markers becomes an appropriate alternative. This research aims to analyze the genetic diversity of 11 local fig cultivars using international descriptors.

### MATERIALS AND METHODS

This study concerns an *ex situ* fig collection located at the agricultural farm of Hassiba Benbouali, University of Chlef, Algeria (altitude 109 m, latitude  $36^{\circ}10'N$ , longitude  $01^{\circ}14'E$ ). The climate of Chlef is a typical Mediterranean climate, with relatively wet and cold winters and hot, dry summers. The average annual temperature is  $19.3^{\circ}C$ . Thermal amplitudes are  $30.80^{\circ}C$  in summer and  $9.40^{\circ}C$  in winter. The average annual rainfall is 552 mm and occurs mainly from November to April. The orchard floor is a clay-loam texture with a pH of 8.3.

Eleven cultivars (Taranimt, R'dani, Toudjente, Kadota, Chetoui, Benacer, Enk El H'mam, Bezoult Rhadem, Bakor blanc, Bakor noir, Meroudji), each one represented by a tree, have been studied over two years (2013 and 2014). Trees were planted in 2009 at a spacing of  $6\text{ m} \times 6\text{ m}$ . They were conducted in a free form and received the same cultural maintenance. For the analyses, we collected data from each tree 36 adults leaves and 36 mature fruits (2<sup>nd</sup> crop). There were three replicates each consisting of 12 fruits. Sampling was carried out at various sites on the tree periphery on 1-year-old shoots.

\*Corresponding author's present address: Hay Nasr, Zone 3, No. 122, Chlef (02000), Algérie; E-mail: zineddine.benettayeb@univ-usto.dz





Table 1 Contd...

Principal component	PC1	PC2	PC3
EPE (Ease of peeling)	0.777	-0.529	0.041
FSCK (Fruit skin cracks)	0.418	0.314	-0.578
FST (Fruit skin thickness)	0.595	-0.305	0.004
FSF (Fruit skin firmness)	0.073	-0.385	-0.751
FPT (Fruit pulp thickness)	0.875	-0.253	0.128
FSC (Fruit skin colour)	0.304	-0.432	0.075
FFC (Fruit flesh colour)	-0.445	0.441	-0.201
FC (Fruit cavity)	-0.545	-0.088	0.557
TSS (Total soluble solids)	-0.290	0.024	0.607
TAC (Titratable acidity)	-0.134	-0.726	-0.103
TSST (TSS: acid ratio)	-0.181	0.482	0.528

The second axis (PC2) corresponds to the length of the stalk which is negatively correlated with 2 other variables (the beginning of fruit ripening and the titratable acidity). The third axis (PC3) represents the petiole thickness which is negatively correlated with 4 variables (the tree growth habit; the degree of leaf lobation; the leaf margin and the fruit skin firmness).

Cluster analysis, based on the Euclidean distance separated the cultivars into 2 groups, i.e. I and II, at the level of 40% similarity (Fig. 2). The first group (I)

contains 4 cultivars, which are separated into 2 sub-groups, I.I and I.II. The first subgroup (I.I) includes 2 cultivars Enk El H'mam and Bakor Noir (d=27.7), which are mainly characterized by high vigour, fruit shape oblong and high fruit weight. The second sub-group (I.II) consists of R'dani and Kadota (d = 16), the fruits of which have small length and neck's width. The second group (II) comprises 7 cultivars and is divided into 2 sub-groups, II.I and II.II. The first sub-group (II.I) is represented by Meroudji, which has a long harvest period, a globular fruit shape, a heavy weight, a thick pulp and is rich in sugars. The second sub-group (II.II) is broader and includes Chetoui, Benacer, Bezoult Rhadem, Toudjente, Bakor blanc and Taranimt. This second sub-group is mainly characterized by a long harvest period and very high sugar content.

The present study revealed that the variability of the tree vigour, the degree of leaf lobation, the relative degree of branching, the terminal bud colour, the beginning of fruit maturity and the harvest period, was in agreement with those of Kuden *et al.* (9) but can change with the environmental conditions (Gaaliche *et al.*, 5). Therefore, we could speculate that the vegetative characters of the relatively young trees and their architectural forms do not remain constant and could evolve over time.

The values of leaf area recorded in this study were lower than those obtained by Abo-El-Ez *et al.*

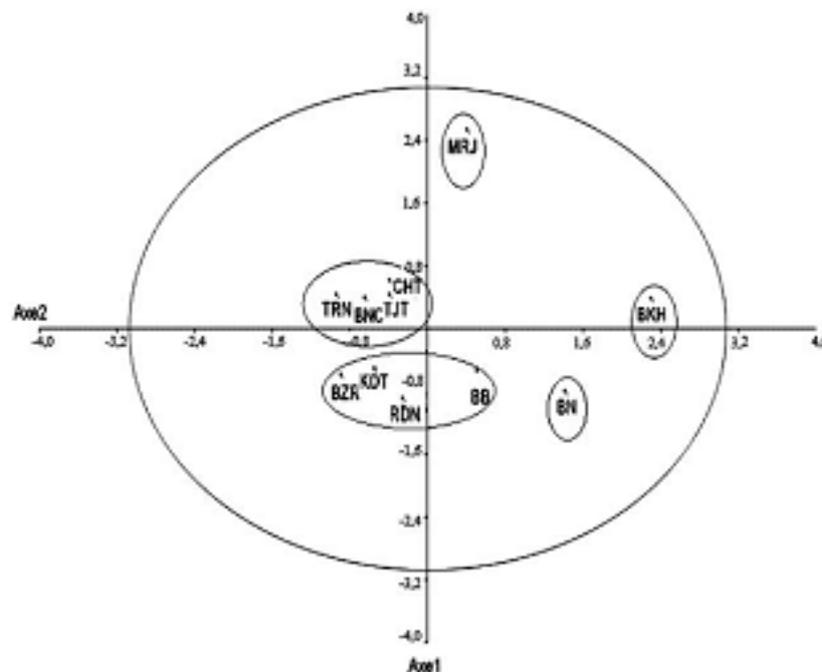


Fig. 1. Plot of the first and the second principal components resulting from a PCA using phenotypic traits in fig. MRJ = Meroudji; BZR = Bezoult Rhadem; RDN = R'dani; EKH = Enk El H'mam; TRN = Taranimt; BNC = Benacer; CHT = Chetoui; TJT = Toudjente; KDT = Kadota; BB = Bakor Blanc; BN = Bakor Noir.

Genetic Diversity of Algerian Fig

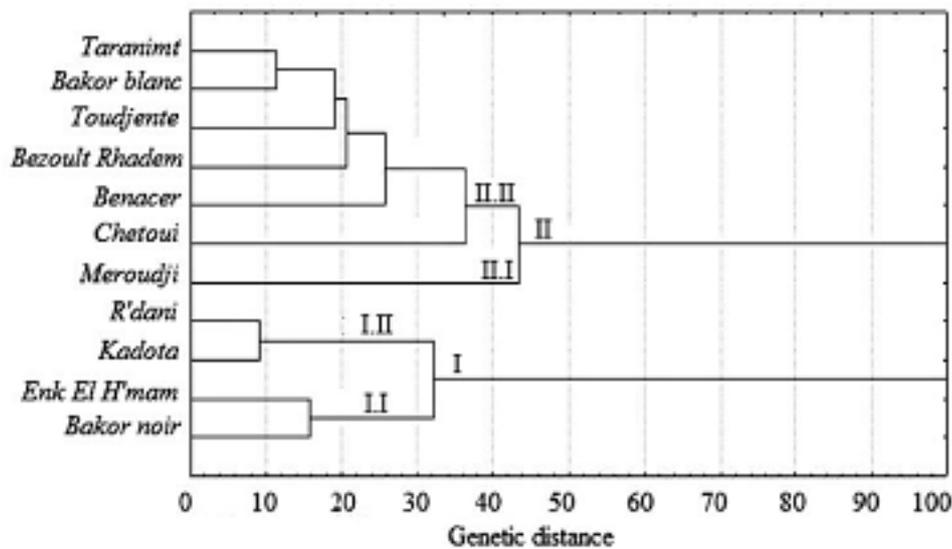


Fig. 2. Dendrogram of the 11 fig cultivars based on phenotypic traits using Ward's method.

(1), whereas in terms of leaves number our results were higher than those reported by Simsek (11) who attributed the variability of the leaf surface and the number of leaves to genetic characteristics and environmental conditions. Furthermore, since the leaves number and the leaf size are expected to evolve with the trees growth, we suggest that it is better to evaluate these vegetative characteristics beyond 6 or 7-year-old age. The harvesting period recorded in this study coincides with that observed by Simsek and Yildirim (12), however it could last longer. The cultivars Chetoui, Benacer and Enk El H'mam are interesting in terms of fruit ripening (very late) and can be used in a programme to improve the duration of fruit ripening.

The shape and the index of the fruits are very important for their trade. Practically, it is assumed that the globose shape is the most suitable especially for packaging and fruits transportation. Our data show that 7 cultivars (Taranimt, Toudjente, Kadota, Chetoui, Bezoult Rhadem, Benacer and Meroudji) fulfil this commercial criterion. The others cultivars have an oblong shape and are more appropriate for confectionery or jam preparation. The fruit size is considered as an important qualitative trait for the consumption of fresh figs. A good fruit size is also a quality index that reflects the proper maintenance of the tree (Tamboli *et al.*, 13). However, this character is known to be negatively influenced by the fruit load on the trees (Radivojevic *et al.*, 10). It is noteworthy that besides the genetic effect, fruit weight depends also on the growing location as well as the interaction between the genotype and the maturity stage.

This study revealed that the maximum length of the neck and the stalk is different from that reported by Vrhovnik *et al.* (15). Simsek and Yildirim (12) consider that, contrary to a long stalk, a short neck is undesirable because it makes the picking difficult and is damaging to the fruits. Moreover, the fruits with a too long neck or with a large ostiole opening are a major problem to the fresh fig industry. In this study, the cultivars R'dani, Kadota, Bezoult Rhadem and Meroudji have the shortest fruit necks and therefore are less attractive to fig producers. On the other hand, the figs of the cultivar Enk El H'mam, which have the longest neck and a large ostiole opening, is also not very well appreciated by the industry. The results of chemical properties of the fruits show significant variability of soluble solids among cultivars and confirm previous reports (Crisosto *et al.*, 4; Trad *et al.*, 14). In Algeria, fresh figs with globular shape and rich in sugars are well sought by consumers. Most of these sugars are in the form of soluble solids and are involved with organic acids, particularly citric acid, in the fruit flavour. In this context, Basheer -Salimia *et al.* (2) consider that high quality table figs must have a solid soluble extract ranging from 13.0 to 25.1%. In our study, levels varying between 13.56% (Bakor Noir) and 25.12% (R'dani) constitute an index of high quality for all cultivars in terms of total soluble solids.

The results of the principal component analysis show that the total variability is expressed by the first three components, i.e. 30.08, 16.81 and 14.49%, respectively. The Euclidean distances indicate that Kadota has the closest similarity with R'dani and

the furthest with Meroudji. On the other side Bakor Blanc and Bakor Noir are significantly dissimilar, even though they have the same name, which implies a case of homonymy. The inclusion of cultivars with different fruit colours in the same group demonstrate that this character is not sufficiently discriminatory. The presence of 4 cultivars (Enk El H'mam, Bakor Noir, R'dani and Kadota) in group I and 7 cultivars (Meroudji, Chetoui, Benacer, Bezoult Rhadem, Toudjente, Bakor Blanc and Taranint) in group II, reveals also that they are phenotypically similar. This similarity is probably due to the same mode of propagation.

According to Caliskan and Polat (3), the random selection from natural populations decreases the genetic diversity. However, due to vegetative multiplication, which probably uses the same propagation material, the fig has a narrow genetic base. This work demonstrated that the assessment of genetic diversity by morphological descriptors is an appropriate tool, and showed the richness of the fig genetic resources and their characteristics. It also revealed some promising cultivars that can offer new opportunities to growers. Their conservation can be used for future research works as well as for the constitution of a fig database.

## REFERENCES

1. Abo-El-Ez, A.T., Mostafa, R.A.A. and Badawy-Ibtesam, F.M. 2013. Growth and productivity of three fig (*Ficus carica* L.) cultivars grown under upper Egypt conditions. *Australian J. Basic Appl. Sci.* 7: 709-14.
2. Basheer-Salimia, R., Awad, M., Hamdan, Y. and Shtaya, M.Z. 2013. Genetic variability of some Palestinian fig (*Ficus carica* L.) genotypes based on pomological and morphological descriptors. *An-Najah Univ. J. Res.* 27: 83-110.
3. Caliskan, O. and Polat, A.A. 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Scientia Hort.* 115: 360-67.
4. Crisosto, C.H., Bremer, V., Ferguson, L. and Crisosto, G.M. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortSci.* 45: 707-10.
5. Gaaliche, B., Aïachi-Mezghani, M., Trad, M., Costes, E., Lauri, P.E. and Mars, M. 2016. Shoot architecture and morphology of different branch orders in fig tree (*Ficus carica* L.). *Intl. J. Fruit Sci.* 16: 378-94.
6. Ipgri and Ciheam. 2003. *Descriptors for Figs*, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy, and the International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (Ciheam), Paris, France, 52 p.
7. Itafv. 2016. Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne, Boufarik, Algérie. <http://www.itafv.dz/index.php>
8. Kislev, M.E., Hartmann, A. and Bar-Yosef, O. 2006. Response to comment on 'Early domesticated fig in the Jordan valley'. *Science*, 314: 5808-1683.
9. Küden, A.B., Beyazit, S. and Çömlekçioglu, S. 2008. Morphological and pomological characteristics of fig genotypes selected from Mediterranean and South East Anatolia regions. *Acta Hort.* 798: 95-102.
10. Radivojevic, D.D., Milivojevic, J.M., Oparnica, Č.D.J., Vulic, T.B., Djordjevic, B.S. and Ercisli, S. 2014. Impact of early cropping on vegetative development, productivity, and fruit quality of Gala and Braeburn apple trees. *Turkish J. Agric. Forest.* 38: 773-80.
11. Simsek, M. 2009. Evaluation of selected fig genotypes from South east Turkey. *African J. Biotech.* 8: 4969-76.
12. Simsek, M. and Yildirim, H. 2010. Fruit characteristics of the selected fig genotypes. *African J. Biotech.* 9: 6056-60.
13. Tamboli, B.D., Sawale, D.D., Jagtap, P.B., Nimbalkar, R.U. and Teke, S.R. 2015. Effect of micronutrients on yield and fruit quality of fig on Inceptisol. *Indian J. Hort.* 72: 419-22.
14. Trad, M., Gaaliche, B., Renard, C.M.G.C. and Mars, M. 2013. Plant natural resources and fruit characteristics of fig (*Ficus carica* L.) change from coastal to continental areas of Tunisia. *E3J. Agric. Res. Dev.* 3: 22-25.
15. Vrhovnik, I., Podgornik, M., Tomazic, I., Prgomet, Z. and Skrt, A. 2008. Morphological characters of fig varieties in Istria. In: *The Common Fig (Ficus carica L.) in Istria. Morphological, Molecular and Some Chemical Characteristics*, Publishing House Annales (Ed.), University of Primorska, Istria, pp. 9-75.

Received : October, 2015; Revised : July, 2017;  
Accepted : August, 2017