



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Hadj Lakhdar - Batna -
Institut des Sciences Vétérinaires et Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الحاج لخضر - باتنة -
معهد علوم البيطرة والعلوم الزراعية
قسم العلوم الزراعية

MÉMOIRE

Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de
Magister
Ecole doctorale

Valorisation et amélioration de l'agro-biodiversité végétale

*Contribution au génotypage par marqueur moléculaire et
caractérisation morphologique de quelques cultivars locaux de
figuier (Ficus carica L.).*

Présenté par

Melle. Asma AOUANE

Devant le jury

Président :	Mr. D. FAHLOUL	M.C.A	Université de Batna.
Rapporteur :	Mme. H. BENBOUZA	Professeur	Université de Batna.
Examineurs :	Mr. A. CHORFI	Professeur	Université de Batna.
	Mr. A. BENBELKACEM	M.R.A	INRA, Algérie.

Année universitaire 2014-2015

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A l'âme de mes grands-parents.

A ma tante qui m'a élevée.

A mes chers parents.

A mon oncle.

A mon cher frère.

A tous mes amis.

A tous les collègues de ma promotion.

ASMA.

REMECIEMENT

Au terme de ce travail, je voudrais exprimer ma profonde estime à Mme BENBOUZA Halima (professeur Univ. Batna et directrice du Centre National de Recherche en Biotechnologies de Constantine), qui a bien voulu diriger ce travail. Je souhaite aussi la remercier pour ses conseils, sa disponibilité et pour le temps qu'elle a consacré à ce travail.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude à Mr FAHLOUL Djamel (professeur Univ. Batna. Département de technologie alimentaire) pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de ce jury.

Je souhaite tout particulièrement remercier Mr CHORFI Abdelmalek (professeur- Univ. Batna. Département de biologie) et Mr BENBELKACEM Abdelkader (Maître de recherche « A ». INRA, Algérie) pour avoir voulu examiner ce travail.

Mes remerciements chaleureux vont à Mme BOUDCHICHA Rima Hind (Chercheur au Centre National de Recherche en Biotechnologies de Constantine), qui a suivi l'évolution de ce travail depuis son commencement. Son soutien et ses conseils m'ont été d'un grand profit.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Première partie : Synthèse bibliographique.....	3
Chapitre 1 : Généralité sur le figuier	3
1. Position systématique du figuier	4
2. Origine géographique et botanique.....	4
3. Répartition géographique	4
4. Caractères morphologique du figuier	5
4.1. Bourgeons	5
4.2. Rameaux fructifères.....	5
4.3. Les feuilles	6
4.4. L'inflorescence et la fleur.....	6
4.5. Le fruit	7
5. Classification des différents types de figuier <i>Ficus carica</i> L.	8
5.1. Le figuier femelle	8
5.1.1. Le type commun	9
5.1.1.1. Bifère	9
5.1.1.2. Unifère.....	9
5.1.2. Le type Smyrna	9
5.1.3. Le type San Pedro	10
5.2. Le figuier mâle ou caprifiguier.....	10
6. Exigences climatiques.....	11
6.1. Température	11
6.2. Pluviométrie	11
6.3. L'hygrométrie	12
6.4. Le vent.....	12
7. Exigences édaphiques.....	12

7.1.	Le sol.....	12
8.	L'importance de la culture du figuier	12
8.1.	Dans le monde	12
8.2.	En Algérie	13
9.	Valeurs nutritives et propriétés thérapeutiques.....	13
Chapitre 2 : Ressources et diversité génétique		14
1.	La diversité génétique.....	15
1.1.	Polymorphisme morphologique.....	15
1.1.1.	Polymorphisme agronomique	15
1.2.	Polymorphisme biochimique	15
1.3.	Polymorphisme moléculaire	16
2.	Ressources génétiques du figuier en Algérie.....	16
3.	Amélioration génétique et élargissement de la base génétique du figuier	17
4.	Erosion génétique	18
5.	Conservation du figuier.....	18
5.1.	Problème d'homonymie et de synonymie	18
5.2.	L'évaluation des ressources phylogénétique.....	19
Chapitre 3 : Quelques outils d'évaluation de la diversité des ressources phylogénétiques		20
1.	Les marqueurs morphologiques	21
2.	Les marqueurs moléculaires	21
2.1.	Marqueurs co-dominants révélés individuellement.....	22
2.1.1.	Polymorphisme de nombre d'unité de répétitions : SSR.....	22
2.2.	Marqueurs dominants révélés « en masse »	22
2.2.1.	Polymorphisme de séquences.....	23
2.2.1.1.	AFLP	23
2.2.2.	Polymorphisme de nombre d'unités de répétitions	23
2.2.2.1.	ISSR	23
Deuxième partie : Matériel et méthodes et analyse de données		25

Chapitre 1 : Matériel et méthodes.....	25
1. Présentation du site de l'étude	26
2. Matériel végétal.....	26
3. Caractérisation morphologique.....	27
3.1. Caractérisation morphologique des parties végétatives (feuilles)	27
3.1.1. Dimensions de la feuille	27
3.1.2. Forme de la feuille	28
3.1.3. Nombre de lobes	28
3.1.4. Forme du lobe central.....	28
3.1.5. Degré d'incision de la feuille	29
3.1.6. Forme de la base de la feuille.....	29
3.1.7. Surface foliaire.....	29
3.1.8. Dentition des bords de la feuille.....	30
3.1.9. Couleur de la feuille	30
3.1.10. Longueur du pétiole	30
3.1.11. Section du pétiole	30
3.1.12. Couleur du pétiole	30
3.2. Caractérisation morphologique des figues.....	31
3.2.1. Forme du fruit	31
3.2.2. Forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale.....	31
3.2.3. Forme de l'apex.....	32
3.2.4. Longueur du fruit	32
3.2.5. Largeur du fruit	32
3.2.6. La symétrie du fruit	32
3.2.7. Forme du pédoncule.....	32
3.2.8. Couleur de la surface de la peau du fruit	33
3.2.9. Bandes régulières	33
3.2.10. Taches irrégulières	33

3.2.11.	Couleur de formations dans la chair	33
3.2.12.	Couleur de la pulpe.....	34
4.	Caractérisation moléculaire.....	34
4.1.	Extraction d'ADN	34
4.2.	Protocole d'extraction	34
4.3.	Estimation de la quantité d'ADN	35
4.4.	Dilution des échantillons ADN	35
4.4.1.	Amorces SSR utilisées.....	35
4.5.	Amplification par la technique PCR	36
4.5.1.	Révélation sur gel d'agarose.....	37
4.5.2.	Révélation sur gel dénaturant 6%	37
Chapitre 2 : Analyse de données		38
1.	Analyse de la variabilité morphologique.....	39
1.1.	Analyse descriptive univariée : test d'indépendance du khi-deux.....	39
1.2.	Analyse factorielle ; Analyse en Composantes Principales (ACP).....	41
1.3.	La classification Ascendante Hiérarchique (CAH)	41
2.	Analyse des données mléculaire	42
Troisième partie : Résultats et discussions		44
Chapitre 1 Caractérisation morphologique		44
1.	Résultats des estimations Descriptives Univariées	45
1.1.	Variables liées à la feuille	45
1.1.1.	Formes de la feuille et de la base.....	45
1.1.2.	Nombre de lobes et forme de lobe central.....	45
1.1.3.	Degré d'incision de la feuille	46
1.1.4.	Surface foliaire.....	46
1.1.5.	Dentition des bords de la feuille.....	47
1.1.6.	Couleur de la feuille et du pétiole	47
1.1.7.	Longueur et séction du pétiole	48

1.2.	Variables liées aux fruits.....	48
1.2.1.	Forme du fruit	48
1.2.2.	Forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale.....	49
1.2.3.	Forme de l'apex.....	49
1.2.4.	Longueur du fruit	50
1.2.5.	Largeur du fruit	50
1.2.6.	La symétrie du fruit	51
1.2.7.	Forme du pédoncule.....	51
1.2.8.	Couleur de la surface de la peau du fruit	52
1.2.9.	Bandes régulières	53
1.2.10.	Taches irrégulières	53
1.2.11.	Couleur de formations dans la chair	54
1.2.12.	Couleur de la pulpe.....	54
2.	Test d'indépendance ; relation entre les variables (Variables-Variétés).....	55
2.1.	Réduction des variables.....	55
2.2.	Sélection des variables ; coefficient χ^2 de Pearson et coefficient de contingence	56
3.	Résultats des analyses multivariées : Analyse en Composantes Principales et Classification Ascendante Hiérarchique	57
3.1.	ACP et CAH pour la partie végétative; Feuilles	58
3.1.1.	Représentation des variables : cercle des corrélations sur le plan 1-2	59
3.1.2.	CAH et analyse du nuage de point-cultivars : graphiques des individus	61
3.2.	ACP et CAH pour la partie reproductrice ; figes d'automne et figes-fleurs	65
3.2.1.	Représentation des variables: Cercles des corrélations sur les plans 1-2, 2-3	66
3.2.2.	CAH et analyse du nuage de points- cultivars : graphique des individus.....	70
	Chapitre 2 : Caractérisation moléculaire.....	77
1.	Caractérisation moléculaire :	78
1.1.	Polymorphisme des SSR :	78
1.2.	L'identification des profils génétiques des cultivars :.....	80

1.3. Nombre de géotypes	81
1.4. Relations génétiques entre les cultivars de figuier étudiés :	81
Chapitre 3 : Discussion des résultats	86
Conclusion	93
Références bibliographiques	98
Résumés	107
Résumé	108
Abstract	109
ملخص	110

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organisation d'une pousse (unité de croissance) (VIDAUD, 1997).	6
Figure 2 : Différences entre les fleurs femelles chez le caprifiguiier et le figuier femelle	7
Figure 3 : Une coupe longitudinale d'un fruit de figuier (BAUWENS, 2008).	8
Figure 4 : Les dimensions de la feuille selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	27
Figure 5 : Formes dominantes de la feuille selon Condit (1947)	28
Figure 6 : Forme de la base de la feuille selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	29
Figure 7 : Dentition des bords de la feuille selon	30
Figure 8 : les différentes parties du fruit (coupe longitudinale).	31
Figure 9 : Forme des fruits selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	31
Figure 10 : Forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	31
Figure 11 : Forme de l'apex selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	32
Figure 12 : Symétrie du fruit selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	32
Figure 13 : Forme du pédoncule (par Condit, 1947).	32
Figure 14 : Couleur de la surface de la peau du fruit selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	33
Figure 15 : Bandes régulières selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	33
Figure 16 : Taches irrégulières selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	33
Figure 17 : Couleur de formations dans la chair selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	33
Figure 18 : Couleur de la pulpe selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).	34
Figure 19: Cercle de corrélations des variables liées à la feuille (F1, F2).....	60
Figure 20 : Dendrogramme du regroupement des vingt-quatre pieds (huit cultivars) basé sur les deux premiers axes factoriels de l'ACP (variables liées aux feuilles).	63
Figure 21: Profil des classes obtenues en fonction des deux axes factoriels.....	63
Figure 22 : Projection des pieds des huit cultivars les mieux représentés sur le plan factoriel 1-2 (variables liées feuilles).	64
Figure 23 : Projection des cultivars sur le plan factoriel 1-2 (biplots) (feuilles).	65
Figure 24 : Cercle de corrélations des variables liées aux fruits (F1, F2).	68
Figure 25 : Cercle de corrélations des variables liées aux fruits (F2, F3).	69
Figure 26: Dendrogramme du regroupement des vingt-quatre pieds (huit cultivars) basé sur les trois premiers axes factoriels de l'ACP (variables liées aux fruits).	71
Figure 27 : Profil des classes obtenues en fonction des deux axes factoriels (variables liées aux fruits).	72
Figure 28 : Projection des cultivars les mieux représentés sur le plan factoriel 1-2 (fruits).	73
Figure 29: Projection des cultivars les mieux représentés sur le plan factoriel 2-3 (fruits).....	73
Figure 30 : Projection des cultivars sur le plan factoriel 1-2 (biplots).	76
Figure 31 : Projection des cultivars sur le plan factoriel 2-3 (biplots).	76
Figure 32: Pourcentage de la variance moléculaire.....	82
Figure 33: Représentation des huit cultivars selon les deux premiers axes de la PCoA.	84
Figure 34: Dendrogramme des relations génétiques entre les huit cultivars de figuier analysés sur la base des données moléculaires SSR utilisant la matrice de similarité de l'indice de Jaccard et l'algorithme UPGMA.	85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Production de figuier et période de reproduction (BACHI, 2012).	11
Tableau 2 : Production du top cinq producteurs du figuier en 2013.	12
Tableau 3 : Collection figuier (situation 2009) (Source ITAFV Skikda).	26
Tableau 4 : Liste et caractéristiques des amorces SSR utilisés.	36
Tableau 5 : conditions de l'amplification des amorces SSR.	36
Tableau 6 : Fréquences des modalités de la variable forme de la feuille.	45
Tableau 7 : Fréquences des modalités de la variable forme de la base.	45
Tableau 8 : Fréquences des modalités de la variable nombre de lobes.	46
Tableau 9 : Fréquences des modalités de la variable forme du lobe centrale.	46
Tableau 10 : Fréquences des modalités de la variable degré d'incision de la feuille.	46
Tableau 11 : Fréquences des modalités de la variable surface foliaire.	47
Tableau 12 : Fréquences des modalités de la variable dentition des bords.	47
Tableau 13 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la feuille.	47
Tableau 14 : Fréquences des modalités de la variable couleur du pétiole.	47
Tableau 15 : Fréquences des modalités de la variable longueur du pétiole.	48
Tableau 16 : Fréquences des modalités de la variable longueur du pétiole.	48
Tableau 17 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit (figes d'automne).	48
Tableau 18 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit (fige-fleurs).	49
Tableau 19 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale (figes d'automne).	49
Tableau 20 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale (figes-fleurs).	49
Tableau 21 : Fréquences des modalités de la variable forme de l'apex (figes d'automne).	49
Tableau 22 : Fréquences des modalités de la variable forme de l'apex (figes-fleurs).	50
Tableau 23 : Fréquences des modalités de la variable longueur du fruit (figes d'automne).	50
Tableau 24 : Fréquences des modalités de la variable longueur du fruit (figes-fleurs).	50
Tableau 25 : Fréquences des modalités de la variable largeur du fruit (figes d'automne).	50
Tableau 26 : Fréquences des modalités de la variable largeur du fruit (figes-fleurs).	51
Tableau 27 : Fréquences des modalités de la variable symétrie du fruit (figes d'automne).	51
Tableau 28 : Fréquences des modalités de la variable symétrie du fruit (figes-fleurs).	51
Tableau 29 : Fréquences des modalités de la variable forme du pédoncule (figes d'automne).	52
Tableau 30 : Fréquences des modalités de la variable forme du pédoncule (figes-fleurs).	52
Tableau 31 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la surface de la peau du fruit (figes d'automne).	52
Tableau 32 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la surface de la peau du fruit (figes-fleurs).	52
Tableau 33 : Fréquences des modalités de la variable bandes régulières (figes d'automne).	53
Tableau 34 : Fréquences des modalités de la variable bandes régulières (figes-fleurs).	53
Tableau 35 : Fréquences des modalités de la variable taches irrégulières (figes d'automne).	53
Tableau 36 : Fréquences des modalités de la variable taches irrégulières (figes-fleurs).	53
Tableau 37 : Fréquences des modalités de la variable couleur de formations dans la chair (figes d'automne).	54
Tableau 38 : Fréquences des modalités de la variable couleur de formations dans la chair (figes-fleurs).	54
Tableau 39 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la pulpe (figes d'automne).	54
Tableau 40 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la pulpe (figes-fleurs).	54
Tableau 41 : variables et catégories impliquées dans l'analyse univariée.	55
Tableau 42 : Sélection des variables basée sur le test χ^2 et la valeur Cs .	56
Tableau 43 : Valeurs propre et la variabilité des feuilles expliquée par les cinq premiers axes.	58

Tableau 44: corrélations et corrélations au carré entre les variables liées à la feuille et les axes principaux.....	59
Tableau 45: coordonnées et cosinus au carré des pieds caractérisés.....	61
Tableau 46 : Classification des vingt-quatre pieds homogènes des cultivars étudiés obtenus par l'analyse hiérarchique en fonction des deux axes factoriels (variables liées à la feuille).....	65
Tableau 47 : Valeurs propre et la variabilité des figues d'automne et des figues-fleurs expliquée par les cinq premiers axes.....	66
Tableau 48 : Corrélations et corrélations au carré entre les variables morphologique des fruits et les axes principaux.....	67
Tableau 49 : Coordonnées et cosinus au carré des pieds caractérisés.....	70
Tableau 50 : Classification des vingt-quatre pieds homogènes des cultivars étudiés obtenus par la CAH en fonction des deux axes factoriels (variables liées à la feuille).....	75
Tableau 51: Fréquences des allèles détectés chez les six amorces SSR utilisées sur l'ensemble des cultivars étudiés.....	78
Tableau 52: Paramètres génétiques pour les six marqueurs SSR utilisés.....	79
Tableau 53: Hétérozygotie observée, hétérozygotie attendue et indice de fixation pour les six amorces utilisées.....	80
Tableau 54 Génotypes distingués par les SSR LMFC35 et LMFC15.....	81
Tableau 55: Pourcentage de loci polymorphes.....	81
Tableau 56: Résultats de l'analyse AMOVA.....	82
Tableau 57: Matrice de distances génétiques entre les huit cultivars.....	83
Tableau 58: Pourcentages de la variation expliquée par les deux premiers axes.....	83
Tableau 59: Classification des huit cultivars étudiés en fonction des variables sélectionnées.....	89

LISTE DES ABRÉVIATIONS

‰: Pourcent.

°C: Degré Celsius.

µl: Micro-litre.

µm : MicroMolaire.

ADN: Acide DésoxyriboNucléique.

AFLP: Amplified Fragment Length Polymorphism.

EDTA: Ethylène Diamine Tétracétique.

Ha: Hectare.

ISSR: Inter-Simple Sequence Repeat.

m: mètre.

mm: millimètre.

N° : Numéro.

ng: Nanogramme.

nm: Nanomètre.

Pb: Paire de base.

PCR: Polymerase Chain Reaction.

SSR: Simple Sequence Repeat.

T° : Température.

TBE : Tris-borate-EDTA.

TE: Tris-EDTA.

Tris: Trishydroxyméthylaminométhane.

U : Unité.

Introduction générale

Introduction générale

La culture du figuier est très ancienne en région méditerranéenne et sa domestication serait contemporaine de celle des céréales (ACHTAK *et al.*, 2009).

En Algérie, le figuier est l'une des espèces fruitières les plus importantes sur le plan économique et social, il compte parmi les trois productions fruitières principales du pays d'après, CHOUAKI *et al.* (2006). Cette importance est liée principalement à une multiplicité d'usages et aux échanges de matériel génétique ce qui entraînait sa diversification et sa propagation.

La grande majorité des plantations de figuier se trouve en Kabylie. Selon CHOUAKI *et al.* (2006), vingt-deux variétés de figuiers sont actuellement autorisées par l'Etat à la production et la commercialisation. Il existe deux formes, le caprifiguier et le figuier cultivé, ce dernier occupe une superficie de 44.608 Ha (FAOSTAT, 2015).

Malheureusement, cette diversité variétale est négligée et exposée à des menaces d'érosion génétique, par conséquent, une partie de notre patrimoine, bien qu'encore mal connue, est perdue définitivement. Mais, la menace d'érosion génétique la plus importante reste le vieillissement des arbres et la rareté, voire l'absence, de nouvelles plantations particulièrement depuis les années quatre-vingt (CHOUAKI *et al.*, 2006), on parle donc, de l'absence de la conservation et de la valorisation.

De ce fait, pour conserver et valoriser la diversité génétique de nos cultivars locaux, il est nécessaire de connaître, d'identifier et d'évaluer les ressources existantes. C'est dans ce contexte que notre étude s'inscrit. En fait, très peu d'études sur la diversité phénotypique des figuiers existants en Algérie ont été réalisés (NEZZAR, 2012; AID *et al.*, 2014;)

Dès lors, notre premier objectif est de contribuer à l'identification de huit cultivars locaux de la station expérimentale ITAFV-SKIKDA, en se basant sur la caractérisation morphologique, des feuilles et des fruits, en utilisant les marqueurs morphologiques décrits dans le descripteur international de l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et du CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes).

Cependant, la caractérisation morphologique est insuffisante pour résoudre les problèmes d'identification variétale. En effet, ces problèmes sont dus au fait que des cultivars différents puissent porter une même appellation (homonymie) tandis qu'un même cultivar puisse être désigné par des dénominations différentes d'une région à l'autre (synonymie) (OUKABLI, 2003). C'est sur la base de ces données que nous avons optés pour renforcer le travail d'identification par une caractérisation au niveau moléculaire. Pour se faire, six marqueurs moléculaires d'ADN de type SSR ont été utilisés pour révéler le profil génétique de chaque

cultivar étudié, cela permettrait ainsi d'identifier les cultivars les plus intéressants et les plus prometteurs. Plusieurs travaux sur la diversité génétique ont été publiés utilisant les marqueurs moléculaires, dans d'autres pays (KHADARI et *al.*, 2001; PAPADOPOULOU et *al.*, 2002; GIRALDO et *al.*, 2004; ACHTAK et *al.*, 2009; AKBULUT et *al.*, 2009; BARAKET, et *al.*, 2010; MALLIKARJUNA et *al.*, 2010; AHMED et *al.*, 2015).

Ce type d'études de diversité génétique permet aussi d'évaluer la variabilité existante entre les cultivars et d'extraire les caractères les plus discriminants et les plus importants qui peuvent être utiles pour la classification et la caractérisation des cultivars du figuier, et cela constitue le deuxième objectif de notre étude.

Le présent document comprend ce qui suit :

- ✓ Une première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur l'espèce *Ficus carica* L., elle comprend trois chapitres dont le premier décrit les généralités sur le figuier, le deuxième aborde l'étude de sa diversité génétique et le troisième présente quelques outils d'évaluation de polymorphisme des ressources phylogénétiques.
- ✓ Une deuxième partie présentant le matériel végétal utilisé, la collecte des données, les méthodes d'analyses moléculaires et statistiques ainsi que la liste des descripteurs morphologiques.
- ✓ Une troisième partie concernant les résultats obtenus, leurs analyses et leurs discussions.

Et enfin, une conclusion générale résumera les différents résultats obtenus et les perspectives de ce travail.

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralité sur le figuier

1. Position systématique du figuier

Le figuier (*Ficus carica* L.) est une Dicotylédone (EMBERGER, 1960) appartient à la famille des Moracées qui comprend environ 1500 espèces classées en cinquante-deux genres dont le genre *Ficus* décrit par Linné (VIDAUD, 1997 ; LESPINASSE et LETERME, 2005 ; RAMEAU *et al.*, 2008).

Systématiquement, GAUSSEN *et al.*, (1982) ont décrit la classification botanique du figuier comme suit :

Règne	Végétal
Embranchement	Phanérogames
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Hamamélidées
Série	Apétales unisexuées
Ordre	Urticales
Famille	Moracées
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Ficus carica</i> L.

2. Origine géographique et botanique

Selon (BAMOUEH, 2003), Le figuier dont le nom botanique *Ficus carica* L. signifie verve pour *Ficus*, carica fait allusion à une région en Turquie, d'où les grecs pensaient que le figuier était originaire. Par ailleurs, l'origine du figuier (*Ficus carica* L. 2n= 26) reste un peu confuse. Il est vraisemblablement issu de l'hybridation de plusieurs espèces sauvages (VILMORIN, 2003). VIDAUD (1987) suppose que le figuier serait originaire du bassin méditerranéen et du moyen orient, plus exactement d'Afghanistan.

3. Répartition géographique

Sa rusticité culturelle, son adaptabilité à des divers environnements et sa multiplication facile ont entraîné sa dispersion dans plusieurs régions du monde.

Son aire de répartition s'étend depuis les îles Canaries jusqu'en Inde et au Pakistan, sur les côtes de l'Océan Atlantique comme sur toutes celles de la Méditerranée et dans le Moyen-Orient (BACHI, 2012).

De plus, il est considéré comme l'un des arbres type du bassin méditerranéen. En Algérie, il s'étend sur des altitudes allant de 300 m jusqu'aux massifs montagneux du Djurdjura (Kabylie) à une altitude de 800 m (MAURI, 1939). Il est parfois rencontré plus haut, à 1000 m voir 1200 m d'altitude que ne peut atteindre l'olivier (REBOUR, 1968).

4. Caractères morphologique du figuier

Le figuier *Ficus carica* L. ; espèce morphologiquement monoïque mais fonctionnellement dioïque (KJELBERGE et al., 1988), est un arbre ou arbuste à feuillage caduque avec de robustes rameaux, un tronc avec une écorce spongieuse dont la couleur est grise cendrée et une tige vigoureuse ; toutes les parties de cette dernière laissant couler un latex, en les brisant.

Selon BACHI (2012), dans les régions méridionales, l'arbre pourrait atteindre 12 à 15 m de hauteur. Cependant, en remontant vers les régions septentrionales son port se réduit progressivement.

4.1. Bourgeons

Le bourgeon terminal du figuier est constitué de deux stipules correspondant à la dernière feuille mise en place, dans ce bourgeon se trouve de neuf à onze ébauches de feuilles avec leurs stipules (BACHI, 2012). A l'aisselle des premières feuilles, des bourgeons axillaires sont déjà formés, au niveau de ces derniers, une ébauche de figue protégée par les stipules est déjà perceptible (VIDAUD, 1997).

4.2. Rameaux fructifères

Le rameau (Figure 1) est constitué d'ensemble d'entre nœuds chaque nœud constitue le point d'insertion d'une feuille et des bourgeons axillaires, leur disposition alternée, rarement opposée sur le rameau est une spécificité de la famille des Moracées (VIDAUD, 1997).

La fructification de la figue peut avoir lieu à l'intérieur du bourgeon terminal d'un rameau au cours de l'été, c'est le cas des figues des quatre à cinq premiers nœuds de l'unité de croissance, l'émission des figues en été (future figue d'automne) commence au moment où l'allongement de la tige et l'émission des feuilles ralentissent au début de Juin (VIDAUD, 1997).

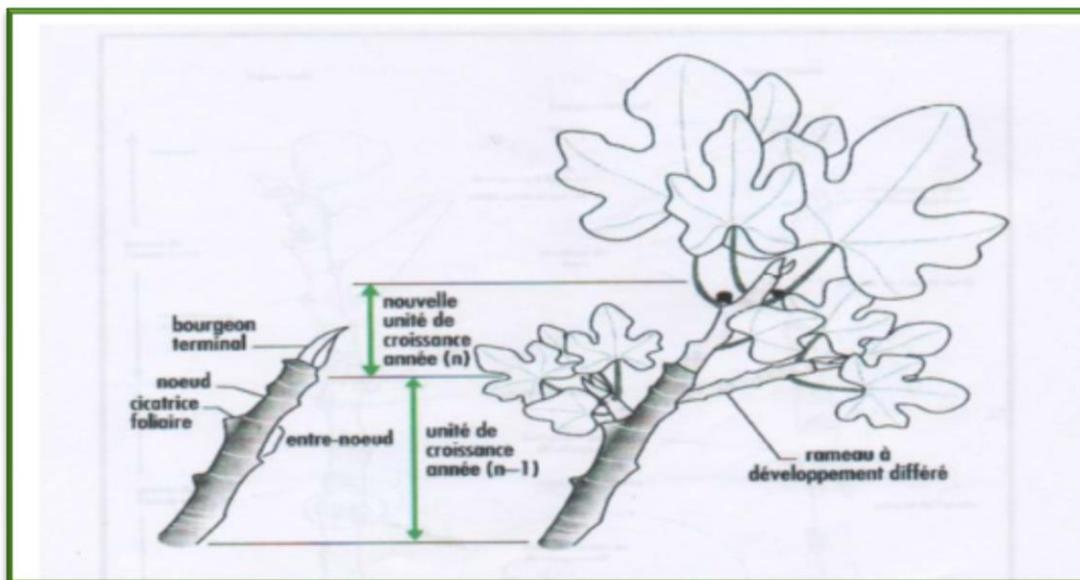


Figure 1 : Organisation d'une pousse (unité de croissance) (VIDAUD, 1997).

4.3. Les feuilles

Les feuilles du figuier sont hétérophylles, caduques, grandes et palmatilobées (3 à 5, ou 7 lobes). Elles sont larges et épaisses, la face supérieure est rugueuse et de couleur vert brillant plus foncé que la face inférieure, quant à la face inférieure veloutée, elle présente des nervures saillantes de couleur vert clair recouvertes de petits poils.

Leur développement est très rapide et se disposent d'une manière alterne et rarement opposée sur le rameau. Le pétiole des feuilles est long et de couleur vert clair, avec une dimension variable selon les cultivars (GUITONNEAU, 1992).

4.4. L'inflorescence et la fleur

L'inflorescence du figuier est très particulière, les fleurs sont renfermées dans une inflorescence appelée sycone. Cette dernière est munie à l'extrémité opposée du pédoncule, par un orifice hermétiquement clos par des bractées imbriquées qui est l'ostiole.

L'inflorescence est constituée de centaines de fleurs unisexuées qui tapissent l'intérieur de la figue. Chez les individus femelles, la figue est constituée uniquement de fleurs femelles dont le style est long (fleurs longistylées) (Figure 2). Chez les individus mâles, la figue contient à la fois des fleurs femelles (brévistylées) et des fleurs mâles qui sont situées tout autour de l'ostiole (VIDAUD, 1997) (Figure 2).

Les fleurs femelles (brévistylées) du caprifiguier permettent au blastophage femelle de pondre leurs œufs pour donner des figues avec des galles, des mammes au printemps ou profichis en

été. Quant aux fleurs femelles du figuier domestique que sont de type longistylées, ne facilitent pas la ponte aux blastophages femelles, mais, elles sont pollinisées par ces dernières.

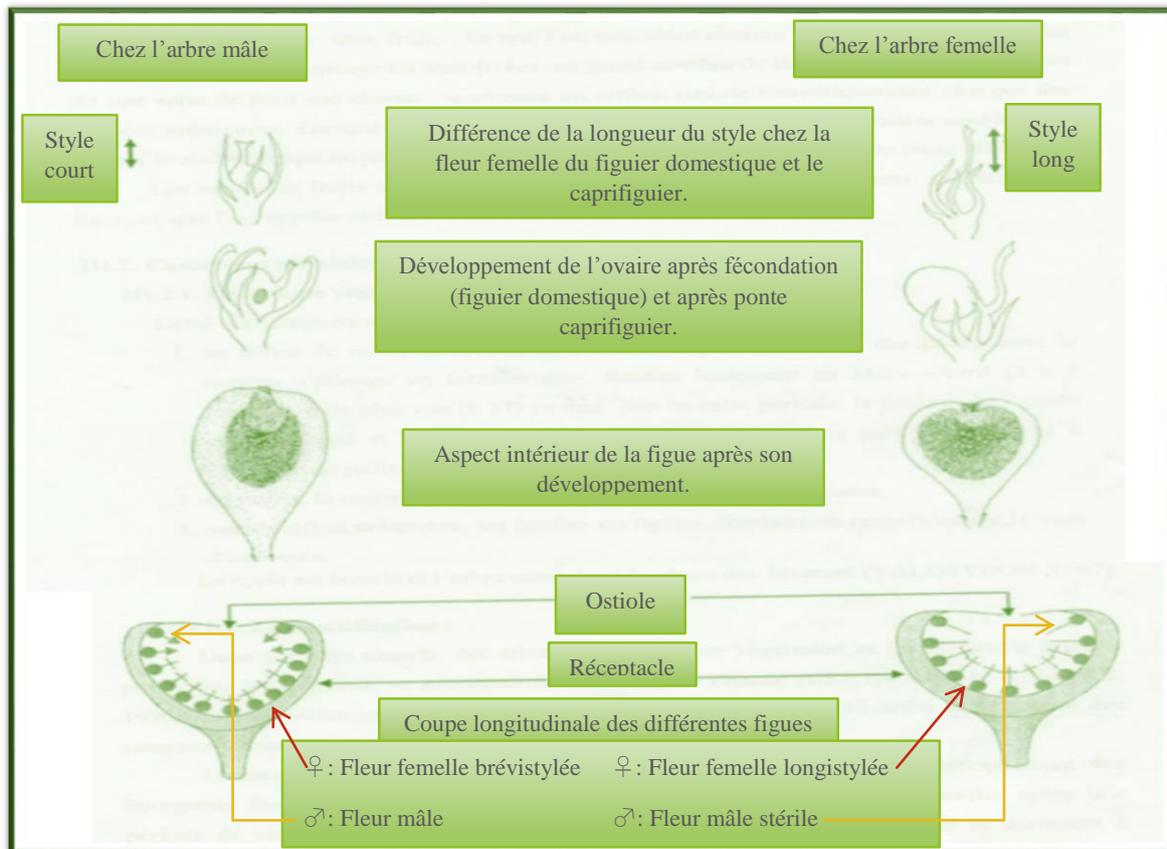


Figure 2 : Différences entre les fleurs femelles chez le caprifiguier et le figuier femelle (VIDAUD, 1997).

4.5. Le fruit

La figue est un pseudo fruit, les véritables fruits sont les petits grains répandant dans la chair de la figue, que sont les akènes. Le réceptacle du fruit sur lequel se fixent un grand nombre de fleurs unisexuées forme le sycone qui a un aspect concave (figure 3). Cependant, ce dernier est devenu charnu après pollinisation ou par parthénocarpie.

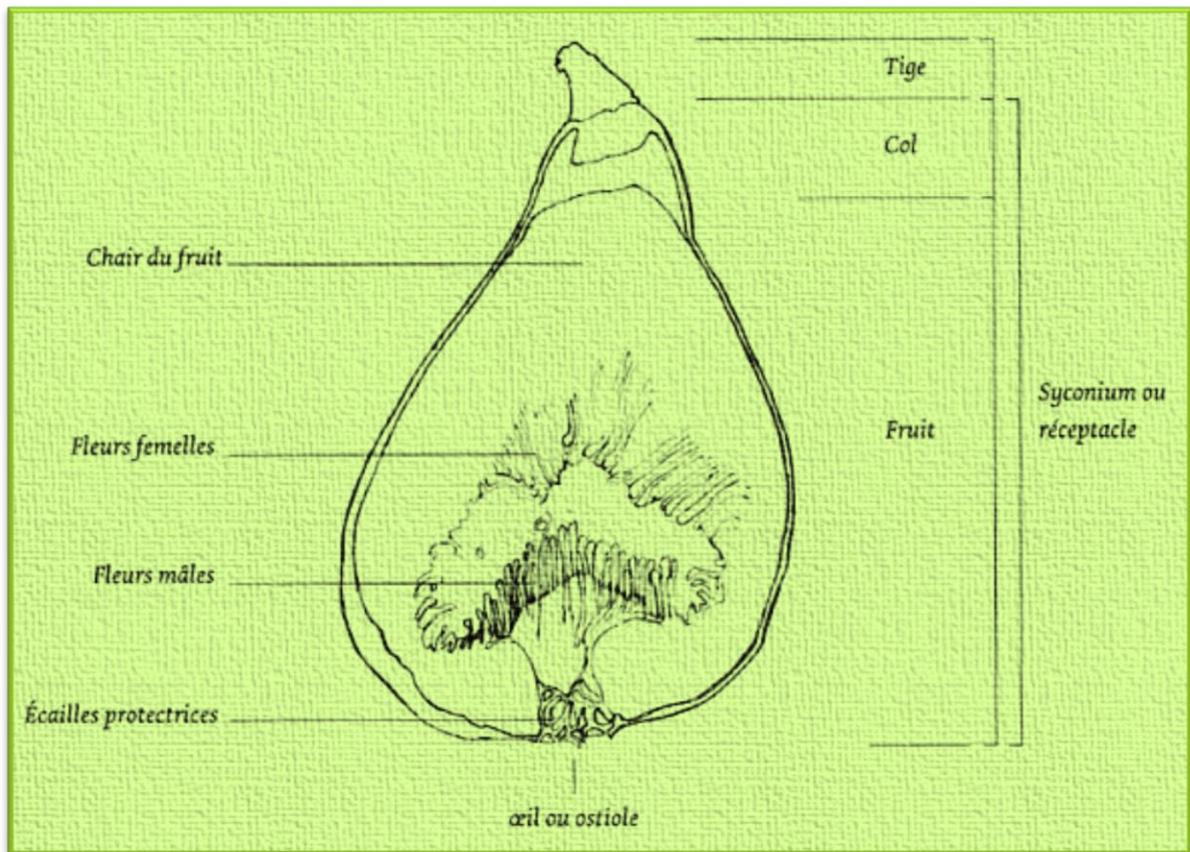


Figure 3 : Une coupe longitudinale d'un fruit de figuier (BAUWENS, 2008).

5. Classification des différents types de figuier *Ficus carica* L.

Certains auteurs comme LAUMONNIER (1960) proposent deux formes sexuées de figuier : les figuier femelles produisant des figues comestibles et le figuier mâle ou caprifigier produisant des caprifigues non comestibles, Linnée a considéré ces deux formes comme des taxons et les nomma respectivement *Ficus carica domesticus* et *Ficus carica caprificus*.

D'autres comme UPOV (2010), sur la base des caractères des cultures ou de pollinisation, ont décrit quatre types de figuiers :

5.1. Le figuier femelle

Des auteurs comme GIRALDO et *al.* (2010), (STOREY, 1976) ainsi que l'UPOV (2010) ont distingué trois types de figuiers femelles (comestibles), sur la base des caractères de culture et de pollinisation : les figuiers de type commun (qui sont classés dans le groupe des types Unifère et Bifère) produisent des figues persistants (parthénocarpiques) de point de vue botanique. Par contre les botanistes utilisent le terme « figues caduques » pour les figuiers nécessitant la pollinisation pour créer les cultures de figues, ce qui est le cas pour les figuiers de type Smyrna et les figuiers de type Saint-Pierre (San Pedro).

5.1.1. Le type commun

Ce type, ne nécessite pas de pollinisation (UPOV, 2010) et (GIRALDO et *al.*, 2010) ces figuiers produisent des fruit sans caprification (DUFRENOY, 1934). Selon GIRALDO et *al.* (2010) la plupart des genotypes de figuier sont de type commun produisant des figues parthénocarpiques, les botanistes utilisent le terme «persistant» plutôt que «parthénocarpique» car la figue n'est pas un véritable fruit, ce type persistant est classé dans le groupe des types unifères et bifères (UPOV, 2010), selon leur aptitude à porter respectivement une seule ou deux récoltes de figues par an.

5.1.1.1. Bifère

Ces variétés, appelées bifères, produisent des figues de printemps puis des figues d'automne par parthénocarpie. Les premières figues mises en place durant le printemps (sur la zone préformée dans le bourgeon hivernal) et le début de l'été, ont une évolution ininterrompue (LAURI et CARAGLIO, 1995). Cela leur permet de mûrir l'année même de leur apparition, généralement à partir du mois d'août ; ce sont les figues d'automne (LAURI et CARAGLIO, 1995). Elles occupent les deux tiers inférieurs de la pousse annuelle (Lauri et Caraglio, 1995).

D'après LAURI et CARAGLIO (1995), dans les zones géographiques à alternance de saison bien marquée, la saison froide bloque l'évolution des dernières figues apparues sur le rameau en croissance. Alors, ces figues passent l'hiver en dormance au stade « grain de poivre », et reprendront leur évolution l'année suivante. Elles arrivent à maturité vers juin-début juillet. Ce sont les figues-fleurs ou les BAKORS.

5.1.1.2. Unifère

Figuier à une seule récolte ou figuier unifère ; ce type ne porte que des figues d'automne. Certains auteurs comme RIVALS (1962), affirment que l'absence d'une seconde récolte chez les unifères est due à l'inaptitude à l'entrée en dormance des boutons floraux néoformés, ce qui implique l'avortement des figues apparues tardivement lorsque la température baisse.

5.1.2. Le type Smyrna

D'après CONDIT (1947), ce type de figuier qui requiert la caprification, est cultivé en région de smyrne, en grèce, en Algérie, Portugal, certains partie de l'Espagne et en californie. Les figues portées par le type Smyrna ; selon KJELLBERG et VALDEYRON (1984), ne murissent que si elles sont pollinisées par intervention d'un insecte pollinisateur symbiotique qui appartient à la famille des *Agaonidae* et l'ordre de *Hymenoptera* ; le blastophage (*Blastophaga*

psenes). Il est généralement admis que seules les figues pollinisées, selon KJELLBERG et VALDEYRON (1984), pourraient être séchées.

5.1.3. Le type San Pedro

Les types San Pedro (Saint Pierre) se caractérisent par la capacité de produire deux cultures (GIRALDO et *al.*, 2010). Une première culture précoce persistante (parthénocarpique), commune sous le nom de « breba » (UPOV, 2010). Mais, d'après GAALICHE et *al.* (2012) et l'UPOV (2010), les figues de la seconde culture doivent être pollinisées (caprification) pour créer la culture principale.

5.2. Le figuier mâle ou caprifuier

Cette forme produit le pollen et assure la survie du blastophage. Ce dernier se reproduit exclusivement dans les fruits du figuier mâle ou caprifuier.

Les caprifuier ou les fruits du caprifuier sont généralement non comestible. Trois séries de fruits sont produites dans l'année que sont les mammes, les profichis et les mammonis (MAURI, 1939 ; REBOUR, 1968 ; UPOV, 2010) (Tableau1), chacune abritant les larves, les pupes et, temporairement, les hyménoptères adultes *Blastophaga* (UPOV, 2010). Les *profichi* de la récolte du printemps, source de pollen pour la figue comestible, sont produits en grands nombres sur du bois de la saison précédente (UPOV, 2010). Les *mammoni* de la récolte de l'été sont produits sous la forme de fruits isolés ou doubles dans les aisselles de feuilles sur des branches de la saison en cours (UPOV, 2010). Elles mûrissent en octobre lorsque les blastophages les quittent pour entrer dans les jeunes *mammes* qui se développent sur la croissance en cours (UPOV, 2010). Les températures froides en octobre et en novembre retardent le développement des mammes et de leurs larves hyménoptères connexes qui hivernent et deviennent des pupes en mars (UPOV, 2010).

La pollinisation permet d'obtenir des figues plus propices au séchage, d'où l'intérêt de la caprification. La fécondation est favorisée, en suspendant sur les figuiers cultivés, des chapelets de profichis au stade opportun de l'émergence des insectes pollinisateurs. La caprification peut être accomplie naturellement, et la bonne méthode consiste à organiser une plantation de dokkars distante de figuiers femelle (MAURI, 1939).

Tableau 1 : Production de figuier et période de reproduction (BACHI, 2012).

<i>Groupes</i>	Catégories	1 ^{ère} série	2 ^{ème} série	3 ^{ème} série	4 ^{ème} série	Couleur des figues à maturité
<i>Figuier mâle</i>	caprifiguier	Mammes (Avril)	Profichis (Mai-juin)	Mammonis (Septembre)	Généralement avortées	verte
	Variété bifère	Figue fleures (Juin-Juillet)	Figue d'automne (Juillet-Décembre)			Verte ou noire
<i>Figuier commun</i>	Variété unifère		Figue d'automne (Juillet-Décembre)			Verte Mauve Violette noir

6. Exigences climatiques

6.1. Température

Le figuier, espèce thermophile, fait partie intégrante du paysage méditerranéen (VIDAUD, 1997). La température a une grande importance en fin d'été. C'est ainsi qu'il conviendra pour le séchage de choisir des régions dont la température diurne du mois de Septembre atteigne le maximum d'environ 38°C à l'ombre (MAURI, 1939).

VIDAUD (1997), assure que dans les pays où les températures moyennes ne descendent pas en dessous de 12°C, la végétation et la fructification du figuier sont continués. Selon LAUMONIER (1960), le bois de l'année gèle à 15°C et des températures en dessous de 10°C empêchent la bonne conservation des boutons à fleurs. Pour une bonne conservation de figue de qualité, MAURI (1939) recommande 8°C comme moyenne minimale hivernale.

Les gelés printanières (Avril-Mai), peuvent détruire certaines années, la production partielle des figues fleurs des variétés bifères, notamment lorsque les températures sont inférieures à -4°C (VIDAUD, 1997).

6.2. Pluviométrie

Le figuier exige une pluviométrie de 600 à 700 mm et un mois de septembre qui doit être sec pour le séchage (BACHI, 2012). Certaines régions sont souvent marquées par des orages c'est le cas de la Kabylie où des précipitations de 20 à 30 mm voire 40 mm en hauteur provoquent l'éclatement de l'épiderme des figues (REBOUR, 1968). Les pluies peuvent être néfastes car elles provoquent des pertes en fruits qui peuvent aller jusqu'à 50% de la récolte (VIDAUD, 1997). La fécondation (caprification) peut être gênée par les pluies de Juin, ce qui constitue une raison pour éviter les régions trop pluvieuses (REBOUR, 1968).

6.3. L'hygrométrie

Elle vient en premier plan dans le choix du climat convenable à une figuerie commerciale, dont on envisage le séchage des produits (BACHI, 2012). L'humidité relative de l'atmosphère influe tout d'abord sur la hâtivité (récolte hâtive, précoce) des récoltes, puis sur leurs qualité, sur le comportement des fruits, sur l'arbre et au cours du séchage (MAURI, 1939). Il convient d'éviter les climats où l'humidité dépasse fréquemment 60% pendant les premiers jours de Septembre pour les variétés qui se prêtent au séchage (MAURI, 1939).

6.4. Le vent

Le vent à moins de prise sur le figuier que sur un bon nombre d'autres espèces fruitières cultivées. Cependant, il peut, selon sa puissance, provoquer des dégâts directes sur les feuilles ou indirecte sur les fruits par frottement contre d'autre rameaux (BACHI, 2012).

7. Exigences édaphiques

7.1. Le sol

Le figuier est peu exigeant en matière de sol et s'accommode à tous les types (MAURI, 1939). D'après BRETAUDAUEUA et FAURE (1990), le figuier affectionne les terrains s'échauffant rapidement, de nature silico-argileuse avec présence de calcaire, bien que résistant à la sécheresse, une certaine fraîcheur est favorable au développement de ses fruits, le pH favorable à sa culture est de 8 à 8.5 (LAUMONNIER, 1960).

8. L'importance de la culture du figuier

8.1. Dans le monde

Le figuier est très anciennement cultivé dans le monde. Le pourtour du bassin méditerranéen fournit l'essentiel de la production mondiale estimée à 1.117.452 de tonnes, en 2013 (Tableau2) (FAOSTAT, 2015).

Tableau 2 : Production du top cinq producteurs du figuier en 2013.

Année 2013	
Pays	Production (tonnes)
Turquie	298,91
Égypte	153,09
Algérie	117,10
Maroc	101,99
Iran	78,392
Totale	749,484
Monde	1.117.452

8.2. En Algérie

Le figuier compte parmi les trois productions fruitières principales de l'Algérie : Olivier, Fiquier et Agrumes. La grande majorité des plantations se trouve en Kabylie (CHOUAKI, et al., 2006). Il existe deux formes l'une sauvage ; le caprifiguiier, et l'autre cultivée. Le figuier cultivé occupe d'après FAOSTAT (2015) une superficie de 44.608 Ha.

9. Valeurs nutritives et propriétés thérapeutiques

La figue est très appréciée pour sa richesse en sucre et son goût agréable. Ce fruit peut être consommé frais ou séchée. A l'état frais, la figue renferme en moyenne 80% d'eau et 13% de sucres, après séchage les sucres dépassent les 53% (El-KHALOUI, 2010). Elles sont riches en minéraux et en sucres (ALJANE et al., 2007), principalement du fructose (56%) et du glucose (43%) (MELGAREJO et al., 2003). La figue est un aliment très nourrissant. Elle est riche en vitamines, éléments minéraux, eau, graisses et elle est l'une des sources végétales les plus élevées de calcium et de fibres (AZZI, 2013).

Différentes parties de la plante comme l'écorce, les feuilles, les pousses tendres, les fruits, les graines, et le latex sont médicalement importantes (AZZI, 2013). En fait, d'après CHAWLA et al. (2012), son fruit, ses racines et ses feuilles sont utilisés dans divers troubles gastro-intestinaux tels que (coliques, indigestion, perte d'appétit et la diarrhée), troubles respiratoires (maux de gorge, la toux, l'asthme et les problèmes bronchiques), inflammatoire, troubles cardiovasculaires, les maladies ulcéreuses, les maladies du foie, le diabète, la gingivite, la grippe et les cancers. En plus, la figue est laxative, tonifiante, pectorale et diurétique ; utile dans les asthénies physiques et nerveuses, les gastrites, les colites, les inflammations pulmonaires et urinaires (ALI-DELLIL, 2013). Les figues ont été étudiées et prouvées leurs effets antioxydant, antiviral, antibactérien, hypoglycémiant, hypocholestérolémiant, spasmolytique hypotriglycéridémiant, anthelminthiques, antiplaquettaire et anticancéreux (WANG et al., 2008 ; YANG et al., 2009). Le latex, libéré lors de la cueillette des fruits, a été utilisé pour traiter les tumeurs de la peau et les verrues (RUBNOV et al., 2001 ; GILANI et al., 2008).

Chapitre 2 : Ressources et diversité génétique

1. La diversité génétique

La variabilité génétique dans les populations naturelles est représentée par le nombre des gènes et de leurs associations, or, elle est précisément due selon Lodé (1998), à l'existence d'états alléliques différents sur de nombreux loci.

En effet, elle est qualifiée de polymorphisme, ce terme de polymorphisme a été introduit par FORD en 1940 pour désigner la coexistence dans une population de deux formes discontinues ou davantage (HARRY, 2001). De ce fait, Les individus d'une même espèce vont donc présenter des variations qualitatives ou quantitatives, continus ou discontinus (LODE, 1998) se traduisant par des phénotypes différents ou morphes (HARRY, 2001).

La diversité génétique est la source des capacités d'évolution des espèces. De plus, celle des espèces cultivées constitue, en partie, la matière première indispensable pour l'amélioration des plantes (BAUDOINET *al.*, 2002).

Par ailleurs, pour gérer nos ressources génétiques, il est nécessaire de maîtriser la diversité génétique en se basant sur la compréhension de sa structure et de son évolution. Les variations génétiques peuvent être observées au sein et entre les populations, à tous les niveaux à savoir, celui de la morphologie externe, biochimique, chromosomique et jusqu'au nucléotidique.

1.1. Polymorphisme morphologique

Traditionnellement, la diversité génétique est évaluée en mesurant la variation de traits phénotypiques (la couleur et la forme de la graine, la couleur de la fleur, etc.) (GHALMI, 2011). Par ailleurs, l'analyse de diverses données morphologiques permet d'identifier et de caractériser des groupes de diversité et de préciser leur constitution (KONATE, 2007).

1.1.1. Polymorphisme agronomique

Les caractères agronomiques ont un intérêt majeur. Ils sont généralement quantitatifs, contrôlés par plusieurs gènes et à manipulation complexe. Ils sont souvent soumis aux besoins et choix commerciaux et peuvent être regroupés en plusieurs catégories : caractères liés à la production (précocité, rendement), la vigueur de plante, la qualité de fruit, la résistance aux stress biotiques (maladies et parasites) et abiotiques (stress hydrique, thermique, salinité) (KONATE, 2007).

1.2. Polymorphisme biochimique

Ce type de polymorphisme concerne les protéines, et plus particulièrement, les enzymes. De ce fait, l'ensemble des enzymes synthétisées dans l'organisme peut être caractéristique pour un individu donné sous des conditions données (KONATE, 2007). En outre, la plupart des

populations naturelles montrent une grande diversité des allozymes et l'on peut ainsi quantifier la variabilité génétique d'une population donnée en mesurant simplement la fréquence d'un allèle donné au locus considéré (LODE, 1998). Cependant, Les marqueurs biochimiques les plus communément utilisés sont les isozymes (VODENICHAROVA, 1989). Ces derniers sont des marqueurs co-dominants, présentent un polymorphisme basé, d'après MURRAY *et al.* (2010), sur l'existence de plusieurs formes physiquement distinctes (enzymes qui diffèrent dans la séquence d'acides aminés) d'une enzyme de référence catalysant la même réaction et proviennent d'une duplication des gènes. La variabilité génétique, dans ce cas, est décelable par des techniques d'électrophorèse des protéines. Les gènes qui codent ces protéines présentent généralement un fort polymorphisme, la substitution d'un seul acide aminé peut induire un changement de la mobilité électrophorétique en modifiant la charge ionique totale de la protéine (LODE, 1998).

Toutefois, La limitation des marqueurs biochimiques est le faible nombre de loci susceptibles d'être révélés ainsi qu'une certaine spécificité liée soit à leur expression par des organes et/ou à un stade de développement (TAGU et MOUSSARD, 2003), ce qui conduit à une sous-estimation du polymorphisme réel. De plus, seule la partie codante est détectable (GOTTEIB, 1977).

1.3. Polymorphisme moléculaire

Au sein d'une population, le polymorphisme, défini comme la résultante de variations dans la séquence de l'ADN, se traduit soit par l'apparition de phénotypes différents, soit par des modifications des profils de restriction (TAGU et MOUSSARD, 2003). Dans ce cas, la révélation du polymorphisme est plus objective, en analysant l'ADN plutôt que les produits de son expression. L'analyse de l'ADN permet l'étude de polymorphisme des séquences d'ADN entre individus de la même espèce et entre espèces. Ces marqueurs au niveau de l'ADN sont en nombre quasiment illimité et sont indépendants du stade de développement ou de l'organe analysé (TAGU et MOUSSARD, 2003).

2. Ressources génétiques du figuier en Algérie

MAURI (1937-1944) a déjà dénombré 29 cultivars commercialement cultivés dans la région de Tizi-Ouzou, les plus dominants et les plus performants sont TAAMRAOUIE, TAGHANIMTHE, AZENDJAR, pour les figes fraîches et sèches unifères. Un nombre considérable de variétés de caprifiguier (dokkar) a été recensé, il s'agit de :

ILLOULE, AZAIM, ABETROUNE, MADEL, AMMELLAL, ADRAS BLANC, ARZGANE, AKOURAN, AZIGZAOU et AGAOUAT.

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

- ABIAROUS : « l'escargot » cultivé dans la région de Sidi Aiche, présente une bonne qualité de fruit.
- THAMCINGOULTE : qui présente une maturation précoce par rapport aux autres variétés d'automne.
- ALEKAK : appelée aussi « THABOUYAHBOULT », présente des fruits plus larges et une texture fine. Il présente un potentiel commercial appréciable.
- AMESSAS : « l'insipide », est un cultivar qui présente un goût insipide, la qualité des fruits est médiocre au séchage.
- THAHARIT : présente une bonne qualité du fruit mais médiocre au séchage.
- TAKOURCHITH : cultivé à Sidi Aiche appelé aussi « AZIGZAOU ».
- THAZARIFT : cultivé à Tizi-Rached, il présente un goût acide. La taille réduite du fruit est une entrave à son essor.

Il existe aussi, d'autres cultivars à figues avec peau sombre (nuance de rouge, violet à noir) et à chair rouge tel que ZITHELKHADEM appelé aussi AVOURENJOUR, AJENJER, ADJAFFAR, AGOUSSIM, AGOUARZGUILF, AVERANE ou ABERKMOUCH, TAKLIT « la noire », THAROUMANT « la grenade » (BACHI, 2012).

3. Amélioration génétique et élargissement de la base génétique du figuier

A l'échelle mondiale, diverses expériences ont été réalisées, traitant par exemple, la possibilité de déterminer les conditions et les outils les plus appropriés pour la propagation de cultivars de figuier (*Ficus carica* L.) par la technique de culture des méristèmes (SOLIMAN *et al.*, 2010). Une autre expérience visant la conservation des cultivars de figuier, étudie l'efficacité de la transformation et la régénération de ces derniers par embryogénèse somatique (HEPAKSOY et AKSOY, 2006).

Cependant, seuls des travaux de techniques culturales et de caractérisation ont été menés sur le figuier, en Algérie. D'après CHOUAKI (2006), en 1939, des études très intéressantes (un examen analytique et une étude pomologique) ont été menées sur environ dix-huit cultivars de figuiers et de caprifiguiers de Kabylie, dans le but de déterminer la nomenclature des principaux types de figuiers cultivés. Ces derniers ont été classés en fonction de leur valeur (poids, richesse

en sucres, en matières azotées). En 1998, l'INRAA avait lancé un projet de recherche qui avait pour objectif l'inventaire et la caractérisation des figuiers algériens (CHOUAKI, et al., 2006).

4. Erosion génétique

Parmi les facteurs essentiels de l'érosion génétique selon CHOUAKI (2006), le délaissement et/ou l'abandon des vergers ainsi que l'urbanisation, les incendies etc. Cependant la menace d'érosion génétique la plus importante reste le vieillissement des arbres et la rareté, voire l'absence, de nouvelles plantations particulièrement depuis les années quatre-vingt, d'autre part, depuis un certain temps en Kabylie, les agriculteurs ne plantent plus de caprifiguiers, et préfèrent acheter le dokkar au marché. L'absence de plantation et de multiplication des caprifiguiers est une source d'érosion certaine pour le figuier (CHOUAKI, et al., 2006).

5. Conservation du figuier

En Algérie, la conservation *in situ*, se fait indirectement dans les zones où prédomine l'agriculture vivrière (CHOUAKI, et al., 2006). Des cultivars locaux de figuier sont préservés dans des exploitations familiales en zones de montagne.

Quant à la conservation *ex-situ*, elle est assurée par des différentes collections qui sont détenues par les instituts techniques. Malheureusement, d'après CHOUAKI (2006), ces collections ne sont pas toujours complétées par des documents de référence, les données ne sont pas informatisées et les informations qui accompagnent les échantillons sont surtout des données d'évaluation et parfois des connaissances de communautés.

5.1. Problème d'homonymie et de synonymie

L'intérêt que les agriculteurs portent au figuier est démontré par des différentes appellations vernaculaires, fondées sur des connaissances des caractéristiques morphologiques. C'est le cas, par exemple, pour le cultivar THABOUHARCHAOUT, nommé ainsi pour la rugosité de ses feuilles et de ses figues, THAVOUHVOULTE, pour la forme aplatie des figues, AVOUGHENJOUR, pour le long col des figues (HOUCHI, 2008). Toutefois, des individus d'un même génotype peuvent représenter des différences entre eux, ces différences sont dues principalement à l'environnement, formant ainsi des écotypes. C'est-à-dire, pour un caractère apparent donné, l'expression n'est pas forcément univoque mais elle peut représenter une telle gradation liée à l'environnement. De ce fait, un même génotype peut englober plusieurs phénotypes. Cette disparité peut altérer les mécanismes de reconnaissance, entraînant des séparations lors de la caractérisation morphologique ; c'est le problème de synonymie. On

trouve des appellations de figuiers qui se diffèrent d'une localité à une autre au sein de la même région, faisant référence à un même cultivar, comme par exemple, d'après (BACHI, 2012) :

- TABOUHARCHAOUT, ABOUHERCHAOU ou AVOUHERCHAOU.
- AZENJER, ADJENJER, AJENJER, AZENDJER ou AZENJEL.

D'autre part, l'homonymie peut être la conséquence de la présence de similarités morphologiques entre des individus appartenant à des génotypes différents, soumis aux mêmes conditions environnementales. Ces ressemblances sont la résultante d'une convergence adaptative dans un environnement donné. Certaines cultivars de figuier ont des appellations qui se rapprochent, c'est le cas, d'AGHANIM et TAGHANIMTH, qui fait référence à deux cultivars distinctes (BACHI, 2012).

5.2. L'évaluation des ressources phytogénétique

La conservation des ressources phytogénétiques nécessite une gestion rationnelle, une telle gestion exige préalablement une connaissance et une estimation de la diversité génétique.

L'évaluation de la diversité génétique est faite par l'utilisation des marqueurs génétique ; de type morphologique, biochimique (isozymes, protéines) et/ou moléculaire.

Chapitre 3 : Quelques outils d'évaluation de la diversité des ressources phytogénétiques

1. Les marqueurs morphologiques

L'évaluation de ces caractères se base précisément d'une part sur des mesures quantitatives et d'autre part sur des données qualitatives. La caractérisation morphologique est toujours indispensable dans chaque programme de conservation et d'utilisation de ressources génétiques (GIRALDO *et al.*, 2008). Ainsi, cette caractérisation doit être faite dans les mêmes conditions environnementales. Cependant, le déterminisme de la variabilité des caractères morphologique n'est pas toujours facile à mettre en évidence, et pour l'optimiser des listes de descripteurs morphologiques ont été développées pour un grand nombre d'espèces végétales. Pour le figuier, des listes de descripteurs ont été développées et publiées par IPIGRI, le CIHEAM (2003) et l'UPOV (2010), pour faciliter le processus de la caractérisation. Plusieurs travaux de caractérisation morphologique, sur le figuier ont été publiés (GIRALDO *et al.*, 2010 ; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN, 2011; GAALICHE *et al.*, 2012). Par ailleurs, les caractères qualitatifs représentent de bons marqueurs de diversité en permettant souvent une interprétation directe au niveau allélique en raison d'une base génétique simple (CADOT *et al.*, 2006). De plus, ils sont moins influencés par le milieu. En revanche, les caractères quantitatifs représentent de moins bons estimateurs de la diversité, en raison d'une base génétique complexe et de l'influence de l'environnement (CADOT *et al.*, 2006).

2. Les marqueurs moléculaires

La base de la diversité génétique est généralement représentée par la variabilité des gènes. Par conséquent, les études basées sur la caractérisation moléculaire facilite la mise en évidence de la complexité et la richesse de cette diversité.

Les marqueurs moléculaires donnent une analyse directe et précise du matériel génétique. L'usage de ces marqueurs favorise un suivi des flux génétiques dans les populations naturelles et permet de mesurer les relations entre ces unités populationnelles (LEGAY et BARBAULT, 1995). Ils permettent à la fois un diagnostic extrêmement fin de la variabilité et la mise en place de stratégies très rapides de création et de sélection variétale (ADAM et DRON, 1993). En effet, ils présentent également différents avantages comparés aux marqueurs morphologiques et protéiques ; très nombreux, neutres vis à vis de la sélection, couvrent le génome entier, indépendants de la partie de la plante prélevée et de son stade de développement et indépendants des influences environnementales (FAO, 1996 ; dans BELKADI, 2003).

Selon DE VIENNE (1998), il existe plusieurs types de marqueurs moléculaires qui, selon des critères génétiques, peuvent être séparés en deux grands groupes : les marqueurs co-dominants

et dominants. Cependant, parmi une multitude de marqueurs appartenant à ces deux groupes, ce chapitre sera consacré aux SSR, AFLP et ISSR.

2.1. Marqueurs co-dominants révélés individuellement

Les marqueurs co-dominants sont des marqueurs spécifiques de locus c'est-à-dire visant, d'après (SANTONI *et al.*, 2000), la révélation du polymorphisme dans ou au voisinage d'une séquence particulière, les plus largement utilisés dans le domaine végétal sont les marqueurs RFLP et les microsatellites (SSR) (DE VIENNE, 1998).

2.1.1. Polymorphisme de nombre d'unité de répétitions : SSR

Les microsatellites (SSR) sont des répétitions en tandem de motifs mononucléotidiques, dinucléotidiques, trinuécléotidiques ou tetranucléotidiques, l'intérêt de ces marqueurs réside dans leur polymorphisme de nombre d'unités de répétition extrêmement élevé. Ce nombre varie vraisemblablement surtout à cause des erreurs dues au glissement de la polymérase lors de la réplication des chromosomes (SANTONI *et al.*, 2000). Le taux de mutation des microsatellites est très élevé en comparant aux autres séquences d'ADN génomique, ce qui explique leur instabilité et par conséquent, leur abondance surtout en dehors des séquences codantes.

La particularité des microsatellites vient de leur utilisation pour la recherche de polymorphisme entre individus (TAGU et MOUSSARD, 2003). Leur spécificité ne réside pas dans la séquence microsatellite proprement dite mais dans les séquences bordantes.

Donc, pour amplifier spécifiquement un motif microsatellite donné par PCR, il est nécessaire de connaître au préalable les régions flanquantes de cette répétition dans le but de concevoir les amorces bordant ce motif. De ce fait, le locus microsatellite est donc défini par un couple d'amorces PCR qui amplifie une région unique du génome contenant un motif répété (TAGU et MOUSSARD, 2003). La révélation se fait en utilisant un réactif comme le bromure d'éthyidium ou le nitrate d'argent, après séparation par électrophorèse sur gel polyacrylamide ou agarose, en présence d'un marqueur de taille du poids moléculaire.

Par ailleurs, plusieurs travaux sur la diversité génétique du figuier ont été publiés utilisant ces marqueurs dont (GIRALDO *et al.*, 2005 ; ACHTAK *et al.*, 2009; CHATTI *et al.*, 2010; PEREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2012 ; AHMED *et al.*, 2015).

2.2. Marqueurs dominants révélés « en masse »

Les marqueurs dominants ne ciblent pas une région particulière, préalablement définie. Ces techniques révèlent en masse ; simultanément plusieurs loci. Ce qui permet, en peu d'expériences, de caractériser sans ambiguïté un génotype, de plus, elles sont naturellement

utilisées pour réaliser du génotypage rapide « empreinte génétique » mais servent également pour la cartographie génétique et chaque fois qu'il faut saturer en marqueurs une région particulière du génome (SANTONI *et al.*, 2000).

2.2.1. Polymorphisme de séquences

2.2.1.1. AFLP

C'est une technique mixte (VOS *et al.*, 1995), avec laquelle l'ADN est d'abord digéré par deux enzymes de restriction avant d'être amplifié. ces derniers coupent respectivement au niveau d'un site rare et d'un site fréquent, ensuite, des adaptateurs spécifiques des sites de restriction utilisés, sont fixés aux extrémités des fragments de restriction obtenus (TAGU et MOUSSARD, 2003) par une réaction de ligation. Les amplifications requièrent des amorces définies selon la séquence des adaptateurs, aux extrémités 3'-OH de ces dernières, des extensions aléatoires de 1, 2 ou 3 bases sont additionnées, ce qui permet selon TAGU et MOUSSARD (2003), une amplification sélective d'une partie seulement de la population des fragments de restriction. Par ailleurs, la technique AFLP nécessite une préamplification dite présélective, en utilisant des amorces adaptées aux adaptateurs liés aux sites de restriction, ces amorces sont additionnées d'une base définie aléatoirement.

La technique AFLP permet d'après TAGU et MOUSSARD (2003), la recherche de polymorphisme de longueur de fragments de restriction au niveau de l'ADN. Ainsi, elle est utilisée pour l'identification des espèces, l'analyse de pédigree ou la recherche de marqueurs génétiques liés à un caractère (TAGU et MOUSSARD, 2003). Ces marqueurs ont été utilisés pour l'étude de la diversité génétique sur le figuier (CABRITAA *et al.*, 2000; BARAKET, *et al.*, 2010).

2.2.2. Polymorphisme de nombre d'unités de répétitions

2.2.2.1. ISSR

Une exploitation plus simple des marqueurs microsatellites consiste à les révéler en masse, en s'inspirant du principe de la RAPD (SANTONI *et al.*, 2000). La technique ISSR fait appelle à une amplification par réaction de polymérisation en chaîne de fragments d'ADN situés entre les sites microsatellites. Dans cette méthode les SSR sont utilisés comme des amorces pour amplifier principalement la région située entre ceux-ci (PRADEEP REDDY *et al.*, 2002). Dans les conditions d'amplification adaptées, la technique ISSR, permet de produire plusieurs dizaines de produits qui sont visualisés soit sur des gels d'agarose soit sur des gels acrylamide (SANTONI *et al.*, 2000). Le polymorphisme révélé par cette technique est de type présence/absence, mais aussi, correspond à des différences de longueur de fragments. Les

marqueurs ISSR se sont révélés très polymorphes (SANTONI *et al.*, 2000). La technique est largement et diversement appliquée dans l'étude de la variabilité génétique des plantes (GODWIN *et al.*, 1997) ils permettent de distinguer des variétés génétiquement très proches (PREVOST et WILKINSON, 1999). Sur le figuier, plusieurs travaux sur l'étude de la diversité génétique par les ISSR ont été publiés (GUASMI *et al.*, 2006; IKEGAMI *et al.*, 2008).

Deuxième partie : Matériel et méthodes et analyse de données

Chapitre 1 : Matériel et méthodes

L'identification et l'évaluation de la diversité morphologique et moléculaire de quelques cultivars locaux de figuier nécessitent tout d'abord, le choix des cultivars puis la collecte de données. C'est pourquoi on s'est rapproché de l'ITAFV situé à M'DJEZ EDCHICH- SKIKDA.

1. Présentation du site de l'étude

- Le site de travail est situé sur la parcelle N° 35 avec une superficie de 0.98 Ha ;
- Il comprend une collection de vingt-deux cultivars dont onze sont introduits, le reste représente les cultivars locaux. Leur date de plantation revient au 12/02/2000 ; c'est-à-dire que leur âge est de quinze ans environ.

2. Matériel végétal

Huit cultivars de type communs (unifères et bifères) ; avec des répétitions de trois pieds pour chaque cultivar (un nombre total de vingt-quatre pieds) ont été choisis pour la caractérisation morpho-moléculaire ; ABIAROUS, ALEKAK, AVOUACOU, BAKOR BLANC, ROUDANE, ZREKA, HAMRI et ELFESSI (Tableau 3). Le choix des cultivars a été basé sur leur état et en fonction du nombre de pieds les plus vigoureux pour chaque cultivar (Tableau3).

Tableau 3 : Collection figuier (situation 2009) (Source ITAFV Skikda).

Cultivars	Porte greffe	Origine	Date	Densité	Ha	Mis en place	Manquant	Etat
ABIAROUS	Bouture	ITAF	12/02/2000	7X8	0,9856	8	0	Bon
ALEKAK	Bouture	ITAF (Siege)		7X8		8	0	
AVOUACOU	Bouture	ITAF (Siege)		7X8		8	1	
BAKOR BLANC	Bouture	ITAF (Siege)		7X8		8	1	
HAMRI	Bouture	ITAF (Siege)		7X8		8	0	
ROUDANE	Bouture	ITAF (Siege)		7X8		8	0	
ZREKA	Bouture	ITAF		7X8		8	0	
ELFESSI	Bouture	ITAF		7X8		8	0	

Date : date de plantation, **Dnst** : densité, **Ha** : Surface, **Mis en place** : nombre de pieds mis en place, **Manquant** : nombre de pieds Manquant.

Pour l'accomplissement du travail de caractérisation, des sorties sur terrain ont été faites tout au long des différents stades phénologiques.

- Pour la caractérisation morphologique des feuilles, on a collecté des échantillons de trente feuilles adultes pour chaque pied.
- Pour la caractérisation morphologique des figes d'automne et des figes-fleurs vingt-cinq fruits mûres en moyenne ont été collectés, sur chaque pied.

3. Caractérisation morphologique

La caractérisation morphologique de ces cultivars a été basée sur les descripteurs de l'IPIGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (2003), selon le catalogue variétal de GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011). L'étude a été faite sur des pieds adultes qui ont approximativement le même âge et soumis aux mêmes conditions. Le but de la caractérisation morphologique est de comparer les parties végétatives (feuilles) et reproductives (fruits) des différents des cultivars étudiés entre eux pour faire déceler les ressemblance et les différences.

N.B.

- La couleur a été appréciée visuellement ;
- Les différentes dimensions de la feuille (Figure 4) et du fruit (Figure 8) ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse.

Pour la codification numérique des différentes modalités d'un descripteur, on a suivi celle de l'IPIGRI et CIHEAM (2003).

- On a attribué 0 pour les cas où les caractères étudiés ne sont pas exprimés.
- On a attribué des valeurs de 3 à 7 pour quelques descripteurs ; où on a choisi de faire une extension des codes utilisés ou une interpolation entre eux.

3.1. Caractérisation morphologique des parties végétatives (feuilles)

La caractérisation morphologique des feuilles a été basée sur onze descripteurs de l'IPGRI et du CIHEAM (2003).

3.1.1. Dimensions de la feuille

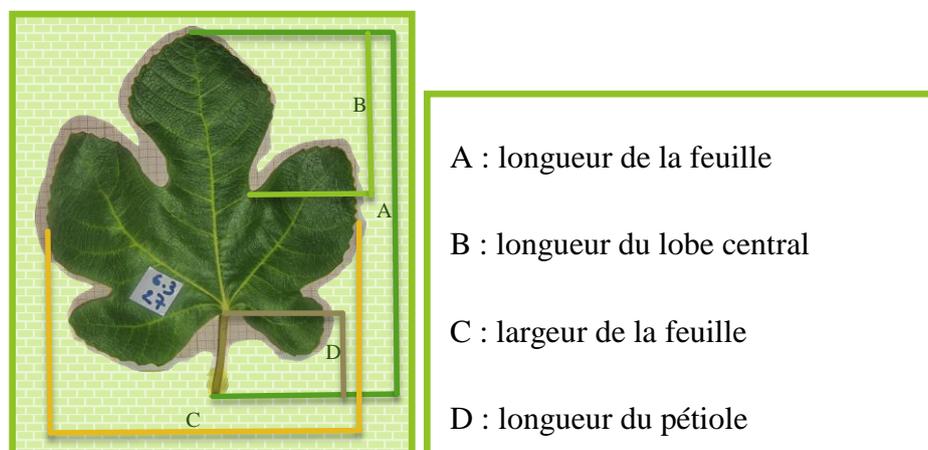
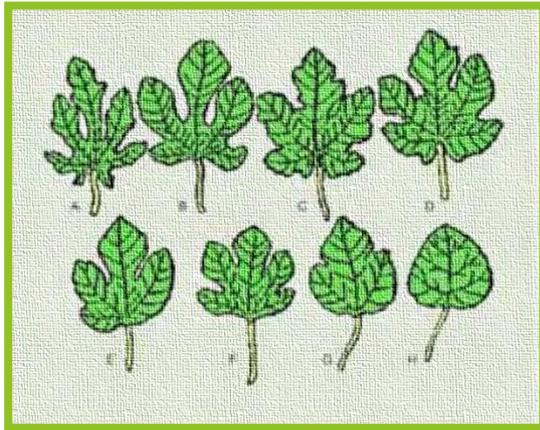


Figure 4 : Les dimensions de la feuille selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.1.2. Forme de la feuille

Pour chaque pied on a pris trente feuille en moyenne pour les deux formes les prédominantes.



- A : Base calcariforme, lobes linéaires.
- B : Base cordiforme, penta-lobes, lobes spatulés.
- C : Base calcariforme, lobes lyrés (pennés).
- D : Base calcariforme, lobes lancéolés.
- E : Base cordiforme, trilobés.
- F : Base tronquée.
- G : Base décurrente.
- H : Feuille entière.

Figure 5 : Formes dominantes de la feuille selon condit (1947)

3.1.3. Nombre de lobes

0= Absence (feuille entière).

1= Trois.

2= Cinq.

3= Sept.

4= Plus de sept.

3.1.4. Forme du lobe central

1= spatulé (plus étroit à la base et plus large en haut).

2= Linéaire (plus mince ou élancé et de forme régulière).

3= Lancéolé (lobes à base plus élargie que le sommet).

4= Lyré ou penné (lobe à segments atteignant presque la nervure centrale).

3.1.5. Degré d'incision de la feuille

Calculé comme suit : la longueur du lobe central / la longueur de la feuille.

0= Pas d'incision de feuille.

1= Incision légère (valeur 0 - 0,25).

2= Incision moyenne (valeur 0,26 - 0,50).

3= Incision marquée (0,51 - 0,75).

4= Incision très marquée (valeur > 0,75).

3.1.6. Forme de la base de la feuille

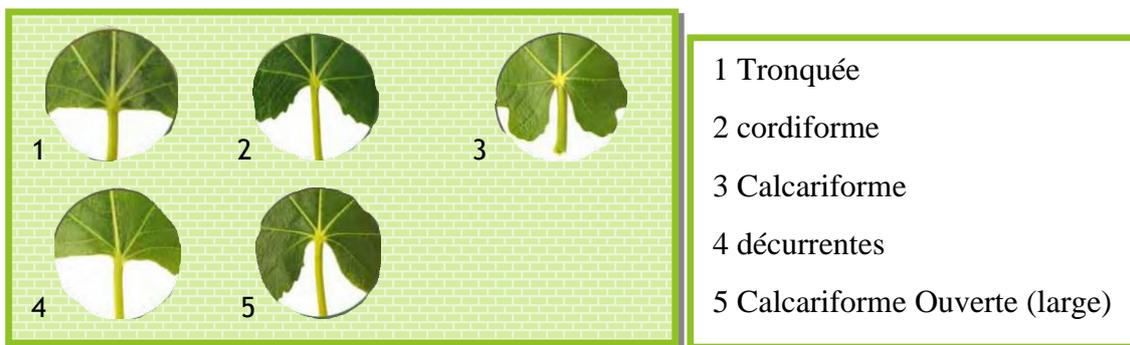


Figure 6 : Forme de la base de la feuille selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.1.7. Surface foliaire

Calculée comme suit ($A \times C$) Cm^2 (voir figure 4)

1= Petite (<250).

2= Moyenne (250-400).

3= Grande (400-550).

4= Très grande (> 550).

3.1.8. Dentition des bords de la feuille

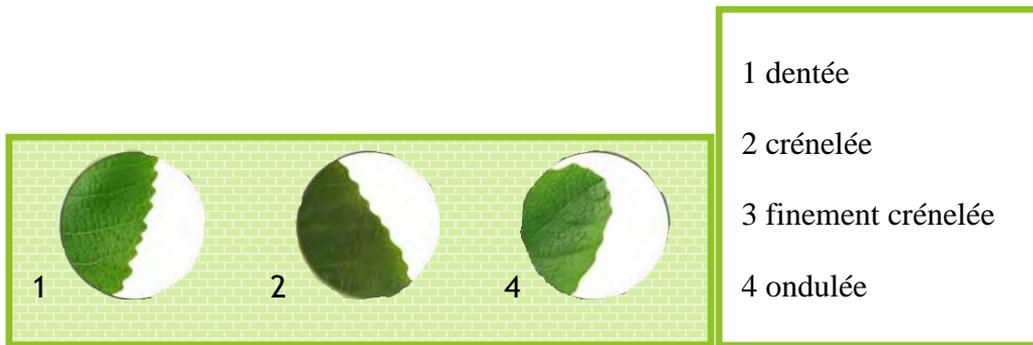


Figure 7 : Dentition des bords de la feuille selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.1.9. Couleur de la feuille

1= Vert clair.

2= Vert.

3= Vert foncé.

3.1.10. Longueur du pétiole

Mesurer à un centimètre du point d'union avec la pousse (voir la partie D figure 4)

1= Court (<50 mm).

2= Moyen (50-80 mm).

3= Long (> 80 mm).

3.1.11. Section du pétiole

On a pu identifier la forme du pétiole visuellement

1= Ronde.

2= Aplatie.

3.1.12. Couleur du pétiole

1= Vert clair.

2= Vert.

3= Rose.

4= Brun ou marron.

3.2. Caractérisation morphologique des figes

La comparaison des fruits des différents pieds a été basée sur quatorze descripteurs (IPGRI et CIHEAM (2003)) propres au fruit.

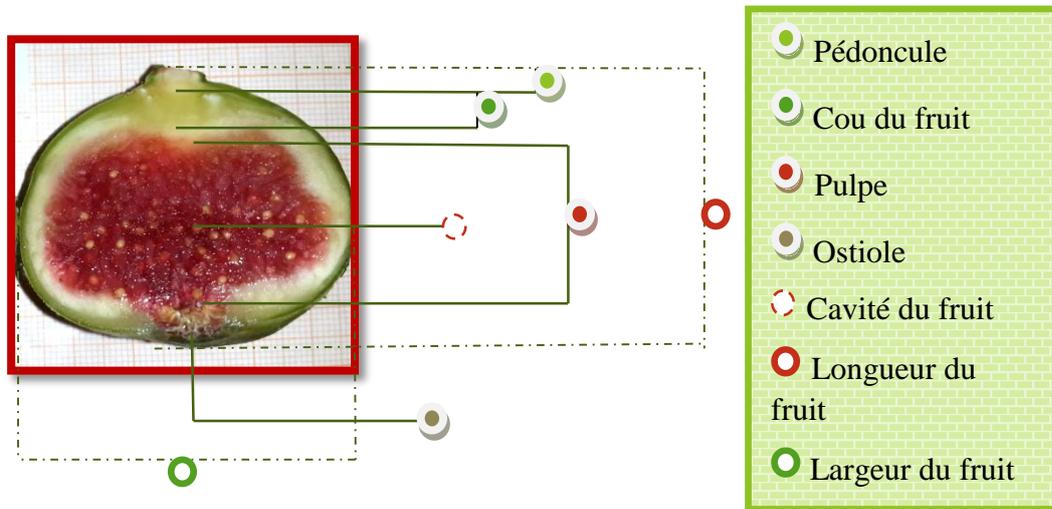


Figure 8 : les différentes parties du fruit (coupe longitudinale).

3.2.1. Forme du fruit

La forme du fruit a été définie en fonction de l'indice (Largeur/Longueur) = I.



Figure 9 : Forme des fruits selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.2. Forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale



Figure 10 : Forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.3. Forme de l'apex



Figure 11 : Forme de l'apex selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.4. Longueur du fruit

- 1= Courte (29-46 mm).
- 2= Moyenne (29-54 mm).
- 3= Longue (54-75 mm).
- 4= Très longue > 75 mm.

3.2.5. Largeur du fruit

- 1= petite (28-38 mm).
- 2= Moyenne (38-49 mm).
- 3= Grande (50-60 mm).
- 4= Très grande > 60 mm.

3.2.6. La symétrie du fruit



Figure 12 : Symétrie du fruit selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.7. Forme du pédoncule

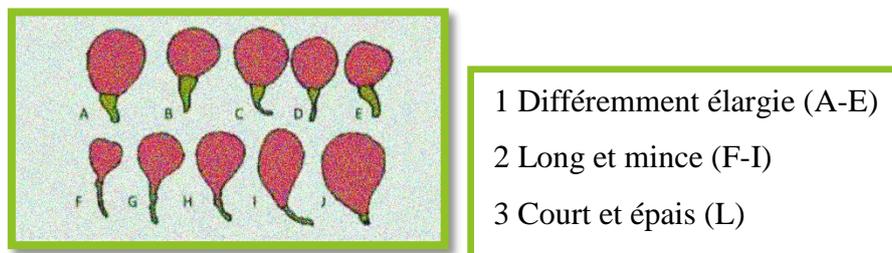


Figure 13 : Forme du pédoncule (par Condit, 1947).

3.2.8. Couleur de la surface de la peau du fruit

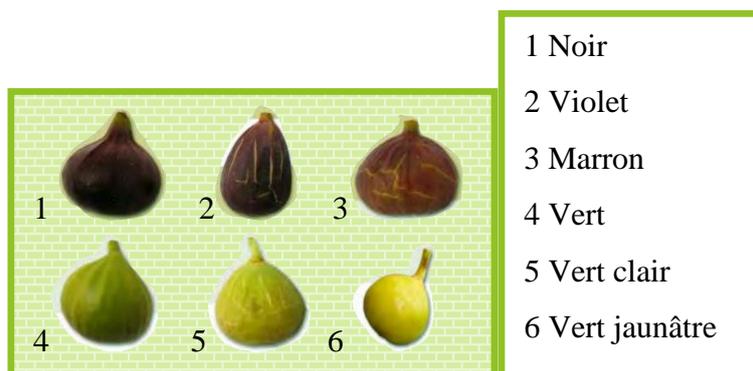


Figure 14 : Couleur de la surface de la peau du fruit selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.9. Bandes régulières

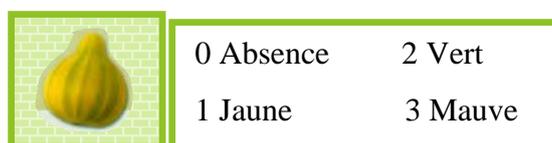


Figure 15 : Bandes régulières selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.10. Taches irrégulières

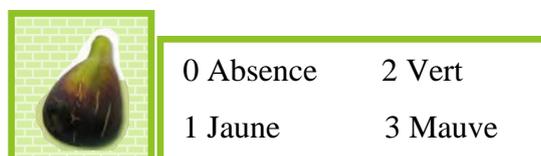


Figure 16 : Taches irrégulières selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.11. Couleur de formations dans la chair



Figure 17 : Couleur de formations dans la chair selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

3.2.12. Couleur de la pulpe



Figure 18 : Couleur de la pulpe selon GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et GRAJAL-MARTÍN (2011).

4. Caractérisation moléculaire

Il est admis que la caractérisation morphologique est soumise à des difficultés liées à l'appréciation de l'observateur pour les caractères qualitatifs. En effet, pour cette étude, la caractérisation moléculaire représente une approche complémentaire à celle de la caractérisation morphologique. On a opté pour les marqueurs microsatellites SSR (Simple Sequence Repeat) pour caractériser les cultivars étudiés.

Ce type d'analyse moléculaire appliquée pour détecter la diversité génétique chez le figuier (*Ficus carica* L.) nécessite plusieurs étapes : l'extraction d'ADN, l'amplification par PCR et la révélation des produits d'amplification.

4.1. Extraction d'ADN

L'extraction d'ADN permet l'obtention d'ADN plus ou moins purs et plus ou moins concentrés. Cependant la qualité de l'ADN doit être convenable pour réussir à l'amplifier par PCR. L'extraction d'ADN a été réalisée sur des jeunes feuilles séchées. En effet, les feuilles ont été déshydratées à l'étuve à 27°C pendant cinq jours. Cent mg de tissus de ces feuilles ont été broyés à l'aide d'un tissue-lyser. Pour une extraction adéquate d'ADN, certains facteurs selon (AMEZIANE et al., 2006) sont à prendre en compte pour choisir le protocole d'extraction appropriée.

4.2. Protocole d'extraction

Pour faciliter l'extraction de plusieurs échantillons en même temps on a choisi d'utiliser le protocole d'extraction à base de détergent ionique BENBOUZA et al. (2006). La préparation des vingt-quatre échantillons d'ADN à étudier comporte les étapes suivantes :

La première étape consiste en la lyse cellulaires pour libérer les acides nucléiques : les échantillons ont été traités avec un tampon d'extraction (un mélange de l'EDTA, du Tris/HCl et du CTAB) à une température de 60°.

La deuxième étape consiste en l'extraction proprement dite, le complexe CTAB/acides nucléiques a été séparé des autres constituants de la cellule (protéine, polysaccharides, lipides, autres lysats...) à l'aide du mélange Chloroforme/Alcool Isoamylique (24 :1).

Pour la dernière étape, l'acide nucléique a été précipité sous forme solide (un culot blanc) par l'Isopropanol froid, après centrifugation. Ensuite, l'ADN a été re-suspendu dans 200µl de TE (1x) et traité avec de l'ARNase pour dégrader les ARN.

4.3. Estimation de la quantité d'ADN

La quantité et la qualité de l'ADN ont été estimées par dosage au spectrophotomètre Nanodrop (*Thermo Scientific NanoDrop UV-Vis 2000C*). Sachant que le spectre d'absorption maximum de l'ADN en UV est à 260 nm. C'est pourquoi, la concentration en ADN est déterminée en mesurant la DO (densité optique) (également appelée absorption, A) au spectrophotomètre à la longueur d'onde 260 nm. Ainsi, la concentration était comprise entre 100- 200ng/µl.

Le degré de pureté (qualité) de l'ADN a été estimé en mesurant la DO à 280 pour détecter les éventuels contaminants protéiques (les protéines absorbent à 280 nm). Un test de pureté a été fait par comparaison des absorptions (densités optiques) à 260 nm et à 280 nm. Donc, d'après (SAMBROOK et *al.*, 1989) un échantillon d'ADN est pur quand le ratio DO 260/DO 280 présente une valeur entre 1,8 et 2.

4.4. Dilution des échantillons ADN

Avant de passer aux amplifications des amorces SSR, tous les échantillons ont été dilués pour qu'ils aient les mêmes concentrations. Les dilutions qui ont été faites, ont pour objectif d'avoir des concentrations finales de 100 ng/µl. La majorité des ADN ont été dilués dans un volume de 1000 µl.

4.4.1. Amorces SSR utilisées

Les ADN isolés précédemment ont été amplifiés en utilisant six amorces microsatellites (Tableau 4) séparément. Ces amorces ont été développées par (KHADARI et *al.*, 2001) : MFC1

et (GIRALDO et *al.*, 2004) : LMFC15, LMFC17, LMFC34, LMFC35 et (AHMED et *al.*, 2007) : Fysc04.

Tableau 4 : Liste et caractéristiques des amorces SSR utilisées

Amorces	Séquence	Motifs répétés	T° d'hybridation (°C)
LMFC17	F : TTAAGAATACGTCCTTGGTAT R : GAGATTTTCGTTGACTTCATT	(GA) ₁₆	50
LMFC35	F : CTCAACCCCACCATTTTAAC R : AGCTCTTTGTTGCTTCGATT	(CT) ₁₁	55
LMFC15	F : CGGAGAAAGATTTAGAATTTG R : ATTCCAGAGACGAAAGGTCT	(TC) ₂₂	50
Fsyc04	F : CAAACTACGCCTTCATTTCTTCCAC R : CGCAAGCAAGCTGCTCCTC	(GA) ₁₆ (GA) ₂ (GAAA) ₆ G (GA) ₃ (GAA) ₄	55
LMFC34	F : GTTACAAAGTACAGGTAAGCA R : GTATTGGATCTTGATTATGTTT	(GA) ₁₇	55
MFC1	F : ACTAGACTGAAAAAACATTGC R : TGAGATTGAAAGGAAACGAG	(CT) ₁₃	55

4.5. Amplification par la technique PCR

Le milieu réactionnel a été réalisée en tenant compte des interactions entre les réactifs lors de la réaction d'amplification (MgCl₂, dNTP, amorce sens et antisens, Taq polymérase, ADN). La PCR a été réalisée avec les six amorces (LMFC17, LMFC35, LMFC15, T06D08, LMFC34 et MFC1) pour les vingt-quatre échantillons d'ADN des cultivars, dans un volume total de 20 µl avec les concentrations suivantes (MgCl₂ : 2mM, dNTP : 200µl, amorce sens et anti-sens : 0.4µM, Taq polymérase : 1U, ADN : 100ng).

La température d'hybridation varie entre 50 et 55°C suivant l'amorce utilisée (Tableau 4). L'amplification a été réalisée avec le thermocycleur Bio-Rad C1000 suivant les conditions suivantes (Tableau 5) :

Tableau 5 : conditions de l'amplification des amorces SSR

Dénaturation initial	95°C	5min	X1
Dénaturation	95°C	30s	
Hybridation	50°-55°C	30s	X35
Elongation	72°C	1min	
Elongation finale	72°C	10min	X1

4.5.1. Révélation sur gel d'agarose

Au terme de la PCR, les produits d'amplification ont été séparés par électrophorèse sur gel agarose 2.5% dans un tampon de 1X TBE et coloré au bromure d'éthidium pour cette étape qui a pour objectif de confirmer la réaction d'amplification.

4.5.2. Révélation sur gel dénaturant 6%

Les produits d'amplification sont analysés par gel dénaturant à 6% préparé à base de 40% d'acrylamide/bisacrylamide, Urée 7 M, TBE 1X du 50µl de TEMED (Tetramethyldiamine) et 250µl de APS (Ammonium Persulfate). Les gels sont coulés sur des plaques de 20x 20cm traités par du Bind silane pour l'adhésion du gel à la plaque pleine et du Repel silane pour répulsion du gel de la plaque encoche.

Les échantillons ont été dénaturés dans un tampon contenant du formamide à 95°C puis gardés à 4°C, 10µl de chaque échantillon a été déposé avec 10µl de DNA ladder 10pb de Life Technolgy comme marqueur de taille.

La migration a été réalisée dans un tampon TBE 1X à 300V pendant 2h, les plaques pleines sont ensuite révélées par Nitrate d'argent suivant le protocole de Benbouza et al. 2006b.

La coloration est faite par trois solutions, la solution Fix Stop, coloration et développement. Au terme de la coloration les gels sont analysés par le système de documentation de l'analyseur Bio-Rad.

Chapitre 2 : Analyse de données

1. Analyse de la variabilité morphologique

Le but de notre analyse statistique est de faire déceler des similitudes et/ou des différences entre les différents pieds des cultivars étudiés, pour ensuite, faire ressortir les variables les plus discriminantes dont les niveaux d'expression bien observés permettent de les classées. Pour ce là, l'analyse a été basé sur les étapes suivantes :

1.1. Analyse descriptive univariée : test d'indépendance du khi-deux

L'analyse statistique de données obtenues, après une caractérisation morphologique basée principalement sur des caractères qualitatifs, nécessite :

- Une codification numérique des différentes modalités pour chaque variable qualitative étudiée, en leur attribuant des valeurs modèles (selon les valeurs attribuées par l'IPGRI).
- Des variables quantitatives sont créées pour chaque classe des différents caractères qualitatifs étudiés, représentées par des fréquences indiquant la présence ou l'absence et le niveau d'expression pour chaque phénotype exprimé.
- Dans le but de faire inférer une relation entre les variables étudiées, on procède à l'étude de degré d'association avec le test d'indépendance khi-deux (sur Excel 2013). D'après GIRALDO et *al.* (2010), le test statistique khi-deux, proposé par PEARSON (1911), permet de tester l'hypothèse que deux variables qualitatives (catégorielles) (variables-variétés) sont indépendantes, il est obtenu d'après PEARSON (1911) comme suit :

$$\chi^2 = \sum \sum \frac{(n_{ij} - m_{ij})^2}{m_{ij}}$$

Où :

- ✓ n_{ij} : fréquences observées.
- ✓ m_{ij} : fréquences espérées.

- Ainsi, les fréquences espérées sous l'hypothèse d'indépendance sont estimées de la manière suivante, selon GIRALDO et *al.* (2010) :

$$(\text{Fréquences espérées})_{ij} = \frac{(\text{total des lignes}_i) \times (\text{total des colonnes}_j)}{\text{nombre total d'observations}}$$

- Pour tester l'indépendance des variables étudiées (variétés-variables) et rejeter voire accepter l'hypothèse nulle H_0 ou alternative H_1 , on doit comparer les deux valeurs χ^2 ; calculée et théorique. Par ailleurs, selon LEMELIN (2004) les probabilités données par la loi χ^2 dépendent du seuil de risque d'erreur ($p = 0.05$) (qui consiste à rejeter ou à accepter l'hypothèse) et du nombre de degrés de liberté (DDL) dont la formule est la suivante :

$$DDL = (C - 1)(L - 1)$$

Où :

- ✓ L : nombre de lignes.
- ✓ C : nombre de colonnes.

- Si la valeur de $x^2_{calculé} > x^2_{théorique}$ on peut conclure qu'il y'ait une relation entre les variables et les variétés étudiées, alors, on rejette l'hypothèse nulle H_0 en faveur de l'hypothèse de dépendance H_1 , en revanche, si $x^2_{calculé} < x^2_{théorique}$, notre test confirme l'indépendance variables-variétés (l'hypothèse H_0).
- D'après GIRALDO et *al.* (2010), il est nécessaire de calculer le coefficient de contingence qui détermine si la probabilité de dépendance entre les variables et les variétés soit réelle ou due au hasard. Le coefficient de contingence (C) est défini comme suit :

$$C = \sqrt{\frac{x^2}{(x^2 + n)}}$$

- Pour qu'on puisse sélectionner les variables les plus dépendantes, GIRALDO et *al.* (2010) rapportent qu'il est indispensable de faire standardiser le coefficient C, en prenant compte de nombre maximal de lignes et de colonnes de sorte que :

$$C_s = \frac{C}{C_{max}}$$

Où

C_s : Coefficient de contingence standardisé.

$$C_{max} = \sqrt{\frac{(K-1)}{K}}, \text{ Où } k : \text{ nombre de lignes et colonne.}$$

- Après avoir sélectionné les variables et les catégories les plus dépendantes du type de variété, on procède à une étude ACP.

1.2. Analyse factorielle ; Analyse en Composantes Principales (ACP)

En général, pour les données biologiques, la corrélation entre les variables est très fréquente et la réduction du nombre de variable par l'analyse uni-variée peut générer une information redondante.

Pour cette raison on a recours à l'analyse en composantes principales, essentiellement pour réorganiser l'ensemble de données contenant des variables corrélées, en petits groupes de composantes. On retient pour l'analyse les premières composantes principales ayant une valeur propre supérieure ou égale à l'unité (1) et qui prennent en compte la majeure partie de la variation observée (HUSSON et *al.*, 2009). La détermination, pour chaque composante principale, des variables qui y sont fortement corrélées permet de ressortir les variables qui contribuent le plus à la variabilité au sein de chaque composante dans un plan donné.

L'analyse en composante principale a été appliquée sur la matrice des corrélations, obtenue à partir de l'ensemble de dix-sept variables qualitatives transformées en quantitatives et mesurées sur les huit cultivars avec leurs vingt-quatre pieds ayant fait l'objet de cette étude. La projection de l'ensemble des individus (cultivars) sur les plans des principaux axes permet d'apprécier leur dispersion et de mieux comparer la variabilité entre eux.

1.3. La classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Cette analyse permet de mettre en évidence les différences ou les ressemblances entre les cultivars. La CAH conduit ainsi à la construction d'un arbre de classification (ou dendrogramme). En fait, Cette méthode permet de déterminer le niveau de similitude ou de

divergence entre les individus en utilisant la procédure du lien moyen et la distance euclidienne pour construire des classes aussi homogènes. La CAH a été réalisée à partir des matrices de similarité afin de grouper les cultivars étudiés selon leurs degrés de ressemblance morphologique sur la base du critère d'agrégation de Ward. La classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT-PRO version 7.5.2.

2. Analyse des données moléculaire

Pour étudier le potentiel informatif des données SSR, des paramètres génétiques ont été calculés pour vingt-quatre arbres, sur la base des produits d'amplification des six loci microsatellites étudiés. La diversité génétique a été estimée en calculant plusieurs indices génétiques les plus communs tels que : le nombre d'allèles (N_a), leur fréquence (F_a), l'hétérozygotie observée (H_o), l'hétérozygotie attendue (H_e) et l'indice de fixation ou le coefficient de consanguinité dans la population (FIS) pour les microsatellites. Ces indices génétiques ont été calculés en utilisant le logiciel GenAIEx 6.5 (PEAKALL et SMOUSE, 2006).

En outre, une analyse de la variance moléculaire (AMOVA) a été réalisée selon (NEI, 1978), à l'aide du logiciel GenAIEx 6.5, à fin d'estimer la variance moléculaire totale entre et au sein des populations et pour tester l'importance des composantes de la variance partitionnées en utilisant des procédures de test de permutation (EXCOFFIER et *al.*, 1992).

Le pouvoir de discrimination (PD) (KLOOSTERMAN et *al.*, 1993) a été calculé pour chaque paire d'amorces selon (TESSIER et *al.*, 1999) où la fréquence allélique est remplacée par la fréquence génotypique, en utilisant la formule suivante :

$$PD = 1 - \sum P_i^2$$

P_i : Fréquence du $i^{\text{ème}}$ génotype.

La matrice binaire a été construite sur la base des profils amplifiés où pour chaque locus il a été noté « 1 » pour présence et « 0 » pour absence. Une matrice de similarité entre les différents cultivars de figuier a été obtenue en utilisant SIMQUAL (similarité des données qualitatives). Le dendrogramme a été construit selon la méthode de groupe paire non pondérée avec la moyenne arithmétique (UPGMA : Unweighted Pair Group Method with rithmetic Averaging) avec le logiciel NTSYS (version 2.2). A partir de la matrice des distances, les proximités

génétiques, entre les huit cultivars, ont été visualisées sur l'arbre phénétique construit sur base du coefficient de Jaccard en utilisant le programme NTSYS (version2.2).

Troisième partie : Résultats et discussions

Chapitre 1 Caractérisation morphologique

1. Résultats des estimations Descriptives Univariées

Pour l'estimation de la variabilité associée à chaque caractère, on a calculé les fréquences relatives aux caractères morphologiques de la partie végétative (feuilles), et reproductrice (figes-fleurs (BAKOR) et figes d'automne).

1.1. Variables liées à la feuille

1.1.1. Formes de la feuille et de la base

Le Tableau 6 montre la distribution des fréquences observées pour la forme de la feuille, il ressort que les formes les plus fréquentes chez les huit cultivars étudiés (sur les 697 feuilles étudiées) sont la forme E (37,01%) et la forme B (29,98%), la forme G représente (13,48%). Quant au caractère forme de la base (Tableau 7), la forme cordiforme est la plus dominante (55,81%), suivie par la forme décurrente (20,09%) et la calcariforme (12,62%).

Tableau 6 : Fréquences des modalités de la variable forme de la feuille.

Forme	%	%Valide	% Cumulé
A	1,94	2,01	2,01
B	29,03	29,98	31,99
D	5,27	5,45	37,44
E	35,83	37,01	74,46
F	3,19	3,29	77,76
G	13,05	13,48	91,25
H	2,22	2,29	93,54
I	6,25	6,45	100

Tableau 7 : Fréquences des modalités de la variable forme de la base.

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	7,083	7,32	7,32
2	54,028	55,81	63,13
3	12,22	12,62	75,75
4	19,44	20,09	95,84
5	4,03	4,16	100

1 : Tronquée, 2 : Cordiforme, 3 : Calcariforme, 4 : Décurrente, 5 : Calcariforme Ouverte.

1.1.2. Nombre de lobes et forme de lobe central

L'étude des fréquences liées à ces caractères (Tableau 8) montre que la plupart des feuilles sont de type trilobes (57,82%) avec une autre forme fréquente, pentalobées (40,03%), alors que la forme feuille entière ne représente que 2,15% de la totalité des feuilles étudiées. D'autre part, on peut observer (Tableau 9) que chez les feuilles trilobées la forme la plus dominante du lobe

central est la forme Lancéolées (50,07%). Un pourcentage de 28,26% des feuilles observées représente des feuilles pentalobées avec un lobe central spatulé (Tableau 9).

Tableau 8 : Fréquences des modalités de la variable nombre de lobes.

Nombre de lobes	%	%Valide	% Cumulé
0	2,083	2,15	2,15
1	55,97	57,82	59,97
2	38,75	40,03	100

0 : Feuilles entières, 1 : Trilobées, 2 : Pentalobées.

Tableau 9 : Fréquences des modalités de la variable forme du lobe centrale.

Lobe centrale	%	%Valide	% Cumulé
0	2,08	2,15	2,15
1-3	7,36	7,60	9,75
2-3	0,14	0,14	9,89
3-3	48,47	50,07	59,97
1-5	27,36	28,26	88,23
2-5	4,17	4,30	92,54
3-5	7,22	7,46	100

0 : Feuilles Entières, 1-3/2-3/ 3-3 : Trilobées avec : Lobes Spatulés/ Linéaires/ Lancéolés, 1-5/2-5/3-5 : Pentalobées avec Lobes Spatulés/Linéaires/ Lancéolés.

1.1.3. Degré d'incision de la feuille

Les degrés d'incision des feuilles les plus fréquents observés chez les cultivars étudiés sont ceux marqué et moyen avec des fréquences, respectivement de 76,2% et de 21,23%. Les feuilles entières qui ne sont pas lobées représentent un pourcentage de 2,01% (Tableau 10).

Tableau 10 : Fréquences des modalités de la variable degré d'incision de la feuille.

Degré d'incision	%	%Valide	% Cumulé
0	1,94	2,01	2,01
1	0,14	0,14	2,15
2	20,55	21,23	23,39
3	73,75	76,2	99,57
4	0,42	0,43	100

0 : Pas d'incision, 1 : Léger, 2 : Moyen, 3 : Marqué, 4 : Très Marqué.

1.1.4. Surface foliaire

L'analyse du Tableau 11 permet de constater que les feuilles qui ont des surfaces moyennes et petites sont les plus fréquentes chez les vingt-quatre pieds étudiés avec des fréquences de 48,64% et 32,28% successivement.

Tableau 11 : Fréquences des modalités de la variable surface foliaire.

Surface	%	% Valide	% Cumulé
1	31,25	32,28	32,28
2	47,08	48,64	80,92
3	14,03	14,49	95,41
4	4,44	4,59	100

1 : Petite, 2 : Moyenne, 3 : Grande, 4 : Très Grande.

1.1.5. Dentition des bords de la feuille

Le Tableau 12 montre que les feuilles dentées sont les plus fréquentes (59,54%), les feuilles à bords crénelés représentent 29,12% de la totalité des feuilles étudiées. Les feuilles à bords finement crénelés et ondulés ne représentent que 4,59 et 6,74%, respectivement (Tableau 12).

Tableau 12 : Fréquences des modalités de la variable dentition des bords.

Dentition	%	% Valide	% Cumulé
1	57,64	59,54	59,54
2	28,19	29,12	88,66
3	4,44	4,59	93,25
4	6,53	6,74	100

1 : Denté, 2 : Crénelé, 3 : Finement Crénelé, 4 : Ondulé.

1.1.6. Couleur de la feuille et du pétiole

L'étude des fréquences liées aux feuilles (Tableau 13) montre que les feuilles de couleur verte sont les plus dominantes (87,52%), la couleur « vert foncé » n'a représenté que 12,48%. Par ailleurs, on peut observer (Tableau 14) que la grande majorité des feuilles étudiées (92,83%) ont été caractérisées par une couleur vert clair du pétiole. Par conséquent, ces deux variables ont été éliminées car elles ne reflètent pas une véritable variabilité chez les feuilles étudiées.

Tableau 13 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la feuille.

Couleur	%	% Valide	% Cumulé
2	84,72	87,52	87,52
3	12,08	12,48	100

2 : Vert, 3 : Vert foncé.

Tableau 14 : Fréquences des modalités de la variable couleur du pétiole.

Cloueur	%	% Valide	% Cumulé
1	89,86	92,83	92,83
2	6,94	7,17	100

1 : Vert clair, 2: Vert.

1.1.7. Longueur et section du pétiole

Nos résultats font distinguer deux catégories dominantes, en se basant sur le caractère longueur de pétiole, la première catégorie est celle des pétioles à longueur moyenne, est présente dans l'ensemble de cas observés avec une fréquence de 48,06%, et la deuxième catégorie (40,74%) est représentée par les feuilles qui ont un pétiole relativement court (Tableau 15).

Tableau 15 : Fréquences des modalités de la variable longueur du pétiole.

Longueur	%	%Valide	% Cumulé
1	39,44	40,74	40,74
2	46,53	48,06	88,81
3	10,83	11,19	100

1 : Court, 2 : Moyen, 3 : Long.

D'autre part, plus de la moitié (64,13%) des feuilles ont présenté des pétioles à section ronde, et les 35,87%, des pétioles aplatis (Tableau 16).

Tableau 16 : Fréquences des modalités de la variable section du pétiole.

Section	%	%Valide	% Cumulé
1	62,08	64,13	64,13
2	34,72	35,87	100

1 : Ronde, 2 : Aplatie.

1.2. Variables liées aux fruits

1.2.1. Forme du fruit

L'analyse uni-variée de la variable forme de fruit d'automne (Tableau 17) permet d'observer une distribution homogène des fréquences des trois phénotypes ; oblong 28,82%, globuleux 37,4%, oblate 33,78%. En revanche, les figes-fleurs ont montré dans leur majorité (90,04%) une forme « oblongue » de fruits (Tableau 18), ce qui induit l'élimination de cette variable dans l'analyse de ce type de fruits.

Tableau 17 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit (figes d'automne).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	28,76	28,82	28,82
2	37,33	37,4	66,22
3	33,71	33,78	100

1 : Oblongue, 2: Globuleuse, 3: Oblate.

Tableau 18 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit (figue-fleurs).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	88,44	90,04	90,04
2	8,89	9,05	99,09
3	0,89	0,91	100

1: Oblongue, 2: Globuleuse, 3: Oblate.

1.2.2. Forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale

Chez les figues d'automne (Tableau 19) comme chez les figues-fleurs (Tableau 20), la distribution des fréquences des deux phénotypes (ovoïde et Piriforme) a montré une certaine homogénéité. Ainsi, on a remarqué l'absence du phénotype campaniforme (codifié 2) chez les deux types de fruit.

Tableau 19 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale (figues d'automne).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	58,86	58,97	58,97
3	40,95	41,03	100

1 : Ovoïde, 3 : Piriforme.

Tableau 20 : Fréquences des modalités de la variable forme du fruit en fonction de l'emplacement de la largeur maximale (figues-fleurs).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	51,55	52,49	52,49
3	46,67	47,51	100

1 : Ovoïde, 3 : Piriforme.

1.2.3. Forme de l'apex

Le Tableau 21 montre que la forme arrondie est la forme la plus dominante 52,67%, chez les figues d'automne étudiées (Tableau 22), suivie par la forme tronquée 39,69%, contrairement aux figues-fleurs, pour lesquelles la forme de l'apex la plus fréquente était celle de la forme tronquée (44,8%) suivie par les deux formes, arrondie (25,34%) et pointue (29,87%).

Tableau 21 : Fréquences des modalités de la variable forme de l'apex (figues d'automne).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	39,62	39,69	39,69
2	52,57	52,67	92,36
3	7,62	7,64	100

1 : Tronquée, 2 : Arrondie, 3 : Pointue.

Tableau 22 : Fréquences des modalités de la variable forme de l'apex (figes-fleurs).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	44	44,80	44,79
2	24,89	25,34	70,13
3	29,33	29,87	100

1 : Tronquée, 2 : Arrondie, 3 : Pointue.

1.2.4. Longueur du fruit

Pour le caractère longueur du fruit, chez les figes d'automne, c'est le phénotype fruit court qui a dominé avec une fréquence de 89,12% (Tableau 23). Les deux autres phénotypes ensemble n'ont représenté que 10,88% (Tableau 24). Dans ce cas, les fruits de la première récolte ne montrent pas une importante variabilité pour ce caractère, donc, ces derniers n'ont pas été pris en compte dans l'analyse de la variabilité. A l'inverse, les figes-fleurs ont été caractérisées par des fruits longs (45,25%) et à longueur moyenne (47,96%) (Tableau 24).

Tableau 23 : Fréquences des modalités de la variable longueur du fruit (figes d'automne).

Longueur	%	%Valide	% Cumulé
1	88,95	89,12	89,12
2	8,95	8,97	98,09
3	1,90	1,91	100

1 : Courte, 2 : Moyenne, 3 : Longue.

Tableau 24 : Fréquences des modalités de la variable longueur du fruit (figes-fleurs).

Longueur	%	%Valide	% Cumulé
1	6,67	6,79	6,79
2	47,11	47,96	54,75
3	44,44	45,25	100

1 : Courte, 2 : Moyenne, 3 : Longue.

1.2.5. Largeur du fruit

Le Tableau 25 montre que les figes d'automne ont présenté des fréquences de 66,22% pour les figes à petites largeurs, et 32,06% pour les figes à largeurs moyennes.

Tableau 25 : Fréquences des modalités de la variable largeur du fruit (figes d'automne).

Largeur	%	%Valide	% Cumulé
1	66,09	66,22	66,22
2	32	32,06	98,28
3	1,52	1,53	99,81
4	0,19	0,19	100

1 : Petite, 2 : Moyenne, 3 : Grande, 4 : Très grande.

D'autre part, la moitié (51,13%) des figes-fleurs étudiées ont présenté une largeur moyenne, le reste a été distribué entre les catégories « fruits à petites largeurs » (23,08%) et « fruits à grandes largeurs » (18,55%), les fruits à très grandes largeurs n'ont représenté que 7,24% (Tableau 26).

Tableau 26 : Fréquences des modalités de la variable largeur du fruit (figes-fleurs).

Largeur	%	%Valide	% Cumulé
1	22,67	23,08	23,08
2	50,22	51,13	74,21
3	18,22	18,55	92,76
4	7,11	7,24	100

1 : Petite, 2 : Moyenne, 3 : Grande, 4 : Très grande.

1.2.6. La symétrie du fruit

La variable symétrie du fruit, avec ces deux modalités, montre une distribution relativement homogène des fréquences pour les figes d'automne comme pour les figes-fleurs (Tableaux 27 et 28).

Tableau 27 : Fréquences des modalités de la variable symétrie du fruit (figes d'automne).

Symétrie	%	%Valide	% Cumulé
0	47,24	47,33	47,33
1	52,57	52,67	100

0: non, 1: oui.

Tableau 28 : Fréquences des modalités de la variable symétrie du fruit (figes-fleurs).

Symétrie	%	%Valide	% Cumulé
0	56	57,01	57,01
1	42,22	42,99	100

0: non 1: oui.

1.2.7. Forme du pédoncule

L'analyse des Tableaux 29 et 30 permet de constater que la forme du pédoncule la plus fréquente chez les deux types de fruits étudiés (524 figes d'automne et 221 figes-fleurs) est la forme « pédoncule court et épais ». Par conséquent, cette variable n'a pas été utilisée pour l'analyse de la variabilité des deux types de fruits, car, elle ne remplit pas les conditions d'application du test d'indépendance ; à savoir : 1) la somme des fréquences observées de chaque catégorie (qui doit être > 20%) (LEMELIN, 2004) et 2) les effectifs théoriques de chaque classe, de sorte qu'ils ne doivent être inférieur à 5 (TUGAUT, 2015).

Tableau 29 : Fréquences des modalités de la variable forme du pédoncule (figes d'automne).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	7,62	8,64	8,64
2	2,67	3,02	11,66
3	77,90	88,34	100

1: Différemment élargie, 2: Long et Mince, 3: Court et Epais.

Tableau 30 : Fréquences des modalités de la variable forme du pédoncule (figes-fleurs).

Forme	%	%Valide	% Cumulé
1	5,33	5,48	5,48
2	3,11	3,2	8,68
3	88,89	91,32	100

1: Différemment élargie, 2: Long et Mince, 3: Court et Epais.

1.2.8. Couleur de la surface de la peau du fruit

L'étude des catégories liées à la variable « couleur de la surface de la peau du fruit » (Tableaux 31 et 32) montre des fréquences approximativement proches pour les trois couleurs violet et vert chez les deux types de fruits. De plus, les couleurs « noir » et « vert clair » étaient présentes chez 13,93% et 33,39%, respectivement des fruits de la première récolte (figes d'automne) (Tableau 31), tandis que la couleur « marron », n'a été présente que chez les figes-fleurs (36,94%).

Tableau 31 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la surface de la peau du fruit (figes d'automne).

Couleur	%	%Valide	% Cumulé
1	13,82	13,93	13,93
2	28,21	28,43	42,36
4	23,86	24,04	66,41
5	33,33	33,39	100

1: Noir, 2: Violet, 4: Vert, 5 : Vert Clair.

Tableau 32 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la surface de la peau du fruit (figes-fleurs).

Couleur	%	%Valide	% Cumulé
2	22,67	25,12	25,12
3	33,33	36,94	62,07
4	34,22	37,93	100

2: Violet, 3: Marron, 4: Vert.

1.2.9. Bandes régulières

Le Tableau 33 montre que dans la majorité des fruits (86,21%) de la première récolte, les bandes régulières ont été absentes. De même, chez les figes-fleurs observées, 85,86% ont été marquées par l'absence des bandes régulières (Tableau 34). En fait, ce caractère n'a pas reflété une grande variabilité chez les deux types de fruit, ce qui implique son élimination de l'analyse du test d'indépendance.

Tableau 33 : Fréquences des modalités de la variable bandes régulières (figes d'automne).

Présence/Couleur	%	%Valide	% Cumulé
0	84,57	86,21	86,21
1	6,28	6,41	92,62
2	7,24	7,38	100

0: Absence, 1: Jaune, 2: Vert.

Tableau 34 : Fréquences des modalités de la variable bandes régulières (figes-fleurs).

Présence/Couleur	%	%Valide	% Cumulé
0	75,56	85,86	85,86
2	12,44	14,14	100

0: Absence, 2: Vert.

1.2.10. Taches irrégulières

Une fréquence de 27,16%, des fruits d'automne étudiées, a représenté l'absence de taches irrégulières, les fréquences 29,17%, 43,66% ont reflété les catégories de fruits d'automne montrant des taches « jaunes » et « Vert » respectivement (Tableau 35). Chez les figes-fleurs, 30,21% ont été caractérisées par l'absence des taches irrégulières. Le reste des figes-fleurs ont présenté, des taches vertes et de couleur jaune sur la surface de la peau, avec des fréquences de 51,56% et 18,23%, respectivement (Tableau 36).

Tableau 35 : Fréquences des modalités de la variable taches irrégulières (figes d'automne).

Présence/Couleur	%	%Valide	% Cumulé
0	25,61	27,16	27,16
1	27,51	29,17	56,34
2	41,18	43,66	100

0: Absence, 1: Jaune, 2: Vert.

Tableau 36 : Fréquences des modalités de la variable taches irrégulières (figes-fleurs).

Présence/Couleur	%	%Valide	% Cumulé
0	25,78	30,21	30,21
1	15,56	18,23	48,44
2	44	51,56	100

0: Absence, 1: Jaune, 2: Vert.

1.2.11. Couleur de formations dans la chair

L'étude a permis d'observer que la majorité (85,11%) des fruits d'automne étudiés, ainsi que 66,52% des figues-fleurs observées, n'ont aucune coloration des formations dans la chair (Tableaux 37 et 38). Toutefois, 32, 26% des figues-fleurs ont montré une coloration claire (Tableau 38). Toutefois, pour le cas des figues d'automne, ce caractère n'a pas été éliminé parce qu'il a montré une distribution des effectifs observés qui pourrait être intéressante.

Tableau 37 : Fréquences des modalités de la variable couleur de formations dans la chair (figues d'automne).

Présence/Couleur	%	%Valide	% Cumulé
0	84,95	85,93	85,93
3	13,90	14,06	100

0: Aucune, 3: Coloration Clair.

Tableau 38 : Fréquences des modalités de la variable couleur de formations dans la chair (figues-fleurs).

Présence/Couleur	%	%Valide	% Cumulé
0	65,33	67,74	67,74
3	31,11	32,26	100

0: Aucune, 3: Coloration Clair.

1.2.12. Couleur de la pulpe

La pulpe des fruits observés était rouge (40,27%) ou rouge foncée (36,07%) (Tableau 39). Par contre, les figues-fleurs ont montré une couleur un peu foncée (44,8%) et rose (47,96%) (Tableau 40). La pulpe de fruit était rouge ou rouge foncée chez 40,27% et 36,07% des fruits observés, respectivement (Tableau 39). Par contre, les figues-fleurs ont montré des couleurs un peu foncées (44,8%) ou rose (47,96%) (Tableau 40).

Tableau 39 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la pulpe (figues d'automne).

Couleur	%	%Valide	% Cumulé
2	11,24	11,26	11,26
3	12,38	12,4	23,66
4	40,19	40,27	63,93
5	36	36,07	100

2: Un Peu Foncé, 3: Rose, 4: Rouge, 5: Rouge Foncé.

Tableau 40 : Fréquences des modalités de la variable couleur de la pulpe (figues-fleurs).

Couleur	%	%Valide	% Cumulé
2	44	44,8	44,8
3	47,11	47,96	92,76
4	7,11	7,24	100

2: Un Peu Foncée, 3: Rose, 4: Rouge.

2. Test d'indépendance ; relation entre les variables (Variables-Variétés)

2.1. Réduction des variables

Le test χ^2 a été appliqué sur vingt-sept variables initiales (Tableau 41), après avoir éliminé huit variables qui ne remplissent pas les conditions d'application de ce test (qui n'ont pas reflétées une importante variabilité) (Tableaux 13, 14, 18, 23, 29, 30, 33 et 34). D'autre part, les quatre-vingt-treize catégories initiales correspondantes à ces vingt-sept variables sélectionnées ont été réduites en soixante-quatre (Tableau 41), cependant, selon TUGAUT (2015), la réduction des catégories (par élimination ou par regroupement des catégories adjacentes) est faite tout en observant : 1) la somme des fréquences observées de chaque catégorie (elle doit être > 20%) (LEMELIN, 2004) et 2) les effectifs théoriques de chaque classe, de sorte qu'ils ne doivent pas être inférieur à 5 (TUGAUT, 2015).

Tableau 41: variables et catégories impliquées dans l'analyse univariée.

Parties caractérisées	Variables	N catégories	Codes catégories retenues	Codes catégories éliminées
Feuilles	Forme feuille	8	B, E, G	A, D, F, H, I
	Nombre lobes	3	1,2	0
	Forme lobe central	7	3-3, 1-5	0, 1-3, 2-3, 2-5, 3-5
	Forme Base	5	2,4	1, 3, 5
	Degré incision	5	2, 3	0, 1, 4
	Surface foliaire	4	1, 2, 3	4
	Dentition bords	4	1, 2	3, 4
	Longueur pétiole	3	1, 2	3
	Section pétiole	2	1, 2	/
Totale	9	41	20	21
Figues-fleurs	Forme fruit (largeur max)	2	1, 3	/
	Forme apex	3	1, 2, 3	/
	Longueur fruit	3	2, 3	1
	Largeur fruit	4	1, 2, 3	4
	Symétrie	2	0, 1	/
	Couleur surface Peau	3	2, 3, 4	/
	Taches irrégulières	3	0, 1, 2	/
	Couleur formation chair	2	0, 3	/
	Couleur pulpe	3	2, 3	4
Totale	9	25	22	3
Figues d'automne	Forme Fruit (indice)	3	1, 2, 3	/
	Forme fruit (largeur max)	2	1, 3	/
	Forme apex	3	1, 2	3
	Largeur fruit	4	1, 2	3, 4
	Symétrie	2	0, 1	/
	Couleur surface Peau	4	1, 2, 4, 5	/
	Taches irrégulières	3	0, 1, 2	/
	Couleur formation chair	2	0, 3	/
	Couleur pulpe	4	4, 5	2, 3
Totale	9	27	22	5

2.2. Sélection des variables ; coefficient χ^2 de Pearson et coefficient de contingence

Les résultats de l'analyse reportés dans Tableau 42, représentant les valeurs « x^2 calculées » pour chaque variable, a permis de constater que toutes ces valeurs ont été supérieures aux valeurs « x^2 critique » qui leur sont correspondantes. Donc, pour la plupart des variables observées on rejette l'hypothèse nulle d'indépendance avec un niveau assez bas que 10^{-3} , sauf pour la variable « symétrie du fruit », où les seuils d'erreurs sont proches de $\alpha = 0,05$ (0,03 pour les figes-fleurs et 0,01 pour les figes d'automne) (Tableau 42).

Tableau 42 : Sélection des variables basée sur le test χ^2 et la valeur C_s .

Parties caractérisées	Variabes	DDL	x^2 Calculée	x^2 critique	p-value	α	C_{max}	C_s
Feuilles	Forme F	46	821,65	63,83	0,00	0,05	0,98	0,79
	N Lb	23	481,33	35,17	0,00			0,66
	Forme Lb	23	450,04	35,17	0,00			0,7
	Forme Bs	23	369,14	35,17	0,00			0,64
	Degré incision	23	255,36	35,17	0,00			0,53
	Surface F	46	492,86	62,83	0,00			0,66
	Dentition	23	231,66	35,17	0,00			0,53
	Long P	23	181,27	35,17	0,00			0,46
	Section P	23	402,12	35,17	0,00			0,62
Figes-fleurs	Forme Fr (lrg)	8	40,61	15,51	0,00	0,05	0,96	0,41
	Forme Apx	16	220,62	26,29	0,00			0,74
	Long Fr	8	90,16	15,51	0,00			0,58
	Lrg Fr	16	114,03	26,29	0,00			0,62
	Symétrie	8	16,89	15,51	0,03			0,27
	Clr Peau	16	243,92	26,29	0,00			0,77
	Taches irrég	16	143,31	26,29	0,00			0,68
	Clr Frm chr	8	52,64	15,51	0,00			0,46
	Clr Pulpe	8	33,52	15,51	0,00			0,38
Figes d'automne	Forme Fr (I)	40	404,2	55,76	0,00	0,05	0,98	0,67
	Forme Fr (lrg)	20	212,27	31,41	0,00			0,55
	Forme Apx	20	285,02	31,41	0,00			0,62
	Lrg Fr	20	161,45	31,41	0,00			0,5
	Symétrie	20	44,47	31,41	0,01			0,28
	Clr Peau	60	1210,8	79,08	0,00			0,85
	Taches irrég	40	358,49	55,76	0,00			0,66
	Clr Frm chr	20	497,28	31,41	0,00			0,72
	Clr Pulpe	20	209,84	31,41	0,00			0,35

C_{max} : La valeur maximale du coefficient de contingence, C_s : Coefficient de contingence standardisé.

Cependant, on a seulement sélectionné les variables qui ont montré une association parfaite avec des valeurs C_s supérieures ou égales à 0,66 pour les feuilles et les figes d'automne, et 0,68 pour les figes-fleurs (Tableau 42). Lors de l'étude de trente-cinq accessions de figier conservées dans un germoplasme en Espagne, une valeur de C_s de 0,82, pour les variables des fruits a été utilisée par Giraldo et al (2010) et a permis de distinguer entre les cultivars étudiés. En effet, HORMAZA (2014) a rapporté que le choix des seuils du C_s est en fonction de la taille

de l'échantillon, et qu'il est basé aussi sur l'observation des données). Par conséquent, douze variables (représentées par trente-trois catégories) fortement dépendantes de la variété ont été retenues ; dont 1) cinq variables sont liées à la feuilles (**forme de la feuille, nombre de lobes, forme du lobes central, forme de la base, surface foliaire**), 2) trois variables sont liées aux figes-fleurs (**forme de l'apex, couleur de la surface de la peau du fruit et présence et couleur des taches irrégulières**), et 3) quatre variables sont liées aux figes d'automne (**forme du fruit en fonction de l'indice « largeur/longueur », couleur de la peau du fruit, présence et couleur des taches irrégulières, couleur de formations dans la chair**) (Tableaux 42). De plus, on peut constater que les variables « **forme du fruit en fonction de l'indice largeur/longueur** » et « **couleur de formations dans la chair** » ont été sélectionnées chez les figes d'automne et éliminées chez les figes-fleurs. En fait, en se basant sur les critères de sélection, la valeur C_s représentée par la variables « **couleur de formations dans la chair** » chez les figes-fleurs " $C_s = 0,46$ " correspond à une différence entre les cultivars, qui n'est pas significative (Tableaux 42), quant à la variables « **forme du fruit en fonction de l'indice largeur/longueur** », elle a été éliminée parce qu'elle ne remplit pas les conditions d'application d'un test khi-deux, ceci est associé à un manque de la variabilité qui est probablement due à la taille de l'échantillon (trois cultivars bifères étudiés).

3. Résultats des analyses multivariées : Analyse en Composantes Principales et Classification Ascendante Hiérarchique

L'analyse univariée, a permis de réduire les variables initiales en douze variables et les catégories en trente-trois. Toutefois, selon (GIRALDO et *al.*, 2010) pour les données biologiques, les corrélations entre les variables sont très fréquentes et l'information générée par l'analyse uni-variée pourrait être redondante. Pour cette raison, on a eu recours en plus, 1) à l'Analyse en Composantes Principales (ACP) qui permet, selon IEZZONI et PRITTS (1991) de restructurer un ensemble de donnée contenant plusieurs variables corrélées en un ensemble de composantes plus restreint, à partir des variables étudiées, et 2) à la Classification Hiérarchique Ascendante (CAH) comme approche complémentaire de l'ACP qui joue essentiellement avec la hiérarchie obtenue selon (HUSSON et *al.*, 2009) le rôle d'aide à l'interprétation de l'ACP.

Selon IEZZONI et PRITTS (1991), l'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode qui peut être utilisée pour identifier les caractères les plus discriminants (permettant la comparaison entre les cultivars) en éliminant les redondances. Malheureusement, la

contrainte d'orthogonalité des axes rend l'interprétation au-delà du premier plan factoriel très délicate, car les informations délivrées sont alors résiduelles, sachant les proximités déjà observées sur les axes précédents (REBOUL, 2015). Cependant, la méthode de classification CAH prend en compte l'ensemble des dimensions du nuage, et corrige donc les distorsions des projections factorielles, en appréhendant les individus tels qu'ils sont en réalité, et non tels qu'ils apparaissent en projection (REBOUL, 2015). En effet, la complémentarité graphique de l'arbre hiérarchique donne une idée de l'information portée par les autres dimensions de l'analyse factorielle (HUSSON et JOSSE, 2015). Dans ce cas, d'après (GIRALDO et *al.*, 2010) les variables utilisées par la CAH seront les coordonnées des individus sur les premiers axes factoriels sélectionnés présentant des valeurs propres supérieures à la valeur 1, avec d'autres critères de sélection basés sur le maintien d'un certain nombre de composantes principales qui expliquent au moins 80% de la variabilité totale (EASTMENT et KRZANOWSKI, 1982). Par ailleurs, CLIFF en 1987 a rapporté qu'on doit accepter les premières composantes expliquant 70% de la variabilité totale (LÓPEZ et HIDALGO, 1994). D'autre part, pour une CAH stable et plus clair on ne doit conserver que les axes que l'on a su interpréter (HUSSON et JOSSE, 2015).

3.1. ACP et CAH pour la partie végétative; Feuilles

L'ACP basée sur les douze catégories liées à la feuille a montré que les trois premières composantes principales (CPs) contribuent avec 90,14% de la variabilité totale, les deux premiers axes expliquent 75,97% de la variabilité (Tableau 43).

Tableau 43 : Valeurs propre et la variabilité des feuilles expliquée par les cinq premiers axes.

paramètres statistiques	F1	F2	F3
Valeur propre	5,63	3,48	1,70
Variabilité (%)	46,95	29,02	14,16
% cumulé	46,95	75,97	90,14

Ainsi, on peut constater qu'une forte variabilité existe sur le plan morphologique des feuilles de fait que 90,14 % de la variabilité est distribuée sur ces trois premiers axes. Cependant, l'axe F3 n'a pas montré des corrélations significatives avec les variables étudiées, exceptés pour la surface foliaire (moyenne et petite), c'est pourquoi on n'a gardé pour l'analyse que les deux premiers axes F1 et F2. D'autres part, le fait de prendre les trois axes pour l'analyse CAH cela va forcément biaiser la classification des cultivars en fonction des variables prises en compte et ayant exprimés une forte contribution à la formation surtout des axes F1 et F2.

3.1.1. Représentation des variables : cercle des corrélations sur le plan 1-2

Une variable sera d'autant mieux représentée sur un axe que sa corrélation avec la composante principale correspondante est en valeur absolue proche de 1 (DUBY et ROBIN, 2006). L'analyse des corrélations et des corrélations au carré (Tableau 44) a permis de constater que la première composante principale, (ou l'axe F1) qui explique 46,95% de la variabilité totale, a reçu une forte contribution positive des quatre variables : nombre de lobes « penta-lobes » (96,86%), forme du lobe central « spatulé » chez les feuilles penta-lobée à (94,81%), et la forme de la feuille « B » (81,55%). Par contre, les variables nombre de lobes « trilobes », forme du lobe central « lancéolé » chez les feuilles trilobées, ont montrés des corrélations négatives avec la CP1 (la première composante principale).

Par ailleurs, des fortes contributions positives des variables : la forme de la base « cordiforme » (82,89%) et la surface foliaire « grande » (55,25%) ont été enregistrées sur la CP2, ainsi, la variable forme de la feuille « E » qui a eu une contribution de 49% sur cet axe (Tableau 44).

Tableau 44: corrélations et corrélations au carré entre les variables liées à la feuille et les axes principaux.

Variables	F1		F2	
	Corr	Corr ^{2%}	Corr	Corr ^{2%}
Tri-Lb	-0,97	94,15	0,09	0,85
Penta-Lb	0,98	96,86	-0,04	0,17
Tri-Lb-Lanc	-0,98	96,09	0,07	0,55
Penta-Lb-Spt	0,97	94,81	-0,03	0,12
Forme F-B	0,94	88,48	-0,05	0,28
Forme F-E	-0,59	35,31	0,7	49,00
Forme F-G	-0,47	22,52	-0,79	63,49
Forme Bs-Crd	0,19	3,74	0,91	82,89
Forme Bs-Dcrt	-0,46	21,01	-0,83	69,66
Surfac F-Pt	0,25	6,24	-0,44	19,62
Surfac F-Moy	-0,04	0,14	-0,31	9,46
Surfac F-Grd	-0,20	4,04	0,74	55,25

Forme F-E/ F-B/ F-G: Forme de la feuille « E »/ « B »/ « G »; **Surfac F-Pt/ F-Moy/ F-Grd:** Surface foliaire petite/moyenne/grande; **Penta-Lb:** Penta-lobes; **Tri-Lb:** Trilobes; **Penta-Lb-Spt:** Pentalobes avec lobe central spatulé; **Tri-Lb-Lanc:** Trilobes avec lobe central lancéolé.

La Figure 20, permet de repérer les variables étudiées et leurs corrélations. En se basant sur le plan factoriel F1-F2 du cercle des corrélations. En effet, une variable sera bien représentée sur un plan si elle est proche du bord du cercle des corrélations, car cela signifie que le cosinus de l'angle du vecteur joignant l'origine au point représentant la variable avec le plan est, en valeur

absolue, proche de 1 (DUBY et ROBIN, 2006). Pour ce cas, quatre groupes de variables ont été identifiées :

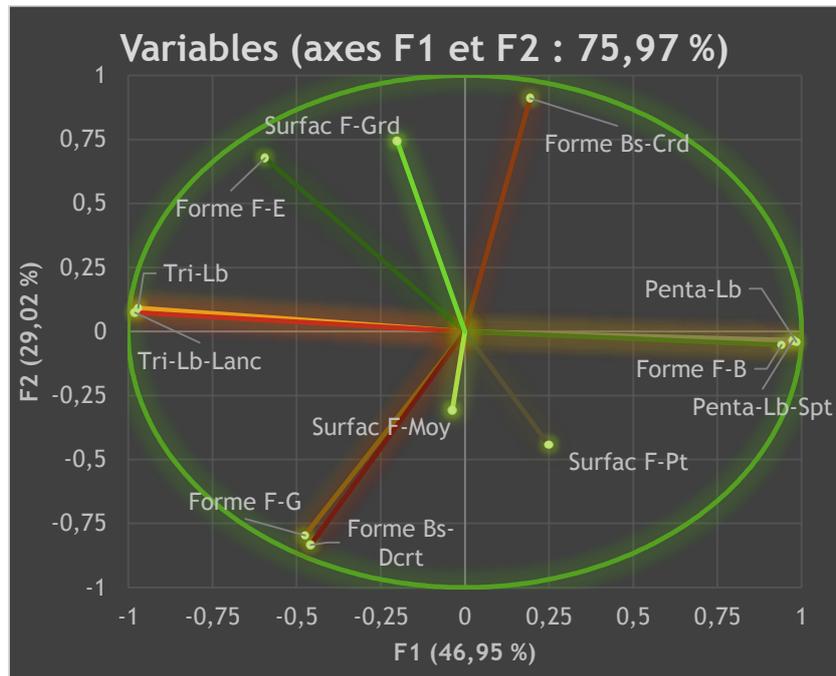


Figure 19: Cercle de corrélations des variables liées à la feuille (F1, F2).

Forme F-E/ F-B/ F-G: Forme de la feuille « E »/ « B »/ « G »; **Surfac F-Pt/ F-Moy/ F-Grd:** Surface foliaire petite/moyenne/grande; **Penta-Lb:** Penta-lobes; **Tri-Lb:** Trilobes; **Penta-Lb-Spt:** Pentalobes avec lobe central spatulé; **Tri-Lb-Lanc:** Trilobes avec lobe central lancéolé.

Pour l'axe F1 (Figure 20), on distingue deux groupes de variables :

- Un premier groupe de variables fortement et positivement corrélées à l'extrémité positive de l'axe, formé par : **forme de la feuille B**, **nombre de lobes « penta-lobes »** et **penta-lobes avec lobe central spatulé**.
- Un deuxième groupe de variables à l'extrémité opposée du premier, dont les variables sont négativement corrélées avec le premier axe et qui sont : **nombre de lobe « trilobes »** et **forme de lobe central « lancéolé »** chez les feuilles trilobées.

Pareillement, on peut faire ressortir deux groupes de variables corrélées avec l'axe F2 (Figure 20) :

- Le groupe des variables (**Forme de la base « cordiforme »**, **forme de la feuille « E »** et **surface foliaire « grande »**) à l'extrémité positive de l'axe F2, a représenté une forte corrélation positive.
- Un deuxième groupe de variables corrélées négativement avec l'axe F2 à son extrémité négative et qui sont : **forme de la feuille G** 63,49%, **forme de la base « décurrente »** 69,66%.

3.1.2. CAH et analyse du nuage de point-cultivars : graphiques des individus

D'après DUBY et ROBIN (2006), les projections proches de deux individus sur un axe ou sur un plan peuvent ne pas être proches dans l'espace. Alors, un individu est bien représenté par sa projection sur un axe, si le carré du cosinus de l'angle entre le vecteur présentant cet individu et l'axe (ou le plan) est proche de 1 (DUBY et ROBIN, 2006). De plus, pour une observation donnée, la somme des cosinus carrés sur les premiers axes factoriels, donne une idée de la fidélité de la représentation dans le plan défini par ces axes, pour cette observation (XLSTAT, 2015).

Les résultats reportés dans le Tableau 45 ont permis d'observer la distribution des vingt-quatre pieds, des huit cultivars caractérisés, selon leurs contributions les plus marquées sur les axes F1, F2 et F3 ; comme suit :

Tableau 45: coordonnées et cosinus au carré des pieds caractérisés.

Observation	F1		F2		F3		Total cos ²
	Coord	cos ²	Coord	cos ²	Coord	cos ²	
AB1	2,61	0,86	-0,45	0,02	-0,37	0,01	0,89
AB2	2,68	0,65	-0,81	0,06	-1,18	0,12	0,83
AB3	2,63	0,73	0,29	0,01	-1,41	0,21	0,95
ALK1	2,66	0,85	-0,26	0,01	-0,37	0,01	0,87
ALK2	2,01	0,64	0,52	0,04	-1,37	0,30	0,98
ALK3	2,71	0,89	-0,02	0,00	-0,53	0,03	0,92
AV1	-2,42	0,36	3,09	0,6	0,22	0,00	0,96
AV2	-2,12	0,27	3,08	0,6	0,35	0,01	0,88
AV3	-2,25	0,38	2,54	0,5	0,65	0,03	0,91
BB1	2,07	0,44	1,29	0,17	-1,51	0,23	0,84
BB2	-0,08	0,00	1,8	0,60	-0,78	0,116	0,72
BB3	-0,58	0,07	1,71	0,67	-0,90	0,18	0,92
ROUD1	-2,65	0,32	-3,78	0,65	-0,52	0,01	0,98
ROUD2	-2,54	0,27	-4,01	0,7	-0,27	0,00	0,97
ROUD3	-2,70	0,35	-3,55	0,62	-0,16	0,00	0,97
ZRK1	-2,19	0,63	0,59	0,04	-0,84	0,09	0,76
ZRK2	-2,51	0,6	-1,19	0,13	-1,72	0,27	1
ZRK3	-1,94	0,33	0,96	0,08	-1,21	0,13	0,54
HMR1	3,67	0,74	-1,27	0,08	1,49	0,12	0,94
HMR2	2,65	0,53	0,00	0,00	2,26	0,38	0,91
HMR3	3,21	0,64	-1,13	0,08	1,92	0,23	0,95
ELFESS1	-2,27	0,37	0,20	0,00	2,62	0,5	0,87
ELFESS2	-0,85	0,09	0,40	0,02	2,29	0,69	0,8
ELFESS3	-1,79	0,5	-0,01	0,00	1,37	0,28	0,78

AB: ABIAROUS, ALK: ALEKAK, AV: AVOUACOU, BB: BAKOR BLANC, ROUD: ROUDANE, ZRK: ZREKA, HMR: HAMRI, ELFESS: ELFESSI.

Sur l'axe F1 :

- Les trois pieds du cultivar **ABIAROUS** (**AB1, AB2, AB3**), ceux du cultivar **ALEKAK** (**ALK1, ALK2, ALK3**), ainsi que ceux du cultivar **HAMRI** (**HMR1, HMR2, HMR3**) ont montré des fortes contributions positives sur cet axe. Cependant, le premier pied du cultivar **BAKOR BLANC** (**BB1**) a eu une contribution relativement moyenne.
- En ce qui concerne les deux premiers pieds du cultivar **ZREKA** (**ZRK1, ZRK2**) et le troisième pied du cultivar **ELFESSI** (**ELFESS3**), ils ont des contributions sur l'axe F1. Pour le pied (**ZRK3**), il a exprimé une faible contribution.

Sur l'axe F2 :

- Les trois pieds du cultivar **AVOUACOU** (**AV1, AV2, AV3**) et ceux du cultivar **BAKOR BLANC** (**BB2, BB3**), ont montré de fortes contributions positives sur cet axe. Alors que, les trois pieds du cultivar **ROUDANE** (**ROUD1, ROUD2, ROUD3**), ont montré de fortes contributions négatives.

Le dendrogramme de la CAH (Figure 21) a été obtenu par les données des deux premières composantes principales (axes factoriels F1 et F2) ayant expliqués 75,97% de la variabilité totale. Les résultats ont permis de classer les cultivars en trois clusters (Figures 21, 22 et 23) :

Classe 1 : est formée par deux sous-groupes. Le premier est constitué par les cultivars **ALEKAK** (**ALK1**) et **BAKOR BLANC** (**BB1**). Le deuxième sous-groupe regroupe les deux pieds (**ALK2, ALK3**) du cultivar **ALEKAK**, les trois pieds du cultivar **HAMRI** (**HMR1, HMR2, HMR3**) et les trois pieds **AB1, AB2, AB3** du cultivar **ABIAROUS** (Figure 21).

Classe 2 : est constituée de deux principaux sous-groupes. Le premier, regroupe les pieds des cultivars **ZREKA**, et **ELFESSI**. Les pieds des cultivars **BAKOR BLANC** et **AVOUACOU** ont formé le deuxième sous-groupe (Figure 21).

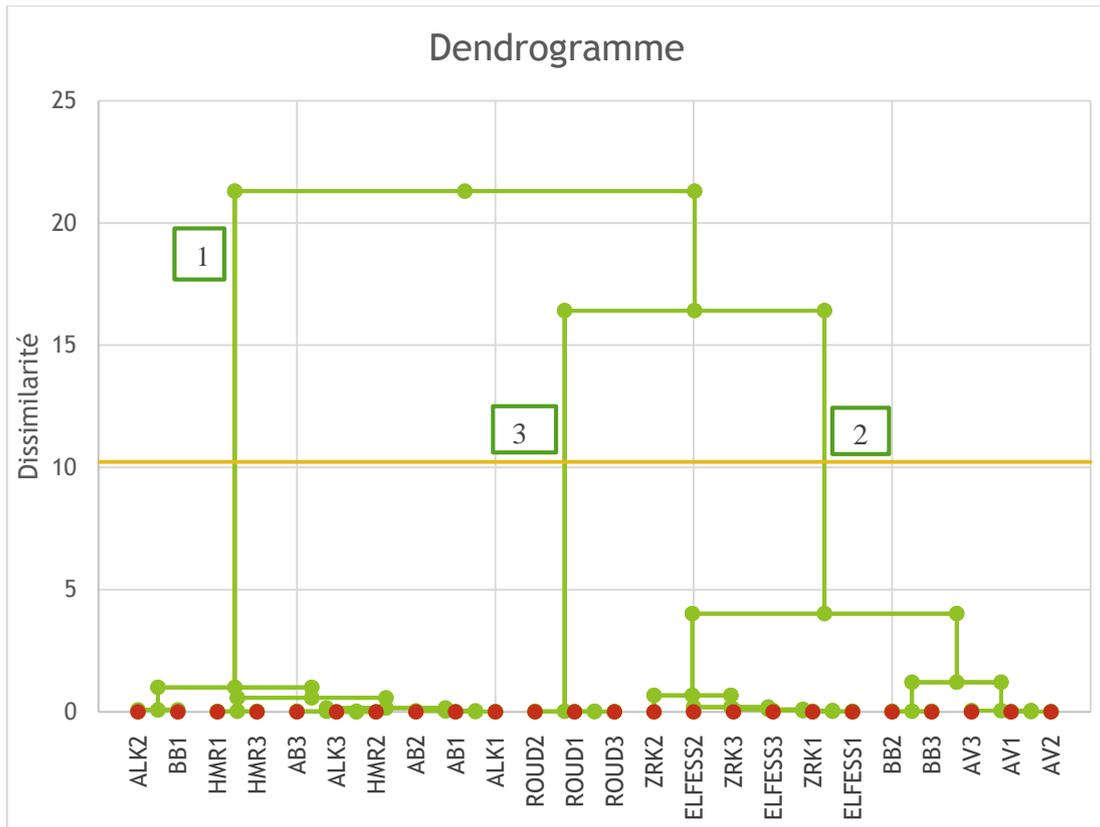


Figure 20 : Dendrogramme du regroupement des vingt-quatre pieds (huit cultivars) basé sur les deux premiers axes factoriels de l'ACP (variables liées aux feuilles).

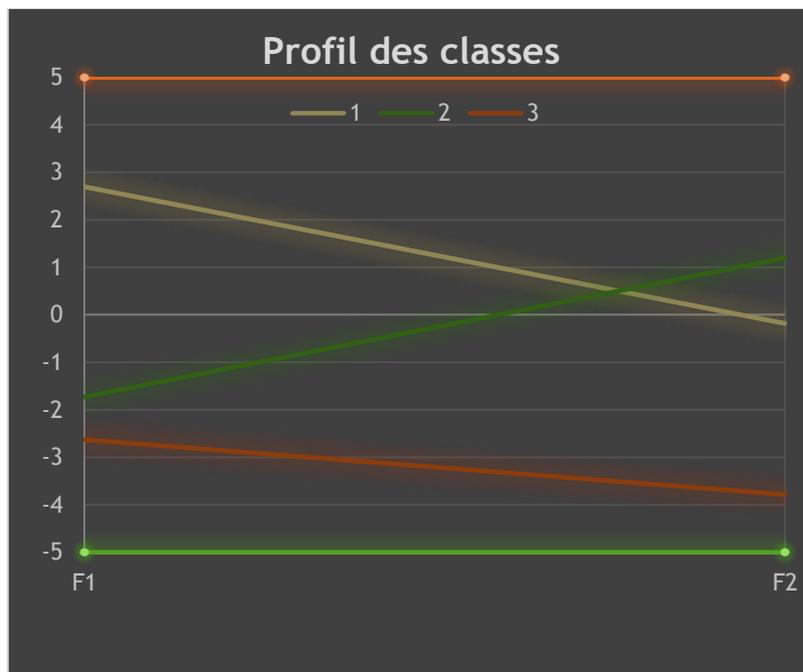


Figure 21: Profil des classes obtenues en fonction des deux axes factoriels (variables liées à la feuille).

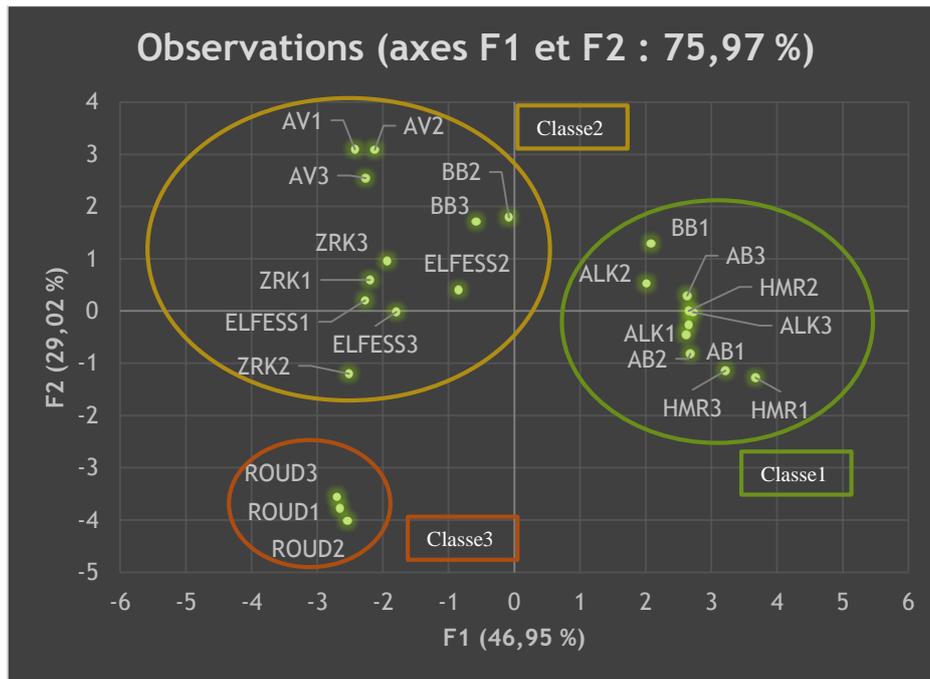


Figure 22 : Projection des pieds des huit cultivars les mieux représentés sur le plan factoriel 1-2 (variables liées feuilles).

Classe 3 : est représentée uniquement par les pieds du cultivar ROUDANE (Figure 21).

Par ailleurs, et comme expliqué plus haut, les résultats de l'analyse en composantes principales (Tableaux 44 et 45), et ceux de la classification ascendante hiérarchique (Figures 21 et 22) ont permis de définir trois classes représentant les huit cultivars étudiés, en se basant sur les variables initiales sélectionnées (Tableau 46). Donc, pour chaque classe, on a pu regrouper les cultivars comme suit :

Classe 1 :

Regroupe les trois cultivars ALEKAK, HAMRI, ABIAROUS et le premier pied du cultivar BAKOR BLANC (BB1) (Tableau 46). Les pieds de ces cultivars sont caractérisés par des feuilles de type « forme B » (penta-lobées avec un lobe central spatulé et base cordiforme) (Figure 24 et Tableau 46).

Classe 2 :

Regroupe les pieds des trois cultivars ZREKA, ELFESSI et AOUACOU ainsi que deux pieds du cultivar BAKOR BLANC (BB2, BB3) (Tableau 46). Les pieds de ces cultivars sont caractérisés par des feuilles de « Forme E » (trilobées, base cordiforme) avec un lobe central lancéolé (Tableaux 24 et 46).

Classe 3 :

Est représentée uniquement par le cultivar ROUDANE qui s'est caractérisé par des feuilles de « forme G » (base décurrente), trilobées avec un lobe central lancéolé.

Tableau 46 : Classification des vingt-quatre pieds homogènes des cultivars étudiés obtenus par l'analyse hiérarchique en fonction des deux axes factoriels (variables liées à la feuille).

Classes	Cultivars	CPs	Variables
1	ALK2, BB1, HMR1, HMR3, AB3, ALK3, HMR2, AB2, AB1, ALK1.	F1	Forme B, penta-lobée, lobe central spatulé.
2	ZRK2, ELFESS2, ZRK3, ELFESS3, ZRK1, ELFESS1, BB2, BB3, AV3, AV1, AV2.	(-F1), F2	Forme E, trilobées, lobe central lancéolé, base cordiforme.
3	ROUD1, ROUD2, ROUD3.	(-F1), (-F2)	Forme G, base décurrente, trilobée, lobe central lancéolé.

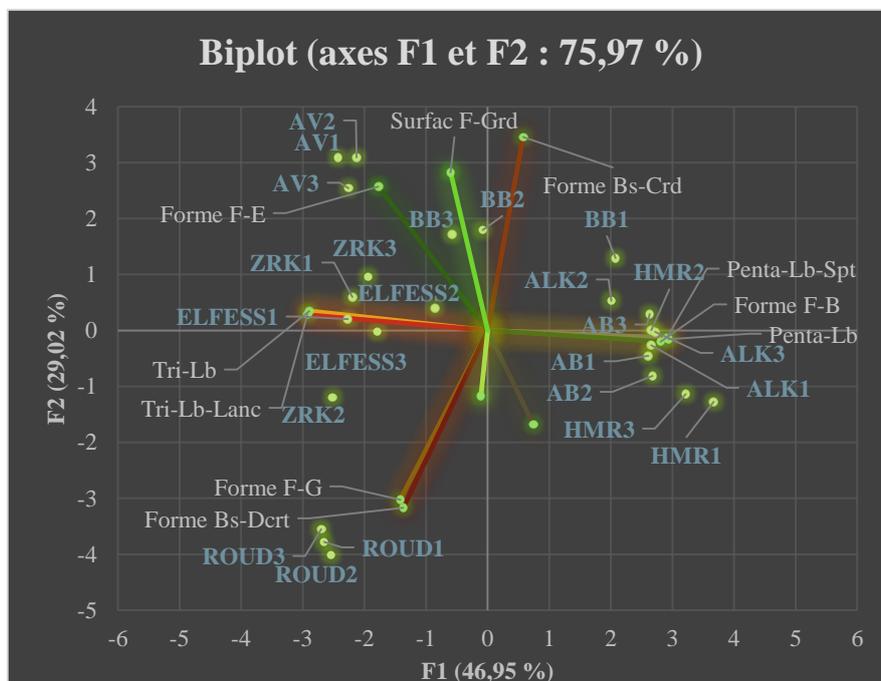


Figure 23 : Projection des cultivars sur le plant factoriel 1-2 (biplots) (feuilles).

3.2. ACP et CAH pour la partie reproductrice ; figes d'automne et figes-fleurs

L'analyse en composantes principales basée sur les fruits d'automne et les figes-fleurs des vingt-quatre pieds appartenant aux huit cultivars a montré que les cinq premières composantes principales (axes F1, F2, F3, F4 et F5) expliquent 88,21% de la variabilité totale, et dont les quatre premiers axes expliquent 81,98% de cette variabilité (Tableau 47). Sur ce dernier, on peut constater qu'une forte variabilité existe sur le plan morphologique de fruits et que 66,23% de la variabilité est distribuée surtout sur les trois premiers axes (Tableau 47). Cependant, les

axes F4 et F5 n'ont pas été pris en compte pour les analyses ACP et CAH car ils n'ont pas représenté des corrélations significatives avec les variables sélectionnées.

Tableau 47 : Valeurs propre et la variabilité des figes d'automne et des figes-fleurs expliquée par les cinq premiers axes.

paramètres statistiques	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	5,52	4,85	3,55	3,31	1,31
Variabilité (%)	26,27	23,08	16,88	15,75	6,23
% cumulé	26,27	49,34	66,23	81,98	88,21

3.2.1. Représentation des variables: Cercles des corrélations sur les plans 1-2, 2-3

En analysant le Tableau 48, on a remarqué que la première composante principale (F1) qui explique 26,27% de la variabilité totale, a reçu une forte contribution positive des variables : couleur « vert clair » de la peau des figes d'automne (54,63%), couleur « verte » de la peau des figes-fleurs (50,33%), absence de formation dans la chaire (55,58%) (chez les figes d'automne), forme « arrondie » de l'apex des figes-fleurs (49,83%). La variable taches irrégulières chez les figes-fleurs a présentée des contributions positives par ces deux catégories (absence de taches (49,18%) et présence de taches de couleurs jaune (50,71%)). Les formes « oblate » et « GLOBULEUX » des figes d'automne ont montré des corrélations plus faibles (23,59%, 10,12% respectivement). Par ailleurs, des contributions moyennes négatives de quatre variables liées aux figes d'automne ont été marquées sur cet axe (F1) ; formations dans la chair de couleur claire (47,50%), couleur noir de la peau du fruit (46,82%), absence de taches irrégulières (34,02%) et forme « oblongue » des fruits (26,44%).

Quant à l'axe F2 (Tableau 48), qui représente 23,08% de la variabilité totale, il a reçu une forte contribution positive des variables liées aux figes-fleur (BAKOR) ; il s'agit des deux formes de l'apex tronquée (56,88%) et pointu (52,67%), les deux couleurs de la peau « violet » (43,99%) et « marron » (49,55%), et la variable taches irrégulières de couleur verte contribue avec 78,93%. Cependant, les trois variables liées aux figes d'automne ; la forme « oblate » du fruit, la couleur verte de la peau et la présence de taches irrégulière de couleur jaune ont présentées des corrélations négatives relativement faibles avec cet axe (16,38%, 34,04% et 31,49% respectivement).

Tableau 48 : Corrélations et corrélations au carré entre les variables morphologique des fruits et les axes principaux.

variables	F1		F2		F3	
	Corr	Corr ² %	Corr%	Corr ² %	Corr	Corr ² %
FIG-Peau-NOIR	-0,68	46,82	-0,32	10,05	0,07	0,54
FIG-Peau-VIOLET	-0,05	0,26	0,53	28,53	0,76	57,05
FIG-Peau-VERT	0,20	3,84	-0,58	34,04	-0,12	1,50
FIG-Peau-VERT Clair	0,74	54,63	-0,36	12,86	-0,15	2,38
FIG-Taches irrég-ABS	-0,58	34,02	-0,52	27,00	0,19	3,59
FIG-Taches irrég-JN	0,43	18,87	-0,56	31,49	-0,12	1,33
FIG-Taches irrég-VRT	0,40	15,82	0,20	3,89	0,61	36,69
FIG-Frm chr-AUC	0,75	55,58	-0,19	3,50	0,51	25,91
FIG-Frm chr-Clr	-0,69	47,50	-0,32	10,03	0,08	0,67
FIG-OBLONG	-0,51	26,44	-0,33	10,90	0,31	9,52
FIG-GLOBULEUX	0,32	10,12	0,18	3,31	0,72	51,80
FIG-OBLAT	0,49	23,59	-0,40	16,38	-0,06	0,37
BAKR-Frm-Apx-TRQ	-0,10	0,99	0,75	56,88	-0,63	39,97
BAKR-Frm-Apx-ARND	0,71	49,83	0,00	0,00	-0,28	7,92
BAKR-Frm-Apx-PNT	0,09	0,76	0,73	52,67	0,48	22,72
BAKR-Peau-VIO	0,05	0,27	0,66	43,99	0,56	31,26
BAKR-Peau-MAR	-0,27	7,29	0,70	49,55	-0,63	39,89
BAKR-Peau-VRT	0,71	50,33	0,17	3,02	-0,21	4,56
BAKR-Taches irrég-ABS	0,70	49,18	0,28	7,57	-0,07	0,44
BAKR-Taches irrég-JN	0,71	50,71	-0,01	0,02	-0,27	7,18
BAKR-Taches irrég-VRT	-0,22	4,79	0,89	78,93	-0,30	9,23

FIG : figes d'automne ; **peau-** (couleur de la peau du fruit) NOIR/ VIOLET/ VERT/ VERT Clair; **Taches irrég-ABS** : absence de taches irrégulières; **Taches irrég-JN/VRT** : couleur des taches irrégulières jaune/vert; **Frm chr-AUC** : absence de formations dans la chair ; **Frm chr-Clr** : coloration clair des formations dans la chair ; **FIG-OBLONG/GLOBULEUX/OBLAT** : forme du fruit ; **BAKR** : figes-fleurs (bakor); **Frm-Apx-TRQ/ARND/ PNT** : forme de l'apex (tronqué/arrondi/pointu); **Peau-VIO/ MAR/ VRT**: couleur de la peau (violet/marron/vert).

Par contre, l'axe F3 (Tableau 48) a été caractérisé par des contributions positives des variables liées aux figes d'automne. A partir du Tableau 48, on peut constater que les variables couleur « violet » de la peau et la forme globuleuse de fruit ont montré des corrélations de 57,05% et 51,80%, respectivement. Les variables présence de taches irrégulières de couleur verte et absence de formations dans la chair ont eu des contributions moins prononcées (36,69% et 25,91%, respectivement). Les corrélations négatives qui ont été marquées sur cet axe sont présentées par les variables liées aux figes-fleurs (forme de l'apex tronquée (39,97%), couleur marron de la peau du fruit (39,89%) (Tableau 48). Les Figures 25 et 26 permettent de repérer

les variables étudiées et leurs corrélations avec les axes F1, F2, F3 sur les plans factoriels F1-F2 et F2-F3. En effet, six groupes de variables ont été identifiées :

Pour l'axe F1 (Figure 25), on distingue deux groupes de variables :

- Le premier groupe de variables qui sont positivement corrélées et situées à l'extrémité positive de l'axe et est représenté par les variables : **couleur « vert clair » de la peau des figes d'automne, couleur « verte » de la peau des figes-fleurs, absence de formation dans la chaire chez les figes d'automne, forme « arrondie » de l'apex des figes-fleurs, absence de taches irrégulière et présence de taches irrégulières de couleurs jaune** (chez les fige-fleurs) et **formes « oblate » des figes d'automne**.
- Le deuxième groupe de variables qui sont liées aux figes d'automne, à l'extrémité opposée de l'axe, et dont les variables sont négativement corrélées avec le premier groupe, et qui sont : **formations dans la chair de couleur claire, couleur noir de la peau, absence de taches irrégulières et forme « oblongue » de fruit**.

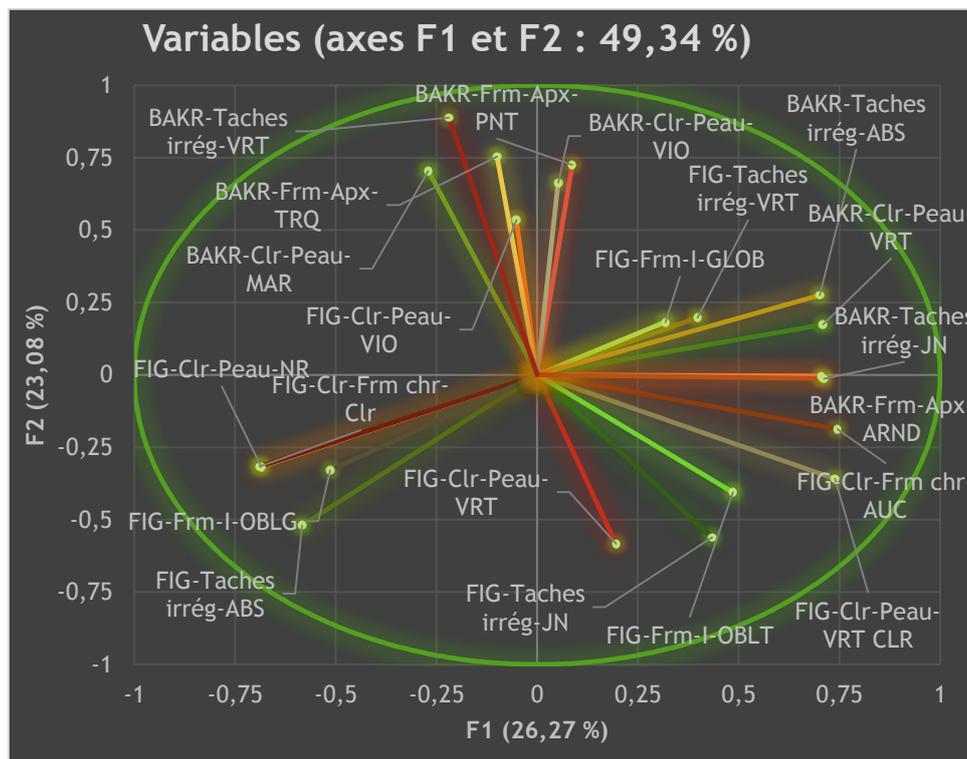


Figure 24 : Cercle de corrélations des variables liées aux fruits (F1, F2).

FIG : figes d'automne ; **Peau-NR/ VIO/ VRT/ VRT CLR** : couleur de la peau du fruit noir/violet/vert/vert clair; **Taches irrég-ABS** : absence de taches irrégulières; **Taches irrég-JN/VRT** : couleur des taches irrégulières jaune/vert; **Clr- Frm chr-Clr** : absence de formations dans la chair; **Clr-Frm chr-Clr** : coloration claire des formations dans la chair; **Fom-I** (forme du fruit en fonction de l'indice I)-**OBLG/GLOB/OBLT** (OBLONG/GLOBULEUX/OBLAT); **BAKR** : figes-fleurs (bakor); **Frm-Apx-TRQ/ ARND/ PNT** : forme de l'apex (tronqué/arrondi/pointu); **Peau-VIO/ MAR/ VRT** : couleur de la peau (violet/marron/vert).

Pareillement, on peut faire ressortir deux groupes de variables corrélées avec l'axe F2 (Figure 25) :

- Le groupe des variables liées aux figues-fleurs (**formes de l'apex tronquée et pointu, les deux couleurs de la peau « violet » et « marron », taches irrégulières de couleur verte**), situées à l'extrémité positive de l'axe F2, ont montré de fortes corrélations positives avec cet axe.
- Un deuxième groupe de variables liées aux figues d'automne, corrélées négativement sur l'axe F2, situées à l'extrémité négative sont : **la forme « oblate » du fruit, la couleur verte de la peau du fruit et la présence de taches irrégulières de couleur jaune.**

Le troisième axe F3 (Figure 26) a été représenté par les groupes de variables suivants :

- Celles liées aux figues d'automne, à l'extrémité positive de l'axe : **la couleur « violet » de la peau, forme globuleuse de fruit, présence de taches irrégulières de couleur verte et absence de formations dans la chair.**
- Des variables liées aux figues-fleurs, montrant des corrélations négatives sur cet axe et projetées sur l'extrémité négative de l'axe ; **forme de l'apex tronquée, couleur marron de la peau du fruit.**

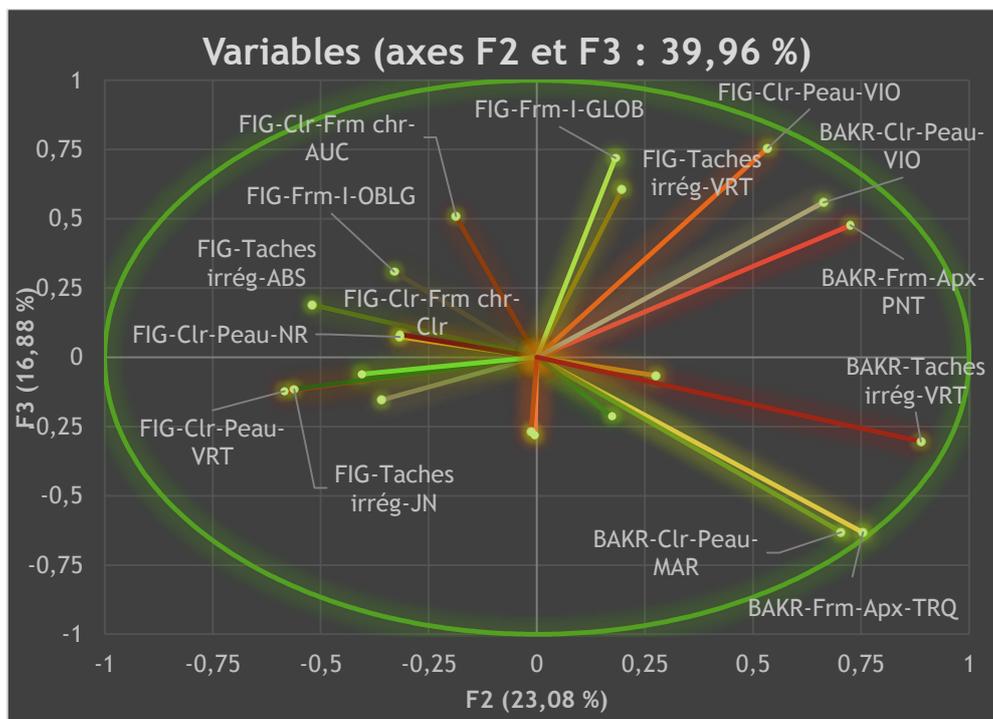


Figure 25 : Cercle de corrélations des variables liées aux fruits (F2, F3).

3.2.2. CAH et analyse du nuage de points- cultivars : graphique des individus

Le Tableau 58 a permis d'observer la distribution des vingt-quatre pieds des huit cultivars caractérisés, selon leurs contributions les plus marquées sur les axes F1, F2, et F3 ; comme suit :

Sur l'axe F1 :

- Les pieds (**BB1, BB2, BB3**) du cultivar bifère, **BAKOR BLANC**, ont des contributions moyennes positives dans la formation de cet axe. Par contre, pour ceux (**HMR1, HMR2, HMR3**) du cultivar unifère, **HAMRI**, on constate qu'ils ont de moyennes contributions négatives sur l'axe F1.
- En ce qui concerne les pieds (**ALK1, ALK2, ALK3**), du cultivar **ALEKAK**, ils ont été mal représentés sur le plan F1-F2 à son extrémité positive.

Tableau 49 : Coordonnées et cosinus au carré des pieds caractérisés.

Cultivars	F1		F2		F3		Total Cos ²
	Coor	Cos ²	Coor	Cos ²	Coor	Cos ²	
AB1	0,42	0,02	-1,66	0,25	0,23	0,01	0,28
AB2	0,56	0,02	-1,79	0,25	0,07	0,00	0,27
AB3	-0,44	0,01	-2,21	0,27	-0,11	0,00	0,28
ALK1	1,22	0,12	-1,11	0,10	0,06	0,00	0,22
ALK2	1,14	0,13	-1,25	0,16	-0,01	0,00	0,29
ALK3	1,30	0,16	-0,81	0,06	0,55	0,03	0,25
AV1	0,37	0,01	-2,10	0,39	-0,45	0,02	0,42
AV2	0,09	0,00	-2,23	0,39	-0,48	0,02	0,41
AV3	0,52	0,01	-2,40	0,30	-0,86	0,04	0,35
BB1	4,54	0,56	-0,27	0,00	-1,26	0,04	0,6
BB2	4,36	0,65	-0,32	0,00	-0,64	0,01	0,66
BB3	4,65	0,66	-0,18	0,00	-1,53	0,07	0,73
ROUD1	0,72	0,02	3,89	0,58	3,01	0,35	0,95
ROUD2	0,55	0,01	3,70	0,49	3,04	0,33	0,83
ROUD3	-0,17	0,00	3,92	0,63	2,57	0,27	0,9
ZRK1	-1,34	0,08	3,05	0,39	-3,48	0,51	0,98
ZRK2	-2,10	0,13	3,56	0,37	-4,03	0,47	0,97
ZRK3	-1,77	0,12	3,17	0,37	-3,66	0,49	0,98
HMR1	-4,40	0,58	-1,95	0,11	0,19	0,00	0,69
HMR2	-4,16	0,58	-1,76	0,10	0,46	0,01	0,69
HMR3	-4,12	0,59	-1,82	0,11	0,38	0,00	0,7
ELFESS1	-1,17	0,16	-0,03	0,00	1,48	0,25	0,41
ELFESS2	-0,61	0,04	0,13	0,00	2,11	0,42	0,46
ELFESS3	-0,15	0,00	0,46	0,02	2,34	0,45	0,47

Sur l'axe F2 :

- Les pieds **ROUD1**, **ROUD2**, **ROUD3** du cultivar bifère, **ROUDANE** ont contribué positivement à la formation de cet axe.
- Alors que, les six pieds (**AB1**, **AB2**, **AB3** et **AV1**, **AV2**, **AV3**) des cultivars, **ABIAROUS** et **AVOUACOU**, ont été mal représentés sur le plan F1-F2 à son extrémité négative.

Sur l'axe F3 :

- Les trois pieds (**ELFESS1**, **ELFESS2** et **ELFESS3**), du cultivar **ELFESSI**, ont été mal représentés sur le plan F1-F3 à l'extrémité positive de cet axe. Ainsi, on a pu constater que les trois pieds, du cultivar **ZREKA**, ont contribué moyennement à la formation de cet axe et ont été projetés à son extrémité négative.

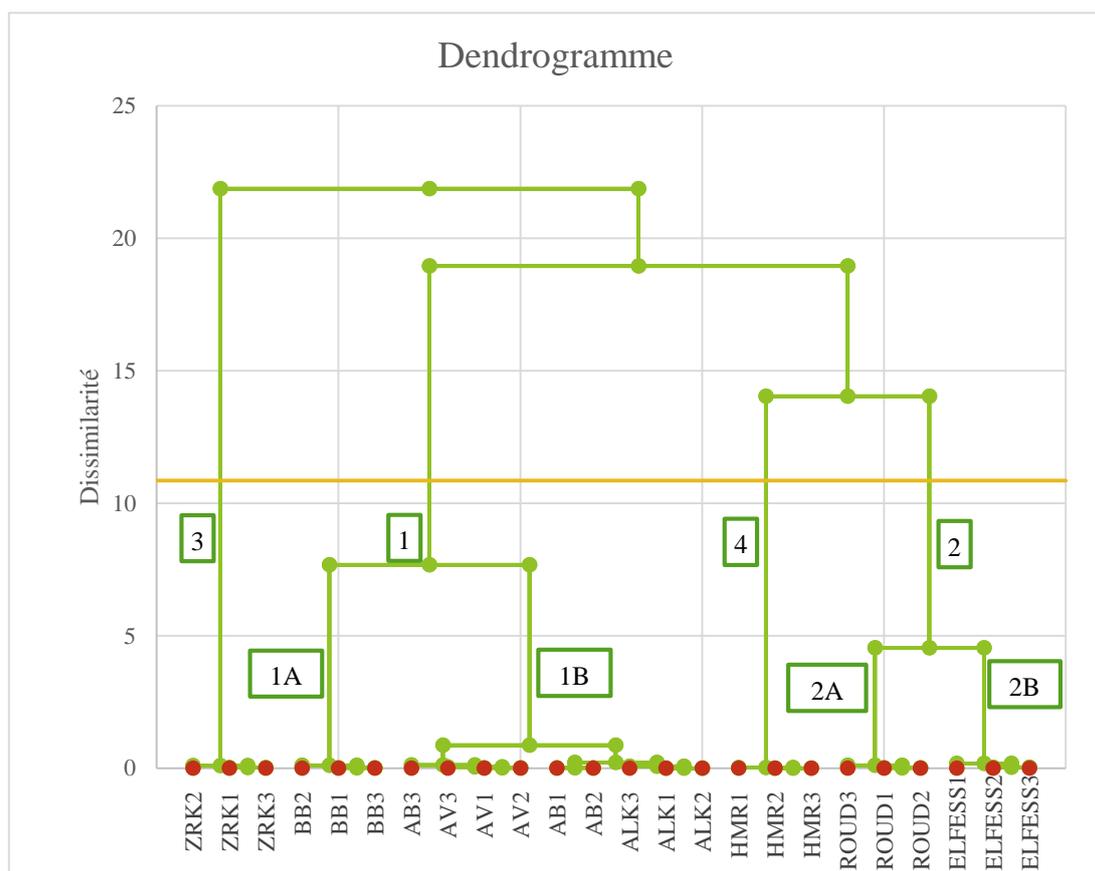


Figure 26: Dendrogramme du regroupement des vingt-quatre pieds (huit cultivars) basé sur les trois premiers axes factoriels de l'ACP (variables liées aux fruits).

Le dendrogramme obtenu par l'analyse de la CAH (Figure 27) sur base des données des trois premières composantes principales (F1, F2 et F3), ayant expliquées 66,23% de la variabilité

totale, a permis de classer les huit cultivars en quatre classes hétérogènes (Figures 27, 28, 29, et 30) :

Classe 1 : Elle est formée par deux sous-groupes. Le premier est constitué par le cultivar BAKOR. Le deuxième sous-groupe regroupe les cultivars ABIAROUS, AVOUACOU et ALEKAK (Figure 27).

Classe 2 : Est constituée de deux principaux sous-groupes. Le premier, regroupe les pieds des cultivars ROUDANE et le deuxième ceux du cultivar ELFESSI (Figure 27).

Classe 3 : Elle rassemble les trois pieds du cultivar ZREKA (ZRK1, ZRK2, ZRK3) qui ont sont projetés sur l'axe F2.

Classe 4 : Elle regroupe les trois pieds du cultivar HAMRI (HMR1, HMR2, HMR3) qui sont projetés à l'extrémité négative de l'axe F1.

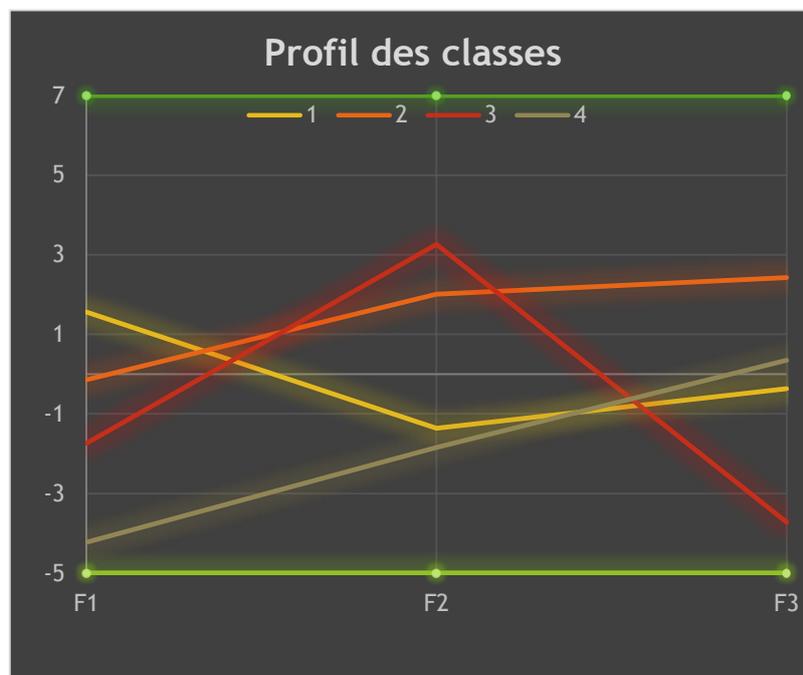


Figure 27 : Profil des classes obtenues en fonction des deux axes factoriels (variables liées aux fruits).

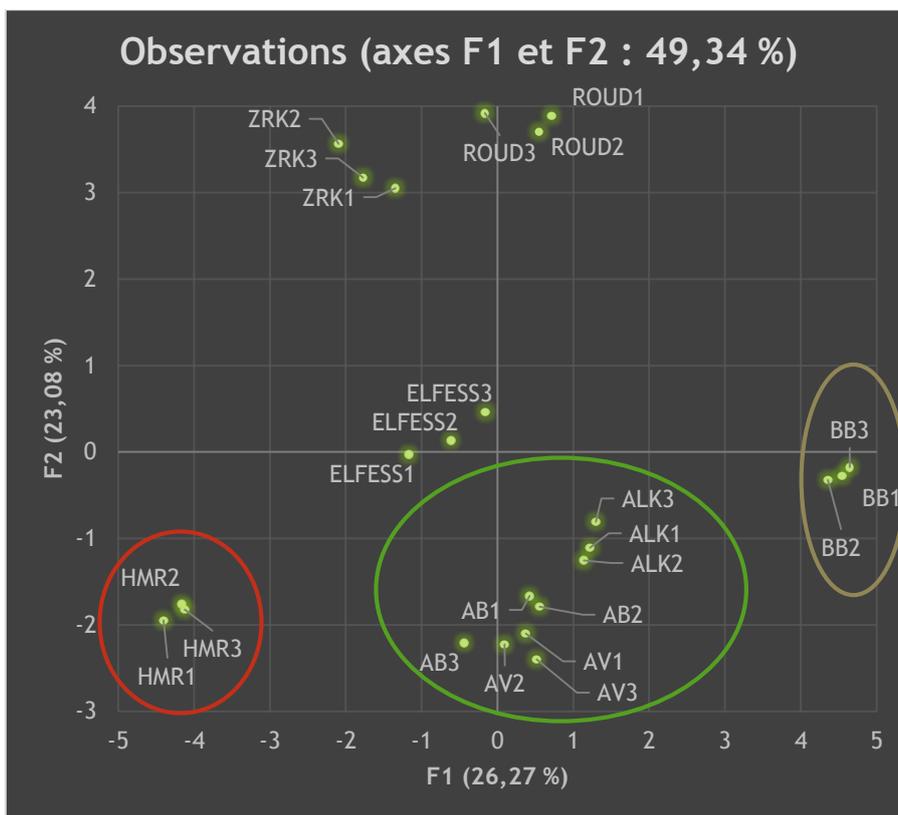


Figure 28 : Projection des cultivars les mieux représentés sur le plan factoriel 1-2 (fruits).

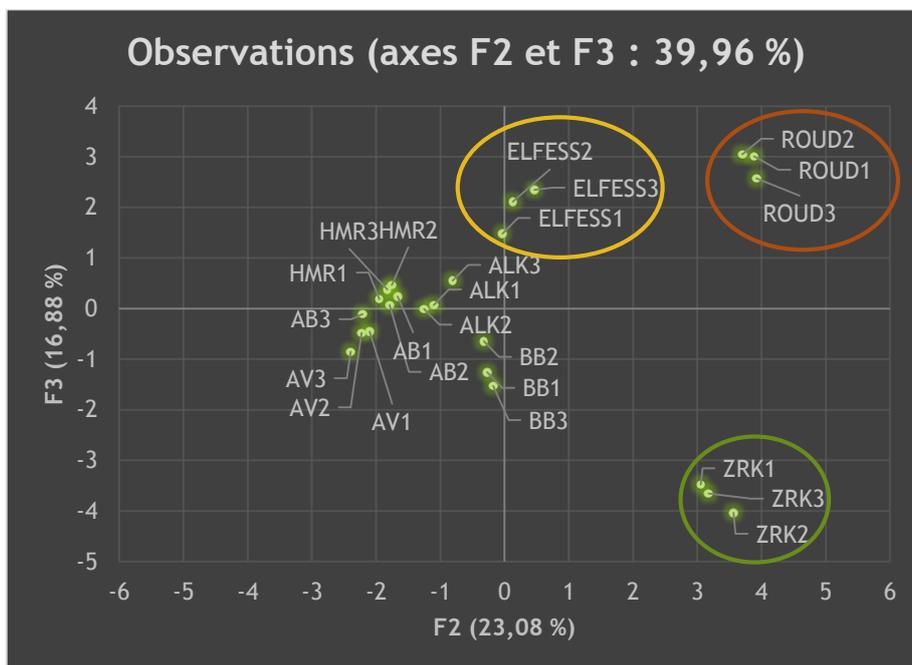


Figure 29: Projection des cultivars les mieux représentés sur le plan factoriel 2-3 (fruits).

A l'aide des résultats de l'analyse en composantes principales (Tableaux 48 et 49 et Figures 31 et 32) et de la classification ascendante hiérarchique (Figure 27 et 28, Tableau 50), on a pu définir des classes et des sous-classes qui sont censées « représenter » les huit cultivars étudiés, en se basant sur les variables initiales sélectionnées. Pour chaque classe et/ou sous-classe on a pu regrouper les cultivars comme suit :

Classe 1 :

Cette première classe représente les quatre cultivars (unifères et bifères) ayant montrés, selon les individus, des projections à l'extrémité négative de l'axe F2, et positive sur l'axe F1 simultanément (Tableau 50). Elle se divise en deux sous-classes sur la base de la présence ou l'absence des figues-fleurs :

Sous-classe 1A :

Elle représente le cultivar bifère BAKOR BLANC (BB1, BB2, BB3) (Tableau 50) qui s'est caractérisé par :

- 1) des figues d'automne montrant une couleur de la peau « verte clair », une absence de formation dans la chair, une présence de deux couleurs des taches irrégulières « jaune » et « vert », ainsi qu'une présence de deux formes de fruits « oblate » et « globuleuse » (Figure 31) ;
- 2) la présence de figues-fleurs présentant une forme de l'apex « arrondie », une couleur verte de la peau du fruit, une absence de taches irrégulières chez une partie des fruits et une présence de taches irrégulières de couleur jaune chez une autre partie (Figure 31).

Sous-classe 1B :

Elle regroupe les trois cultivars unifère: ABIAROUS (AB1, AB2, AB3), ALEKAK (ALK1, ALK2, ALK3) et AVOUACOU (AV1, AV2, AV3) (Tableau 50) caractérisés par : l'absence de formations dans la chair, des taches irrégulières jaunes sur (ABIAROUS et AVOUACOU), des taches irrégulières verts sur (ALEKAK), une peau verte pour (ABIAROUS, AVOUACOU), une peau vert clair pour (ALEKAK), une forme oblate du fruit pour (ALEKAK, AVOUACOU) (Figure 31). Les deux premiers pieds du cultivar ABIAROUS (AB1, AB2) ont montré une forme globuleuse du fruit, le troisième pied AB3 a été caractérisé par des fruits de forme « oblongue » (Figure 31).

Classe 2 :

Elle englobe les deux cultivars ROUDANE et ELFESSI montrant des projections sur les extrémités positives des axes F2 et F3 respectivement (Tableau 50). Elle se divise en deux sous-classes sur la base de la présence ou l'absence des figues-fleurs :

Sous-classe 2A :

Elle représente le cultivar bifère ROUDANE (ROUD1, ROUD2, ROUD3), qui s'est caractérisé par 1) des figues d'automne présentant une couleur de la surface de la peau « violet », une forme

globuleuse du fruit, une présence de taches irrégulières de couleur « vert » et une absence de formations dans la chair ; et 2) des figues-fleurs présentant les critères suivants : apex pointu, une peau violette, et une présence de taches irrégulières de couleur verte (Figure 32).

Sous-classe 2B :

Constituée par le cultivar unifère ELFESSI (ELFESS1, ELFESS2, ELFESS3), qui a été caractérisé par des figues d'automne présentant une couleur de la peau « violet », des formes « globuleuse » et « oblongue » du fruit, une présence de taches irrégulières de couleur « vert » et une absence de formations dans la chair (Figure 32).

Classe 3 :

Formée par le cultivar bifère ZREKA (ZRK1, ZRK2, ZRK3) (Tableau 50), qui s'est caractérisé par des figues-fleurs représentant un apex tronqué, une peau « marron », et une présence de taches irrégulières de couleur vertes

Tableau 50 : Classification des vingt-quatre pieds homogènes des cultivars étudiés obtenus par la CAH en fonction des deux axes factoriels (variables liées à la feuille).

Classes	Sous-classes	cultivars	CPs
1	1A	BAKOR BLANC.	(F1)
	1B	ABIAROUS, ALEKAK, AVOUACOU.	(-F2)
2	2A	ROUDANE.	F2, F3
	2B	ELFESSI.	
3	/	ZREKA.	(F2), (-F3)
4	/	HAMRI.	(-F1)

Classe 4 :

Elle contient le cultivar unifère HAMRI (HMR1, HMR2, HMR3) (Tableau 50), qui s'est caractérisé par des figues d'automne représentant les critères suivants : une couleur de la peau noire, une forme oblongue du fruit, une absence de taches irrégulières, et une présence de formations dans la chair de couleur clair (Figure 31).

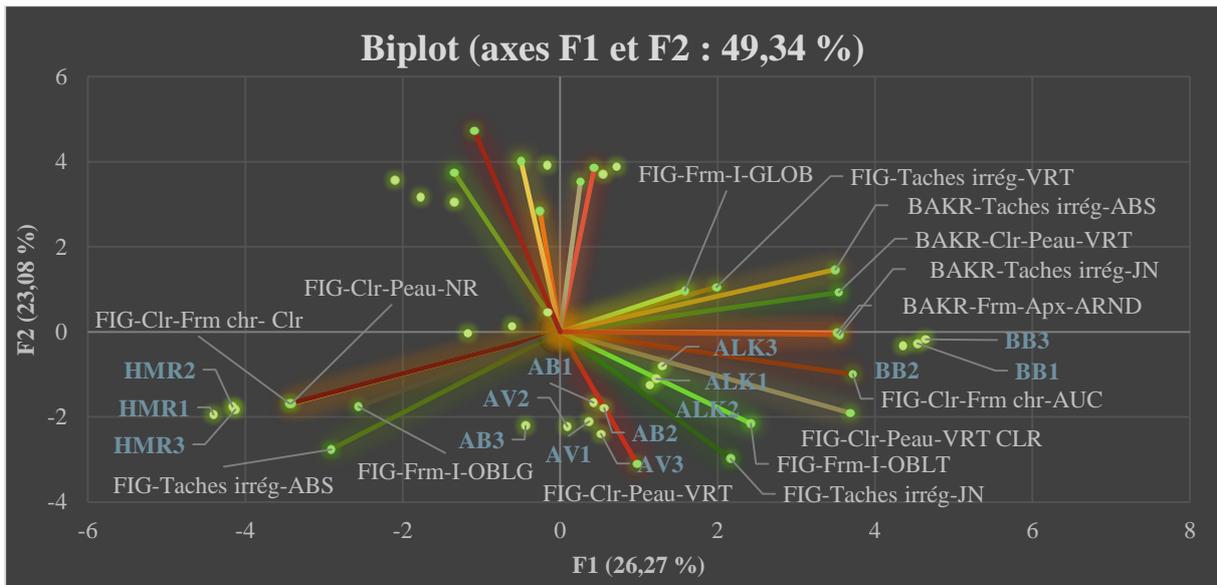


Figure 30 : Projection des cultivars sur le plan factoriel 1-2 (biplots).

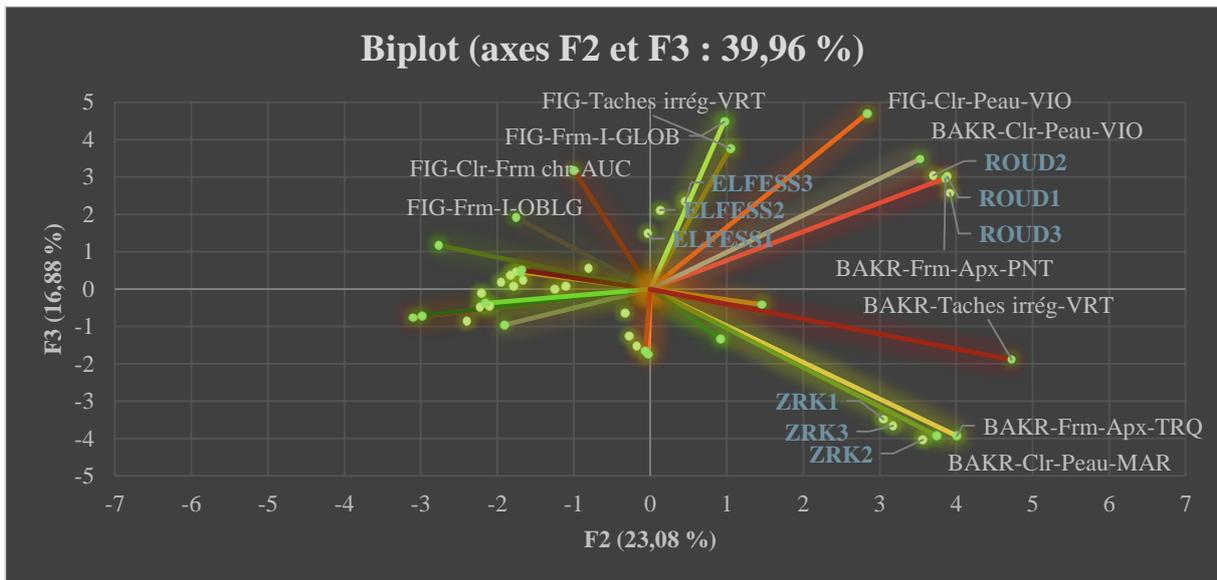


Figure 31 : Projection des cultivars sur le plan factoriel 2-3 (biplots).

Chapitre 2 : Caractérisation moléculaire

1. Caractérisation moléculaire :

1.1. Polymorphisme des SSR :

Les six amorces SSR utilisées dans notre étude ont générées des fragments d'amplification polymorphes et reproductibles sur l'ensemble des cultivars étudiés, permettant ainsi de différencier entre eux. En effet, ces SSR ont amplifiés une à deux bandes par génotype, suggérant l'amplification d'un seul locus, pour ses marqueurs utilisés les cultivars étudiés sont considérés comme homozygotes ou hétérozygotes quand un ou deux fragments sont présents respectivement (CALLEN *et al.*, 1993).

La diversité génétique a été étudiée pour ses six SSRs. Le nombre moyen d'allèles par locus est de 3,33, allant de deux pour Fsync04, à quatre pour LMFC15, LMFC17 et LMFC35, un total de vingt allèles a été détecté (Tableau 51).

Tableau 51: Fréquences des allèles détectés chez les six amorces SSR utilisées sur l'ensemble des cultivars étudiés.

Locus	Nombre allèles	Allèles	P (fréquences alléliques)
LMFC17	4	182	0,135
		185	0,573
		192	0,188
		198	0,104
Fsync04	2	175	0,438
		180	0,438
LMFC35	3	236	0,063
		238	0,813
		240	0,125
LMFC34	4	232	0,125
		239	0,229
		242	0,479
		244	0,167
MFC1	3	175	0,281
		187	0,125
		190	0,594
LMFC15	4	175	0,021
		180	0,063
		211	0,417
		214	0,500
Totale	20		
Moyenne	3,33		

La taille des allèles s'étale de 175 pb pour Fsync04, MFC1 et LMFC15 à 244 pb pour LMFC34. Les fréquences alléliques varient de 0,02 pour l'allèle 175 pb au locus LMFC15, à 0,81 pour l'allèle 238 pb au locus LMFC35 (Tableau 51).

Parmi les vingt allèles produits par les six marqueurs SSR, trois étaient des allèles privés. Le locus LMFC15 a amplifié deux allèles privés (175 et 180), sur les cultivars ROUDANE et ZREKA (Tableau 52), et c'est aussi, la seule amorce qui a amplifié deux profils uniques chez les cultivars étudiés. De plus, les résultats ont montré que l'individu ROUD3 du cultivar ROUDANE a amplifié deux allèles privés sur les trois détectés sur l'ensemble des cultivars. Quant au locus LMFC35, il a amplifié un seul allèle privé (236) sur le cultivar ROUDANE.

Tableau 52: Paramètres génétiques pour les six marqueurs SSR utilisés.

Amorces	Génotypes	Nombre de génotypes	N de répétitions des génotypes	NCD	PD
LMFC17	182/185	05	6	0	0,78
	185/185		3		
	185/192		7		
	185/198		5		
	0/0		3		
Fsync04	180/175	2	16	0	0,44
	0/0		8		
LMFC35	238/238	3	15	3	0,53
	238/240		6		
	238/236		3		
LMFC34	239/242	5	8	0	0,76
	242/242		2		
	242/244		5		
	232/242		6		
	239/244		3		
MFC1	190/175	4	10	0	0,68
	190/190		3		
	190/187		3		
	0/0		8		
LMFC15	214/211	4	18	2	0,41
	214/175		1		
	214/180		1		
	0/0		4		

Na : le nombre d'allèles détectés, **NDC** : le nombre de cultivars distingués, **PD** : le pouvoir de discrimination.

Dans cette étude, le concept allèle privé est décrit comme étant l'amplification d'un allèle ou plus, unique, chez un cultivar donné au sein d'une population donnée. Le pouvoir de discrimination (PD) a varié de 0,41 au locus LMFC15 à 0,78 aux locus LMFC17 avec une

moyenne de 0,6 (Tableau 52), ce qui indique que l’amorce LMFC17 est l’amorce qui peut discriminer le plus de génotypes suivi de l’amorce LMFC34.

L'hétérozygotie observée (H_o) a varié entre 0,38 pour le locus LMFC35 à 1 pour celui de LMFC15 avec une valeur moyenne de 0,81 (Tableau 53). L'hétérozygotie attendue (H_e) a varié de 0,19 au locus LMFC35 à 0,51 au locus LMFC15, avec une moyenne de 0,42 (Tableau 53). L'hétérozygotie observée était $\geq 0,8$, excepté pour le locus LMFC35, indiquant une diversité élevée des individus de figuier analysés. En effet, l'hétérozygotie attendue était plus faible que les valeurs observées pour tous les loci et qui se reflète dans les valeurs négatives du Fis.

En effet, l'indice de fixation (Fis) est utilisé pour comparer combien ou à quel point l'hétérozygotie est présente dans une population par rapport à l'hétérozygotie attendue à l'équilibre de Hardy Weinberg.

$$F = 1 - \left(\frac{H_o}{H_e} \right)$$

$$\text{Où } -1 < F < 1$$

Une valeur négative indique un excès d'hétérozygotie alors qu'une valeur positive indique un excès d'homozygotie.

Tableau 53: Hétérozygotie observée, hétérozygotie attendue et indice de fixation pour les six amorces utilisées.

Paramètre	LMFC17	Fsync04	LMFC35	LMFC34	MFC1	LMFC15	Moyennes
Ho	0,85	0,88	0,38	0,92	0,81	1	0,81
He	0,49	0,44	0,19	0,50	0,42	0,51	0,42
Fis	-0,76	-1	-1	-0,83	-0,93	-0,95	-0,91

Ho: l'hétérozygotie observée, **He**: l'hétérozygotie attendue, **Fis** : l'indice de fixation.

1.2. L'identification des profils génétiques des cultivars :

L'analyse et la combinaison des vingt allèles amplifiés par les six SSR analysés ont permis de distinguer les huit cultivars étudiés. Seulement les deux cultivars, ROUDANE et ZREKA, ont été caractérisés par un profil génétique unique. Aucun des SSR utilisés n'était capable de différencier à lui seul tous les cultivars. En outre, l'amorce LMFC15 a permis de distinguer deux cultivars (ROUDANE et ZREKA) (Tableau 54) et l'amorce LMFC35 a permis de distinguer les trois cultivars bifères étudiés (BAKOR BLANC, ROUDANE et ZREKA) (Tableau 54). En effet, la combinaison de ces deux amorces a révélé trois allèles privés qui permettent de distinguer efficacement entre les deux cultivars ROUDANE et ZREKA.

Tableau 54 Génotypes distingués par les SSR LMFC35 et LMFC15.

Cultivars	ABIAROUS	ALEKAK	AVOUACOU	HAMRI	ELFESSI	BAKOR BLANC	ROUDANE	ZREKA
Types de production	UNIFÈRES					BIFÈRES		
LMFC35	-	-	-	-	-	+	+	+
LMFC15	-	-	-	-	-	-	+	+

+ : cultivars distingués, - : cultivars non distingués

1.3. Nombre de génotypes

Un nombre moyen de 3,83 génotypes différents ont été révélés par les SSR utilisés. Le locus Fsync04 a révélé le plus faible nombre de génotypes (deux génotypes) alors que les loci LMFC17 et LMFC34 ont enregistré le nombre le plus élevé (cinq génotypes) (Tableau 52).

Tableau 55: Pourcentage de loci polymorphes.

Population	%P
ABIAROUS	83,33
ALEKAK	66,67
AVOUACOU	83,33
BAKOR BLANC	100
ROUDANE	100
ZREKA	100
HAMRI	66,67
ELFESSI	83,33
Moyenne	85,42

Parmi les vingt-quatre individus, le taux de polymorphisme des loci variait de 66,67, chez les cultivars ALEKAK et HAMRI à 100% chez les cultivars BAKOR BLANC, ROUDANE et ZREKA avec une moyenne de 85,42% (Tableau 55) pour l'ensemble des cultivars étudiés.

1.4. Relations génétiques entre les cultivars de figuier étudiés :

Les résultats de l'analyse de la variance moléculaire (AMOVA) sont reportés dans le Tableau 56 et la Figure 32.

Tableau 56: Résultats de l'analyse AMOVA.

Source de variation	DDL	SC	CM	Var. est	%
Entre les cultivars	7	20,396	2,914	0,286	12%
Entre les individus	16	19,167	1,198	0,000	0%
Au sein des individus	24	49,000	2,042	2,042	88%
Total	47	88,563		2,328	100%

DDL : degré de liberté, **SC** : Somme des carrés, **CM** : Carré moyen, **Var. est** : variance estimée, **%** : pourcentage de la variance estimée.

L'AMOVA a été effectuée sur les données moléculaires des huit cultivars étudiés et dont les résultats ont indiqué qu'ils sont statistiquement différents ($F_{st} = 0,15$; $P < 0,01$).

Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les individus d'un même cultivar avec un pourcentage de variation de 0% (Tableau 56). En outre, la plus grande partie de la variabilité génétique a été expliquée par les différences au sein des pieds des différents cultivars (88 %), par contre, la variance entre les cultivars était de 12 % de la variation totale (Figure 33).

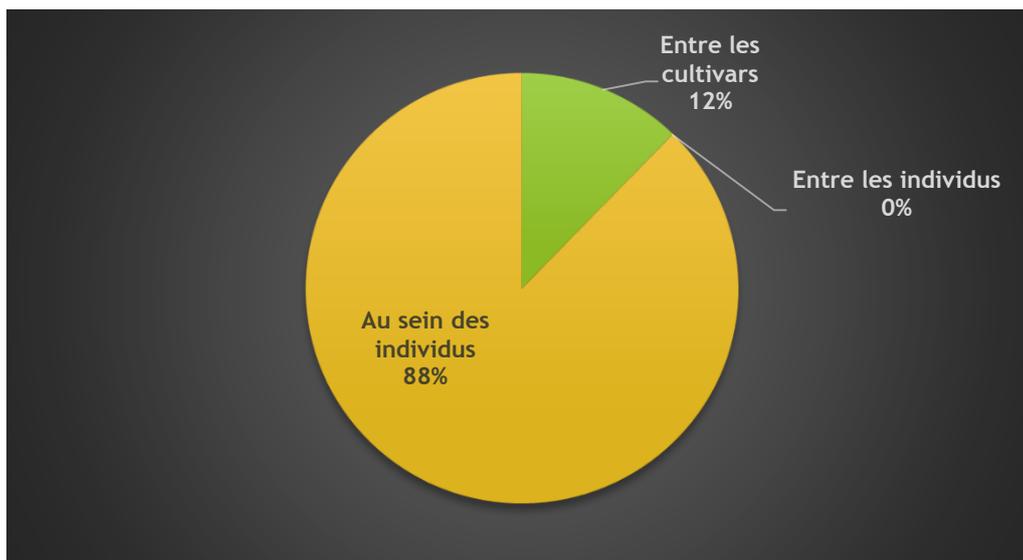


Figure 32: Pourcentage de la variance moléculaire.

Les valeurs de la distance génétique sont obtenues selon Nei (1978). Elles variaient de 0,029 entre les deux cultivars ABIAROUS et ALEKAK à 0,539 entre les cultivars ZREKA et HAMRI (Tableau 57).

Tableau 57: Matrice de distances génétiques entre les huit cultivars.

AB	ALK	AV	BB	ROUD	ZRK	HMR	ELFESS	cultivars
0,000								AB
0,029	0,000							ALK
0,086	0,112	0,000						AV
0,138	0,201	0,286	0,000					BB
0,199	0,247	0,262	0,228	0,000				ROUD
0,326	0,386	0,466	0,191	0,347	0,000			ZRK
0,276	0,237	0,243	0,502	0,450	0,539	0,000		HMR
0,187	0,198	0,225	0,236	0,197	0,483	0,365	0,000	ELFESS

Afin de visualiser les différences entre les populations, l'Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) utilisant la matrice binaire des distances génétiques de Nei a été effectuée pour compléter les informations sur les groupements des cultivars. En effet, la PCoA est plus informative sur les distances entre les groupes principaux alors que l'analyse de classification est plus sensible avec les individus étroitement liés (HAUSER et CROVELLO, 1982).

Les deux premiers axes de l'Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) ont expliqué 63,92% de la variance totale. Le premier axe a expliqué 39,79%, suivi de 24,13% pour le deuxième axe (Tableau 58).

Tableau 58: Pourcentages de la variation expliquée par les deux premiers axes.

Axes	1	2
(%)	39,79	24,13
(%) cumulé	39,79	63,92

La projection des cultivars sur le plan factoriel, formé par les deux premiers axes de la PCoA, a permis d'identifier trois groupes de cultivars (Figure 34) :

- Groupe 1 : formé par les cultivars ABIAROUS, ALEKAK, AVOUACOU et HAMRI.
- Groupe 2 : composé par les cultivars ROUDANE et ELFESSI.
- Groupe 3 : constitué par les deux cultivars BAKOR BLANC et ZREKA.

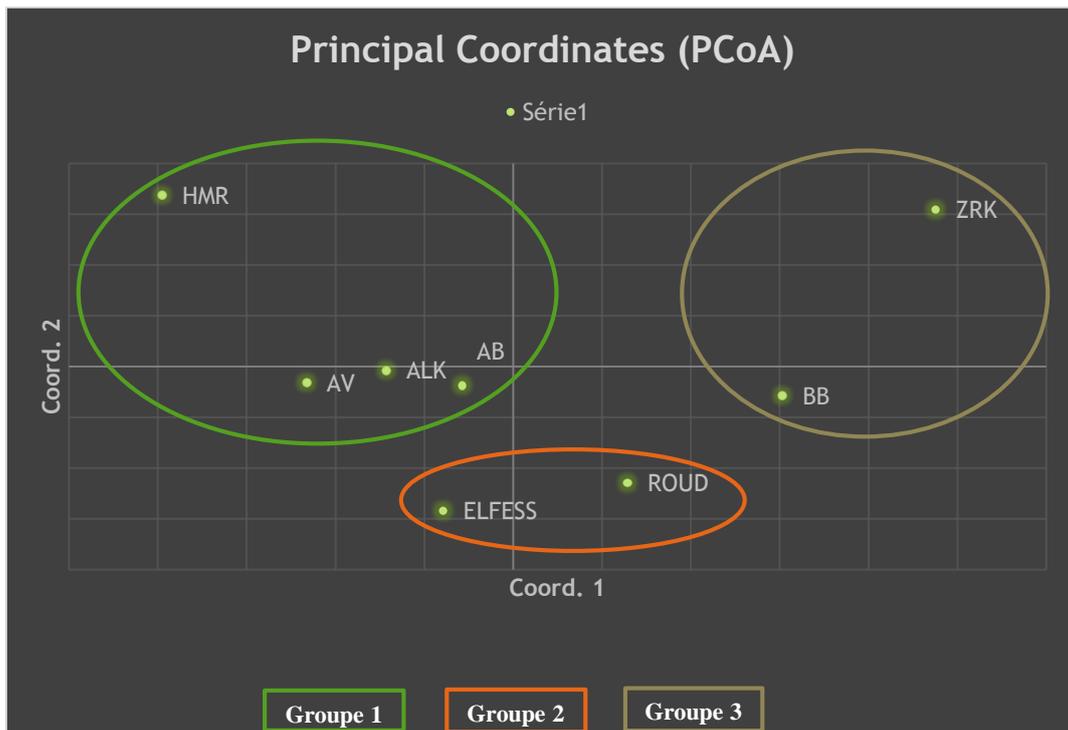


Figure 33: Représentation des huit cultivars selon les deux premiers axes de la PCoA.

Le dendrogramme (Figure 35), obtenu par la méthode UPGMA sur base d'une matrice de similarité élaborée avec l'indice de Jaccard, a permis de structurer les relations génétiques entre les génotypes analysés par les marqueurs SSR. Ces génotypes ont été organisés en trois principaux groupes (Figure 35) indiquant un intervalle de similarité allant de 0,22 à 1. Le coefficient de corrélation cophénétique a donné une valeur significative, $r = 0.78$ ($P < 0.001$) entre le dendrogramme et la matrice originale expliquant le choix de l'indice Jaccard.

- Le premier groupe, inclut quatre cultivars unifères et est divisé en deux sous-groupes : le premier comprend trois cultivars, ABIAROUS, ALEKAK, AVOUACOU, le deuxième sous-groupe est composé seulement de HAMRI.
- Le deuxième groupe est subdivisé aussi en deux sous-groupes. Le premier inclut le cultivar ROUDANE, bifère, alors que le deuxième est constitué par le cultivar unifère ELFESSI.
- Le troisième groupe comprend deux sous-groupes. Le premier inclut le cultivar bifère BAKOR BLANC, le deuxième est composé seulement de cultivar bifère ZREKA.

Le regroupement obtenu par la méthode UPGMA confirme celui obtenu par l'Analyse en Coordonnées Principales (PCoA).

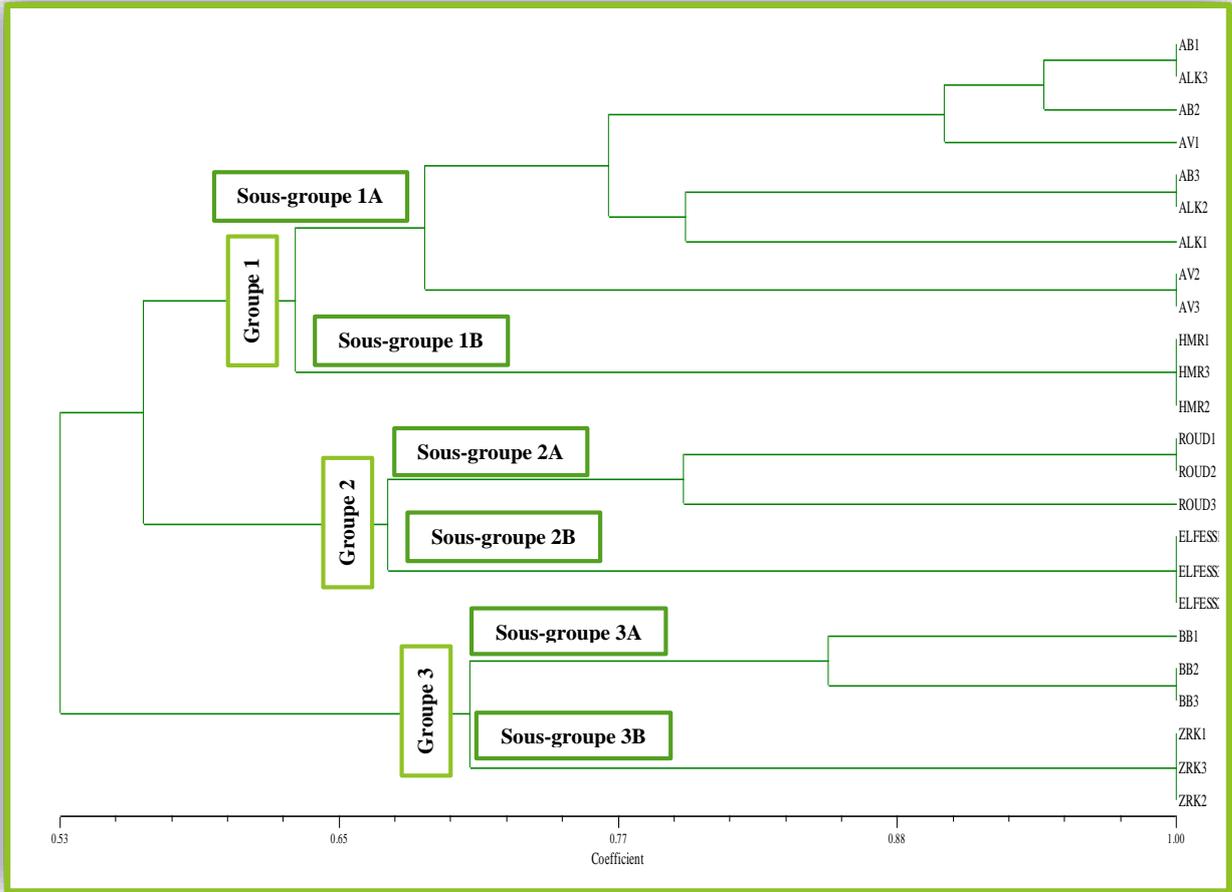


Figure 34: Dendrogramme des relations génétiques entre les huit cultivars de figuier analysés sur la base des données moléculaires SSR utilisant la matrice de similarité de l'indice de Jaccard et l'algorithme UPGMA.

Chapitre 3 : Discussion des résultats

Discussion des résultats :

Notre travail a porté sur l'étude de la diversité morphologique et moléculaire de huit cultivars du figuier cultivés à l'ITAFV situé à M'DJEZ EDCHICH- SKIKDA, et constitue une partie d'un travail de doctorat sur l'étude de la diversité génétique de figuier.

Au total, trente-cinq marqueurs morphologiques (qualitatifs), relatifs aux fruits et aux feuilles, décrits dans les descripteurs de l'IPIGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et du CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (2003), et six présélectionnés marqueurs microsatellites polymorphes disponibles dans la littérature actuelle (KHADARI *et al.*, 2001; GIRALDO *et al.*, 2005 et AHMED *et al.*, 2007) ont été employés pour détecter la variabilité inter et intra-cultivars, huit au total, et dégager les paramètres morphologiques et les marqueurs SSR discriminatifs pour distinguer entre cultivars du figuier et analyser la diversité existante.

Les marqueurs morphologiques et moléculaires ont été utilisés par plusieurs auteurs (CABRITAA *et al.*, 2000; KHADARI *et al.*, 2001; PAPADOPOULOU *et al.*, 2002; GIRALDO *et al.*, 2005 ; GUASMI *et al.*, 2006; IKEGAMI *et al.*, 2008; ACHTAK, *et al.*, 2009; AKBULUT *et al.*, 2009; BARAKET *et al.*, 2010; CHATTI *et al.*, 2010; GIRALDO *et al.*, 2010; SADDOUD *et al.*, 2011; ÇALIŞKAN et POLAT, 2012; GAALICHE *et al.*, 2012; PEREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2012; Ahmed *et al.*, 2015) pour étudier la diversité génétique du figuier dans différents pays méditerranéen.

Bien que l'étude ait porté sur un nombre assez faible de cultivars et d'individus, toutefois elle a révélé un degré de polymorphisme élevé chez les huit cultivars étudiés, au niveau morphologique et moléculaire. Ceci a mis en évidence la richesse génétique disponible dans cette petite collection du germoplasme de figuier algérien.

Pour la caractérisation morphologique basée sur des variables qualitatives, la sélection des variables les plus discriminantes a été une étape incontournable pour optimiser et faciliter la tâche de la classification des cultivars caractérisés. En effet, sur les 35 variables qualitatives et les quatre-vingt-treize catégories initialement choisies et utilisées, seulement douze variables et trente-trois catégories ont été sélectionnées pour réaliser les différentes analyses. En fait, l'approche utilisée a consisté à 1) étudier les corrélations et les degrés d'associations entre les variables et les cultivars en utilisant le test khi-deux et le coefficient de contingence standardisé (cette étape, nous a aussi permis, l'identification et la suppression des données aberrantes qui selon (HERVÉ, 2014), orientent les résultats vers des conclusions inverses à celles qui sont

attendues), 2) identifier les variables les plus discriminantes en éliminant les redondances (en détectant les corrélations existantes entre les variables) à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales, et 3) classer les cultivars étudiés en fonction des variables les plus discriminantes, en utilisant la méthode de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) appliquée sur les composantes principales sélectionnées.

L'analyse des résultats nous a permis de constater que la présence d'un nombre élevé de catégories n'est pas toujours la meilleure méthode pour classer les cultivars, et qu'il est plus efficace de définir un faible nombre de catégories et de variables qui permettent d'identifier et de distinguer entre les cultivars. Ainsi, il en ressort, pour ce genre d'évaluation, qu'il est impératif de faire une bonne classification des catégories pour éviter les distorsions méthodologiques et environnementales. Donc, cette approche nous a permis d'identifier et de sélectionner un ensemble de caractères qualitatifs les plus discriminants, qui sont listés, ci-dessous, par ordre d'importance :

- Pour les caractères du fruit, sur les vingt-quatre variables initiales, on a pu sélectionner six : le type du cultivar (bifère, unifère), la couleur de la peau, la forme du fruit, la forme de l'apex du fruit (qui n'a été sélectionnée que chez les figes-fleurs), l'absence/présence et couleur des taches irrégulières, et l'absence/présence et couleur des formations dans la chair.
- Pour les caractères de la feuille, sur les onze variables initiales, on a pu sélectionner quatre : la forme de la feuille, le nombre de lobes, la forme du lobe central et la forme de la base de la feuille.

En effet, ces caractères sélectionnés ont permis d'identifier et de distinguer les huit cultivars étudiés. Il en ressort que la variabilité liée à la morphologie du fruit semble être la plus efficace, et donc plus intéressante, que celle liée à la morphologie des feuilles (Tableau 59). Par ailleurs, pour ces cultivars on a pu identifier deux types productifs (BIFERE et UNIFERE), sept morphotypes liés aux figes d'automne, trois morphotypes liés aux figes-fleurs et trois morphotypes liés à la feuille (Tableau 59).

Tableau 59: Classification des huit cultivars étudiés en fonction des variables sélectionnées.

Cultivars	Types	Morphotypes		
		Feuilles	Figues d'automne	Figues-fleurs
ABIAROUS	UNIFERES	Forme B : penta-lobées, lobe central spatulé, base cordiforme.	Peau verte, formes oblongue/globuleuse, absence de formations dans la chair, des taches irrégulières jaunes	/
ALEKAK		Forme B : penta-lobées, lobe central spatulé, base cordiforme.	Peau vert clair, forme oblate, taches irrégulières « vertes »	/
AVOUACOU		Forme E, trilobées, lobe central lancéolé, base cordiforme.	Peau verte, forme oblate, absence de formations dans la chair, des taches irrégulières jaunes	/
HAMRI		Forme B : penta-lobées, lobe central spatulé, base cordiforme.	Peau noir, forme oblong, absence de taches irrégulières, formations claires dans la chair.	/
ELFESSI		Forme E, trilobées, lobe central lancéolé, base cordiforme.	Peau violet, formes globuleuse/ oblong, taches irrégulières vertes, absence de formations dans la chair.	/
BAKOR BLANC	BIFERES	Forme B : penta-lobées, lobe central spatulé, base cordiforme. Forme E, trilobées, lobe central lancéolé.	Couleur vert clair, formes « oblate »/« globuleuse » absence de formations dans la chair, taches irrégulières « jaunes »/« vertes ».	Apex Arrondi, couleur verte, absence de taches irrégulières/ présence de taches « jaune ».
ROUDANE		Forme G, trilobées, lobe central lancéolé, base décurrente.	Peau violet, forme globuleuse, taches irrégulières vertes, absence de formations dans la chair.	Apex pointu, peau violet, taches irrégulières vertes.
ZREKA		Forme E, trilobées, lobe central lancéolé, base cordiforme.	/	Apex tronqué, peau marron, taches irrégulières vertes.

En fait, on a constaté que les trois cultivars ABIAROUS, ALEKAK et HAMRI, ainsi que les trois cultivars AVOUACOU, ZREKA et ELFESSI ont été marqués par la présence des mêmes morphotypes dominants de la feuilles (Forme B : penta-lobées, lobe central spatulé, base cordiforme) et (Forme E, trilobées, lobe central lancéolé, base cordiforme) respectivement.

Quant au cultivar BAKOR BLANC, on a constaté qu'il a montré deux morphotypes de la feuille, ceci est expliqué par la présence de plusieurs formes et tailles de feuilles simultanément sur le même pied chez le figuier (feuilles hétérophylles). Quant à l'existence de deux morphotypes ou plus des fruits chez le même cultivar (formes des fruits et absence/ présence et couleur des taches irrégulières), elle est peut-être expliquée par la variabilité des fruits au sein du même cultivar voir du même arbre. C'est pourquoi on propose d'augmenter la taille d'échantillon pour éviter l'effet du hasard, et pour accroître la probabilité de collecter des feuilles et fruits présentant le morphotype dominant. Malheureusement, le cultivar ZREKA a été marqué par l'absence des figues d'automne, ceci est dû au manque des fruits sur les pieds.

Les caractéristiques morphologiques des huit cultivars étudiés ont montré des différences significatives vis-à-vis de l'ensemble des paramètres morphologiques mesurés. Ces différences en caractères morphologiques pourraient être attribuées en partie aux facteurs génétiques mais surtout à la complexité de la biologie de cette espèce fruitière. La variabilité élevée observée, pour certains paramètres phénotypiques des feuilles et des fruits, dans notre travail, est semblable à celle d'autres études ayant utilisés les mêmes caractères pour étudier la diversité phénotypique du figuier (GIRALDO et *al.*, 2010 ; GAALICHE et *al.*, 2012 ; ÇALIŞKAN et POLAT, 2012). De même, ces études ont indiqué le pouvoir discriminants des caractères du fruit et certains paramètres de la feuille, observé lors des études menées sur des collections de figuier de Turquie ÇALIŞKAN et POLAT, (2012), de Tunisie GAALICHE et *al.*, (2012) et d'Espagne GIRALDO et *al.*, (2010).

La classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur les composantes principales représentant l'ensemble des paramètres morphologiques les plus discriminants a permis le regroupement des cultivars, principalement, selon certains paramètres de leurs fruits et a générés les mêmes groupes que ceux de l'ACP. De même, cette analyse a générés les mêmes groupes que ceux de la PCoA, excepté pour le cultivar BAKOR BLANC HAMRI en raison des caractéristiques figues-fleurs et des figues d'automne. Pour le cultivar ZREKA, les fruits d'automne n'ont pas pu être récoltés.

En plus du génotype, les différences phénotypiques pour ces cultivars observés lors de deux études différentes, peuvent être expliquées en grande partie par plusieurs facteurs (les conditions environnementales, état phénologique, etc.). D'autres études ont aussi signalé des différences phénotypiques pour des figuiers cultivés ou sauvages due à l'environnement.

En ce qui concerne, les résultats de la caractérisation au niveau moléculaire un fort polymorphisme a été trouvé notamment pour les cultivars bifères. L'ensemble des marqueurs SSR employés a permis l'identification des huit cultivars du figuier inclus dans cette étude. Ces résultats ont confirmé la capacité élevée des microsatellites dans le génotypage des cultivars du figuier comme il a été signalé dans des travaux antérieurs (GIRALDO *et al.*, 2005 ; IKEGAMI *et al.*, 2008 ; PEREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2012 ; AHMED *et al.*, 2015).

Le nombre moyen d'allèles révélé par locus était de 3,33. Ceci est comparable à d'autres études similaires, avec 3 ; 3,47 et 3,6 allèles trouvés, respectivement, par GIRALDO *et al.*, (2005) ; PEREZ-JIMÉNEZ *et al.*, (2012) et AHMED *et al.*, (2015). Par contre, pour d'autres études, le nombre d'allèles trouvés par locus dans notre étude est inférieur à ceux publiés par (IKEGAMI *et al.*, 2008 ; AHMED *et al.*, 2015), et est semblable et/ou supérieur à ceux publiés par (GIRALDO *et al.*, 2005 ; PEREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2012). Les cultivars évalués ont montré une variabilité génétique élevée comme il est indiqué par les valeurs de l'hétérozygotie observée (H_o) et attendue (H_e).

La valeur moyenne d'hétérozygotie observée (H_o) dans notre étude (0,81) est supérieure à celle trouvée lors des études menées par (GIRALDO *et al.*, 2005 ; AHMED *et al.*, 2015) sur les cultivars du figuier de l'Espagne, de France et de la Tunisie. Cependant, La valeur moyenne d'hétérozygotie attendue (H_e) est inférieure à la valeur trouvée par AHMED *et al.*, (2015) dans une étude incluant dix-neuf cultivars cultivés et cinquante-deux figuiers sauvages en Tunisie. Ceci est probablement dû au fait que notre étude n'inclut pas des figuiers sauvages et que nous avons utilisés un nombre d'amorces différentes.

La valeur moyenne d'hétérozygotie attendue obtenue (H_e) dans notre étude (0,42) est inférieure à la valeur moyenne d'hétérozygotie observée (H_o) 0,81. En effet, les valeurs élevées d'hétérozygotie observée (H_o) comparées à celles de d'hétérozygotie attendue (H_e) ont été observées pour ces marqueurs SSR développés pour le figuier dans d'autres études similaires (GIRALDO *et al.*, 2005 ; AHMED *et al.*, 2015). DIAZ *et al.*, (2006) ont expliqué que les SSR appliqués en général à la majorité des espèces à hybridation croisée, qui se propagent par clonage, semblent être caractérisés par un niveau moyen d'hétérozygotie. En outre, les valeurs de l'hétérozygotie attendue (H_e) étaient plus faibles que celles de l'hétérozygotie (H_o) observée pour tous les loci, et qui se traduisent par des valeurs négatives du Fis. Ces valeurs négatives suggèrent un excès d'hétérozygotes en raison de croisements aléatoires survenus fort probablement depuis plus de 15 ans, correspondant à l'âge de la plantation. HALKETT *et al.* (2005), ont déclaré que la reproduction clonale permet aux deux allèles de chaque locus à

accumuler indépendamment des mutations et donc de différer chez les individus, et conduit ainsi à une valeur négative du Fis.

Le locus LMFC15 a présenté les valeurs maximales de l'hétérozygotie observée (H_o) et l'hétérozygotie attendue (H_e) tandis que le locus LMFC35 s'est distingué par les valeurs les plus faibles. Par contre, des valeurs identiques (H_e) et (H_o) ont été observées pour le locus LMFC15 lors de l'étude de douze variétés de figuier d'Espagne (PEREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2012). De plus, le locus LMFC35 a été considéré comme le locus le moins polymorphe parmi l'ensemble des amorces employées et a présenté le nombre le plus élevé d'homozygotes pour le génotype (238-238). En effet, ce locus a montré le plus faible nombre d'allèles avec le locus MFC1. Selon WATTIER *et al.*, (1998) ce résultat pourrait s'expliquer par « la dominance de l'allèle court » où, dans les hétérozygotes comprenant deux allèles l'un court et l'autre long, l'allèle court est suffisamment amplifié dans la réaction PCR pour être détecté. Par conséquent, l'amplification sélective peut porter à une surestimation des homozygotes observés. Un excès d'homozygotes a été observé au locus LMFC35, où quinze sur vingt-quatre génotypes étaient homozygotes. Toutefois, cette amorce, LMFC35, a distingué les trois génotypes bifères étudiés (BAKOR BLANC, ROUDANE et ZREKA).

Il en ressort de cette étude aussi, que le nombre d'allèles et les valeurs d' H_e et PD indiquent clairement que les marqueurs SSR sont des outils intéressants de discrimination à l'intérieur et entre les cultivars étudiés. Enfin, il est à signaler que seul le marqueur SSR LMFC15 a généré deux profils uniques sur les six marqueurs utilisés dans cette étude.

Le dendrogramme obtenu par la méthode UPGMA a structuré les relations génétiques entre les génotypes analysés par SSR en trois principaux groupes comme celui généré par l'Analyse en Coordonnées Principales (PCoA), (Figures 33 et 34), indiquant un intervalle de similarité allant de 0,22 à 1. Le dendrogramme UPGMA a regroupé les deux cultivars bifères, BAKOR BLANC et ZREKA, dans un seul groupe alors que le troisième cultivar bifère ROUDANE a été groupé avec le cultivar unifère ELFESSI. Ces deux derniers cultivars sont proches par leurs compositions génétiques, même si elles appartiennent à deux types de productions différents.

Conclusion

Conclusion

Dans les grands pays producteurs de figuiers, les stratégies de recherche visant l'évaluation de la diversité génétique du figuier, pour la conservation et la valorisation des ressources génétiques, ont été déjà mises en place. En Algérie, cette démarche est devenue impérative à mettre en place. Une identification précise et non ambiguë des cultivars constitue l'étape majeure dans les programmes d'amélioration de cette espèce et c'est dans ce contexte que notre travail s'inscrit.

Lors de notre étude on s'est fixé l'objectif d'évaluer la variabilité existante entre les cultivars étudiés en se basant sur la description morphologique des principaux organes des deux parties, végétative et de reproduction, de l'arbre en utilisant les marqueurs morphologiques décrits dans le descripteur international de l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et du CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes), ainsi que la caractérisation moléculaire de chaque cultivar en utilisant les marqueurs SSRs.

Bien que le nombre d'individus par arbre était faible, pour des raisons, d'une part, de non disponibilité du nombre requis de pieds, pour certains cultivars, sur le site, et d'autre part, par absence de financement de l'université pour ce genre de recherche ; les analyses morphologiques et moléculaires des huit cultivars de figuier station expérimentale ITAFV-SKIKDA ont indiqué une diversité relativement importante.

L'exploitation des résultats de l'analyse statistique des données morphologiques qualitatives de cette étude ont montré des différences phénotypiques fortement significatives entre les cultivars étudiés. En effet, les caractères morphologiques utilisés, pour les organes de la partie végétative et de reproduction, ont indiqué une variabilité génétique assez importante entre les 8 cultivars étudiés, avec un degré de polymorphisme relativement élevé. Cette variation au niveau phénotypique est fort probablement due, en grande partie, à la variation des composantes génétique des différents cultivars.

Dans cette étude, l'approche utilisée pour l'analyse statistique des données de la caractérisation morphologique qualitative a facilité la tâche pour distinguer les huit cultivars en groupes bien distincts en se basant sur l'ensemble de caractères les plus discriminants identifiés sur les 35 variables qualitatives et les quatre-vingt-treize catégories initialement choisies et utilisées. En effet, il en ressort des résultats des analyses des données des douze variables et trente-trois catégories sélectionnées, que pour la partie végétative (les feuilles), quatre caractères semblent

être les plus discriminants à savoir : 1) la forme de la feuille, 2) le nombre de lobes, 3) la forme du lobe central et 4) la forme de la base de la feuille.

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) et de la classification ascendante hiérarchique (CAH), ont permis de classer les cultivars étudiés, en se basant sur les variables initiales sélectionnées en en trois groupes qui sont : 1) les trois cultivars ALEKAK, HAMRI, ABIAROUS et le premier pied du cultivar BAKOR BLANC (BB1) ; 2) les trois cultivars ZREKA, ELFESSI et AOUACOU ainsi que deux pieds du cultivar BAKOR BLANC (BB2, BB3) et 3) le cultivar ROUDANE.

De même, l'analyse de données de la caractérisation basée sur la partie reproductrice (figes d'automne et figes-fleurs) a permis d'identifier six caractères discriminants à savoir : 1) le type du cultivar (bifère, unifère), 2) la couleur de la peau, 3) la forme du fruit, 4) la forme de l'apex du fruit (qui n'a été sélectionnée que chez les figes-fleurs), 5) l'absence/présence et couleur des taches irrégulière, 6) et l'absence/présence et couleur des formations dans la chair. La classification des cultivars étudiés basée sur ces six caractères identifiés comme étant discriminants dans notre étude a permis de faire ressortir six groupes de cultivars qui sont : 1) le cultivar bifère BAKOR BLANC 2) les trois cultivars unifères : ABIAROUS, ALEKAK et AVOUACOU 3) le cultivar bifère ROUDANE 4) le cultivar unifère ELFESSI 5) le cultivar bifère ZREKA et 6) le cultivar unifère HAMRI.

Suite aux résultats de la statistique descriptive, de l'ACP et de la CAH, nous pouvons conclure que les caractères des fruits semblent être les plus discriminants suivis par certains caractères de la feuille. Les résultats obtenus dans notre étude indiquent que les cultivars étudiés ont montré une diversité élevée vis-à-vis des caractères morphologiques évalués. Les descripteurs morphologiques étudiés et principalement ceux ayant fait preuve d'un grand pouvoir discriminant se sont révélés suffisants pour discriminer un nombre important de cultivars de figuier. Ce résultat souligne l'importance que peut apporter l'utilisation des descripteurs morphologiques pour faire un inventaire et l'identification primaire des cultivars de cette espèce. En outre, ces descripteurs peuvent avoir une grande utilité pour la caractérisation des ressources génétiques du figuier et ils peuvent contribuer à lever certaines ambiguïtés dans les cas d'homonymie et de synonymie.

Cependant, il reste primordial que les études de description morphologique soient réalisées dans des conditions d'échantillonnage et d'observation aussi uniformes que possible, pour permettre

de faire la part entre les caractéristiques morphologiques stables de chaque cultivar et celles qui peuvent varier en raison des changements des conditions climatiques et d'entretien.

De plus, en réponse à ses variations l'utilisation des marqueurs moléculaires, en l'occurrence les microsatellites, dans le cas de notre étude semblent être une solution pertinente pour une identification et une caractérisation plus précise. En effet, nos résultats ont montré que pour chaque marqueur utilisé une variabilité génétique et un pouvoir discriminant assez élevé entre les génotypes ont été observés. Les profils génotypiques générés par l'amplification des microsatellites choisis ont permis d'identifier sans ambiguïté tous les cultivars étudiés. Par ailleurs, on suppose que le locus LMFC35 est lié à un trait agronomique de production, cependant, la comparaison de la classification CAH basée sur les descripteurs du fruit et les dendrogrammes UPGMA des données moléculaires, montre vraisemblablement que les SSR utilisés dans cette étude ne sont pas liés au trait de couleur.

Les résultats ont aussi montré une variation génétique, attendue, au sein et entre les cultivars et ont confirmé la capacité élevée des microsatellites dans le génotypage des cultivars du figuier. Les relations génétiques parmi les huit cultivars du figuier étudiés représentent des génotypes bien distincts au niveau moléculaire. Le regroupement de cultivars obtenu par la méthode UPGMA confirme celui généré par l'Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) en trois principaux clusters :

- Le premier cluster, inclut quatre cultivars unifères et est divisé en deux sous-groupes : le premier comprend trois cultivars, ABIAROUS, ALEKAK, AVOUACOU, le deuxième sous-groupe est composé seulement de HAMRI.
- Le deuxième groupe est subdivisé aussi en deux sous-groupes. Le premier inclut le cultivar ROUDANE, bifère, alors que le deuxième est constitué par le cultivar unifère ELFESSI.
- Le troisième groupe comprend deux sous-groupes. Le premier inclut le cultivar bifère BAKOR BLANC, le deuxième est composé seulement de cultivar bifère ZREKA.

Les différences de regroupement des cultivars en fonction des paramètres morphologiques et moléculaires constatées, démontre l'insuffisance des marqueurs morphologiques dans l'identification précise entre les cultivars étudiés. Toutefois, nous pouvons assumer que les descripteurs morphologiques utilisés dans cette étude ont permis, malgré les divergences génotypiques rencontrées, de bien différencier l'ensemble des cultivars de figuier échantillonnés. Ceci indique que nous pouvons utiliser ces descripteurs phénotypiques pour

l'inventaire et l'identification primaire des cultivars de cette espèce. Et par la suite, utilisé les techniques de l'ADN, qui restent sans équivoque un outil indispensable pour étudier la variabilité au sein et entre les génotypes afin de valider les modèles morphologiques. Ceci démontre et confirme aussi que les analyses moléculaires et morphologiques sont des outils complémentaires pour garantir l'identité d'un cultivar donné.

Enfin, cette modeste contribution à l'étude de la diversité génétique des cultivars algériens de figuier utilisant les marqueurs SSR reste une étape clé pour l'identification des génotypes à des fins d'amélioration génétique et/ou de préservation et de protection des cultivars locaux. En outre, les primer SSR, identifiés comme étant les plus discriminantes dans cette étude, doivent être utilisés pour détecter les polymorphismes entre les génotypes de figuier lorsque des recherches sur un nombre élevé de cultivars et d'individus sont entreprises. Ceci peut s'avérer important en vue de compléter et d'affiner la description morphologique traditionnelle de cultivars déjà réalisé par d'autres équipes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABDELGUERFI, A., & RAMDANE, M. (2003). Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie. *Rapport de synthèse sur " la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie"*, X, 79. MATE-GEF/PNUD.
- ACHTAK, H., OUKABLI, A., ATER, M., SANTONI, S., Kjellberg, F., & KHADARI, B. (2009). Microsatellite markers as reliable tools for fig cultivar identification. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 624-631.
- ADAM, A. F., & DRON, M. (1993). Les outils moléculaires et leurs applications à l'amélioration des plantes. In. *CHLYAH, H; DEMARLY, Y. (1993).Le progrès génétique passe-t-il par le repérage et l'inventaire des gènes?*, 23-46. Paris: John Libbey Eurotex.
- AHMED, B., BARKET, G., ESSALOUH, L., ACHTAK, H., KHADARI, B., & SALHI-HANNACHI, A. (2015). Use of morphological traits and microsatellite markers to characterize the Tunisian cultivated and wild figs (*Ficus carica* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 209-219.
- AHMED, S., DAWSON, D. A., COMPTON, S., & GILMARTIN, P. M. (2007). Characterization of microsatellite loci in the African fig *Ficus sycomorus* L. (Moraceae) . *Molecular Ecology* , 1175-1177.
- AID, A., HOUCHI, A., KARTOUT, A., & MAZRI, C. (2014). *Contribution à la caractérisation de trois variétés de figuier dans la commune de fréha wilaya de Tizi-Ouzou*. Alger: INA El-Harrach.
- AKBULUT, M., ERCISLI, S., & KARLIDAG, H. (2009). RAPD-based study of genetic variation and relationships among wild fig genotypes in Turkey. *GMR. Genetics and Molecular Research*, 1109-1115.
- ALI-DELLIL, L. (2013). *Les plantes médicinales d'Algérie*. Alger: Berti.
- ALJANE, F., TOUMI, I., & FERCHICHI, A. (2007). HPLC determination of sugar and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian cultivars. In. *AZZI, R. (2013). Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel* .
- AMEZIANE, N., BOGAR, M., & LAMORIL, J. (2006). *Principe de biologie moléculaire en biologie clinique*. Paris: Elsevier.
- AZZI, R. (2013). Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique. *Thèse de doctorat en biologie, Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen*, 36-38.
- 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*. Thèse de magistère, Tizi-OUZOU.
- BAMOUEH, A. (2003). *Transfert de technologie en agriculture : Le figuier un patrimoine génétique diversifié à exploiter*. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Rabat: PNTTA, MADER/DERD. Récupéré sur <http://agricultur.ovh.org>
- BARAKET, G., GHATTI, K., SADDOD, O., BEN ABDELKARIM, A., MARS, M., TRIFI, M., & SALHI HANNACHI, A. (2010). Comparative assessment of SSR and AFLP markers for evaluation of genetic diversity and conservation of fig, *Ficus carica* L., genetic resources in Tunisia. *Plant Mol Biol. Springer*.

- BAUDOIN, J.-P., DEMOL, J., LOUANT, B.-P., MARECHAL, R., MERGEAI, G., & OTOUL, E. (2002). *Amélioration des plantes: application aux principales espèces cultivées en régions tropicales*. Belgique: Les presses agronomiques de Gembloux.
- BAUWENS, P. (2008). *Figues de tous pays*. Edisud.
- BELKADI, B. (2003). Diversité génétique et phylogénie des Aegilops. L du Maroc. In. KONATE, I. (2007). *Diversité phénotypique et moléculaire du Caroubier (Ceratonia siliqua L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées*.
- BENBOUZA, H., BAUDOIN, J.-P., & GUY, M. (2006). Amélioration de la méthode d'extraction d'ADN au CTAB appliquée aux feuilles de cotonnier. *Biotechnol. Agron. soc. Environ*, 73-76.
- BERTAUEAU, J., & FAURE, Y. (1990). Atlas d'arboriculture fruitière. In. 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*.
- CABRITAA, L., AKSOY, U., HEPAKSOY, S., & LEITAËO, J. M. (2000). Suitability of isozyme, RAPD and AFLP markers to assess genetic differences and relatedness among 8g (Ficus carica L.) clones. *Scientia Horticulturae. ELSEVIER*, 261-273.
- CADOT, V., LE CLERC, V., CANADAS, M., BELOUARD, E., FOUCHER, C., & RICHARD, E. (2006). *Estimation de la diversité des variétés inscrites au Catalogue français des espèces agricoles cultivées Réflexions préalables à la mise en place d'indicateurs de la diversité génétique disponible*. GEVES Brion .
- CALLEN, D., THOMPSON, A., Shen, Y., PHILLIPS, H., RICHARDS, R., MULLEY, J., & SUTHERLAND, G. (1993). Incidence and Origin of "Null" Alleles in the (AC)_n Microsatellite Markers. *Am. J. Hum. Genet.*, 922-927.
- CHATTI, K., BARAKET, G., BEN ABDELKRIM, A., SADDOD, O., MARS, M., TRIFI, M., & SALHI HANNACHI, A. (2010). Development of Molecular Tools for Characterization and Genetic Diversity Analysis in Tunisian Fig (Ficus carica) Cultivars. *Biochem Genet*, 789-806.
- CHAWLA, A., KAUR, R., & SHARMA, A. (2012). Ficus carica Linn.: A Review on its Pharmacognostic, Phytochemical and Pharmacological Aspects. In. AZZI, R. (2013). *Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique*.
- CHOUAKI, S., BESSEDIK, F., CHEBOUTI, A., MAAMRI, F., OUMATA, S., KHELDOUN, S., . . . KHELDOUN, A. (2006). *Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétique*. INRAA.
- CONDIT, I. J. (1947). *The fig. Chronica botanica*. In. KJELLBERG, F et VALDEYRON, G. (1984). *The pollination of fig tree (Ficus carica L.) and its control in horticulture*.
- DE VIENNE, D. (1998). *Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales*. INRA.
- DE-VICENTE, C., & FULTON, T. (2003). *utilisation des marqueurs moléculaires dans les études de la diversité génétique des plantes: module d'enseignement*. Récupéré sur bioversityinternational: http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Molecular_Markers_Volume_1_fr_04.pdf
- DÍAZ, A., MARTÍN, A., RALLO, P., BARRANCO, D., & DE LA ROSA, R. (2006). Self-incompatibility of "Arbequina" and "picual" olive Assessed by SSR Markers. *HORT.SCI*, 250-255.

- DOYLE, J., & DOYLE, J. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *DNA isolation from small amounts of plant tissue*. Récupéré sur <http://220.227.138.213/phytoforma/phytoformweb/protocols/IDoyle%20and%20Doyle%20tab%20method%20of%20dna%20isolation.pdf>
- DUBY, C., & ROBIN, S. (2006). *Analyse en composantes principales*. Paris: Dép.O.M.I.P.
- DUFRENOY, L. M. (1934). *Le figuier en Californie*. In : *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*. 14e année? bulletin n° 160. Persee.
- EASTMENT, H. T., & KRZANOWSKI, W. (1982). Cross-Validatory Choice of the Number of Components from a Principal Component Analysis. *Taylor & Francis*, 24, 73-77.
- EL-KHALOUI, M. (2010). *Valorisation de la figue au Maroc. Transfert de technologie en agriculture*. Maroc.
- EMBERGER. (1960). Les végétaux vasculaires. In. 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.* , 2, Masson & Cie, 682.
- EXCOFFIER, L., SMOUSE, P., & QUATTRO, J. (1992). Analysis of Molecular Variance Inferred From Metric Distances Among DNA Haplotypes: Application to Human Mitochondrial DNA Restriction Data . *Genetics Society of America* , 479-491.
- FAOSTAT. (2015, MAI 26). *Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*. Récupéré sur <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/F>
- GAALICHE, B., SADDOD, O., & MARS, M. (2012). *Morphological and pomological diversity of fig (Ficus carica L.) cultivars in northwest of Tunisia*. ISRN Agronomy.
- GAUSSEN, H., LEROY, J. F., & OZENDA, P. (1982). Précis de botanique: Végétaux supérieures. In. GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de Vigna unguiculata (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique*. Alger: ENSA El Harrach.
- GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de Vigna unguiculata (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique*, 10-14. Alger: ENSA El Harrach.
- GILANI, A., MEHMOOD, M., JANBAZ, K., KHAN, A., & SAEED, S. (2008). Ethnopharmacological studies on antispasmodic and antiplatelet activities of Ficus carica. In. AZZI, R. (2013). *Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel*.
- GIRALDO, E., LOPEZ-CORRALES, M., & HORMAZA, J. I. (2008). Selection of morphological quantitative variables in fig characterization. In. GIRALDO, E., M. LOPEZ-CORRALES and J. I. HORMAZA. 2010. Selection of the most discriminating morphological qualitative variables for characterization of fig germplasm. *Acta Hort*, 103-108.
- GIRALDO, E., LOPEZ-CORRALES, M., & HORMAZA, J. I. (2010). *Selection of the most discriminating morphological qualitative variables for characterization of fig germplasm*. Spain: Hort Science.
- GIRALDO, E., LOPEZ-CORRALES, M., & HORMAZA, J. I. (2010). Selection of the most discriminating morphological qualitative variables for characterization of fig germplasm. *Hort Science*, 240-249.

- GIRALDO, E., VIRUEL, M. A., LÓPEZ-CORRALES, M., & HORMAZA, J. I. (2005). Characterisation and cross-species transferability of microsatellites in the common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 217-224.
- GODWIN, I. D., ALTKEN, E. A., & SMITH, L. W. (1997). Application of inter simple sequence repeat (ISSR) markers to plant genetics. In: KONATE, I. (2007). *Diversité phénotypique et moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées*. Rabat: UNIVERSITE MOHAMMED V-AGDAL. FACULTE DES SCIENCES.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Á. M., & GRAJAL-MARTÍN, M. J. (2011). *Higueras de Canarias, Caracterización morfológica de variedades*. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.
- GORDON, A. (1969). Electrophoresis of proteins in polyacrylamide in starch gels. In: LODE, T. (1998). *Cours de génétique des populations*. France: ellippes.
- GOTTEIB, L. (1977). Electrophoretic evidence and plant systematic. In: KONATE, I. (2007). *Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées*. Thèse de Doctorat. Rabat: UNIVERSITE MOHAMMED V-AGDAL. FACULTE DES SCIENCES.
- GRIFFITHS, A., GELBART, W., MILLER, J., & LEWONTIN, R. (2001). Analyse génétique moderne. 538-541. (C. SANLAVILLE, Trad.) De Boeck Université.
- GUASMI, F., FERCHICHI, A., FARES, K., & TOUIL, L. (2006). Identification and differentiation of *Ficus carica* L. cultivars using inter simple sequence repeat markers. *African Journal of Biotechnology*, 1370-1374.
- GUITONNEAU, G. (1992). Connaitre et reconnaître la flore et la végétation méditerranéenne. In: GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cultivés en Algérie*. thèse de Doctorat en science agronomique. Alger: ENSA El Harrach.
- HALKETTA, F., SIMONA, J., & BALLOUXB, F. (2005). Tackling the population genetics of clonal and partially clonal organisms. *TRENDS IN ECOLOGY AND EVOLUTUION*, 194-201.
- HARRY, M. (2001). *Génétique moléculaire et évolutive*. Paris: Maloine.
- HAUSER, L. A., & CROVELLO, T. (1982). Numerical Analysis of Generic Relationships in Thelypodieae (Brassicaceae). *Systematic Botany*, 249-268 .
- HEPAKSOY, S., & AKSOY, U. (2006). Propagation of *Ficus carica* L. clones by in vitro culture. 433-436. Izmir, Turquie: Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ege University, İzmir 35100 Turkey.
- HERVÉ, M. (2014). *Aide-mémoire de statistique appliquée à la biologie. Construire son étude et analyser les résultats à l'aide du logiciel R. Version 5 (2)*.
- HOUCHI. (2008). *Erosion d'une culture de trroir de Kabylie. Le figuier (*ficus carica* L.): Séminaire sur la culture du figuier*. Maison de culture T.O. TIZI-OUZOU.
- HUSSON, F., & JOSSE, J. (2015). *Analyse de données avec R, complémentarité des méthodes d'analyse* . Récupéré sur FactomineR: http://factominer.free.fr/docs/factominer_sfds2010.pdf
- HUSSON, F., LÊ, S., & PAGÈS, J. (2009). *Analyse de données avec R*. Presses Universitaire de Rennes.
- IKEGAMI, H., HITOSHI, N., HIRASHIMA, K., AWAMURA, M., & NAKAHARA, T. (2008). Analysis of genetic diversity among European and Asian fig varieties (*Ficus carica* L.) using ISSR, RAPD, and SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Springer, 201-209.

- IPIGRI, & CIHEAM. (2003). *Descriptors for Fig*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, et International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France.
- 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*. *Molecular Ecology*, 191-193.
- KJELBERGE, F., DOUMESCHE, B., & BRONSTEIN, J.-I. (1988). Longevity of fig wasp (*Blastophaga psenes*). . In. 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*.
- KJELLBERG, F., & VALDEYRON, G. (1984). *The pollination of fig tree (FICUS CARICA L.) and its control in horticulture* (Vol. 5). Acta Oecologica.
- KLOOSTERMAN, A. D., BUDOWLE, B., & DASELAAR, P. (1993). PCR-amplification and detection of the human D1S80 VNTR locus. Amplification conditions, population genetics and application in forensic analysis . *Int J Leg Med*, 257-264 .
- KONATE, I. (2007). Diversité phénotypique et moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. *Thèse de doctorat*, 38-46. Rabat: UNIVERSITE MOHAMMED V-AGDAL. FACULTE DES SCIENCES.
- LAUMONNIER, R. (1960). Culture fruitière méditerranéenne. In. GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de Vigna unguiculata (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique. Alger: ENSA El Harrach*.
- LAURI, P.-E., & CARAGLIO, Y. (1995). *Figuier. Optimiser la production de figues-fleurs. L'arboriculture fruitière N° 489*. INRA, CIRAD.
- LEGAY, J., & BARBAULT, R. (1995). La révolution technologique en écologie. In. LODE, T. (1998). *Cours de génétique des populations. France: ellippes*.
- LEMELIN, A. (2004). *L'analyse des tableaux de contingence. Méthodes quantitatives des sciences sociales appliquées aux études urbaines et régionales*. Montréal: 1-39. Récupéré sur www.lemelin-metho.ucs.inrs.ca: <http://www.lemelin-metho.ucs.inrs.ca>
- LESPINASSE, J., & LETERME, E. (2005). De la taille à la conduite des arbres fruitières. In. GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de Vigna unguiculata (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique. Alger: ENSA El Harrach*.
- LODE, T. (1998). *Cours de génétique des populations*. France: ellippes.
- LÓPEZ, J. A., & HIDALGO, M. D. (1994). *Análisis de componentes principales y análisis factorial*. in TITO L.F. et Hidalgo R. (2003) *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. IPGRI.
- MALLIKARJUNA, K., ARADHYA, S. E., VELASCO, D., & KOEHMSTEDT, A. (2010). Genetic structure and differentiation in cultivated fig (*Ficus carica* L.). *Genetica. Springer*, 681-694.
- MAURI, N. (1939). Les figuiers cultivées en Kabylie. Contribution à leur détermination et étalonnage. In. GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de Vigna unguiculata (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique. Alger: ENSA El Harrach*.
- MELGAREJO, P., HERNANDEZ, F., MARTINEZ, J., SANCHEZ, J., & SALAZAR, D. (2003). Organic acids and sugars from first and second crop fig juices. In. AZZI, R. (2013). *Contribution*

à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique.

- MURRAY, BENDER, Botham, Kennelly, & Rodwell. (2010). Biochimie de Harper. 4, 56. (L. Domenjoud, Trad.) Paris: De boeck.
- MURRAY, M., & THOMPSON, W. (1980). *Rapid isolation of high molecular weight plant DNA* (Vol. 8). Nucl. Acid. Res.
- NEI, M. (1978). ESTIMATION OF AVERAGE HETEROZYGOSITY AND GENETIC DISTANCE FROM A SMALL NUMBER OF INDIVIDUALS . *Center for Demographic and Population Genetics, University of Texas at Houston*, 583-590.
- NEZZAR, A. (2012). *Etude des ressources phytogénétiques de figuier (Ficus carica L.) dans la région de Meriel W.Batna*. Batna: Institut des Sciences Vétérinaires et Sciences agronomiques. Département des Sciences Agronomiques. Université Hadj Lakhdar-Batna.
- OUKABLI, A. (2003). Le figuier : Un patrimoine génétique diversifié à exploiter. Transfert De Technologie En Agriculture. In. OUKABLI, A. (2012). *Revue annuelle des réalisations en matière de variétés et leurs conduites techniques dans les zones du projet*.
- PAPADOPOULOU, K., EHALIOTIS, C., TOURNA, M., KASTANIS, P., KARYDIS, I., & ZERVAKIS, G. (2002). Genetic relatedness among dioecious *Ficus carica* L. by random amplified polymorphic DNA analysis, and evaluation of agronomic and morphological characters. *Genetica*, 183-194.
- PARK, C., CHANG, L. S., & SHENK, T. (1991). A polymerase chain reaction mediated by simple primer. Cloning of genomic sequences adjacent to a serotonin receptor protein coding region. In. KONATE, I. (2007). *Diversité phénotypique et moléculaire du Caroubier (Ceratonia siliqua L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. Thèse de doctorat. Rabat: UNIVERSITE MOHAMMED V-AGDAL. FACULTE DES SCIENCES*.
- PEAKALL, R., & SMOUSE, P. (2006). *GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research*. Récupéré sur Australian National University: <http://anu.edu.au/BoZo/GenALEX>
- 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*, 108-113.
- PESSON, P., & LOUVEAUX, J. (1984). Pollinisation et production végétale. In. 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*.
- PRADEEP REDDY, M., SARLA, N., & SIDDIQ, E. (2002). Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. 128: 9-17. *Euphytica*.
- PRAT, D., FALVRE RAMPANT, P., & PRADO, E. (2006). Analyse du génome et gestion des ressources génétiques forestières. 10-11. Paris: INRA.
- PREVOST, A., & WILKINSON, M. (1999). A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. *Theor Appl Genet*. In. GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de Vigna unguiculata (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique. Alger: ENSA El Harrach*.
- RAKOTOMALALA, R. (2015). *Didacticiel - Etudes de cas, CAH mixte sur le fichier IRIS*. Récupéré sur Entrepôts, Représentation et Ingénierie des Connaissances. Université Lion: http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/tanagra/fichiers/HAC_IRIS.pdf

- RAMEAU, J.-C., MANSION, D., DUME, G., & GAUBERVILLE, C. (2008). Flore forestière française: Région méditerranéenne. In. 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.*
- REBOUL, L. (2015). *Cours de statistique. La classification.* Récupéré sur Institut de Mathématiques de Luminy. Aix-Marseille Université: <http://iml.univ-mrs.fr/~reboul/ADD4-MAB.pdf>
- REBOUR, H. (1968). Fruits méditerranéen autre que les agrumes. In. 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.*
- RIVALS, P. (1962). *Notes biologiques sur le figuier.* In. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée.* vol. 9, n° 1-2,. Persee.
- RUBNOV, S., KASHMAN, Y., RABINOWITZ, R., SCHLESINGER, M., & MECHOULAM, R. (2001). Suppressors of cancer cell proliferation from fig (Ficus carica) resin: isolation and structure elucidation. In. AZZI, R. (2013). *Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel .*
- SAMBROOK, N., FRITSCH, E., & MANIATIS, T. (1989). Molecular cloning. In. RIPOLL J., BON M-C., JONES W., 2010. Optimisation de l'extraction d'ADN génomique de la morelle jaune (Solanum elaeagnifolium Cav.), une plante invasive des milieux cultivés en région méditerranéenne. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 95-100.
- SANTONI, S., FAIVRE-RAMPANT, P., PRADO, E., & PRAT, D. (2000, Juillet- Aout). Marqueurs moléculaires pour l'analyse des ressources génétiques et l'amélioration des plantes. *Cahier*, 9(4). INRA. Récupéré sur <http://www.jile.com/e-docs/00/00/EB/41/article.phtml>
- SOLIMAN, H. I., GABR, M., & ABDALLAH, N. (2010). Efficient transformation and regeneration of fig (Ficus carica L.) via somatic embryogenesis. 47-58. Cairo, Egypte: Department des ressources génétiques végétales.
- STOREY, W. B. (1976). *Fig Ficus carica (Moraceae), in evolution of crop plants.* longman, New York, NY, USA: N. W. Simmonds.
- TAGU, D., & MOUSSARD, C. (2003). *Principes des technique de biologie moléculaire 2ème édition.* Paris: INRA.
- TESSIER, C., DAVID, J., THIS, P., BOURSQUOT, J. M., & CHARRIER, A. (1999). Optimization of the choice of molecular markers for varietal identification in Vitis vinifera L. *Springer-Verlag* , 171-177.
- TUGAUT, J. (2015). *Statistique inférencielles. Chapitre 4: Test du khi-deux d'ajustement.* Télécom Saint-Étienne.
- UPOV. (2010). *Figuier, Ficus carica. Principe directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité.* Genève: Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales.
- VIDAUD, J. (1987). Aperçu sur une culture en régression INFOS-CTFL centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. In. 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.*

- VIDAUD, J. (1997). Le figuier monographie du CTIFL (centre technique interprofessionnel des fruits et légumes). In. 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.*
- VILMORIN, J.-B. (2003). Histoire d'arbre. In. 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.*
- VOS, P., HOGERS, R., BLEEKER, M., REIJANS, M., VAN DE LEE, T., & HORNES, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Res. In. GHALMI, N. (2011). *Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de Vigna unguiculata (L.) Walp. cultivés en Algérie. thèse de Doctorat en science agronomique. Alger: ENSA El Harrach.*
- WANG, J., WANG, X., JIANG, S., LIN, P., ZHANG, J., LU, Y., . . . HONGLIANG, Y. (2008). Cytotoxicity of fig fruit latex against human cancer cells. In. AZZI, R. (2013). *Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique.*
- WATTIER, R., ENGEL, C. R., SAUMITOU-LAPRADE, P., & VALERO, M. (1998). Short allele dominance as a source of heterozygote deficiency at microsatellite loci: experimental evidence at the dinucleotide locus Gv1CT in Gracilaria gracilis (Rhodophyta). *Mol Ecol*, 1569-157.
- XLSTAT. (2015). *Rendre un graphique issue d'une ACP plus lisible. Tutoriels. Centre d'apprentissage.* Récupéré sur www.Xlstat.com: www.Xlstat.com/fr/centre-d-apprentissage/tutoriels/rendre-un-graphique-issu-d-une-acp-olus-lisible-avec-les-outils-de-visualisation-xlstat.html
- YANG, X., YU, W., OU, Z., MA, H., LIU, W., & Ji, X. (2009). Antioxidant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from Ficus carica L. fruit. In. AZZI, R. (2013). *Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique.*

Résumés

Résumé

L'étude menée consiste en une contribution à l'évaluation de la diversité génétique du figuier *Ficus carica* L., représenté par huit cultivars échantillonnés à la station expérimentale ITAFV M'djez Edchich Skikda. Au total, trente-cinq marqueurs morphologiques (qualitatifs), relatifs aux fruits et aux feuilles, décrits dans les descripteurs de l'IPIGRI (International Plant Genetic Resources Institute) et du CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (2003), et six présélectionnés marqueurs microsatellites ont été utilisés pour analyser la diversité génétique existante. L'analyse de données de la caractérisation morphologique a permis d'identifier dix variables les plus discriminants (quatre caractères de la feuille et six caractères du fruit) parmi les trente-cinq variables qualitatives initiales utilisées. Les résultats de l'Analyse en Composante Principale(ACP) et de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) ont révélé l'existence d'une variabilité importante entre les cultivars étudiés pour l'ensemble des caractères morphologiques évalués. La CAH précédée par l'ACP a permis de distinguer trois groupes de cultivars pour le cas des caractères morphologiques liés aux feuilles et six groupes de cultivars pour le cas des caractères liés aux fruits. Cependant, les caractères du fruit semblent être plus discriminants que ceux de la feuille. Les résultats de l'analyse des données de la caractérisation moléculaire ont permis de constater que le taux de polymorphisme des loci variait de 66,67%, chez les cultivars ALEKAK et HAMRI à 100% chez les cultivars BAKOR BLANC, ROUDANE ET ZREKA. La moyenne des allèles amplifiés est de 3,33 allèles. L'hétérozygotie observée était $\geq 0,8$, excepté pour le locus LMFC35, indiquant une diversité élevée des individus de figuier analysés. La classification des cultivars, sur base des données moléculaires, obtenue par la méthode UPGMA, confirme celle de la PCoA, par contre, elle est différente de celle générée par l'ACP et la CAH basées sur les données des paramètres morphologiques. Aucun cas d'homonymie et/ou de synonymie n'a été détecté dans cette étude et les profils génotypiques des microsatellites, ont permis d'identifier sans ambiguïté tous les cultivars.

Mots clés : *Ficus carica* L., diversité génétique, descripteurs IPGRI et CIHEAM, marqueurs SSR.

Abstract

The present study is a contribution to the assessment of the genetic diversity of the fig tree *Ficus carica* L., represented by eight cultivars sampled at the experimental station ITAFV M'djez Edchich Skikda. In total, thirty-five morphological markers (qualitative) of fruits and leaves, described in IPIGRI (International Plant Genetic Resources Institute) and CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes) (2003) descriptors, and six microsatellite markers were used to analyze the existing diversity. The morphological data analysis has identified ten most discriminating traits (four characters of leaf and six characters of fruit) among the thirty-five initial variables used. The results of the Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Ascendant Classification (HAC) revealed the existence of significant variability between cultivars studied for all ten evaluated morphological characters. The HAC preceded by The PCA has identified three distinct groups of cultivars in the case of morphological traits related to leaves and six groups of cultivars in the case of traits related to fruit. However, fruit characters appear to be more discriminating than those of the leaf. The results of the molecular data analysis data showed that the polymorphism loci ranged from 66.67% (ALEKAK and HAMRI) to 100% (BAKOR BLANC, ROUDANE and ZREKA), and the average number of the amplified alleles was 3.33 alleles. The observed heterozygosity was ≥ 0.8 , except for the LMFC35 locus, indicating a high diversity of the analyzed fig trees. The classification of cultivars based on molecular data, obtained by the UPGMA method, confirmed that of the Principal Coordinate Analyses (PCoA). However, it was different from that generated by the PCA and HAC based on the data of morphological parameters. No cases of homonyms and / or synonym were detected in this study and the genotypic profiles of microsatellites, have identified unambiguously all cultivars.

Keywords: *Ficus carica* L., genetic diversity, IPIGRI and CIHEAM descriptors, SSR markers.

تتمثل هذه الدراسة التي أجريت على أشجار التين في المساهمة لتقييم التنوع الجيني لهذا النوع *Ficus carica* L., وقد تم أخذ عينات لثمانية أصناف منها من المعهد التقني لأشجار الفواكه والكروم بمجاز الدشيش سكيكدة. وتم توصيف هذه الأخيرة استنادا إلى خمس وثلاثين من المُعلِّمات (المؤشرات) المورفولوجية المتعلقة بالأوراق والفواكه و الموضَّحة في مجموعة واصفات المعهد الدولي للموارد الوراثية النباتية (IPIGRI) و المركز الدولي للدراسات الزراعية المتقدمة في البحر المتوسط (CIHEAM) (2003) بالإضافة إلى استعمال ستة من مؤشرات الميكروساتيليت (SSR) المختارة مسبقا لتحليل التنوع الوراثي الموجود. وقد سمح تحليل البيانات بتحديد عشرة خصائص مورفولوجية الأكثر تمييزا (أربعة خصائص منها للورقة وستة للثمرة) من بين الخمسة و الثلاثين الأولية. كذلك، نتائج تحليل المركبات الأساسية (ACP) و التصنيف الهرمي (CAH), كشفت وجود اختلاف كبير بين الأصناف المدروسة بالنسبة لكل الخصائص المورفولوجية. طريقة التصنيف الهرمي المسبوقة بتحليل المركبات الأساسية سمحت بتمييز ثلاث مجموعات من الأصناف المدروسة بالنسبة للصفات المورفولوجية المتعلقة بالأوراق وست مجموعات من الأصناف بالنسبة للصفات المتعلقة بالفواكه, ومع ذلك، يبدو أن الصفات المتعلقة بالفواكه هي أكثر تمييزا للأصناف المدروسة مقارنة بالصفات المورفولوجية المتعلقة بالأوراق. من جهة أخرى أظهرت لنا نتائج تحليل بيانات التوصيف الجزيئي أن نسبة تعدد أنماط المواضع الجينية (loci) تتغير من 66,67% لدى الصنفين ALEKAK و HAMRI إلى 100% لدى الأصناف BAKOR BLANC, ROUDANE و ZREKA أما معدل عدد الأليلات (allèles) التي تم مضاعفتها فيقدر ب 3.33 أليل (allèle). وفيما يخص تغير الزيجوت (hétérozygotie) الملاحظ فقد كان أكبر من القيمة 0,8 أو مساوي لها باستثناء الموضع الجيني (locus) LMFC 35, مما يدل على تنوع كبير لدى أشجار التين المدروسة. و بالنسبة للتصنيف القائم على بيانات التوصيف الجزيئي للأصناف الثمانية والمعتمد على طريقة UPGMA فقد أكدت على التصنيف المعتمد على طريقة PCoA, وعلى العكس من ذلك, فقد أعطت هذه الطريقة تصنيفا مغايرا لتصنيف CAH و ACP المعتمد على البيانات المورفولوجية. في هذه الدراسة, لم يتم الكشف عن أي حالة من حالات المشتركات اللفظية (homonymie) أو/والتطابقات الجينية (synonymie), وقد سمحت الأنماط الجينية (profils génotypiques) للميكروساتيليت بتمييز الأصناف المدروسة من دون أي لبس.

الكلمات المفتاحية: *Ficus carica* L., التنوع الجيني, من المُعلِّمات المورفولوجية IPIGRI و CIHEAM, مؤشرات الميكروساتيليت.