



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider Biskra

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

Département des Sciences Agronomiques

# THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de Doctorat En Sciences Agronomiques

Etude de la diversité génétique de quelques accessions de palmier Dattier (*Phoenix dactylifera* L.) en Algérie moyennant les marqueurs de l'ADN de type SSR.

Présentée par : BEDJAOUI Hanane  
Soutenue publiquement : le 03 /02/ 2019

Président :	Mohamed BELHAMRA	Prof.	Université Mohamed Khider. Biskra.
Promoteur:	Halima BENBOUZA	Prof.	Université Hadj Lakhdar. Batna.
Examineurs	Souad BABAHANI	Prof.	Université Kasdi Merbah. Ouargla.
	Ismail CHAFAA	M.C.A	Université Hadj Lakhdar. Batna.
	Ziane LAYADI	M.C.A	Université Mohamed Khider. Biskra.
	Med Seghir MEHAOUA	M.C.A	Université Mohamed Khider. Biskra.

Année Universitaire : 2018-2019



# Remerciements

*Louange à Dieu tout puissant qui a permis que ce travail voie le jour.*

*L'encadrement scientifique de ce travail a été assuré par Mme BENBOUZA Halima, Professeur à l'Université de Batna. Je tiens vivement à lui exprimer ma profonde reconnaissance pour ses apports scientifiques, ses orientations, ses remarques et aussi pour l'intérêt porté à mon sujet de recherche.*

*Mes remerciements les plus vifs s'adressent également à tous les membres de jury qui ont accepté de juger ce travail malgré leurs multiples occupations et responsabilités, qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et ma profonde gratitude.*

*Mr le Président du jury, Mr Belhamra M., professeur au département des sciences agronomiques. Université de Biskra.*

*Messieurs et mesdames les membres de jury :*

*Mme Souad BABAHANI, professeure au département des sciences agronomiques. Université Kasdi Merbah, Ouargla.*

*Mr. Ismail CHAFAA, Maitre de conférence à l'université de Batna 2.*

*Mr. Ziane LAYADI, Maitre de conférence à l'université Mohamed Khider. Biskra.*

*Mr. Med Seghir MEHAOUA, Maitre de conférence à l'université Mohamed Khider. Biskra.*

*Je remercie profondément Mr. Guimeur Kamel chef du département des sciences agronomiques, pour le soutien moral et matériel.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à M<sup>me</sup> Abdessemed Sanna, chercheur au Centre de Recherche en Biotechnologie, CRBt, Constantine.*

*Mes sentiments les plus profonds et remerciements infinis pour Mr. Mehaoua Med Seghir pour son soutien inconditionnel tout au long de ce doctorat.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements et ma plus chaleureuse et amicale reconnaissance à mes collègues et amies, M<sup>me</sup> Bennaceur Malika, M<sup>me</sup> Nadia Bouguedoura, M<sup>me</sup> Deghnouche Kahraman, M<sup>me</sup> Kessai Abla, M<sup>elle</sup> Boulelouah Nadia, M<sup>elle</sup> Boukhalifa Hafida, M<sup>elle</sup> Farhi Kamilia, M<sup>elle</sup> Moussouni Souhila.*

*Je tiens également à remercier l'ensemble de mes étudiants et phoeniculteurs qui ont toujours été là et nos las de me soutenir pour l'accomplissement de ce travail en particulier : Mr. Suiki Tarzi, Mr. Suiki Larbi. Mr. Khaled Laadjel, Mr. Mezghiche Nour Mr. Hizi Said. M<sup>elle</sup> Hizi Halima, Mr. Badache. M<sup>elle</sup> Badache Sarah, M<sup>me</sup> Boutiba Soumia, M<sup>elle</sup> Tahri Kenza, M<sup>elle</sup> Atia Nadjeh, M<sup>elle</sup> Fadlaoui Soumia.*

*Mes remerciements les plus vifs pour mon amie de toujours Mme Siham Ait Hamouda.*

*Il est des personnes que nous ne remercions jamais assez...ma famille et en particulier mon époux Imed.*

***M<sup>me</sup> Bedjaoui Hanane***

## Liste des Abréviations

<b>%</b>	Pourcentage
<b>ACP</b>	Analyse en Composantes Principales
<b>ADN</b>	Acide désoxyribonucléique
<b>AFLP</b>	Amplified Fragment Length Polymorphism, Polymorphisme de Longueur des Fragments Amplifiés
<b>AMOVA</b>	Analyse de la variance moléculaire
<b>ANOVA</b>	Analyse de la variance
<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>CAH</b>	Classification Ascendante Hiérarchique
<b>CGIAR</b>	Consultative Group on International Agricultural Research
<b>DL</b>	Descriptors Lists
<b>DNTP</b>	Désoxyribo-Nucléotide Triphosphate
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
<b>IPGRI</b>	International Plant Genetic Resources Institute, Institut International des Ressources Génétiques
<b>ISSR</b>	Inter Simple Sequence Repeats
<b>MCPD</b>	Multi-Crop Passport Descriptors, Plan National De Développement Agricole
<b>Pb</b>	Paire de base
<b>PCR</b>	Polymerase Chain Reaction, Technique de polymérisation en chaîne
<b>PNDA et APFA</b>	Programme de l'accession à la propriété foncière agricole
<b>RAPD</b>	Random amplified polymorphic DNA, Amplification Aleatoire d'ADN polymorphe
<b>SNP</b>	Single Nucleotide Polymorphism
<b>SSR s</b>	Simple Sequence Repeat
<b>UPGMA</b>	Unweighted Pair Group Method with Arithmetic averaging
<b>US\$</b>	Dollar Américain

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b>	Evolution des listes des descripteurs : première phase (1977-1994) (Gotor et al., 2008).....	<b>18</b>
<b>Figure 2.</b>	Evolution des listes des descripteurs (Gotor et al., 2008).....	<b>18</b>
<b>Figure 3.</b>	Classement des dix plus grands producteurs de dattes au monde en tonnes (FAOSstat, 2018).....	<b>32</b>
<b>Figure 4.</b>	Evolution des superficies et production de la culture du palmier dattier en Algérie (1996-2016) (FAOsat, 2018).....	<b>33</b>
<b>Figure 5.</b>	Carte de l'Algérie et de la wilaya de Biskra (communes de prélèvement : Tolga, Leghrous, Foughala, Chetma et Sidi Okba).....	<b>37</b>
<b>Figure 6.</b>	Illustrations de quelques paramètres végétatifs étudiés (IPGRI, 2005).....	<b>43</b>
<b>Figure 7.</b>	Projection des cultivars et des paramètres végétatifs sur le plan 1-2.....	<b>54</b>
<b>Figure 8.</b>	Projection des cultivars et des paramètres végétatifs sur le plan 1-3.....	<b>55</b>
<b>Figure 9.</b>	Projection des cultivars et des paramètres reproducteurs sur le plan 1-2....	<b>57</b>
<b>Figure 10.</b>	Projection des cultivars et des paramètres reproducteurs sur le plan 1-3....	<b>58</b>
<b>Figure 11.</b>	Classification ascendante hiérarchique (CAH) des cultivars basée sur les caractères végétatifs.....	<b>59</b>
<b>Figure 12.</b>	Classification ascendante hiérarchique (CAH) des cultivars basée sur les caractères reproducteurs.....	<b>60</b>
<b>Figure 13:</b>	Exemple de dattes de cultivars étudiés dans la région de Ziban.....	<b>70</b>
<b>Figure 14.</b>	Valeurs du pH, acidité titrable, teneur en eau et indice de qualité des dattes étudiées...	<b>82</b>
<b>Figure 15.</b>	Taux des sucres totaux, sucres réducteurs, saccharose, teneur en cendres et TSS des dattes étudiées.....	<b>84</b>
<b>Figure 16.</b>	Taux du phosphore, sodium, zinc et cuivre dans les dattes étudiées.....	<b>86</b>
<b>Figure 17.</b>	Projection des cultivars et des paramètres chimiques des dattes sur le plan 1-2.....	<b>89</b>
<b>Figure 18.</b>	Projection des cultivars et des paramètres chimiques des dattes sur le plan 1-3.....	<b>90</b>
<b>Figure 19.</b>	Classification ascendante hiérarchique (CAH) des cultivars basée sur les caractères chimiques des dattes.....	<b>93</b>

<b>Figure 20.</b> Carte des zones échantillonnées. Les points rouges se référant aux sites d'échantillonnage.....	<b>108</b>
<b>Figure 21.</b> Fréquences alléliques pour les amorces mpdCIR050 et DP1600.....	<b>117</b>
<b>Figure 22.</b> Représentation graphique de quelques indices génétiques.....	<b>120</b>
<b>Figure 23.</b> Pourcentage des loci polymorphes.....	<b>122</b>
<b>Figure 24.</b> Relations entre les 52 accessions de palmier dattier en utilisant l'analyse UPGMA basée sur le coefficient de similarité de Jaccard des marqueurs SSR.....	<b>123</b>
<b>Figure 25.</b> Analyse des coordonnées principales (ACoP).....	<b>124</b>
<b>Figure 26.</b> Analyse de la structure de la population. a) Détermination de la valeur optimale de K sans et avec information préalable. b) structure inférée de la population de cultivars de palmiers dattiers (K = 2) et sous-structuration du principal groupe génétique I (K = 7) et II (K = 7) sur la base de la classification UPGMA.....	<b>126</b>
<b>Figure 27.</b> Profils génomiques SSR générés par les amorces et mpdCIR050, DP160, DP171 et mpdCIR035.....	<b>130</b>

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1.</b>	Comparaison des différents marqueurs moléculaires utilisés dans le génotypage du palmier dattier.....	<b>15</b>
<b>Tableau 2.</b>	Appellation, code et lieu de collecte des cultivars étudiés.....	<b>38</b>
<b>Tableau 3.</b>	Echantillonnage : organes étudiés, nombre de répétitions, périodes.....	<b>39</b>
<b>Tableau 4.</b>	Descripteurs végétatifs mesurés sur les 26 cultivars étudiés.....	<b>40</b>
<b>Tableau 5.</b>	Descripteurs reproducteurs mesurés sur les 26 cultivars étudiés.....	<b>41</b>
<b>Tableau 6.</b>	Valeurs moyennes des paramètres végétatifs.....	<b>47</b>
<b>Tableau 7.</b>	Valeurs moyennes des paramètres reproducteurs.....	<b>49</b>
<b>Tableau 8.</b>	Matrice de corrélation des paramètres végétatifs.....	<b>51</b>
<b>Tableau 9.</b>	Matrice de corrélation des descripteurs reproducteurs.....	<b>52</b>
<b>Tableau 10.</b>	Appellation, code et lieu de collecte des dattes analysées.....	<b>72</b>
<b>Tableau 11.</b>	Matrice de corrélations des paramètres chimiques.....	<b>87</b>
<b>Tableau 12.</b>	Noms des cultivars et sites de prélèvement d'échantillons (Région des Ziban).....	<b>110</b>
<b>Tableau 13.</b>	Tailles et fréquences des allèles pour les 14 SSRs loci analysés sur l'ensemble des cultivars de palmier dattier.....	<b>116</b>
<b>Tableau 14.</b>	Polymorphisme des SSR et statistiques F dans les cultivars étudiés.....	<b>118</b>
<b>Tableau 15.</b>	Diversité allélique, hétérozygotie attendue et indice de fixation dans les populations étudiées.....	<b>121</b>

## Tables des matières

Remerciements.....	ii
Liste des abréviations.....	iv
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	vii
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>5</b>
1. Présentation du palmier dattier.....	6
1.1. Généralités.....	6
1.2. Taxonomie.....	7
1.3. Description morphologique.....	7
1.3.1. Appareil végétatif.....	7
1.3.2. Appareil reproducteur.....	8
1.4. Composition chimiques de la datte.....	9
1.4.1. Eau.....	9
1.4.2. Sucres.....	9
1.4.3. Minéraux.....	10
1.4.4. Autres composants.....	10
1.5. Exemples de marqueurs moléculaires utilisés chez le palmier dattier.....	11
1.5.1. Marqueurs RFLP.....	12
1.5.2. Marqueurs RAPD.....	13
1.5.3. Marqueurs AFLP.....	13
1.5.4. Marqueurs minisatellites.....	14
1.5.5. Microsatellites ou SSR (Simple Sequence Repeats).....	14
1.5.6. Marqueurs SNP (Polymorphisme de simple nucléotide) .....	15
2. Diversité du palmier dattier.....	15
2.1. Descripteurs du palmier dattier.....	17
2.2. Polymorphisme chez le palmier dattier.....	19
2.2.1. Polymorphisme morphologique.....	19
2.2.2. Diversité chimique.....	23

2.2.3. Polymorphisme moléculaire.....	26
3. Importance économique de la culture du palmier dattier.....	32

**Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban .....34**

1. Introduction.....	35
2. Matériel et méthodes.....	37
2.1. Prospection et choix des cultivars.....	37
2.2. Echantillonnage.....	39
2.3. Descripteurs utilisés.....	39
2.3.1. Descripteurs végétatifs.....	39
2.3.2. Descripteurs reproducteurs.....	40
2.4. Traitement statistique des données.....	44
3. Résultats.....	44
3.1. Analyse de la variance et comparaison des moyennes.....	44
3.1.1. Caractères végétatifs.....	44
3.1.2. Caractères reproducteurs.....	45
3.2. Matrice de corrélation.....	45
3.2.1. Caractères végétatifs.....	45
3.2.2. Caractères reproducteurs.....	46
3.3. Analyse en composantes principales (ACP).....	53
3.3.1. Caractères végétatifs.....	53
3.3.2. Caractères reproducteurs.....	56
3.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	58
3.4.1. Caractères végétatifs.....	58
3.4.2. Caractères reproducteurs.....	59
4. Discussion.....	61
5. Conclusion.....	64

**Chapitre 3 : Etude de la diversité chimique des dattes des principaux cultivars des Ziban.....66**

1. Introduction.....	67
----------------------	----

2.	Matériel et méthodes.....	69
2.1.	Choix des cultivars.....	69
2.2.	Méthode d'échantillonnage.....	71
2.3.	Paramètres étudiés et modes opératoires.....	73
2.3.1.	PH.....	73
2.3.2.	Détermination de l'acidité titrable.....	73
2.3.3.	Teneur en eau.....	74
2.3.4.	Teneur en sucres.....	74
2.4.4.1.	Dosage des sucres totaux.....	74
2.4.4.2.	Détermination de la teneur en sucres réducteurs.....	75
2.4.4.3.	Détermination de la teneur en saccharose.....	76
2.4.5.	Indice de qualité.....	76
2.4.6.	Détermination de la teneur en cendres totales.....	76
2.4.7.	Détermination du Taux des Solides Solubles (Girard, 1965).....	77
2.4.8.	Dosage des éléments minéraux (Mvondo et al. 1992).....	77
2.5.	Traitement statistique des données.....	78
3.	Résultats.....	79
3.1.	Analyse descriptive : moyennes et écart types.....	79
3.1.1.	PH et acidité titrable.....	79
3.1.2.	Teneur en eau.....	79
3.1.3.	Sucres.....	80
3.1.4.	Indice de qualité.....	81
3.1.5.	Cendres totales et taux des solides solubles TSS.....	83
3.1.6.	Eléments minéraux.....	83
3.1.6.1.	Phosphore.....	83
3.1.6.2.	Sodium.....	83
3.1.6.3.	Cuivre.....	85
3.1.6.4.	Zinc.....	85
3.2.	Corrélations.....	87
3.3.	Analyse en composantes principales (ACP).....	88
3.4.	Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	91
4.	Discussion.....	94
5.	Conclusion.....	101

## **Chapitre 4: Etude de la diversité moléculaire des principaux cultivars des Ziban par l'emploi de marqueurs SSRs.....105**

1.	Introduction.....	106
2.	Matériel et méthodes.....	107
2.1.	Matériel végétal.....	107
2.2.	Extraction d'ADN et caractérisation moléculaire.....	108
2.3.	Analyse des données.....	111
3.	Résultats.....	114
3.1.	Diversité génétique et polymorphisme des marqueurs SSR.....	114
3.2.	Profils d'identification des cultivars.....	119
3.3.	Relations génétiques entre les cultivars étudiés.....	122
3.4.	Structure génétique des cultivars de palmiers dattiers.....	124
4.	Discussion.....	127
5.	Conclusion.....	132

**Conclusion générale.....135**

**Références bibliographiques.....141**

**Annexes..... 159**

**Résumé .....168**

**Abstract**

**ملخص**

Introduction générale



## INTRODUCTION GENERALE

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'une des espèces fruitières les plus anciennement cultivée par l'homme. Domestiqué depuis 3000 ans av. J.-C. en Mésopotamie (Nixon, 1959), l'agriculture du palmier dattier s'est répandue, dans un premier temps, dans les zones arides et semi-aride du Moyen-Orient et Afrique du Nord. Par la suite, et grâce à l'échange de matériel génétique, elle s'est étendue à l'Australie, à l'Afrique australe, à l'Amérique du Sud, au Mexique et aux États-Unis d'Amérique.

Depuis l'Antiquité, cette plante majestueuse est reconnue comme « l'arbre de la vie », aujourd'hui encore, elle demeure une composante fondatrice de l'agrosystème oasien qui a permis de maintenir la vie dans le désert pendant des siècles grâce aux nombreuses et variables utilisations dont ses parties font l'objet. Il s'agit incontestablement d'une espèce qui continue de jouer un rôle économique, social et environnemental patent. Effectivement, le palmier dattier sert comme matière première pour la fabrication de logements, de meubles et la confection d'outils et ustensiles, en plus il fournit des fruits délicieux à consommer frais, séchés ou transformés d'une valeur nutritive et énergétique très importante et dont les vertus médicinales sont confirmées. Sur le plan économique, le palmier dattier constitue une source de revenus majeure pour les phoeniculteurs et les industries associées dans les communautés où il est cultivé.

Actuellement l'Algérie est comptée parmi les plus importants pays producteurs de dattes dans le monde et occupe la troisième place avec 1029596 Tonnes (FAOstat, 2016). Depuis quelques décennies la culture du dattier est passée de la culture traditionnelle dans des agrosystèmes riches et diversifiés à des monocultures. Une tendance croissante à la plantation du cultivars d'élite « Deglet Nour » est observée lors de l'installation de nouvelles palmeraies ou le renouvellement des anciennes ce qui a donné lieu à la création de palmeraie dites « modernes » caractérisées essentiellement par la monoculture monovariétale dont le composant presque unique est le cultivar « Deglet Nour ». En parallèle, accroissent une érosion génétique alarmante et un rétrécissement aigu du pool de gènes qui représentent le fruit d'un long processus d'adaptation et de survie aux différents événements environnementaux et anthropiques dans la longue histoire du dattier.

En termes de production, Biskra est la première wilaya phoenicicole en Algérie, elle produit plus de 41 % des dattes algériennes et ses palmeraies couvrent plus de 85% de la superficie totale dédiée à l'arboriculture fruitière dans la wilaya (DSA Biskra, 2016). La région potentielle

de culture du dattier est représentée par les palmeraies des Ziban qui peuvent être considérées comme un cas bien représentatif incarnant l'érosion génétique des ressources phytogénétiques du palmier dattier.

Les résultats reportés par une étude réalisée par **Belguedj (2002)** décrivent environ 90% des cultivars recensés comme rares à peu fréquents renseignant ainsi sur un appauvrissement irréversible de l'agrobiodiversité du palmier dattier associé à une perte préjudiciable des savoirs et savoir-faire liés à sa culture. Un autre souci est également à soulever celui de la nomenclature de quelques cultivars exprimé à travers des cas de synonymie et d'homonymie et dont les caractéristiques sont fortement influencées par l'environnement en particulier quand il s'agit de cultivars introduits provenant d'autres oasis Algériennes.

Devant ce déclin de la biodiversité du palmier dattier et l'ambiguïté des appellations, la conservation et la gestion des ressources génétiques du palmier dattier devient une question cruciale pour la stabilité des écosystèmes oasiens en zones arides et semi-aride et pour l'élargissement de la base génétique sur laquelle se dressent les programmes d'amélioration.

L'utilisation rationnelle et durable des ressources génétiques du palmier dattier nécessite une caractérisation, évaluation et documentation du matériel génétique disponible au niveau local ou régional (**Gotor et al., 2008**). A cet égard, localiser et décrire la diversité existante, identifier les matériaux à conserver, et le développement de méthodes de conservation constituent le fondement de la conservation et utilisation des ressources génétiques du palmier dattier (**Elshibli et Korpelainen, 2011**).

L'estimation de la richesse variétale chez le palmier dattier dans le monde est approximative, elle se situe entre 3000 (**Johnson, 2011**) et 5000 (**Jaradat et Zaid, 2004**) cultivars.

Les oasis Algériennes sont comptées parmi les plus riches au monde du point de vue diversité génétique avec environ un millier de cultivars (**Hannachi et al., 1998 ; Benkhalifa, 1999**) qui ont su doctement s'adapter aux variations pédoclimatiques du grand Sahara Algérien.

Dans l'objectif de fournir des connaissances fondamentales pour la conservation des ressources phytogénétiques du dattier en Algérie, plusieurs études ont caractérisé et évalué le matériel génétique existant par l'emploi de marqueurs morphologiques (**Belguedj, 2002 ; Simozrag, 2016, Bedjaoui et Benbouza, 2018**), biochimiques (**Bennaceur et al., 1992, Acourene et al., 2014**) et moléculaires (**Moussouni et al., 2017 ; Guettouchi et al., 2017**).

C'est dans cette même optique que ce travail a été mené, il s'agit en l'occurrence d'enrichir la base de donnée nationale en matière d'informations sur les ressources phytogénétiques du dattier à travers une caractérisation la plus complète possible des cultivars les plus fréquents des Ziban moyennant les trois types de marqueurs : morphologiques, chimiques du fruit et

moléculaires de type ADN. Ce qui permettra une identification sans ambiguïté des cultivars dont les caractéristiques seront déterminées de manière fiables afin de mettre au services des sélectionneurs les informations nécessaires pour la valorisation du patrimoine génétique du dattier. La valorisation constituant une étape indispensable pour la conservation de sa biodiversité notamment *in situ*. Egalement, ces informations seront d'une grande utilité dans l'implémentation de stratégies de sélection en vue d'améliorer, d'une part, la production dattière en termes de qualité et de quantité, et d'apporter, d'autre part, des solutions aux nombreux problèmes notamment les stress biotiques et abiotiques que la culture du dattier affronte.

L'étude statistique à laquelle nous allons procéder permettra l'appréciation de l'ampleur de la diversité génétique existante dans les palmeraies des Ziban tout en dégagant les caractères les plus discriminants pouvant servir de marqueurs pour la distinction entre les cultivars. Il était intéressant d'utiliser le même matériel génétique à toutes les techniques de caractérisation que nous avons appliquées afin de parfaire leur description et dégager d'éventuelles lectures sur la nature des liaisons entre ces types de marqueurs.

C'est dans la perspective de contribuer à l'amélioration et à la gestion des ressources phytogénétiques du palmier dattier que notre étude s'inscrit. Notre objectif principal est de caractériser le plus amplement possible les cultivars de la région des Ziban et ce à travers l'étude de la diversité:

- morphologique des appareils végétatif et reproducteur afin de connaître laquelle de ces deux parties permet une meilleure distinction entre les cultivars, si elles évoluent de la même manière et lesquels des caractères sont les plus discriminants tout en faisant appel aux savoirs détenus par la population locale en matière de reconnaissance des cultivars;
- chimique des dattes pour mettre en exergue les composants les plus dominants et explorer la variation inter et intra cultivar. Egalement, ce chapitre vise à dégager les corrélations qui lient les différents composants en vue de définir les caractéristiques de chaque classe de dattes et d'évaluer leur qualité ;
- moléculaire pour le génotypage et l'identification précise des cultivars et la construction de base de donnée moléculaire tout en explorant les relations inter et intra-cultivars et l'identification du nombre minimal de marqueurs de SSRs capables de distinguer les cultivars objet d'étude.

Ce document décrit notre travail et s'articule comme suit :

- un premier chapitre consacré à la synthèse bibliographique où une brève présentation du dattier a été donnée suivi d'un récapitulatif de l'histoire des descripteurs élaborés

pour la caractérisation de l'espèce *Phoenix dactylifera*. Une synthèse approfondie des travaux déjà réalisés, à l'échelle internationale et nationale, sur la caractérisation morphologique, chimique de la datte, et moléculaire des cultivars du palmier dattier. Vers la fin de ce chapitre, l'importance économique du dattier est présentée brièvement.

- le deuxième chapitre concernera l'étude de la diversité morphologique. Les descripteurs des parties végétatives et reproductrices seront abordés indépendamment et dont les résultats sont comparés;
- le troisième chapitre porte sur la diversité chimique des dattes où les composants les plus importants de la datte sont analysés et utilisés pour la classification des dattes;
- le quatrième chapitre concernera la diversité génétique moléculaire. Il s'appuie sur l'utilisation de marqueurs de types SSRs et l'analyse génétique des cultivars et de leurs relations.

Chacun des trois derniers chapitres commencera avec une introduction, des détails seront donnés sur l'échantillonnage et les méthodes d'analyses, et finit par être discuté et conclu.

Une conclusion générale et des perspectives de travail clôtureront ce manuscrit tout en ouvrant de nouvelles perspectives de recherches en continuité à ce travail.

# Chapitre 1: Synthèse bibliographique



## 1. Présentation du palmier dattier

### 1.1. Généralités

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'une des plus importantes cultures fruitières des régions arides et désertiques du Moyen-Orient, du sud d'Asie et de l'Afrique du Nord où les conditions agro-écologiques sont favorables à son développement. Au cours des trois derniers siècles, les dattes ont également été introduites dans de nouvelles zones de production en Australie, en Inde, en Pakistan, au Mexique, en Afrique australe, en Amérique du Sud et aux États-Unis (**Tchao et Krueger, 2007**). Le dattier est cultivé depuis au moins 5000 ans (**Zohary et Hopf, 2000**), ses fruits sont la principale source de revenus et l'aliment de base des populations locales et jouent un rôle important dans l'économie, la société et l'environnement de ces pays producteurs de dattes.

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L. ;  $2n=36$ ), est une monocotylédone pérenne dioïque qui se propage végétativement par rejets produits par la plante mère. La propagation par noyaux est utilisée dans les projets d'amélioration et l'ornement vu que la pollinisation croisée, naturelle ou effectuée par l'homme, donne de nouveaux génotypes avec des caractéristiques non connues (**Al-Khayri 2005; Rhouma et al. 2010 and El-Hadrami et al. 2011**). Par ailleurs, environ 50% des pieds francs sont des mâles ne pouvant être identifiés par l'agriculteurs à l'œil nu avant la floraison vers l'âge de 4 à 5 ans (**Chao et Krueger, 2007**) sauf par l'emploi de marqueurs de l'ADN spécifiques du sexe chez le dattier (**Cherif et al., 2013**). Nonobstant l'hétérogénéité des issus de semis et la probabilité d'obtention de pieds mâle, et en vue de faire face à l'érosion génétique ascendante, ces génotypes francs représentent des ressources génétiques potentielles qui devraient être évaluées pour déterminer les caractères d'intérêt agronomiques qui méritent d'être étudiés (**Johnson, 2013**) en particulier par l'utilisation de la biotechnologie moderne qui répond, en particulier aux besoins de la multiplication rapide d'un grand nombre de cultivars sélectionnés à travers la production des vitroplants (**Bouguédoura et al., 2015**).

Outre la classification en fonction des caractéristiques du fruit, par cultivar (dont le comportement est variable lorsqu'ils sont plantés en dehors de leur zone de culture traditionnelle) ou variété (liée essentiellement au phénotype en particulier les caractéristiques des fruits et désigne les pieds femelles) deux autres groupes de désignations de fruits

prépondérantes sont généralement utilisés: la consistance (molle, demi-molle ou sèche) et le temps de maturation (précoce, de saison et tardif) (**Johnson, 2011**).

## 1.2. Taxonomie

Le palmier dattier est une plante Angiosperme, Monocotylédone, classé (**Asmussen et al., 2006; Dransfield et al., 2008**) dans :

Ordre : Arecales

Famille : Arecaceae

Sous-famille : Coryphoïdeae

Tribu : Phœniceae

Genre : Phœnix

Espèce : *dactylifera* L.

## 1.3. Description morphologique

Le palmier dattier, plante pérenne, dont les caractéristiques morphologiques varient en fonction du milieu, de l'âge et des conditions culturales (**Dawson et Aten, 1963; Bouguédoura, 1991**).

### 1.3.1. Appareil végétatif

**Système racinaire** : il est de type fasciculé, les racines se développent au niveau de plateau racinal, ce dernier est volumineux et émerge au-dessus du niveau du sol. Son extension est fonction de la nature du sol, du mode de culture et de la profondeur de la nappe phréatique ainsi que des cultivars et de l'origine du sujet. Il présente 4 zones d'enracinement classées selon leur profondeur : racines respiratoires, racines de nutrition, racines d'absorption et une zone caractérisée par un géotropisme accentué (**Munier, 1973**).

**Stipe**: le palmier dattier est une plante Monocotylédones, dont la tige monopodiale, couverte des bases des feuilles, porte le nom de stipe. Sa forme est généralement cylindrique ou parfois conique, recouvert par les bases de palmes anciennes, doté d'un seul bourgeon terminal (phyllophore) qui assure sa longueur. L'élongation annuelle du tronc est d'environ 20 à 30 cm (**Bouguédoura, 1979**).

**Palmes** : sont des feuilles composées, pennées issues du bourgeon terminal et d'une durée de vie allant jusqu'à 7 ans. Leur structure change suivant la variété, l'âge et les conditions

environnementales. Les palmes adultes peuvent mesurer jusqu'à 6m de long et présentent 3 segments différents: le pétiole, le segment à épines et le segment à folioles (**Zaid, 2002**).

Chez le palmier dattier, trois sortes de feuilles sont produites au cours de sa vie, si le sujet est issu d'une graine, il produit des feuilles juvéniles, des feuilles semi – juvéniles et des feuilles adultes ou palmes. Chez les sujets issus de rejets, on ne rencontre que les palmes (**Bouguedoura, 1982**).

La disposition des folioles et des épines sur le rachis ainsi que les angles qu'elles forment entre elle et avec le rachis, constituent des index taxonomiques permettant de différencier les clones (**Munier, 1973**).

### **1.3.2. Appareil reproducteur**

**Inflorescences** : Le palmier dattier est une espèce dioïque, chaque individu ne porte que des inflorescences de même sexe. L'inflorescence se développe dans la région coronaire du stipe, à partir de bourgeons axillaires situés à l'aisselle des palmes. Elle est munie à sa base d'une grande bractée, la spathe qui, dans un premier temps, enveloppe les axes inflorescentiels et les protège de la chaleur et du soleil jusqu'à ce qu'elles soient mûres et prêtes à remplir leur fonction. Les fleurs sont unisexuées, pratiquement sessiles, leurs pédoncules sont très courts. Les fleurs mâles donnant du pollen et les fleurs femelles produisant les fruits après fécondation, sont portées par des palmiers différents (**Munier, 1973**). Les spathes mâles sont plus courtes et plus larges que les femelles. Chaque épillet porte un grand nombre de minuscules fleurs pouvant aller de 8 000 à 10 000 chez les femelles et davantage chez les inflorescences mâles (**Chandler, 1958**).

Le palmier dattier a une floraison qui se déclenche une seule fois par an. Les sujets issus de rejets commencent à fleurir dès l'âge de deux à trois ans, ceux issus de graines (noyaux) fleurissent tardivement.

Le développement de l'inflorescence se traduit par :

- une augmentation considérable du nombre de branches inflorescentielles et d'ébauches forales, surtout chez les mâles ;
- un épaissement du spadice ;
- un allongement du spadice et des épis (**Bouguedoura, 1991**).

**Dattes :** en fonction de la variété, des conditions environnementales et des soins techniques apportés (fertilisation, pollinisation, éclaircissage, ...), les caractéristiques des dattes et des noyaux varient énormément. Le fruit du dattier provient du développement d'un carpelle après fécondation de l'ovule. C'est une baie unique, oblongue, à un noyau, avec un stigmate terminal, un péricarpe charnu et un endocarpe membraneux (entre le noyau et la chair) (**Zaid, 2002**). Comme pour le fruit, les caractéristiques de la graine varient en fonction de la variété, des conditions environnementales et de la croissance.

#### 1.4. Composition chimiques de la datte

La pulpe des dattes se compose principalement d'eau, de sucres réducteurs (glucose et fructose) et non réducteurs (saccharose) et de autres composés (protéines, lipides, éléments minéraux, vitamines et enzymes (**Estanove, 1990; Barreveld, 1993**).

**1.4.1. Eau :** c'est le deuxième important composant après les sucres, elle détermine la texture du fruit raison pour laquelle beaucoup de chercheurs ont classé les dattes mûres selon leur consistance en trois catégories : dattes molles, dattes demi molles et dattes sèches. La teneur en eau varie avec le degré de maturité et dépend du caractère variétale (**Booij et al, 1992; El Arem et al., 2011**).

**1.4.2. Sucres :** les dattes représentent une très bonne source d'énergie, en particulier en raison de leur teneur élevée en sucres qui avoisine les 70% fournissant ainsi une valeur énergétique moyenne de 314 kcal / 100 g. Ces sucres constitués principalement par des sucres invertis ou réducteurs (glucose et fructose) et non invertis (saccharose) (**Al-Farsi et Lee, 2008**) sont présents, dans les dattes, avec des concentrations qui ne sont ni constantes ni uniformes (**Ahmed et al., 1995**).

Les sucres réducteurs sont les constituants les plus importants de point de vue nutritionnel puisqu'ils constituent une source d'énergie disponible et directement assimilable par l'organisme (**Cook et al.,1979**). Les dattes molles à humidité importante contiennent des teneurs très minimales à nulles de saccharose à l'inverse des dattes sèches et demi sèches qui se caractérisent par une teneur en saccharose importante (**Hasnaoui, 2013**). Le saccharose confère aux dattes un goût agréable puisqu'il est de 34% plus sucré que le glucose (**Ashmawi et al., 1956**). C'est parmi les raisons qui ont fait de Deglet Nour une datte élite à l'échelle mondiale bien qu'elle soit de consistance demi-molle. Les teneurs relatives en saccharose, glucose et fructose dépendent principalement des caractéristiques variétales et sont en relation

étroite avec la texture du fruit et son stade de développement (**Dowson et Aten, 1963 ; Barreveld, 1993**).

**1.4.3. Minéraux :** les dattes représentent une importante source en éléments minéraux dont les teneurs très significatives du point de vue nutritionnel, sont fortement influencées par l'origine géographique et varient en fonction des cultivars et le stade de développement de la datte (**Hasnaoui, 2013**). Les pulpes des dattes sont riches en fer, calcium, cobalt, cuivre, fluor, magnésium, manganèse, potassium, phosphore, sodium, cuivre, soufre, bore, sélénium et zinc (**Al-Farsi et Lee, 2008; Ali Mohamed et Khamis, 2004**). La consommation de cent grammes de dattes peut fournir plus de 15% de l'apport journalier en sélénium, cuivre, potassium et le magnésium (**Al-Farsi et Lee, 2008**). Les dattes sont parmi les fruits les plus riches en potassium dont la concentration peut atteindre 0,9% dans la pulpe et 0,5% dans les noyaux. D'autres minéraux et sels sont également présents dans diverses proportions incluant le bore, le calcium, le cobalt, le cuivre, le fluor, le fer, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le sodium et le zinc. De plus, les graines contiennent également de l'aluminium, du cadmium, chlorure, plomb et soufre dans diverses proportions (**Baliga, 2011**).

**1.4.4. Autres composants :** les dattes sont également composées de matière grasse (lipides) dont la quantité est plus importante au niveau du noyau que de la pulpe (0.2 – 0.5 % selon les cultivars) (**Al Hooti et al, 1998**) et de matière azotée (protéines) qui, comme les lipides, se trouvent en faibles quantités dans la chair dattière (1 à 5%) (**Ahmed et al, 1995; Al-Farsi et Lee, 2008**). Par contre, la teneur en fibre est plus importante allant de 3.57 à 10.9 %, elle est très variable selon les cultivars, les stades de maturité et les méthodes d'extraction et de dosage (**Al-Shahib et Marshall, 2003**). Une partie des fibres alimentaires est qualifiée de soluble et d'autres d'insoluble, cette dernière représentant la plus grande fraction (**Al-Farsi et Lee, 2008**). Les acides organiques sont également présents dans la chair en quantités non négligeables au cours de la maturité des dattes et seraient une composante de la flaveur des dattes, bien que leurs teneurs diminuent au dernier stade de maturité (**Barreveld, 1993**)

La présence d'enzymes est primordiale dans les processus de conversion durant la formation et la maturation des dattes; leurs activités sont particulièrement intéressantes pour la qualité finale du produit. La connaissance des activités et des fonctions des enzymes est d'une importance pratique pour le conditionnement et la transformation des dattes (**Barreveld, 1993**). L'invertase, par exemple, qui est présente chez les dattes et beaucoup de fruits (**Weber, 1974**) invertie le saccharose en glucose et fructose, ce qui influence la texture et la consistance des dattes.

Les vitamines, de par leur rôle essentiel dans la nutrition humaine, assurent des fonctions spécifiques et vitales au maintien de la santé et ce malgré que les besoins quotidiens sont faibles. La pulpe de dattes contient des vitamines en quantités variables avec les types de dattes, leurs provenances et leurs stades de développement (**Hasnoui, 2013**). Les composés aromatiques sont des composés volatiles responsables de l'arôme spécifique des dattes. De même que les composés phytochimiques qui contribuent aux propriétés nutritionnelles et organoleptiques des dattes, ils influent sur la saveur qui est l'un des plus importants critères de la qualité des dattes. Le ratio et les concentrations de ces constituants dépendent du cultivar, des type et stade de récolte des fruits ainsi que la situation géographique et les conditions édapho- climatiques du palmier dattier (**Al-Farsi et al., 2005b; Ahmed et al., 1995; Hulme, 1970**).

### **1.5. Exemples de marqueurs moléculaires utilisés chez le palmier dattier**

L'importance des variations génétiques a depuis longtemps été reconnue comme un moyen qui facilite la sélection des plantes et / ou des stratégies de conservation (**Sehgal et Raina 2008**).

L'organisation cellulaire au sein de la plante, les trois génomes - nucléaire, chloroplaste et mitochondrial - offre des modèles utiles pour l'évaluation de la diversité moléculaire des espèces de plantes (**Newton et al., 1998; Petit et al., 2005**). L'ADN mitochondrial existe essentiellement chez tous les eucaryotes alors que l'ADN des chloroplastes est spécifique aux plantes. ADN nucléaire, le génome héréditaire biparental, fournit des marqueurs reflétant la dispersion des gènes par agents de dispersion parentaux, graines et pollen (**Prentice et al., 2008**). Chloroplaste et ADN mitochondrial sont généralement hérités de la mère (**Neale et Sederoff, 1989; Reboud et Zeyl, 1994**). L'ADN, est présumé être hérité comme une seule unité sans recombinaison (**Knoop 2004; Newton et al., 1998**), et est considéré utile pour fournir un réservoir attrayant d'informations phylogénétiques permettant de suivre la phylogénie d'espèces végétales (**Petit et al., 2005**).

Le développement d'outils moléculaires a modifié à la fois la manière dont les variétés peuvent être identifiées et les informations utiles, sur le contrôle génétique de nombreuses caractéristiques agronomiques, peuvent être analysées. La capacité à appliquer ces outils moléculaires dépend dans une certaine mesure de la quantité et la disponibilité d'autres informations d'ordre génomique concernant une espèce spécifique. La technologie des marqueurs moléculaires remonte à l'utilisation de isoenzymes suivies d'une série de

technologies de marqueurs d'ADN et plus récemment par possibilités de comparer des génomes complets (Cullis, 2011).

L'étude de la diversité moléculaire est incontestablement la méthode la plus efficace et la plus rapide pour l'investigation sur les ressources génétiques et l'estimation de l'ampleur de la diversité génétique, la répartition géographique et la différenciation des populations au sein des espèces (Elshibli et Korpelainen, 2011). Elle assure l'identification des cultivars, l'élimination des vitro-variants, la sélection de nouveaux génotypes avec des traits souhaitables (précocité, résistance aux maladies) et la détermination du sexe à un stade avancé (Alquraini et al., 2011).

Une panoplie de méthodes a été développée et largement appliquée pour détecter la variabilité au niveau de l'ADN. Les marqueurs moléculaires sont des séquences codantes ou non qui présentent un polymorphisme et ils ne sont pas influencés par l'environnement. Ce sont de bons indicateurs de distances génétiques entre les accessions, car les marqueurs couramment utilisés sont neutre face à la sélection. Cependant, chacun de ces marqueurs présente des propriétés différentes (Tab. 1). Les propriétés, par exemple, en ce qui concerne le type de données générées sont de deux types: marqueurs codominants et dominants, où les informations qui peuvent être fournies par eux et les outils numériques utilisés dans l'analyse des données sont différents. Les SSR sont des marqueurs codominants, ce qui signifie qu'il est possible d'identifier les deux allèles présents à un locus particulier d'un organisme diploïde et que hétérozygotes peuvent être distingués des homozygotes, ce qui permet d'estimer le fréquences d'allèles et niveaux de consanguinité dans les études génétiques de population. Les données de marqueur peuvent être considérées comme des fréquences alléliques ou comme des données discrètes sous une forme binaire, c'est-à-dire la présence ou l'absence d'un fragment d'ADN d'une longueur spécifique, pour générer des matrices génétiques de distance et effectuer d'autres analyses. Les marqueurs RAPD, ISSR et AFLP ségréguent en tant que marqueurs dominants et doit toujours être traités comme des caractères binaires (données de présence / absence). Ces données sont généralement converties en matrices de similarité pour le calcul des distances génétiques (Escudero et al., 2003).

### **1.5.1. Marqueurs RFLP**

La technique RFLP consiste en la mise en évidence de la variabilité de la séquence nucléotidique de l'ADN génomique après digestion par des enzymes de restriction. Les fragments générés par digestion enzymatique de l'ADN de deux individus sont séparés selon

leur taille sur gel d'agarose, dénaturés et transférés par capillarité sur une membrane de nylon. La position relative des fragments d'ADN est conservée durant le transfert. La dernière étape consiste en l'hybridation moléculaire avec une sonde d'ADN marquée préalablement. La sonde employée permet de détecter une région du génome où la digestion donne des fragments de restriction identiques pour les deux individus. Les deux profils révélés après électrophorèse ne permettent donc pas de les distinguer. Avec le couple enzyme/sonde, aucun polymorphisme n'est mis en évidence entre ces deux individus. En revanche, pour l'enzyme, un individu présente une mutation au niveau d'un site de restriction, entraînant la perte de ce site. Ainsi, dans un second cas de figure, la digestion avec cette enzyme et l'emploi de la même sonde met en évidence un fragment plus petit chez un individu que chez l'autre. Dans ce cas, le couple enzyme/sonde permet ainsi de mettre à jour le polymorphisme existant au niveau des sites de restriction dans cette région du génome.

### **1.5.2. Marqueurs RAPD**

Cette technique développée par **Williams et al., (1990)** repose sur l'amplification par PCR de fragments de l'ADN génomique en utilisant des amorces arbitraires de taille courte (10 pb). Une amorce RAPD permet généralement l'amplification d'une dizaine de fragments. Les fragments produits par cette amplification sont séparés par électrophorèse sur un gel d'agarose. Pour deux individus, si deux sites d'hybridation sont proches et sur deux brins complémentaires d'ADN, il y aura amplification. En revanche, si ces deux sites sont trop éloignés, il ne peut y avoir amplification. Le polymorphisme décelé est dû à des mutations soit dans les régions amplifiées soit au niveau des sites de fixation des amorces. Le polymorphisme révélé est un polymorphisme de sites d'hybridation d'amorce traduit par la présence ou l'absence de la bande.

### **1.5.3. Marqueurs AFLP**

Développée par **Vos et al., (1995)**, cette technique fait appel à la fois aux enzymes de restriction et à l'amplification par PCR. Après la digestion de l'ADN génomique par deux enzymes de restriction, des adaptateurs de séquence connue et spécifiques des deux sites de restriction sont ajoutés aux extrémités des fragments de restriction. Une fois que les fragments de restriction sont ainsi bordés de séquences connues, il devient possible de les amplifier par PCR. Grâce à l'emploi d'amorces sélectives qui ne peuvent amplifier qu'une petite portion des milliers de fragments de restriction obtenus, seule une centaine de fragments est amplifiée. Ces fragments sont séparés par électrophorèse sur gel de polyacrylamide dénaturant. Le polymorphisme révélé

(de type présence ou absence de bandes) est provoqué par des changements dans les sites de restriction ou les régions bordantes.

#### **1.5.4. Marqueurs minisatellites**

Les minisatellites hypervariables (**Jeffreys et al., 1985**) sont des marqueurs moléculaires polymorphes découverts au niveau du génome. Ces marqueurs sont constitués des répétitions en chaîne d'un motif formé de 15 à 70 nucléotides. Les minisatellites appartiennent à la classe des VNTR (Variable Number Tandem Repeat), et présentent un polymorphisme de taille dû à la variation d'unités de répétition qui les constituent.

#### **1.5.5. Microsatellites ou SSR (Simple Sequence Repeats)**

Ce sont de petites portions d'ADN, constituées d'un motif variant d'un à six nucléotides, répété plusieurs fois en tandem telles que (CT)<sub>n</sub>, (AAT)<sub>n</sub>, (GT)<sub>n</sub>. Les termes microsatellite et SSR sont souvent utilisés de manière interchangeable, bien que les microsatellites soient généralement plus long que l'unité de 2 à 3 pb (**Cullis, 2011**). Ces régions sont particulièrement intéressantes car elles évoluent plus rapidement que d'autres portions du génome ( $10^{-2}$  à  $10^{-6}$  mutation par locus par génération) (**Li et al., 2002 ; Selkoe et Toonen, 2006**). Les SSRs présentent un taux de polymorphisme extrêmement élevé qui repose sur la variation du nombre d'unités de répétition (n) constituant le microsatellite. On décrit généralement un microsatellite sous la forme (X)<sub>n</sub>, avec X le motif, et n le nombre de répétitions. Les microsatellites sont des marqueurs codominants, extrêmement polymorphes, faciles à manipuler. Ils requièrent très peu d'ADN (quelques nanogrammes) et sont bien répartis dans le génome. Ces marqueurs sont très reproductibles et moins lourds d'utilisation que les RFLP ou AFLP avec une bonne résolution analytique. Les SSR sont utiles pour l'identification des cultivars, l'analyse des arbres généalogiques, la caractérisation de la diversité du matériel génétique et les études de cartographie génétique (**Billotte et al., 1999**)

Une modification des marqueurs SSR est la répétition inter-simple séquence (ISSR) polymorphismes. Les marqueurs ISSR est un terme général désignant une région du génome entre des loci microsatellites (**Cullis, 2011**).

### 1.5.6. Marqueurs SNP (Polymorphisme de simple nucléotide)

Les SNP sont des marqueurs moléculaires constituant la forme la plus abondante de variations génétiques dans les génomes. C'est un type de polymorphisme de l'ADN dans lequel deux chromosomes diffèrent sur un segment donné par une seule paire de bases. L'inconvénient des SNP est leur faible degré de polymorphisme par rapport aux microsatellites, ce qui implique de tester plus de SNP que de microsatellites pour avoir la même information.

**Tableau 1** : Comparaison des différents marqueurs moléculaires utilisés dans le génotypage du palmier dattier

Type de marqueur	RFLP	RAPD	AFLP	ISSR	SSR
Caractère	Co-dominant	Dominant	Dominant	Dominant	Co-dominant
Niveau de polymorphisme	faible	Faible	Moyen	Elevé	Elevé
Qualité requise de l'DNA	Elevé	Faible	Faible	Moyen	Faible
Coût de développement	Elevé	Faible	Moyen	Moyen	Moyen
Fiabilité	Elevé	Faible	Moyen	Moyen	Elevé
Niveau de compétence requis	Moyen	Faible	Moyen	Moyen	Faible

Khanam et al., (2012)

## 2. Diversité du palmier dattier

Localiser et décrire la diversité existante, identifier les matériaux à conserver, et le développement de méthodes de conservation constituent le fondement de la conservation et utilisation des ressources génétiques du palmier dattier. Les ressources génétiques des espèces végétales sont les conséquences directes de la diversité génétique et constituent un élément majeur de la diversité biologique mondiale. La diversité phénotypique, indicateur apparent de diversité des organismes, est une conséquence de l'effet d'interaction entre les diversités génétique et écologique. La diversité génétique des espèces végétales est également affectée par les activités humaines telles que la domestication et les techniques de culture. Elle peut être détectée directement au sein et entre les espèces végétales en identifiant la variation au niveau de ses composants ou indirectement en quantifiant la variation des caractéristiques phénotypiques qui sont supposé avoir une base génétique (Elshibli et Korpelainen, 2011).

La diversité génétique chez le palmier dattier n'est pas distribuée de manière aléatoire ou uniforme dans l'espace ou dans le temps. L'ampleur de la diversité génétique diffère entre les oasis et les populations ou entre les régions et les localités, et plusieurs facteurs clés historiques, géographiques, écologiques et anthropiques déterminent sa distribution spatio-temporelle. L'impact de ces facteurs et de leur interaction se reflète sur le niveau de différenciation de la population et en particulier sur les caractères qualitatifs du fruit (**Alkhalifah et al., 2012; Battesti, 2013**).

L'utilisation rationnelle et durable des ressources génétiques du palmier dattier nécessite une caractérisation, évaluation et documentation du matériel génétique disponible au niveau local et/ou régional. La caractérisation est définie comme une estimation de la présence, l'absence ou le degré de traits spécifiques dont l'expression est peu influencée par les conditions environnementales variables, alors que l'évaluation est l'estimation des génotypes à différents niveaux d'organisation pour les traits génétiques potentiellement utiles, dont beaucoup peut varier en fonction des changements dans le micro ou le macro-environnement (**IPGRI, 2005 ; Gotor et al., 2008**);).

Le pool génétique du dattier compte environ 5000 cultivars plus ou moins caractérisés selon les pays. Leurs appellations sont strictement locales et proviennent le plus souvent du lieu de plantation, la couleur ou la forme du fruit (**Ould Mohamed Ahmed et al., 2011**).

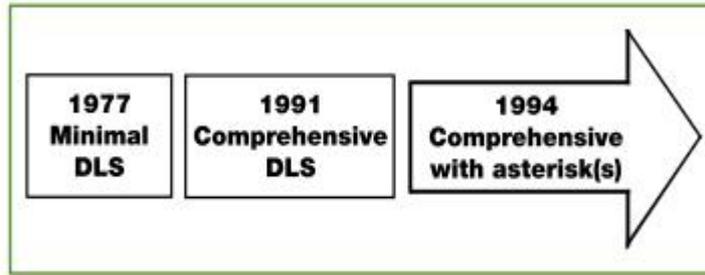
Ces cultivars ont été développés par une sélection continue de la part des producteurs de palmiers dattiers du monde entier, principalement pour améliorer le rendement et la qualité des dattes, au même temps la sélection naturelle, où des génotypes qui tolèrent différents types d'environnement, est également en cours. En général, la sélection, le clonage et la distribution des cultivars sont principalement des activités de phoeniculteurs (**Elshibli et Korpelainen, 2011**). Pourtant, les spécialistes du palmier dattier ont tenté d'énumérer et décrire botaniquement ces cultivars dans leurs pays (**Zaid et de Wet, 2002**). Il existe jusqu'à 5 000 cultivars de dattiers dans le monde entier (**Jaradat et Zaid, 2004**). D'après les descriptions botaniques, il y a environ 400 cultivars en Iran, 370 en Irak, 250 en Tunisie, 244 au Maroc (**Zaid et de Wet, 2002**), 300 en Mauritanie (**Munier, 1955**) et 400 au Soudan (**Osman, 1984**), ainsi que de nombreux cultivars supplémentaires dans les autres grands pays producteurs de palmiers dattiers. En Algérie, il existe environ un millier de cultivars, les premiers travaux ont avancé 800 cultivars (**Benkhalifa, 1996**), un nombre qui s'est élevé à 940 après l'élaboration du premier catalogue des cultivars en Algérie (**Hannachi et al., 1998**).

## 2.1. Descripteurs du palmier dattier

La diversité génétique est exprimée par les différences génétiques entre les espèces, les sous-espèces, les cultivars, les populations ou les clones individuels et peut être mesurée aux niveaux morphologique, physiologique, biochimique ou moléculaire. L'ensemble des descripteurs du palmier dattier constitue la base d'un système standard de caractérisation qui fournit un format convenu internationalement et un « langage » universel des bases de données des ressources génétiques du palmier dattier (**IPGRI, 2005; Gotor et al., 2008**). Une liste de descripteurs inclut la gestion, l'environnement, la caractérisation et les descripteurs d'évaluation de l'arbre et de ses différentes parties.

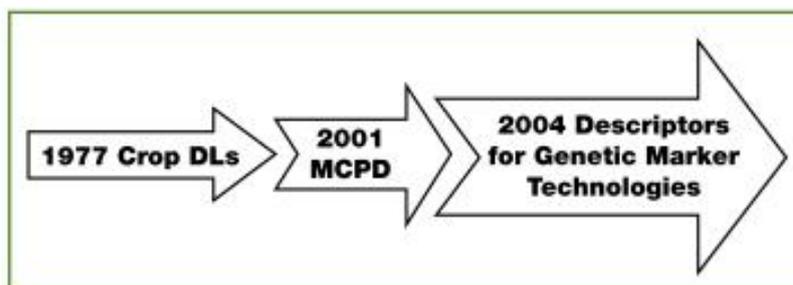
Bien que la plupart de ces descripteurs expliquent les caractéristiques qualitatives et phénologiques des plantes et fruits (**IPGRI, 2005**), un nombre croissant de molécules des marqueurs se développe davantage par plusieurs organisations de recherche à l'échelle mondiale.

La valeur des ressources phytogénétiques conservées dépend des informations utilisées pour promouvoir leur utilisation. L'élaboration de descripteurs standardisés et normalisés a commencé en 1976, lorsqu'il est devenu évident qu'un système universel était essentiel pour les efforts mondiaux en matière de conservation des ressources phytogénétiques et pour le fonctionnement effectif des réseaux de banques de gènes. Le concept de « liste de descripteurs » (en anglais descriptors lists) « DL » de culture a évolué avec le temps en réponse à l'évolution des besoins des utilisateurs. Au départ, les DL fournissaient un ensemble minimal de caractéristiques pour décrire des cultures particulières. L'idée de listes minimales a été revisitée en 1990 pour produire des listes comprenant tous les descripteurs de caractérisation et d'évaluation. Une deuxième révision a eu lieu en 1994 pour fournir des listes complètes contenant un ensemble minimal de descripteurs très discriminants. Depuis 1995, de nouvelles sections normalisées sur la conservation *in vitro*, la cryoconservation, le sol et l'environnement qui étaient communs à différentes cultures et fourni aux utilisateurs différentes options, ont été intégrées. En 1999, les informations ethnobotaniques ont également été incluses (Fig. 1) (**Gotor et al., 2008**).



**Figure 1** : Evolution des listes des descripteurs : première phase (1977-1994)  
(Gotor et al., 2008)

Le manque de compatibilité dans les systèmes de documentation des ressources phylogénétiques a gravement entravé l'échange de données entre les collections à travers le monde. En conséquence, Bioversity et d'autres acteurs dont l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture Nations Unies (FAO) et les centres du CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), ont publié la liste FAO / IPGRI descripteurs de passeports pour plusieurs cultures (Multi-crop Passport Descriptors : MCPD) en 2001. Le MCPD fournit des normes internationales entre les cultures pour faciliter l'échange d'informations sur le passeport de matériel génétique. Avec la caractérisation moléculaire et biochimique accrue des ressources phylogénétiques, il est devenu nécessaire de définir des normes communes pour documenter les informations sur les marqueurs génétiques (Fig. 2). Ainsi, des descripteurs des technologies des marqueurs génétiques ont été publiés (**de Vicente et al., 2004**) définissant un ensemble initial minimum d'informations nécessaires à la description d'une technologie de marqueur génétique à savoir le contenu et les schémas de codage pouvant faciliter l'échange informatisé de données et est destiné aux chercheurs utilisateurs des technologies en question.



**Figure 2** : Evolution des listes des descripteurs (Gotor et al., 2008)

En ce qui concerne le palmier dattier, le travail sur la standardisation des marqueurs morphologiques a débuté vers les années 1990s avec le projet Bayoud (TNUD/FAO/RAB88/24 sur les descripteurs morphologiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) dans les pays du Maghreb. Il a été repris en 2001 dans le cadre d'un second projet RAB/98/G31/A/1G/71 avec l'appui de l'IPGRI et en s'aidant des différents acteurs à savoir scientifiques et agriculteurs expérimentés connaisseurs du dattier. Les efforts combinés de ces équipes pluridisciplinaires ont abouti à l'élaboration du premier descripteur du palmier dattier au même titre que les autres espèces végétales (IPGRI, 2005). Dès lors, des études sur la caractérisation et l'évaluation de la diversité génétique du dattier se sont basées sur ce document (**Bouguedoura et al., 2015**).

## **2.2. Polymorphisme chez le palmier dattier**

### **2.2.1. Polymorphisme morphologique**

La caractérisation phénotypique ou morphologique englobe généralement les traits morphologiques les plus apparents et les plus souvent perçus par les agriculteurs. Ce sont les mêmes traits que les études révèlent les plus discriminants.

La discrimination ou la distinction entre les cultivars se fait de manière intuitive de la part des phoeniculteurs ou de la population locale. Ces derniers se basant sur des caractères végétatifs ou reproducteurs de nature quantitative ou qualitative.

De nombreuses études ont traité de la diversité phénotypique des cultivars du dattier pour l'identification ou la différenciation entre cultivars. L'objectif final étant l'association de cultivars aux traits d'intérêt agronomique à la recherche d'indices en perspective de sélection.

Les cultivars sont communément identifiés par un large éventail de caractéristiques morphologiques décrivant les arbres et les fruits. Les caractères morphologiques ou phénotypiques des palmes, des épines et des fruits sont les plus communément utilisés pour le palmier dattier (**Nixon, 1951**). Du point de vue des attributs morphologiques il n'existe aucun critère morphologique spécifique qui permet de distinguer les cultivars étroitement apparentés. Morphologiquement, les principaux attributs distinctifs, notamment la forme, dimension et couleur des dattes, ainsi que les attributs de la palme sont couramment utilisés pour l'identification de cultivars. Par ailleurs, certains cultivars se distinguent par leur aspect général ou le port de croissance qui comprennent à la fois la vigueur et la forme (**Bekheet et El-Sharabasy, 2015**).

L'identification et l'appellation des cultivars reposent principalement sur les caractéristiques morphologiques du fruit et avec un moindre degré sur la morphologie de l'arbre lui-même. Cette description est très difficile car il est possible qu'un même cultivar présente des différences morphologiques d'une palme à l'autre. Seuls les agriculteurs expérimentés peuvent distinguer entre les cultivars dans leurs propres palmeraies, en identifiant les cultivars par l'observation visuelle et le goût des fruits (**Bougedoura et al., 2015**).

Parmi les premiers travaux qui ont traité de la description morphologique du dattier ceux effectués par **Mason (1915)** qui visait à systématiser l'ensemble des caractères permettant la description des cultivars du palmier dattier introduits aux USA. Ces caractères étant perçus intuitivement par les phoeniculteurs dans les oasis. Cet auteur avait exprimé le besoin de méthodes permettant la description et la distinction entre les différents cultivars importés en Amérique (USA) en dehors de la période de fructification et indépendamment des caractéristiques des fruits. Ceci dans l'objectif de, non seulement l'identification et comparaison des cultivars qu'ils soient importés où originaires de la région mais aussi l'étude des issus de semis provenant des hybridations entre cultivars.

Une étude sur 26 cultivars marocains a été conduite en utilisant des descripteurs de la parties végétative (palmes, pennes, épines) dont les plus discriminants seront utilisés pour l'identification des cultivars en dehors de la période de fructification. Les résultats ont révélé une grande diversité génétique et une forte ressemblance entre quelques cultivars notamment ceux sélectionnés pour leur résistance au bayoud (**Elhoumaizi et al., 2002**). D'autre part, six traits qualitatifs ont fait l'objet d'une étude menée par évaluant 203 cultivars provenant de 20 régions écogéographiques dans six pays de la péninsule arabe. La caractérisation a concerné des descripteurs de fruit permettant aussi bien l'appréciation de sa qualité que sa valeur économique (**Jaradat et Zaid, 2004**). Une importante diversité a été observée à l'intérieur d'un même pays et entre les pays et de grandes différences ont été notées dans les préférences des consommateurs de dattes. Les différences de caractères morphologiques d'un cultivar sont toujours accompagnées par des différences prononcées dans les caractères des fruits et le long processus de sélection pour des traits qualitatifs spécifiques appliqué par les populations locales intra et inter pays, explique en partie le polymorphisme trouvé. Sur la base des caractéristiques qualitatives et quantitatives du fruit, dix cultivars parmi les plus dominants en raison de leur valeur commerciale ont été analysés pour révéler la grande diversité phénotypique existante en Sultanate de Oman (**Al-Yahyai et Al-Khanjari, 2008**). L'emploi de 18 marqueurs

morphologiques de de la partie végétative de 12 cultivars mauritaniens ont été utilisés pour la caractérisation variétale. Au total, 14 paramètres se sont révélés hautement discriminants suggérant ainsi leur utilisation possible dans l'élaboration d'un catalogue des cultivars en Mauritanie. L'accent a été mis sur les individus appartenant au cultivar Ahmar qui étaient morphologiquement distincts ce qui laisse supposer qu'il s'agit d'un cultivar polyclonal (**Mohamed Salem et al., 2008**). Une étude plus étendue a été réalisée sur 21 accessions du palmier dattier qui ont été investies en vue d'étudier le polymorphisme global, détecter les similarités entre génotypes et évaluer les traits agronomiques importants. Trente paramètres végétatifs et reproducteurs ont été analysés exprimant une importante diversité phénotypique liée en particulier à la longueur des pennes et épines, tailles du fruit et noyau. L'association entre cultivars et origine géographique était négligeable ce qui laisse suggérer un important échange de matériel végétal entre les différentes régions concernées par ces travaux (**Ould Mohamed Ahmed et al., 2011**).

En Algérie, les premiers travaux sur l'exploration des ressources phylogénétiques du palmier dattier ont commencé par des prospections dont l'objectif principal était de cerner l'ampleur de la biodiversité du dattier en inventoriant les cultivars rencontrés (**Maatallah, 1969**).

Les missions de prospections des ressources phylogénétiques du dattier ont été lancées initialement dans l'objectifs d'identifier les cultivars présentant des résistances au Bayoud. Dans le Sud-Ouest Algérien 352 cultivars locaux ont été recensés dont 74% étaient endémiques à une seule zone d'échantillonnage et seulement vingt étaient omniprésents et abondants. Des variations entre les cultivars ont été notées par rapport à leur sensibilité à la fusariose. Des cas d'homonymies et de synonymies ont été soulignés et l'accent a été mis sur la classification des dattes selon leur consistance (molles, demi molles et sèches) en rapport avec les différents usages qui en découlent (**Brac de la Perrière et Benkhalifa, 1989**). Ils ont montré que les caractéristiques morphologiques du fruit et du noyau ont permis la distinction pas uniquement entre quelques cultivars du Sud-ouest algérien mais aussi à l'intérieur d'un même cultivar (variation intra-cultivar) qui semble être génétique. Il existe en effet une variabilité intra-cultivar due à l'influence environnementale qui affecte la morphologie du fruit. Pas loin dans la région de Touat (Wilaya d'Adrar), renommée par la grande diversité du dattier, 193 cultivars ont été inventoriés dont 88 ont fait l'objet d'une caractérisation phénologique et 75 morphologique des organes de fructification (**Zaki, 2001**).

morphologiques de de la partie végétative de 12 cultivars mauritaniens ont été utilisés pour la caractérisation variétale. Au total, 14 paramètres se sont révélés hautement discriminants suggérant ainsi leur utilisation possible dans l'élaboration d'un catalogue des cultivars en Mauritanie. L'accent a été mis sur les individus appartenant au cultivar Ahmar qui étaient morphologiquement distincts ce qui laisse supposer qu'il s'agit d'un cultivar polyclonal (**Mohamed Salem et al., 2008**). Une étude plus étendue a été réalisée sur 21 accessions du palmier dattier qui ont été investies en vue d'étudier le polymorphisme global, détecter les similarités entre génotypes et évaluer les traits agronomiques importants. Trente paramètres végétatifs et reproducteurs ont été analysés exprimant une importante diversité phénotypique liée en particulier à la longueur des pennes et épines, tailles du fruit et noyau. L'association entre cultivars et origine géographique était négligeable ce qui laisse suggérer un important échange de matériel végétal entre les différentes régions concernées par ces travaux (**Ould Mohamed Ahmed et al., 2011**).

En Algérie, les premiers travaux sur l'exploration des ressources phylogénétiques du palmier dattier ont commencé par des prospections dont l'objectif principal était de cerner l'ampleur de la biodiversité du dattier en inventoriant les cultivars rencontrés (**Maatallah, 1969**).

Les missions de prospections des ressources phylogénétiques du dattier ont été lancées initialement dans l'objectifs d'identifier les cultivars présentant des résistances au Bayoud. Dans le Sud-Ouest Algérien 352 cultivars locaux ont été recensés dont 74% étaient endémiques à une seule zone d'échantillonnage et seulement vingt étaient omniprésents et abondants. Des variations entre les cultivars ont été notées par rapport à leur sensibilité à la fusariose. Des cas d'homonymies et de synonymies ont été soulignés et l'accent a été mis sur la classification des dattes selon leur consistance (molles, demi molles et sèches) en rapport avec les différents usages qui en découlent (**Brac de la Perrière et Benkhalifa, 1989**). Ils ont montré que les caractéristiques morphologiques du fruit et du noyau ont permis la distinction pas uniquement entre quelques cultivars du Sud-ouest algérien mais aussi à l'intérieur d'un même cultivar (variation intra-cultivar) qui semble être génétique. Il existe en effet une variabilité intra-cultivar due à l'influence environnementale qui affecte la morphologie du fruit. Pas loin dans la région de Touat (Wilaya d'Adrar), renommée par la grande diversité du dattier, 193 cultivars ont été inventoriés dont 88 ont fait l'objet d'une caractérisation phénologique et 75 morphologique des organes de fructification (**Zaki, 2001**).

de caractères stables qui permettent d'identifier facilement les pieds mâles ou qui marquent des ressemblances entre les pollinisateurs et les femelles de même nom (**Babahani, 2011**).

Les Ziban où le nombre de cultivars a été estimé à 307 (**Belhadi et al., 2008**) et dont une grande partie est menacée d'érosion génétique (**annexe 2**) ont également fait l'objet d'étude de diversité morphologique du palmier dattier à travers une approche descriptive sur la base de caractères morphologiques et biochimiques du fruit. Au total 145 cultivars de palmier dattier ont été décrits. Les dattes de 91% cultivars étaient de consistance molle à demi-molle (**Belguedj, 2002**). Des travaux plus récents sur la caractérisation des cultivars réalisés sur 89 cultivars de la région de Biskra ont fait appel à 17 paramètres physiques dont 4 relatifs aux palmes et 13 aux dattes. L'accent a été mis sur les caractères les plus discriminants pouvant être utilisés dans les études ultérieures de diversité génétique du palmier dattier (**Simozrag, 2016**). Au niveau de la même région, 52 descripteurs morphologiques traitant séparément les parties végétative et reproductrice ont servi à l'étude de 26 cultivars en faisant appel à l'analyse multivariée. D'importantes corrélations ont décrit l'architecture harmonieuse observée dans l'expression de certains caractères morphologiques, tel qu'entre la palme et le rachis ou les penes et les épines et dont le développement et/ou le nombre étaient fortement corrélés. Un fort pouvoir discriminant a été révélé par 10 paramètres végétatifs et 12 reproducteurs, parmi lesquels ceux explorés pour la première fois. Les résultats concordent avec la caractérisation intuitive des agriculteurs (**Bedjaoui et Benbouza, 2018**).

### **2.2.2. Diversité chimique**

La composition chimique des dattes a fait l'objet de plusieurs études (**Acourene et Tama, 1997 ; Al-Shahib et Marshall, 2003 ; Ismail et al. 2006 ; Al-Farsi et al., 2008 ; Saafi et al., 2008 ; El-Sohaimy et Hafez, 2010 ; Baliga et al.2011 ; El Arem et al., 2011 ; Hasnaoui et al., 2011 ; Ben Ismail et al., 2013 ; Acourene et al., 2014**). Dans cette partie, nous considérerons uniquement la composition chimique des dattes sans aborder la phytochimie.

Les teneurs en composants chimiques des dattes varient largement selon l'origine des cultivars, les stades de développement, les conditions environnantes, la conduite culturale adoptée par les phoeniculteurs et aussi les objectifs recherchés.

Les premiers travaux qui ont investi la composition chimique des dattes se sont intéressés à deux aspects fondamentaux qui influent directement sur la qualité des dattes qui sont l'évolution

des composants durant les différents stades de maturation de la datte où les sucres totaux, pH, et cendres augment au moment où la teneur en eau diminue simultanément avec l'accélération de la conversion du saccharose et la détermination des conditions d'action de l'enzyme invertase (**Cook, et Furr, 1953 ; Ashmawi et al., 1956**). Dès lors, plusieurs classifications de dattes ont été proposées sur la base de leur composition chimique notamment la teneur en eau et les sucres. Les travaux de **Cook et Furr (1953)**, ont permis la classification des dattes en trois groupes sur la base de la présence de l'enzyme invertase (responsable de la conversion du saccharose en sucres réducteurs) : le premier désigne les « dattes avec invertase » correspondant aux dattes molles, le second est celui des « dattes avec une petite quantité d'invertase » représentant les dattes demi-molles et le dernier concerne les « dattes sans invertase » correspondant aux dattes sèches. Les cultivars riches en invertase contiennent surtout des sucres réducteurs, alors que les dattes sèches contiennent une quantité importante de saccharose et une faible quantité de sucres réducteurs. **Dawson et Aten (1963)** ont distingué entre deux catégories de dattes : celle à saccharose (dattes sèches) et celles à sucres réducteurs (dattes molles). L'indice de qualité 'r' proposé par **Munier (1961)** est souvent utilisé pour la répartition des dattes en trois classes : molle, demi-molle et sèche. Une autre approche plus détaillée dans la classification des dattes a été élaborée par **Estanov (1988)** et qui prend en considération les proportions de sucres réducteurs et non réducteurs. La première classe contient 40 à 65% de saccharose, 20 à 40% de glucose et fructose et 15 à 25% d'eau. La seconde classe renferme entre 10 et 35% de saccharose, 40 et 75% de glucose et de fructose et entre 10 et 30% d'eau. La troisième classe, les dattes sont constituées de 0 à 10% de saccharose, 65 à 90% de glucose et de fructose et 10 à 35% d'eau. La dernière classe contenant 0% de saccharose, 35 à 75% de glucose et de fructose et 35-65% d'eau.

En parallèle, plusieurs travaux dans différents pays ont été réalisés sur un nombre de cultivars plus ou moins important en vue d'étudier la diversité chimique des dattes et l'appréciation de leur valeur nutritionnelle.

Cinq cultivars provenant de différents pays ont été concernés par une étude dont l'objectif était de montrer l'effet de l'origine géographique sur la composition chimique des dattes et de rechercher des marqueurs pour la caractérisation variétale chez le palmier dattier (**Booij et al., 1992**). Les auteurs ont conclu, avec prudence, vu le petit nombre de cultivars étudiés, que les teneurs en sucres, en vitamines et en éléments minéraux ne peuvent être considérées comme paramètres discriminants. Aux Emirats arabes unis, l'analyse physicochimique des dattes de 12

des composants durant les différents stades de maturation de la datte où les sucres totaux, pH, et cendres augment au moment où la teneur en eau diminue simultanément avec l'accélération de la conversion du saccharose et la détermination des conditions d'action de l'enzyme invertase (**Cook, et Furr, 1953 ; Ashmawi et al., 1956**). Dès lors, plusieurs classifications de dattes ont été proposées sur la base de leur composition chimique notamment la teneur en eau et les sucres. Les travaux de **Cook et Furr (1953)**, ont permis la classification des dattes en trois groupes sur la base de la présence de l'enzyme invertase (responsable de la conversion du saccharose en sucres réducteurs) : le premier désigne les « dattes avec invertase » correspondant aux dattes molles, le second est celui des « dattes avec une petite quantité d'invertase » représentant les dattes demi-molles et le dernier concerne les « dattes sans invertase » correspondant aux dattes sèches. Les cultivars riches en invertase contiennent surtout des sucres réducteurs, alors que les dattes sèches contiennent une quantité importante de saccharose et une faible quantité de sucres réducteurs. **Dawson et Aten (1963)** ont distingué entre deux catégories de dattes : celle à saccharose (dattes sèches) et celles à sucres réducteurs (dattes molles). L'indice de qualité 'r' proposé par **Munier (1961)** est souvent utilisé pour la répartition des dattes en trois classes : molle, demi-molle et sèche. Une autre approche plus détaillée dans la classification des dattes a été élaborée par **Estanov (1988)** et qui prend en considération les proportions de sucres réducteurs et non réducteurs. La première classe contient 40 à 65% de saccharose, 20 à 40% de glucose et fructose et 15 à 25% d'eau. La seconde classe renferme entre 10 et 35% de saccharose, 40 et 75% de glucose et de fructose et entre 10 et 30% d'eau. La troisième classe, les dattes sont constituées de 0 à 10% de saccharose, 65 à 90% de glucose et de fructose et 10 à 35% d'eau. La dernière classe contenant 0% de saccharose, 35 à 75% de glucose et de fructose et 35-65% d'eau.

En parallèle, plusieurs travaux dans différents pays ont été réalisés sur un nombre de cultivars plus ou moins important en vue d'étudier la diversité chimique des dattes et l'appréciation de leur valeur nutritionnelle.

Cinq cultivars provenant de différents pays ont été concernés par une étude dont l'objectif était de montrer l'effet de l'origine géographique sur la composition chimique des dattes et de rechercher des marqueurs pour la caractérisation variétale chez le palmier dattier (**Booij et al., 1992**). Les auteurs ont conclu, avec prudence, vu le petit nombre de cultivars étudiés, que les teneurs en sucres, en vitamines et en éléments minéraux ne peuvent être considérées comme paramètres discriminants. Aux Emirats arabes unis, l'analyse physicochimique des dattes de 12

données sur les principaux éléments nutritifs et la prévention de la contamination microbiologique qui relève, en particulier du contrôle de l'activité de l'eau (**Hasnaoui et al., 2010**) qui désigne la quantité d'eau libre, seule utilisable par les micro-organismes (**Meyer, 1991**). Les paramètres morphologiques des dattes (poids du fruit, la longueur, l'épaisseur de la chair et le poids du noyau) de cinq cultivars soudanais ont exprimé la plus grande variation en comparaison avec les paramètres chimiques. Les tests d'analyse microbienne ont révélé des différences non significatives. Cependant, des différences ont été observées en fonction des conditions de vente et de manutention (stockage, classement et conditionnement) des dattes (**Suliman et al., 2012**). Par ailleurs, l'analyse sensorielle définie comme étant un ensemble de techniques permettant de mesurer avec précision les réponses humaines aux aliments (**Pérez Elortondo et al., 2007**) a été appliquée pour déterminer l'apparence, l'odeur, la saveur et les propriétés de texture, caractéristiques essentielles de la qualité des produits alimentaires (**Saafi et al., 2008**). Ces caractéristiques sont étroitement liées à la composition chimique des dattes. Des dattes de cultivars tunisiens ont fait l'objet d'une analyse morphologiques, chimique et sensorielle en les comparant au principal cultivar en Tunisie « Deglet Nour » qui a enregistré le meilleur score de préférence ce qui a confirmé que le consommateur est davantage attiré par les cultivars doux et moelleux (**Ben Ismail et al, 2013**). Une attention particulière a été donnée aux cultivars du littoral Tunisien qui ont montré une richesse dans de nombreux nutriments, ce qui offre la possibilité de leurs utilisations comme ingrédient alimentaire fonctionnel et prouve que les variétés communes, vu l'intérêt qu'elles présentent, peuvent être en mesure de rivaliser les variétés commerciales (**El Arem et al., 2011**).

Les travaux sur l'étude de la composition chimique des dattes en Algérie se sont orientés vers la description, la caractérisation variétale et l'évaluation de la qualité des dattes des cultivars les plus importants (**Acourene et Tama, 1997 ; Acourene et al., 2001, Belguedj, 2002 ; Acourene et al., 2014**) en associant des paramètres physiques du fruit (**Chibane et al., 2007**) et l'analyse sensorielle (**Gourchala et al., 2015**). D'autres travaux (**Noui et al., 2014**) se sont intéressés, à côté de la composition chimique des dattes, à l'étude de l'activité antioxydante de trois cultivars. Néanmoins, les données disponibles demeurent descriptives et peu nombreuses au regard de l'étendue de la diversité de dattes existante en Algérie.

### **2.2.3. Polymorphisme moléculaire**

L'évaluation de la diversité génétique du palmier dattier est principalement basée sur la morphologie du palmier, les épines et les caractéristiques du fruit (**Elhoumaizi et al., 2002**;

**Mohamed Ahmed et al., 2011**). Cependant, les traits morphologiques ne sont pas des indicateurs fiables du génotype de la plante, car ils sont fortement influencés par les conditions environnementales et varient avec le stade de développement de la plante. De plus, la caractérisation des cultivars est une procédure de longue haleine qui nécessite un grand nombre de données phénotypiques très difficile à collecter principalement pour des cultivars rares.

L'utilisation de marqueurs biochimiques (isoenzymes et protéines) en tant que marqueurs descriptifs pour la caractérisation du palmier dattier s'est révélée efficace dans plusieurs études (**Bennaceur et al., 1991**). Cependant, leur utilisation semble limitée en raison des faibles niveaux de polymorphisme révélé (**Al-Jibouri et Adham, 1990**).

Les marqueurs moléculaires de l'ADN sont plus précis et peuvent identifier avec précision les cultivars et quantifier leur diversité génétique et leurs relations phylogéniques; ces marqueurs ont été largement utilisés pour étudier la variation génétique des cultivars de palmiers dattiers (**Jaradat, 2014**). Ils sont également utilisés comme approche directe pour détecter la variation génétique des cultivars de palmiers dattiers. Ils sont considérés comme extrêmement utiles, car ils peuvent être étudiés à tout stade du développement de la plante à travers des méthodes non destructives où de petits échantillons de feuilles suffisent (**Elshibli et Korpelainen, 2011**). Parallèlement à l'intérêt croissant porté à l'étude de la biodiversité du palmier dattier dans le contexte de l'exploration et de l'utilisation de ses ressources à tous les niveaux et de la résolution du problème d'identification des cultivars aux premiers stades du développement, divers types de marqueurs moléculaires ont été élaborés les dernières décennies. Des marqueurs moléculaires de type RAPD ont été utilisés pour étudier la diversité génétique parmi 43 accessions de palmiers dattiers, dont 37 proviennent du Maroc et 6 cultivars d'Irak et de Tunisie (**Sedra et al., 1998**). Dans cette étude, 123 amorces (primers) RAPD ont été présélectionnées, parmi lesquelles 19 ont révélé un polymorphisme inter-cultivars. En employant le même type de marqueurs, au Royaume d'Arabie Saoudite, une étude de la phylogénie moléculaire de 13 cultivars de palmiers dattiers a été réalisée. Au total, 37 des 140 amorces RAPD ont révélé un polymorphisme. Le nombre de bandes polymorphes par primer a été compris entre 2 et 17 (**Al-Khalifah et Askari, 2003**). Les auteurs ont confirmé que la variation détectée entre les génotypes étroitement apparentés indique l'efficacité des marqueurs RAPD par rapport aux marqueurs morphologiques et biochimiques (isoenzymes) pour l'identification et la construction de cartes de liaison génétique. Toutefois, le faible polymorphisme des marqueurs RAPD et le manque d'organisation évidente observé parmi les cultivars analysés seraient dû à

domestication du palmier dattier puisque les cultivars introduits en Tunisie ne divergeaient pas significativement des locaux, elle représente également l'emploi des RAMPOs comme une méthode puissante pour discriminer les génotypes du palmier dattier et l'évaluation de sa biodiversité génétique.

Les deux derniers marqueurs ont également été utilisés séparément pour étudier la phylogénie moléculaire de quatre cultivars importants en Royaume d'Arabie Saoudite à l'aide de cinq marqueurs RAPD et cinq marqueurs ISSR (**Abdulla et Gamal, 2010**). La plupart des marqueurs étudiés présentaient un polymorphisme inter-variétal et la similarité moyenne entre les quatre cultivars avoisinait les 55%. Le même type de marqueurs a permis d'évaluer les relations phylogénétiques entre 18 cultivars et cinq pieds mâles en Syrie (**Haider et al., 2012**). Cela a permis d'explorer le polymorphisme de l'ADN dans la collection de génotypes analysés et de générer de nombreux marqueurs polymorphes assurant une bonne couverture du génome (vu que les RAPD et ISSR amplifient différentes parties du génome, les données générées à partir des deux analyses ont été combinées).. D'autre part, les marqueurs ISSRs ont également été associés aux AFLP pour l'étude de 10 cultivars de palmiers dattiers saoudiens (**Sabir et al., 2014**). Les 13 amorces ISSR et six combinaisons ISSR et AFLP ont révélé des niveaux de polymorphisme différents parmi les cultivars (ISSR avec une moyenne de 85% et AFLP avec une moyenne de 76%). La comparaison des résultats fait apparaître que les marqueurs ISSR étaient moins fiables pour la détection des liens génétiques entre les cultivars de palmiers dattiers. Ce même constat a été fait en comparant RAPD et ISSR (**Abdulla et Gamal, 2010**).

L'utilisation des marqueurs moléculaires tels que RAPD, RFLP, AFLP, ISSR et SSR connaît beaucoup de limites liées à leur coût, leur facilité d'utilisation, leur robustesse, leur dominance/co-dominance et leur niveau de polymorphisme. Les marqueurs microsatellites (SSRs) semblent répondre à la plupart des exigences en matière d'analyse précise d'empreintes digitales et de phylogénie du palmier dattier (**Khanam et al., 2012**). En effet, les attributs de codominance, de reproductibilité et de haute résolution ont tous contribué à la popularité des microsatellites nucléaires en tant qu'instruments puissants pour les analyses génétiques de population et l'identification génotypique intra-espèce (**Elshibli et Korpelainen, 2011**).

Les marqueurs SSRs ont été développés pour la première fois sur palmier dattier en 2004 par **Billote et al. (2004)**. Les 16 amorces SSRs utilisées ont amplifié avec un nombre total moyen d'allèles de 14 par locus. L'hétérozygotie attendue a révélé un important taux moyen de polymorphisme (0,76), ce qui favorise leur utilité pour évaluer la diversité génétique ainsi que

domestication du palmier dattier puisque les cultivars introduits en Tunisie ne divergeaient pas significativement des locaux, elle représente également l'emploi des RAMPOs comme une méthode puissante pour discriminer les génotypes du palmier dattier et l'évaluation de sa biodiversité génétique.

Les deux derniers marqueurs ont également été utilisés séparément pour étudier la phylogénie moléculaire de quatre cultivars importants en Royaume d'Arabie Saoudite à l'aide de cinq marqueurs RAPD et cinq marqueurs ISSR (**Abdulla et Gamal, 2010**). La plupart des marqueurs étudiés présentaient un polymorphisme inter-variétal et la similarité moyenne entre les quatre cultivars avoisinait les 55%. Le même type de marqueurs a permis d'évaluer les relations phylogénétiques entre 18 cultivars et cinq pieds mâles en Syrie (**Haider et al., 2012**). Cela a permis d'explorer le polymorphisme de l'ADN dans la collection de génotypes analysés et de générer de nombreux marqueurs polymorphes assurant une bonne couverture du génome (vu que les RAPD et ISSR amplifient différentes parties du génome, les données générées à partir des deux analyses ont été combinées).. D'autre part, les marqueurs ISSRs ont également été associés aux AFLP pour l'étude de 10 cultivars de palmiers dattiers saoudiens (**Sabir et al., 2014**). Les 13 amorces ISSR et six combinaisons ISSR et AFLP ont révélé des niveaux de polymorphisme différents parmi les cultivars (ISSR avec une moyenne de 85% et AFLP avec une moyenne de 76%). La comparaison des résultats fait apparaître que les marqueurs ISSR étaient moins fiables pour la détection des liens génétiques entre les cultivars de palmiers dattiers. Ce même constat a été fait en comparant RAPD et ISSR (**Abdulla et Gamal, 2010**).

L'utilisation des marqueurs moléculaires tels que RAPD, RFLP, AFLP, ISSR et SSR connaît beaucoup de limites liées à leur coût, leur facilité d'utilisation, leur robustesse, leur dominance/co-dominance et leur niveau de polymorphisme. Les marqueurs microsatellites (SSRs) semblent répondre à la plupart des exigences en matière d'analyse précise d'empreintes digitales et de phylogénie du palmier dattier (**Khanam et al., 2012**). En effet, les attributs de codominance, de reproductibilité et de haute résolution ont tous contribué à la popularité des microsatellites nucléaires en tant qu'instruments puissants pour les analyses génétiques de population et l'identification génotypique intra-espèce (**Elshibli et Korpelainen, 2011**).

Les marqueurs SSRs ont été développés pour la première fois sur palmier dattier en 2004 par **Billote et al. (2004)**. Les 16 amorces SSRs utilisées ont amplifié avec un nombre total moyen d'allèles de 14 par locus. L'hétérozygotie attendue a révélé un important taux moyen de polymorphisme (0,76), ce qui favorise leur utilité pour évaluer la diversité génétique ainsi que

l'identification des cultivars dans de nombreux pays producteurs. De nombreuses études ont suivi dans différents pays phoenicicoles pour l'investigation des ressources phytogénétiques du palmier dattier par les SSRs. En Tunisie, 49 accessions de palmiers dattiers provenant de trois oasis en Tunisie ont été étudiées. Seulement 14 des 16 primers ont réussi à établir les génotypes des accessions considérées (**Zehdi et al., 2004**). Des cultivars (45) et des accessions (23) mâles originaires du Soudan et du Maroc ont été investis. Une moyenne de 7,14 et 21,4 allèles par locus a été observée pour les deux types de matériel génétique respectivement. Des niveaux élevés d'hétérozygotie attendue ont été détectés indiquant une importante diversité génétique (**Elshibli et Korpelainen, 2008**). Au Qatar, l'utilisation du même set de primers a révélé la plus basse moyenne du nombre d'allèles par locus qui était de quatre (**Ahmed et Al-Qaradawi, 2009**).

Un nombre plus élevé de cultivars femelles (74) et de cultivars mâles (27) en Tunisie a fait l'objet d'une étude par les SSRs (**Zehdi et al., 2012**). Au total, 136 allèles et 311 génotypes ont été détectés sur la base de 14 loci microsatellites. Le nombre moyen d'allèles par locus était de 9,71 et la valeur de l'hétérozygotie attendue était de 0,731 renseignant sur un niveau élevé de polymorphisme au niveau de l'ADN. Il était intéressant de trouver que l'utilisation de seulement cinq locus était suffisante pour distinguer facilement 72 génotypes des 101 cultivars considérés. Egalement, d'autres marqueurs moléculaires neutres puissants adaptés à l'identification des cultivars ont été mis en évidence.

De nombreuses études ont été réalisées par l'emploi des SSRs, qui se sont révélés être les plus fiables, pour l'étude de la diversité génétique du palmier dattier, l'identification des rejets à grande échelle, des plantules *in vitro* et d'autres matériel végétal à un stade précoce de croissance (**Al-Ruqaishi et al., 2008 ; Bodian et al., 2012 ; Racchi et al., 2013 ; Babaei et Shabanimofrad, 2018**) et le déterminisme du sexe (**Cherif et al., 2013 ; Inthaa et Chaiprasart, 2018**).

Par ailleurs, l'établissement d'autres sets de SSRs est une conséquence logique au succès qu'a connu ces marqueurs (**Akkak et al., 2009 ; Arabnezhad et al., 2011 ; Elmeer et al., 2011 ; Aberlenc-Bertossi, 2014 ; Al-Faifi et al., 2016**).

L'emploi des SSRs nucléaires a également permis de fournir de nouvelles informations sur l'influence des origines géographiques et de l'activité humaine sur la structure génétique du palmier dattier dans l'Ancien Monde. Après analyses de 295 accessions de palmier dattier et

couvrant l'aire phénicienne allant de la Mauritanie au Pakistan, des travaux ont confirmé l'existence de deux pools distincts de germoplasme de palmier dattier dits Oriental et Occidental et la forte différenciation observée confirme l'existence d'au moins deux événements de domestication. (**Zehdi-Azouzi et al., 2015**). Également, des données significatives ont été révélées sur la taxonomie du genre Phoenix après la prospection par le biais de 17 primers SSRs de 308 accessions de Phoenix représentant 12 espèces. Les individus de la même espèce se sont regroupés ensemble, appuyant ainsi la taxonomie existante et l'efficacité des SSRs dans la délimitation des espèces dans le genre Phoenix (Arecaceae) (**Pintaud et al., 2010**)

En Algérie, une étude a été réalisée couvrant 10 oasis pour comprendre la structure de la diversité du palmier dattier. Au total, 18 marqueurs microsatellites et un mini-satellite chloroplastique ont été utilisés pour caractériser 414 individus correspondant à 114 cultivars connus. Un coefficient de consanguinité négatif significatif a été observé ce qui suggère la sélection active des agriculteurs pour les individus hétérozygotes. La clé de détermination moléculaire des cultivars algériens a été aussi établie. Trois groupes génétiquement distincts ont été identifiés, le premier omniprésent trouvé dans les différentes oasis, et l'un des deux autres groupes était spécifique au nord alors que l'autre à l'extrême sud. La diversité nucléaire algérienne n'était pas d'origine orientale alors que la diversité chloroplastique particulière, conservée par les agriculteurs, pourrait provenir de palmiers dattiers introduits depuis le Moyen-Orient depuis longtemps. Cette étude illustre la structure complexe de la diversité des palmiers dattiers dans les oasis algériennes et le rôle des agriculteurs dans la formation de telles données cryptiques (**Moussouni et al., 2017**). Des cultivars de palmiers dattiers recueillis dans l'oasis de Bou-Saada, situés à la base l'Atlas saharien d'Algérie ont fait l'objet d'une étude par des marqueurs ISSRs et RAPD. Les deux marqueurs ont entraîné des niveaux élevés et comparables de polymorphismes; environ 75% de locus polymorphes ont été détectés parmi 151 allèles ISSR et 198 allèles RAPD.. Au niveau des groupes, les types de cultivars de dattes molles, sèches et demi-molles sont caractérisés par la présence d'allèles uniques à chaque groupe, ce qui se traduit par des différences considérables en termes de diversité génétique. En règle générale, les marqueurs RAPD et ISSR ont donné lieu à des schémas de regroupement très différents (**Guettouchi et al., 2017a**)

D'autre part, l'évaluation de 21 cultivars algériens de palmiers dattiers (20 femelles et un mâle) ainsi que 6 génotypes de Deglet Nour pour la résistance (R) et la sensibilité (S) à la maladie de Bayond à l'aide de marqueurs moléculaires de type plasmides circulaires (plasmides R et S) a

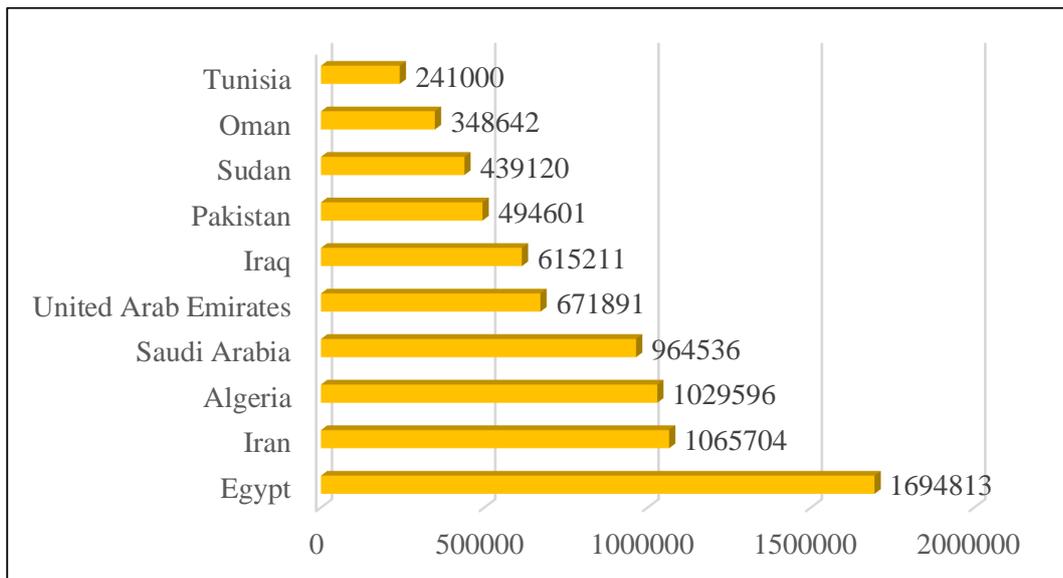
permis de détecter le cultivar ‘‘Baâret ljmâl’’ comme étant un cultivar résistant (**Guettouchi et al., 2017 b**).

L’approche pluridisciplinaire de la caractérisation moyennant les trois types de marqueurs associés : morphologiques, chimiques et moléculaires afin d’étudier la diversité génétique a été adoptés par plusieurs auteurs (**Elshibli et Korpelainen, 2009 ; Hamza et al., 2012 ; Hamza et al.,2013; Faquir et al., 2018**).

### 3. Importance économique de la culture du palmier dattier

A l’échelle mondiale, la superficie qu’occupe la culture du palmier dattier est passée de 7570764 ha en 1994 à 10353 159 ha en 2016, parallèlement et pour la même période, la production a augmenté de 4 569 532 tonnes à 8 460 443 tonnes (**FAOSTAT, 2018**).

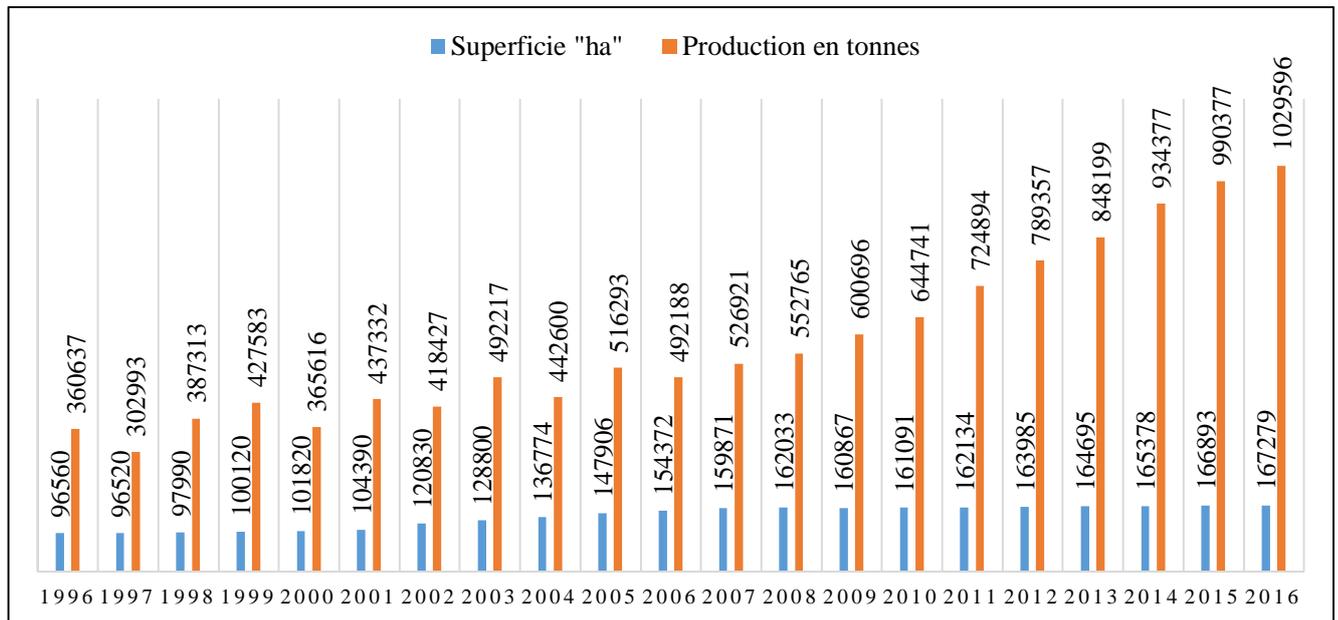
L’Algérie occupe la troisième place, après l’Egypte et l’Iran, en terme de production avec 1029596 tonnes (**FAOSTAT, 2018**) (Fig. 3).



**Figure 3 :** Classement des dix plus grands producteurs de dattes au monde en tonnes (FAOSTAT, 2018)

Au cours des dernières décennies la phoeniciculture en Algérie a connu un important développement suite à l’élaboration de programmes étatiques (Plan National De Développement Agricole : PNDA et programme de l’accession à la propriété foncière agricole : APFA) pour la promotion du secteur phoenicicole. Des accroissements de 57.72% en superficie

et de 35.02% en production ont été enregistrés dans la période qui s'étale de 1996 à 2016 (Fig. 4).



**Figure 4 :** Evolution des superficies et production de la culture du palmier dattier en Algérie (1996-2016) (FAOSTAT, 2018)

La plus grande aire de production de dattes en Algérie est située dans le Sud-Est où se trouve Biskra, la première wilaya phoenicicole. A l'échelle nationale, Biskra produit 4284890 tonnes soit 41.61% de la production nationale, couvre 43105 ha ce qui représente 27.7% de la superficie globale destinée à la culture du dattier du pays et contient 4336358 palmiers soit 23.2% du nombre total de pieds.

En termes d'exportation des dattes algériennes, un accroissement de 37% a été observé dans la période comprise entre 1961-2017. En 2016, la quantité exportée a été de 31109 tonnes rapportant au pays 37502 000 US\$ (FAOSTAT, 2018).

Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des  
parties végétative et reproductrice des principaux  
cultivars des Ziban



## 1. Introduction

L'importance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans les régions arides et désertiques, où les conditions agro-écologiques sont favorables à son développement, est connue depuis fort longtemps. Cette espèce représente l'une des espèces fruitières les plus anciennes en Algérie, ayant une grande importance écologique et socioéconomique.

La région des Ziban est connue pour être l'une des principales aires phoenicicoles en Algérie. Elle est classée première à l'échelle nationale, en termes de nombre de palmiers (23% de l'effectif national) et de production de dattes (41,61% de la production nationale) dont 65% concernent le cultivar Deglet Nour (**M.A.D.R., 2016**).

Les oasis Algériennes sont comptées parmi les plus riches au monde du point de vue diversité génétique avec plus de 940 cultivars (**Hannachi et al., 1998**) qui ont su doctement s'adapter aux variations pédoclimatiques du grand Sahara Algérien. La localisation et la description de la diversité existante du palmier dattier, l'identification du matériel génétique à conserver et l'implémentation des méthodes de conservation constituent le fondement des stratégies de conservation et utilisation de ses ressources génétiques (**Elshibli et Korpelainen, 2011**). La méconnaissance de ces dernières réduisant l'utilité du potentiel génétique présent au niveau de nos palmeraies et les bénéfices que les utilisateurs notamment les scientifiques peuvent en tirer.

Dans la région des Ziban (wilaya de Biskra) **Belguedj (2002)** a dénombré 111 cultivars dont 90% sont rares à peu fréquents (selon une échelle d'évaluation qu'il avait établie sur la base de la fréquence des cultivars) renseignant ainsi sur une érosion génétique sévère due en grande partie à la dominance de l'élite Deglet Nour dont la qualité n'est égalée nulle part ailleurs. Le constat est tel que la quasi-totalité des cultivars sont abandonnés et /ou substitués même ceux dont les dattes sont fortement appréciées par la population locale (dattes molles en majorité). De même, **Guettouchi et al. (2015)** avaient mis l'accent, dans leur étude, sur le dernier rempart de la biodiversité du dattier dans l'oasis la plus proche du littoral méditerranéen (Alger ; 250 Km), l'oasis de Bou-Sâada. La moitié des 23 cultivars recensés était originaire de cette région et le nombre de pieds a été réduit à 2147 alors qu'il était de 6000 palmiers en 2002.

Devant ce déclin de la biodiversité du palmier dattier il s'avère impératif de renforcer les efforts visant à de meilleures conservation et gestion de ses ressources phytogénétiques afin d'élargir la base génétique sur laquelle se dressent les programmes d'amélioration. La caractérisation

phénotypique est la première étape de ce processus de sauvegarde de la diversité génétique existante suivie par son évaluation en vue d'assurer la durabilité voire la restauration de la richesse variétale au sein de nos oasis.

En Algérie, la biodiversité du dattier a suscité beaucoup d'intérêt de la part des chercheurs. **Hannachi (2012)** s'est intéressé à la variation morphologique inter et intra cultivars d'une cinquantaine de cultivars principaux ayant une répartition géographique large. Il a identifié quelques critères pouvant servir dans la discrimination et la reconnaissance des cultivars et d'approcher ceux présentant une sensibilité aux facteurs extrinsèques.

Les Ziban, de par leur importance, ont fait l'objet de plusieurs études qui ont traité de la diversité génétique du dattier qu'ils renferment. Des paramètres physiques ont été utilisés pour la distinction de 89 cultivars de la région. Cette distinction était basée plutôt sur les caractères reproducteurs liés aux fruits que végétatifs (**Simozrag et al., 2016**). Auprès des oasis d'Oued-Righ et Oued-Souf, les palmeraies des Ziban ont été concernées par une étude descriptive des caractères morphologiques du palmier et biochimiques du fruit de 145 cultivars où 91% des dattes ont été de consistance molles à demi-molles (**Belguedj, 2002**). De même, les caractères végétatifs ont été associés aux caractères chimiques du fruit pour la caractérisation phénotypique des cultivars en vue d'évaluer et de valoriser le patrimoine phoenicicole des Ziban (**Djoudi, 2013 ; Retima 2015**). Ces paramètres ont été également utilisés dans l'identification des ressemblances morphologiques entre les pieds mâles et femelles d'un même cultivar (**Babahani, 2011 ; Ben Ouamane, 2015**) afin de développer la notion de type variétal couramment utilisée en moyen orient.

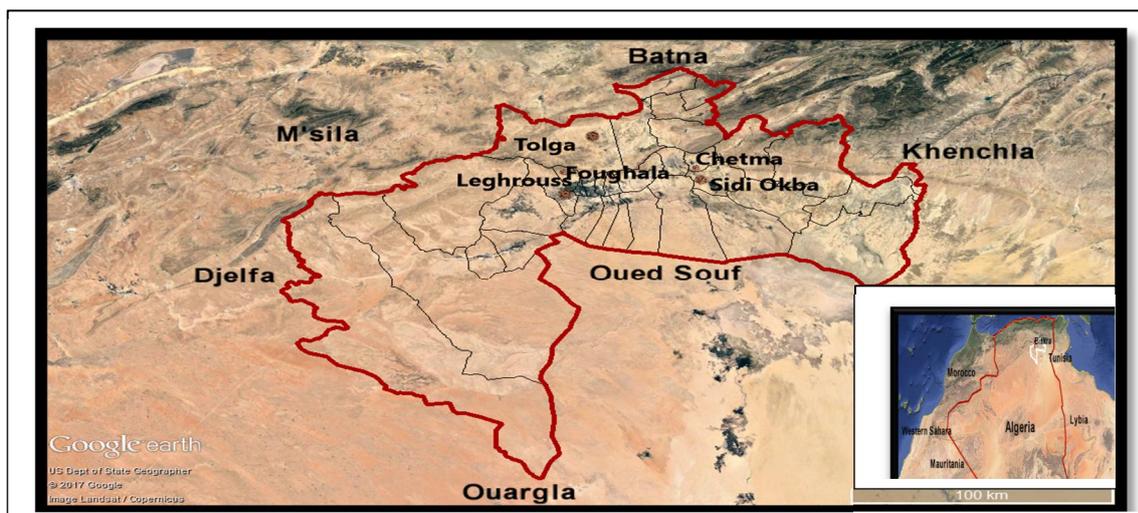
C'est dans ce contexte que nous avons réalisé ce travail qui contribue à l'identification et l'évaluation de la diversité génétique de vingt-six principaux cultivars de palmier dattier présents dans la région des Ziban par l'emploi d'un nombre plus important de descripteurs **IPGRI (2005)**. Nous avons réalisé une étude détaillée de cinquante-deux paramètres morphologiques des appareils, végétatif (27) et reproducteur (25), que nous avons traités séparément afin d'aboutir à une caractérisation aussi globale que précise. Les données ont été soumises à une analyse multivariée (analyse en composantes principales et classification hiérarchique ascendante). Les objectifs que nous avons visés étaient essentiellement l'identification de nouveaux caractères discriminants à utiliser en qualité de descripteurs sur terrain facilitant la reconnaissance et/ou distinction entre des cultivars notamment en dehors de

la période de fructification. Egalement, l'évaluation du degré de polymorphisme observé entre les cultivars au niveau des différents caractères étudiés. Ce travail fournit des éléments de base pour une meilleure gestion des ressources phylogénétiques du dattier en mettant à la disposition des chercheurs et des décideurs une importante base de données phénotypique qui contribuera à l'orientation et l'élaboration des programmes d'amélioration et de sélection de cette plante pilier de vie en désert.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Prospection et choix des cultivars

La prospection est la première étape dans la démarche de l'étude des ressources phylogénétiques (RPG). Pour commencer nous avons effectué une série de prospections au cours de la période 2010-2013 au niveau des différentes communes de la wilaya de Biskra (région des Ziban). L'objectif était de détecter les zones potentielles de diversité génétique du palmier dattier dont la quasi-totalité est située dans les anciennes palmeraies. Ces dernières étaient de plus en plus délaissées (à cause de problèmes d'héritage, d'alimentation en eau, d'entretien et de main d'œuvre, etc...) et substituées par de nouvelles plantations. De ce fait, nous avons dû explorer plusieurs palmeraies pour choisir au total cinq communes d'où nous avons collectés nos échantillons (Fig. 5). Il faut souligner l'existence, dans cette région, de deux types de palmeraies (en fonction de l'âge des palmiers) : ancien et nouveau. Ce dernier se caractérisant par une dominance du cultivar de Deglet Nour dont le pourcentage dépasse dans la plupart des cas les 90% (orientation sélective des agriculteurs).



**Figure 5 :** Carte de l'Algérie et de la wilaya de Biskra (communes de prélèvement : Tolga, Leghrouss, Foughala, Chetma et Sidi Okba).

Nous avons rencontré lors du choix du matériel végétal deux contraintes majeures : la vieillesse et la raréfaction des cultivars. Notre choix a été dicté par la disponibilité des pieds d'un même cultivar en nombre suffisant pour réaliser les répétitions. Néanmoins, nous avons veillé lors de la sélection du matériel végétal à ce qu'il soit le plus homogène possible. Nous avons considéré dans cette étude morphologique 26 cultivars de palmier dattier femelles (Tab. 2) dont les pieds étaient adultes (plus de 25 ans), sains, ne présentant aucune anomalie, n'ayant subi aucun stress et entretenus dans les conditions normales de production. Les cultivars en question résultent d'une sélection empirique de longue haleine faite par les agriculteurs de la région qui les reconnaissent grâce à l'emploi de quelques caractères localisés au niveau de nombreuses parties qui forment le dattier.

**Tableau 2 :** Appellation, code et lieu de collecte des cultivars étudiés

<b>Accessions</b>	<b>Code</b>	<b>Lieu de collecte</b>
<b>Ain El Fas</b>	AFS	Lekhrouss
<b>Arechti</b>	ART	Sidi Okba
<b>Bouhlass</b>	BHL	Lekhrouss
<b>Deglet Abdallah</b>	DGA	Chetma
<b>Degla Baidha</b>	DGB	Sidi Okba
<b>Deglet Debdab</b>	DDB	Chetma
<b>Deglet Nour</b>	DNR	Lekhrouss
<b>DegletZiane</b>	DGZ	Tolga
<b>Feraounia</b>	FER	Foughala
<b>Ghars</b>	GHS	Tolga
<b>Ghazi</b>	GHZ	Tolga
<b>Haloua</b>	HAL	Lekhrouss
<b>Hamraya</b>	HAM	Chetma
<b>Horra</b>	HRR	Lekhrouss
<b>Itima</b>	ITM	Foughala
<b>Kseba</b>	KSB	Lekhrouss
<b>Lemsaref</b>	LMS	Tolga
<b>Mech Degla</b>	MDG	Chetma
<b>Safra</b>	SAF	Chetma
<b>Sbaa Laroussa</b>	SBL	Chetma
<b>Tantboucht</b>	TNT	Chetma
<b>Thawri</b>	THW	Tolga
<b>Tichtate</b>	TCH	Tolga
<b>Tijaaranite</b>	TJR	Chetma
<b>TiniCine</b>	TNC	Chetma
<b>Zomret Mimoune</b>	ZMN	Foughala

## 2.2. Echantillonnage

Nous avons déterminé le nombre de répétitions pour toutes les mesures effectuées suivant le descripteur IPGRI (2005). Le nombre de pieds par cultivar a varié de 3-5 ce qui nous donne au total 108 pieds étudiés appartenant à 26 cultivars. Les contraintes précitées (raréfaction, état rendant le pied non représentatif du cultivar) ont été préjudiciables pour bien mener notre échantillonnage qui a été échelonné dans le temps suivant la phénologie de l'arbre (Tab. 3).

**Tableau 3 :** Echantillonnage : organes étudiés, nombre de répétitions, périodes

Parties étudiées	Nombre de répétitions	Périodes
<b>Régime</b>	1 régime/ pied 3 à 5 régimes au total/ cultivar	Maturité (septembre-novembre)
<b>Datte (Tmar)</b>	40 fruits / cultivar	
<b>Spathe</b>	3 spathe / cultivar (à partir de la 3 <sup>ème</sup> spathe)	Mars- avril
<b>Palme</b>	1 palme/ pied : couronne moyenne. 3-5 palmes au total/ cultivar	Repos végétatif (fin décembre-février)

## 2.3. Descripteurs utilisés

La caractérisation morphologique de génotypes fait appel aux différents caractères souvent visuels et reconnus par les agriculteurs leur permettant, entre autres, la distinction entre les cultivars. Pour une étude plus détaillée du polymorphisme phénotypique observé chez les cultivars choisis nous avons traité séparément la partie végétative et la partie reproductrice en retenant les descripteurs IPGRI donnés dans les tableaux 4 et 5. Au total cinquante-deux caractères quantitatifs ont été analysés.

### 2.3.1. Descripteurs végétatifs

Nous avons mesuré vingt-sept caractères décrivant les plus importants organes de la partie végétative à savoir : le stipe et la palme en considérant ses composantes : pétiole, rachis, épines et pennes. Les détails sur les mesures des paramètres sont reportés dans le Tableau 4.

La palme a été prélevée de la couronne moyenne. Les mesures de largeur et d'épaisseur ont été effectuées au milieu de l'organe mesuré. Pour le calcul de l'indice d'espacement de la base des pennes (Fig. 6), nous avons appliqué la formule suivante :  $IEP = a + b + c / d$  (IPGRI, 2005).

**Tableau 4 :** Descripteurs végétatifs mesurés sur les 26 cultivars étudiés

Organes	Caractères végétatifs	Observations	Unité	code
<b>Stipe</b>	Circonférence	à 1m du sol	cm	V1
<b>Palme</b>	Longueur	Depuis le point d'insertion	cm	V2
	Largeur	Milieu de la partie pennée	cm	V3
	Longueur de la partie épineuse	Depuis le point d'insertion jusqu'à la 1 <sup>ère</sup> penne	cm	V4
<b>Rachis</b>	Largeur	Entre la dernière épine et la 1 <sup>ère</sup> penne	mm	V5
	Epaisseur		mm	V6
<b>Epine</b>	Nombre d'épines	Des deux côtés de la nervure		V7
	Largeur de l'épine du milieu (mm)	Milieu de la partie épineuse	mm	V8
	Epaisseur de l'épine du milieu (mm)		mm	V9
Longueur de l'épine du milieu (mm)	mm		V10	
	Nombre d'épines solitaires	Des deux côtés de la partie épineuse		V11
	Nombre d'épines groupées en (2)			V12
	Nombre d'épines groupées en (3)			V13
<b>Penne</b>	Nombre total de pennes	Des deux côtés de la partie pennée		V14
	Nombre de pennes solitaires			V15
	Nombre de pennes groupées en (2)			V16
	Nombre de pennes groupées en (3)			V17
	Nombre de pennes groupées en (4)			V18
	Nombre de pennes groupées en (5)			V19
	Longueur de la penne du milieu	Milieu de la partie pennée	cm	V20
	Largeur de la penne du milieu		cm	V21
	Nombre de pennes introses	Des deux côtés de la partie pennée		V22
	Nombre de pennes retroses			V23
	Nombre de pennes antroses			V24
	Longueur de la penne apicale	/	cm	V25
	Largeur de la penne apicale	/	cm	V26
	Indice d'espacement	Au milieu de la partie pennée		V27

### 2.3.2. Descripteurs reproducteurs

Les vingt-cinq caractères de l'appareil reproducteur du dattier (Tab. 5) que nous avons considérés décrivent la spathe et le régime (comprenant l'épillet, les fruits et les graines). Les mesures de largeur et d'épaisseur ont été prises en considérant le milieu de l'organe objet de mesure.

**Tableau 5** : Descripteurs reproducteurs mesurés sur les 26 cultivars étudiés

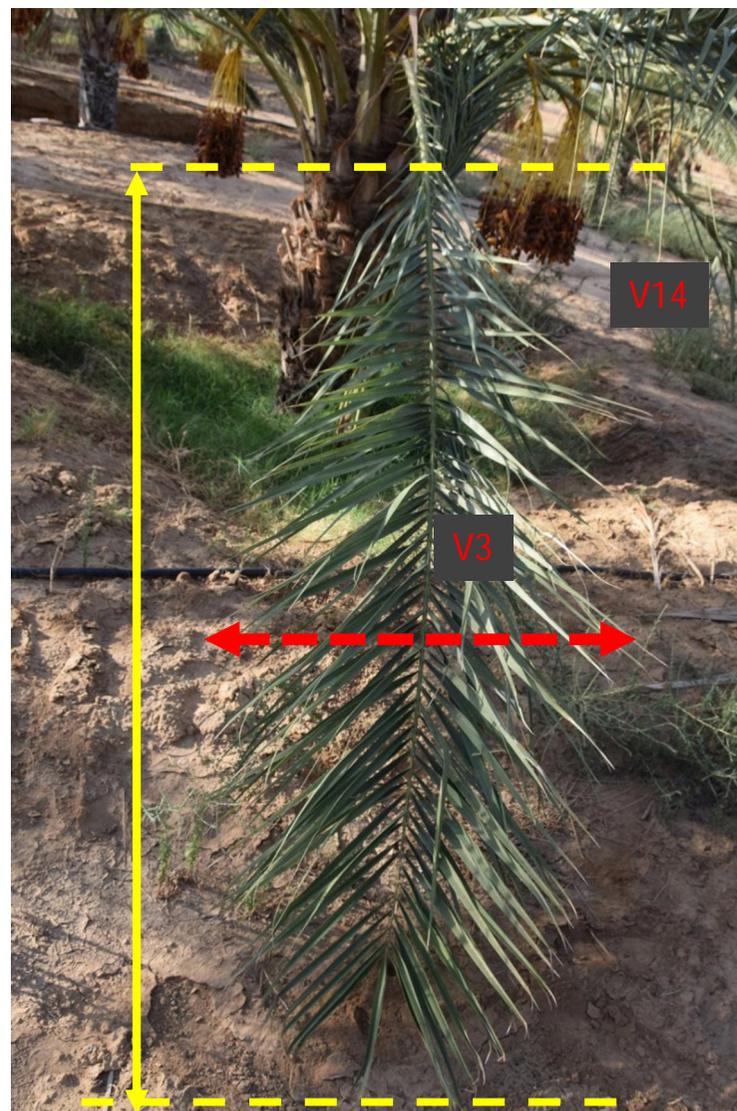
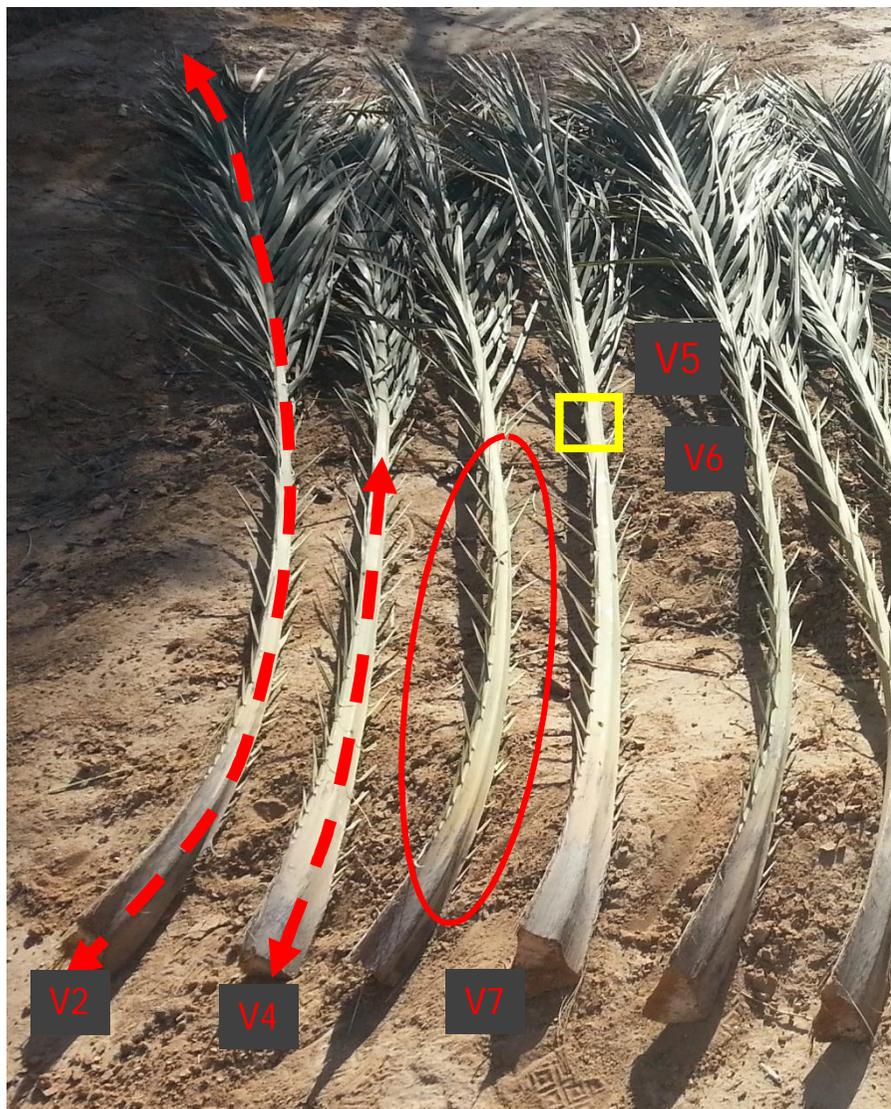
<b>Organes</b>	<b>Caractères reproducteurs</b>	<b>Observations</b>	<b>Unité</b>	<b>code</b>
<b>Spathe</b>	Longueur		cm	R1
	Largeur	Au milieu	cm	R2
<b>Régime</b>	Largeur du pédoncule	Au niveau du premier épillet	cm	R3
	Longueur de la partie ramifiée du régime	Depuis le point d'insertion du premier épillet jusqu'à la base	cm	R4
	Nombre d'épillets /régime	/		R5
	Longueur de la partie de l'épillet sans fruits	A la base du régime	cm	R6
		Au milieu du régime	cm	R7
		Au sommet du régime	cm	R8
	Longueur de la partie de l'épillet avec fruits	A la base du régime	cm	R9
		Au milieu du régime	cm	R10
		Au sommet du régime	cm	R11
	Longueur de l'épillet	Le plus long	cm	R12
Le plus court		cm	R13	
<b>Fruit</b>	Poids	/	g	R14
	Longueur	/	cm	R15
	Longueur de la cavité de la datte	/	cm	R16
	Largeur de la cavité de la datte	/	cm	R17
	Epaisseur de la chair		cm	R18
	Diamètre du calice	/	cm	R19
<b>Noyau</b>	Poids	/	g	R20
	Largeur		cm	R21
	Longueur	/	cm	R22
	Epaisseur	/	cm	R23
	Rapport de la longueur du noyau / longueur du fruit	/		R24
	Rapport du poids du noyau / poids du fruit	/		R25

Des illustrations de quelques paramètres végétatifs et reproducteurs étudiés sont données dans la Figure 6.

Pour la mesure des paramètres biométriques, nous avons utilisé le pied à coulisse, le mètre ruban et la balance de précision.

*Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban*

a



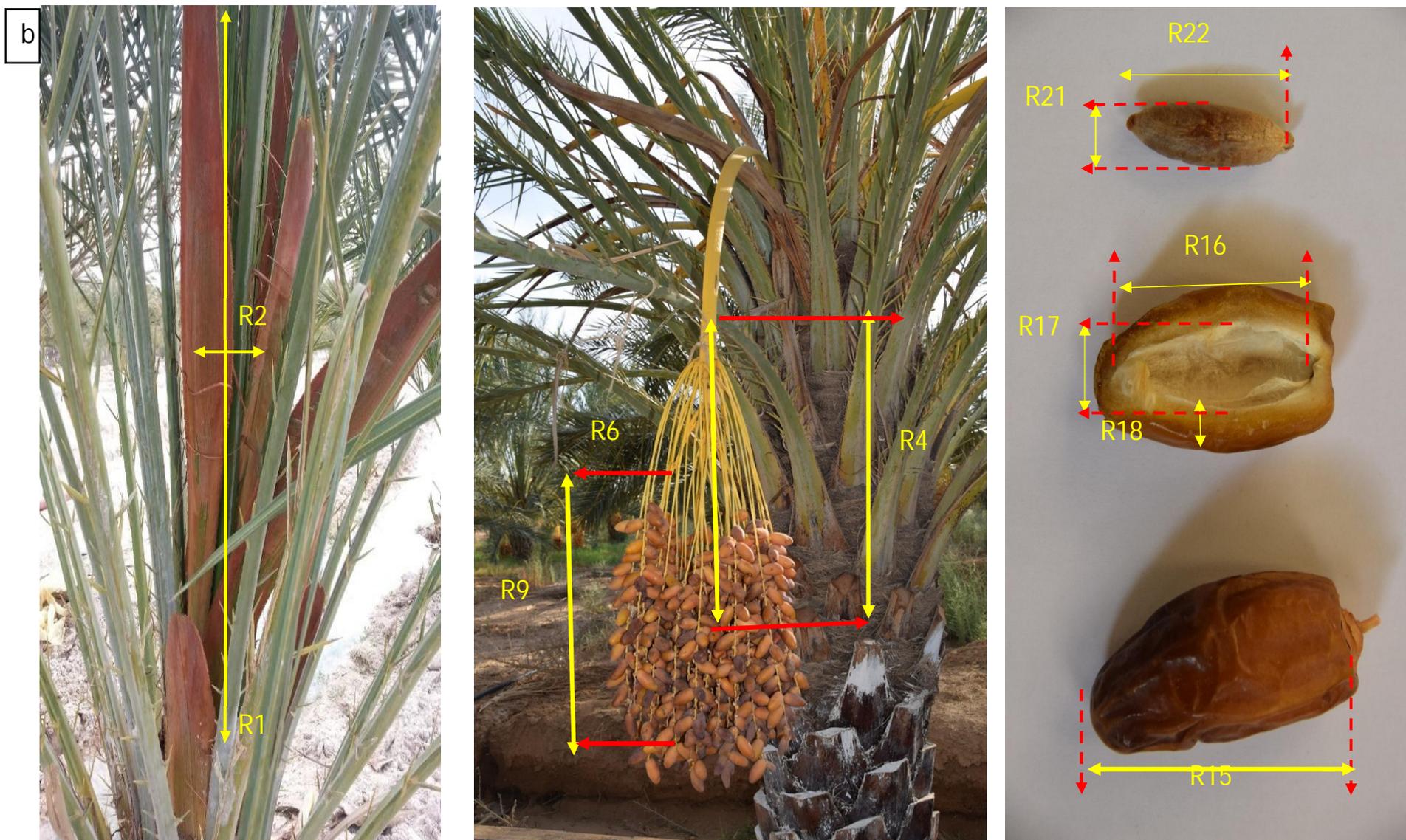


Figure 6 : Illustrations de quelques paramètres végétatifs (a) et reproducteurs (b) étudiés

## **2.4. Traitement des données**

L'étude de la variabilité des caractères morphologiques a fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) et les différences entre les moyennes ont été vérifiées par le test post-hoc Tukey (HSD) au seuil de 5%. Les valeurs moyennes des paramètres mesurés ont été utilisées pour effectuer une analyse en composantes principales (ACP) qui a permis le regroupement, dans un même plan, des cultivars sur la base de caractéristiques morphologiques proches. Le même set de valeurs a été utilisé pour l'analyse des corrélations afin de déceler quelles variables sont reliées entre elles (Taylor, 1990 et Jolliffe, 2002). La classification hiérarchique ascendante (CAH) basée sur la méthode de Ward qui est comptée parmi les méthodes les plus efficaces et les plus communément employée permettant ainsi de répartir en cluster les différents cultivars concernés par cette étude (Saracli et al., 2013). L'objectif est de trouver un assemblage optimal dans lequel les observations (cultivars) à l'intérieur de chaque cluster sont similaires mais les clusters seront dissemblables les uns des autres (Rencher, 2002). Cette analyse permettra de classer les cultivars étudiés dans des groupes homogènes mais distincts. Toutes les analyses ont été réalisées en utilisant le logiciel XLSTAT version 2016.02.

## **3. Résultats**

L'analyse statistique des caractères quantitatifs utilisés a révélé la présence d'une importante diversité au sein des cultivars collectés dans la région des Ziban. Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) ont montré une différence très hautement significative pour l'ensemble des paramètres étudiés, végétatifs ou reproducteurs, considérés séparément.

### **3.1. Analyse de la variance et comparaison des moyennes (test de tukey HSD):**

#### **3.1.1. Caractères végétatifs**

Les cultivars de palmier dattier étudiés ont montré une large variation dans l'ensemble des composants de la partie végétative traités ( $p < 0.001$ ). Le test Post-hoc Tukey a regroupé les 26 cultivars, en fonction du paramètre étudié, sur plusieurs groupes dont le nombre varie de 2 (i.e. longueur de la partie épineuse ; V4) à 7 (i.e. largeur de rachis ; V5). Par exemple, les palmes de Arechti (ART) et de Itima (ITM) affichent la plus grande longueur (V2) au moment où Tantboucht (TNT) contient l'épine du milieu la plus courte (V10) (Tukey's test ;  $p$ -value  $< 0.05$ ).

### **3.1.2. Caractères reproducteurs**

Des différences significatives dans la morphologie de la partie reproductrice existent entre les cultivars et ce pour toutes les variables étudiées ( $p < 0.001$ ). Le nombre de groupes homogènes obtenus par le test HSD rendait compte de la variabilité contenue dans notre échantillon. D'après ce test, le cultivar Degla Baidha (DGB), formant à lui seul un groupe, possède l'épillet le plus long (R12). Les cultivars Tantboucht (TNT) et Tichtat (TCH) appartiennent à un autre groupe où l'on note la longueur la plus réduite du fruit (R15).

### **3.2. Matrice de corrélation**

Les valeurs moyennes des paramètres végétatifs et reproducteurs mesurés ont été analysées et reportées dans les tableaux 6 et 7. Le test de corrélation de Pearson à deux niveaux de signification (0.05 et 0.01) a montré d'importantes corrélations, positives en majorité, liant les paramètres aussi bien végétatifs que reproducteurs.

#### **3.2.1. Caractères végétatifs**

La matrice de corrélation entre les différents paramètres mesurés montre, dans l'ensemble, l'existence de corrélations positives en majorité (Tab. 8). La longueur de la palme (V2) est corrélée positivement à celle de la partie épineuse (V4), l'épaisseur du rachis (V6), la largeur (V9) et l'épaisseur de l'épine du milieu (V9), le nombre de pennes (V14) et des pennes antroses (V24) et aussi la longueur de la penne au milieu (V20). Ce dernier paramètre est corrélé positivement à la largeur de la palme (V3). La longueur de la partie épineuse (V4) est liée positivement au nombre total d'épines (V7) et à leur groupement en deux (V12). Egalement, la largeur du rachis (V6) a une corrélation positive avec son épaisseur (V5), la largeur de la palme (V3), le nombre d'épines (V7), l'épaisseur (V8) et la largeur (V9) de l'épine au milieu, la longueur (V20) et la largeur (V21) de la penne au milieu. Le nombre d'épines (V7), les dimensions de l'épine au milieu (V8, V9, V10), le nombre d'épines groupées en deux et en trois (V12, V13) sont hautement inter corrélés. Le nombre d'épines solitaires (V11) est corrélé avec celui des épines solitaires (V15) qui est à son tour corrélé à la largeur de la penne au milieu (V21). La matrice de corrélation a aussi révélé une corrélation significative entre le nombre total de pennes (V14), celui des pennes groupées en deux (V16) et en trois (V17) et des pennes introses et antroses (V22, V24). La variable (V21) est positivement corrélée avec le nombre de

pennes antroses (V24) de même que la largeur de la penne terminale (V26). Des corrélations positives sont observées, d'une part, en le nombre de pennes groupées en 3 (V17) et retroses (V23) et d'autre part entre et les groupements de pennes en 4 et en 5 (V19, V18).

### 3.2.2. Caractères reproducteurs

La majorité des descripteurs relatifs à la partie reproductrice ont montré des corrélations positives (Tab. 9). En effet, la longueur de la spathe (R1) est corrélée positivement à celles de la partie ramifiée (R4), de la partie de l'épillet sans fruits aux trois niveaux du régime (R6 ; R7 ; R8), de l'épillet le plus long (R12) et le poids du noyau (R20). Ce dernier descripteur est corrélé avec la longueur de la partie ramifiée (R4) qui est à son tour corrélé avec l'épillet le plus long (R12) et le rapport longueur graine/fruit (R24). Les largeurs de la spathe (R2) et du pédoncule (R3) sont positivement liées. Des inter-corrélations positives importantes sont observées entre les deux groupes suivants de variables : les longueurs de la partie de l'épillet sans fruits à la base, au milieu et au sommet du régime (R6 ; R7 et R8) et les longueurs de la partie de l'épillet avec fruits aux mêmes emplacements (R9 ; R10 et R11), les deux groupes étant corrélés avec aussi bien avec l'épillet le plus long (R12) que le plus court (R13). D'autre part les paramètres du poids (R14) et longueur du fruit (R15), longueur de la cavité (R16), épaisseur de la chair (R18) et longueur de la graine (R22) ont exprimé des inter-corrélations positives très fortes entre eux. Egalement, les variables de l'épaisseur de la chair (R18), le diamètre du calice (R19), la largeur (R21) et l'épaisseur de la graine (R23) sont hautement corrélées. Toutefois, quelques corrélations négatives sont notées entre le rapport longueur graine/fruit (R24) d'un cote et les longueurs de la partie ramifiée (R4) et du fruit (R15) en plus du poids du fruit (R14).

*Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban*

**Tableau 6 :** Valeurs moyennes des paramètres végétatifs (Abréviations en tableaux 2 et 4)

Cv	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
AFS	166,2 <sup>af</sup>	409 <sup>ab</sup>	51,44 <sup>bf</sup>	45,44 <sup>b</sup>	33,4 <sup>ac</sup>	21,22 <sup>bf</sup>	22 <sup>fh</sup>	3,48 <sup>be</sup>	2,2 <sup>cd</sup>	7,96 <sup>cd</sup>	7,8 <sup>bc</sup>	6,2 <sup>c</sup>	0,6 <sup>b</sup>	205,2 <sup>ad</sup>
ART	183,5 <sup>ac</sup>	447,4 <sup>a</sup>	79,6 <sup>ad</sup>	53,76 <sup>b</sup>	35,6 <sup>ab</sup>	26,6 <sup>ac</sup>	16,4 <sup>h</sup>	4,66 <sup>ae</sup>	3,16 <sup>bd</sup>	7,2 <sup>cd</sup>	6,4 <sup>bc</sup>	5 <sup>c</sup>	0 <sup>b</sup>	227,6 <sup>a</sup>
BHL	158,8 <sup>ag</sup>	322 <sup>bc</sup>	60,34 <sup>bf</sup>	73,92 <sup>ab</sup>	22,4 <sup>eg</sup>	19 <sup>cf</sup>	32,4 <sup>cg</sup>	3,2 <sup>ce</sup>	2,40 <sup>bd</sup>	6,92 <sup>cd</sup>	2,8 <sup>c</sup>	11,8 <sup>ac</sup>	2 <sup>ab</sup>	153,8 <sup>dg</sup>
DGA	174,8 <sup>ae</sup>	427 <sup>ab</sup>	99,74 <sup>a</sup>	67,5 <sup>ab</sup>	28,2 <sup>af</sup>	25,44 <sup>ad</sup>	32,2 <sup>cg</sup>	5,8 <sup>ac</sup>	3,92 <sup>ac</sup>	7,88 <sup>cd</sup>	4 <sup>bc</sup>	10,8 <sup>ac</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	184,8 <sup>af</sup>
DGB	208,4 <sup>a</sup>	387,8 <sup>ac</sup>	44,74 <sup>ef</sup>	62,52 <sup>ab</sup>	32,6 <sup>ad</sup>	27,4 <sup>ab</sup>	32,6 <sup>cg</sup>	4,8 <sup>ae</sup>	3,44 <sup>ad</sup>	11,54 <sup>ac</sup>	5,6 <sup>bc</sup>	10,8 <sup>ac</sup>	1,8 <sup>ab</sup>	225,8 <sup>ab</sup>
DGD	127,4 <sup>dh</sup>	290,4 <sup>c</sup>	48,92 <sup>df</sup>	53,58 <sup>b</sup>	23,2 <sup>eg</sup>	20,4 <sup>bf</sup>	39 <sup>be</sup>	4,4 <sup>ae</sup>	3 <sup>bd</sup>	6,26 <sup>cd</sup>	6,2 <sup>bc</sup>	11 <sup>ac</sup>	3,6 <sup>a</sup>	173,4 <sup>cf</sup>
DGN	187,7 <sup>ac</sup>	399,3 <sup>ac</sup>	92,33 <sup>ac</sup>	34,72 <sup>b</sup>	29,67 <sup>ae</sup>	34,67 <sup>a</sup>	55 <sup>ab</sup>	6,57 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>	13,78 <sup>ab</sup>	11,33 <sup>bc</sup>	16,33 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	166,3 <sup>cg</sup>
DGZ	122,9 <sup>ch</sup>	340,1 <sup>ac</sup>	58,58 <sup>cf</sup>	54,46 <sup>b</sup>	33,4 <sup>ac</sup>	21,4 <sup>bf</sup>	23,8 <sup>eh</sup>	3,87 <sup>be</sup>	2,76 <sup>bd</sup>	7,4 <sup>cd</sup>	6,6 <sup>a</sup>	8 <sup>bc</sup>	0,4 <sup>b</sup>	179 <sup>bf</sup>
FER	98,33 <sup>gh</sup>	314,7 <sup>bc</sup>	44,23 <sup>ef</sup>	57,77 <sup>ab</sup>	21,67 <sup>eg</sup>	15,07 <sup>ef</sup>	25,67 <sup>dh</sup>	1,67 <sup>f</sup>	1,03 <sup>d</sup>	10,64 <sup>ad</sup>	2 <sup>c</sup>	10,33 <sup>ac</sup>	1 <sup>ab</sup>	176,7 <sup>bf</sup>
GHS	193,3 <sup>ac</sup>	489,5 <sup>ab</sup>	66,5 <sup>af</sup>	87,83 <sup>ab</sup>	27 <sup>bf</sup>	23,67 <sup>be</sup>	39,33 <sup>be</sup>	5 <sup>ae</sup>	3,67 <sup>ad</sup>	11,63 <sup>ac</sup>	8,33 <sup>bc</sup>	13,67 <sup>ac</sup>	3,83 <sup>a</sup>	198,7 <sup>ae</sup>
GHZ	176,3 <sup>ae</sup>	348,7 <sup>ac</sup>	65,75 <sup>af</sup>	64,08 <sup>ab</sup>	24,93 <sup>cf</sup>	21,3 <sup>bf</sup>	42,25 <sup>ad</sup>	4,29 <sup>ae</sup>	3,78 <sup>ad</sup>	9,15 <sup>bd</sup>	4,5 <sup>bc</sup>	16,25 <sup>a</sup>	1,75 <sup>ab</sup>	162,7 <sup>dg</sup>
HAL	99,17 <sup>fh</sup>	325,3 <sup>bc</sup>	62,06 <sup>bf</sup>	56,12 <sup>b</sup>	29,98 <sup>ae</sup>	21,5 <sup>bf</sup>	25,4 <sup>eh</sup>	3,35 <sup>be</sup>	3,64 <sup>ad</sup>	10,04 <sup>bd</sup>	7 <sup>bc</sup>	8,6 <sup>bc</sup>	0,4 <sup>b</sup>	158,4 <sup>dg</sup>
HAM	126 <sup>ah</sup>	443 <sup>ab</sup>	44,7 <sup>ef</sup>	120,3 <sup>a</sup>	26,67 <sup>bf</sup>	23,67 <sup>be</sup>	47,33 <sup>ac</sup>	7,33 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	16,83 <sup>a</sup>	5,33 <sup>bc</sup>	17 <sup>a</sup>	2,67 <sup>ab</sup>	168,7 <sup>cg</sup>
HRR	182,6 <sup>ad</sup>	332,1 <sup>bc</sup>	59,24 <sup>bf</sup>	78,28 <sup>ab</sup>	28,6 <sup>ae</sup>	23,69 <sup>be</sup>	37,6 <sup>ce</sup>	3,72 <sup>be</sup>	2,76 <sup>bd</sup>	9,3 <sup>bd</sup>	4,4 <sup>bc</sup>	14,8 <sup>ab</sup>	1,2 <sup>ab</sup>	187,2 <sup>af</sup>
ITM	127 <sup>dh</sup>	448,8 <sup>a</sup>	56,84 <sup>cf</sup>	111,9 <sup>a</sup>	36 <sup>ab</sup>	22,6 <sup>be</sup>	57 <sup>a</sup>	5,18 <sup>ad</sup>	4,94 <sup>ab</sup>	7,9 <sup>cd</sup>	19,6 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	1,8 <sup>ab</sup>	214,4 <sup>ac</sup>
KSB	181,6 <sup>ad</sup>	373,5 <sup>ac</sup>	66,9 <sup>af</sup>	69,4 <sup>ab</sup>	27,4 <sup>bf</sup>	22,2 <sup>bf</sup>	35,2 <sup>cf</sup>	5,38 <sup>ad</sup>	4,64 <sup>ab</sup>	10,06 <sup>bd</sup>	3,4 <sup>c</sup>	13,8 <sup>ab</sup>	1,4 <sup>ab</sup>	167,6 <sup>cg</sup>
LMS	212,67 <sup>ac</sup>	351,5 <sup>ac</sup>	56,6 <sup>cf</sup>	96,38 <sup>ab</sup>	27 <sup>bf</sup>	23 <sup>be</sup>	36,25 <sup>cf</sup>	4,45 <sup>ae</sup>	3,18 <sup>bd</sup>	11,18 <sup>ac</sup>	10,5 <sup>bc</sup>	11,75 <sup>ac</sup>	0,75 <sup>b</sup>	216,5 <sup>ac</sup>
MDG	146,7 <sup>ah</sup>	356 <sup>ac</sup>	39,33 <sup>ef</sup>	50 <sup>b</sup>	13 <sup>g</sup>	16,17 <sup>df</sup>	20,67 <sup>fh</sup>	3 <sup>de</sup>	2,47 <sup>bd</sup>	7,43 <sup>cd</sup>	4,33 <sup>bc</sup>	7,67 <sup>bc</sup>	0,33 <sup>b</sup>	144,3 <sup>eg</sup>
SAF	151,7 <sup>ah</sup>	423,5 <sup>ab</sup>	64,88 <sup>af</sup>	96,35 <sup>ab</sup>	23,5 <sup>df</sup>	19,08 <sup>bf</sup>	30,5 <sup>ch</sup>	3,5 <sup>be</sup>	2,1 <sup>cd</sup>	8,21 <sup>bd</sup>	3,75 <sup>bc</sup>	9,25 <sup>ac</sup>	2,75 <sup>ab</sup>	162,2 <sup>dg</sup>
SBL	99,33 <sup>fh</sup>	304 <sup>bc</sup>	29,23 <sup>f</sup>	51 <sup>b</sup>	18 <sup>fg</sup>	13 <sup>f</sup>	21 <sup>fh</sup>	3,67 <sup>be</sup>	1,33 <sup>d</sup>	7,17 <sup>cd</sup>	9,33 <sup>bc</sup>	5,33 <sup>c</sup>	0,33 <sup>b</sup>	159,7 <sup>dg</sup>
TCH	187,3 <sup>ac</sup>	370,8 <sup>ac</sup>	71,9 <sup>ae</sup>	74,66 <sup>ab</sup>	23,4 <sup>ef</sup>	20 <sup>bf</sup>	25,2 <sup>eh</sup>	3,6 <sup>be</sup>	2,8 <sup>bd</sup>	9,3 <sup>bd</sup>	6,2 <sup>bc</sup>	8,6 <sup>bc</sup>	0,6 <sup>b</sup>	141 <sup>fg</sup>
THW	156,7 <sup>ag</sup>	333,2 <sup>ac</sup>	66,58 <sup>af</sup>	47,18 <sup>b</sup>	36 <sup>a</sup>	22,75 <sup>be</sup>	19,6 <sup>gh</sup>	3 <sup>ce</sup>	3,16 <sup>bd</sup>	8,58 <sup>bd</sup>	5,6 <sup>bc</sup>	6,4 <sup>c</sup>	0,4 <sup>b</sup>	120,6 <sup>g</sup>
TJR	142,3 <sup>bh</sup>	381,5 <sup>bc</sup>	67,85 <sup>af</sup>	84,23 <sup>ab</sup>	24 <sup>cf</sup>	21 <sup>bf</sup>	35,75 <sup>cf</sup>	4,5 <sup>ae</sup>	3,43 <sup>ad</sup>	11,47 <sup>ac</sup>	7,5 <sup>bc</sup>	10 <sup>ac</sup>	2,75 <sup>ab</sup>	171,2 <sup>cg</sup>
TNS	167 <sup>ae</sup>	382,6 <sup>ac</sup>	78,1 <sup>ae</sup>	87,74 <sup>ab</sup>	31 <sup>ae</sup>	22,4 <sup>be</sup>	31 <sup>cg</sup>	3 <sup>de</sup>	1,4 <sup>d</sup>	8,52 <sup>bd</sup>	7,8 <sup>bc</sup>	8,6 <sup>bc</sup>	2 <sup>ab</sup>	180,6 <sup>af</sup>
TNT	164,8 <sup>ag</sup>	364,5 <sup>c</sup>	93,8 <sup>ab</sup>	59,64 <sup>ab</sup>	31,4 <sup>ae</sup>	21 <sup>bf</sup>	23 <sup>eh</sup>	3,49 <sup>be</sup>	3,44 <sup>ad</sup>	5,74 <sup>d</sup>	11,4 <sup>a</sup>	5,8 <sup>c</sup>	0 <sup>b</sup>	168,4 <sup>cg</sup>
ZMM	93,5 <sup>h</sup>	420 <sup>ab</sup>	70 <sup>af</sup>	90 <sup>ab</sup>	32,5 <sup>ae</sup>	28,5 <sup>ab</sup>	30,5 <sup>ch</sup>	4 <sup>ae</sup>	3,5 <sup>ad</sup>	9,35 <sup>bd</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	12 <sup>ac</sup>	1 <sup>ab</sup>	208,5 <sup>ad</sup>

En indices les groupes homogènes révélés par HSD test à p<0.05.

Cvs: cultivars.

V: Paramètres végétatifs.

*Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban*

**Tableau 6 :** Valeurs moyennes des paramètres végétatifs (Suite)

Cv	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27
AFS	8,8 <sup>df</sup>	55,4 <sup>ab</sup>	24,4 <sup>a</sup>	2,6 <sup>c</sup>	0,4 <sup>ab</sup>	48,72 <sup>cf</sup>	1,08 <sup>g</sup>	67 <sup>ad</sup>	79 <sup>a</sup>	59,2 <sup>cf</sup>	24,2 <sup>cf</sup>	1,08 <sup>fh</sup>	0,49 <sup>ab</sup>
ART	33,2 <sup>ac</sup>	63 <sup>a</sup>	17,6 <sup>ac</sup>	3,4 <sup>ac</sup>	0,4 <sup>ab</sup>	54,26 <sup>bd</sup>	2,42 <sup>be</sup>	80 <sup>ab</sup>	70,4 <sup>a</sup>	77,2 <sup>ac</sup>	27,42 <sup>bf</sup>	0,7 <sup>h</sup>	0,55 <sup>ab</sup>
BHL	6,8 <sup>ef</sup>	29,8 <sup>d</sup>	17,6 <sup>ac</sup>	6,4 <sup>ac</sup>	1,8 <sup>ab</sup>	47,9 <sup>cf</sup>	1,4 <sup>eg</sup>	50,6 <sup>bd</sup>	72 <sup>a</sup>	31,2 <sup>f</sup>	22,32 <sup>cf</sup>	1,32 <sup>dg</sup>	0,47 <sup>ab</sup>
DGA	6,2 <sup>f</sup>	44,6 <sup>ad</sup>	16,6 <sup>ac</sup>	5,4 <sup>ac</sup>	3,6 <sup>a</sup>	64,98 <sup>ab</sup>	2,32 <sup>bf</sup>	53 <sup>bd</sup>	76,6 <sup>a</sup>	55,2 <sup>cf</sup>	24,86 <sup>cf</sup>	1,68 <sup>be</sup>	0,46 <sup>ab</sup>
DGB	29 <sup>ad</sup>	47,4 <sup>ad</sup>	22,6 <sup>a</sup>	6,8 <sup>ac</sup>	1,4 <sup>ab</sup>	55,02 <sup>bd</sup>	2,76 <sup>ac</sup>	83,2 <sup>a</sup>	62 <sup>ab</sup>	80,6 <sup>ac</sup>	27,72 <sup>bf</sup>	1,32 <sup>dg</sup>	0,33 <sup>b</sup>
DGD	9,4 <sup>df</sup>	38,8 <sup>bd</sup>	18,4 <sup>ac</sup>	5,8 <sup>ac</sup>	1,6 <sup>ab</sup>	44,76 <sup>df</sup>	1,62 <sup>cg</sup>	65,2 <sup>ad</sup>	73 <sup>a</sup>	35,2 <sup>df</sup>	30,8 <sup>ae</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	0,53 <sup>ab</sup>
DGN	20 <sup>af</sup>	35 <sup>cd</sup>	21 <sup>ab</sup>	3,33 <sup>ac</sup>	0 <sup>b</sup>	67,33 <sup>ab</sup>	3,28 <sup>ab</sup>	61 <sup>ad</sup>	61 <sup>ab</sup>	44,33 <sup>df</sup>	34 <sup>ac</sup>	1,77 <sup>be</sup>	0,5 <sup>ab</sup>
DGZ	14,6 <sup>cf</sup>	48,8 <sup>ac</sup>	16 <sup>ac</sup>	4,2 <sup>ac</sup>	0,4 <sup>ab</sup>	45,58 <sup>df</sup>	3,08 <sup>ab</sup>	59 <sup>ac</sup>	59,6 <sup>ac</sup>	60,4 <sup>cf</sup>	26,72 <sup>bf</sup>	1,68 <sup>be</sup>	0,56 <sup>ab</sup>
FER	6,33 <sup>ef</sup>	38 <sup>bd</sup>	25,67 <sup>ac</sup>	4,33 <sup>ac</sup>	0 <sup>b</sup>	36,93 <sup>f</sup>	0,97 <sup>g</sup>	66,33 <sup>ad</sup>	58,33 <sup>ab</sup>	52 <sup>cf</sup>	20,07 <sup>cf</sup>	1,87 <sup>bd</sup>	0,31 <sup>b</sup>
GHS	25 <sup>af</sup>	47,67 <sup>ad</sup>	21,33 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	1 <sup>ab</sup>	52,23 <sup>be</sup>	3,77 <sup>a</sup>	55,7 <sup>ad</sup>	48 <sup>ad</sup>	94,97 <sup>ab</sup>	15,9 <sup>f</sup>	1,4 <sup>cg</sup>	0,58 <sup>ab</sup>
GHZ	22,75 <sup>af</sup>	37,5 <sup>bd</sup>	16,25 <sup>ac</sup>	3,75 <sup>ac</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	49,68 <sup>cf</sup>	2,6 <sup>ac</sup>	62,5 <sup>ad</sup>	26,25 <sup>cd</sup>	74 <sup>bc</sup>	25,15 <sup>bf</sup>	1,13 <sup>eh</sup>	0,3 <sup>b</sup>
HAL	20 <sup>bf</sup>	35,8 <sup>cd</sup>	13 <sup>ac</sup>	5,2 <sup>ac</sup>	1,4 <sup>ab</sup>	40,7 <sup>dfa</sup>	2,76 <sup>ac</sup>	60,8 <sup>ad</sup>	35 <sup>bd</sup>	62,6 <sup>ce</sup>	23,94 <sup>cf</sup>	1,5 <sup>cf</sup>	0,37 <sup>ab</sup>
HAM	15,33 <sup>bf</sup>	40,33 <sup>bd</sup>	19,33 <sup>ab</sup>	3,67 <sup>ac</sup>	0 <sup>b</sup>	49,17 <sup>cf</sup>	1,73 <sup>cg</sup>	49 <sup>ce</sup>	69 <sup>a</sup>	50,67 <sup>cf</sup>	22,43 <sup>cf</sup>	1,93 <sup>bd</sup>	0,4 <sup>ab</sup>
HRR	14,6 <sup>cf</sup>	50,8 <sup>ac</sup>	14,4 <sup>ac</sup>	6,2 <sup>ac</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	36,98 <sup>f</sup>	3,18 <sup>ab</sup>	80,4 <sup>ac</sup>	33 <sup>bd</sup>	73,8 <sup>bc</sup>	23,04 <sup>cf</sup>	2,16 <sup>ab</sup>	0,4 <sup>ab</sup>
ITM	42 <sup>a</sup>	51,4 <sup>ac</sup>	13 <sup>ac</sup>	2,8 <sup>a</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	73,62 <sup>a</sup>	2,6 <sup>ac</sup>	73,4 <sup>ad</sup>	63,6 <sup>ab</sup>	77,4 <sup>ac</sup>	19,88 <sup>df</sup>	0,74 <sup>h</sup>	0,54 <sup>ab</sup>
KSB	17,6 <sup>bf</sup>	44,4 <sup>ad</sup>	11,6 <sup>ac</sup>	5,6 <sup>ac</sup>	0,8 <sup>ab</sup>	54,92 <sup>bd</sup>	2,94 <sup>ab</sup>	69,2 <sup>ad</sup>	28,2 <sup>cd</sup>	70,2 <sup>cd</sup>	38 <sup>ab</sup>	1,68 <sup>be</sup>	0,41 <sup>ab</sup>
LMS	10,75 <sup>cf</sup>	45 <sup>ad</sup>	21 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	1,75 <sup>ab</sup>	43,55 <sup>df</sup>	3,18 <sup>ab</sup>	88 <sup>a</sup>	52 <sup>ad</sup>	76,5 <sup>ac</sup>	18,43 <sup>ef</sup>	1,38 <sup>dg</sup>	0,36 <sup>ab</sup>
MDG	9,67 <sup>cf</sup>	41,67 <sup>bd</sup>	14,33 <sup>ac</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,33 <sup>ab</sup>	49,33 <sup>cf</sup>	3,13 <sup>ab</sup>	37 <sup>de</sup>	56 <sup>ac</sup>	51,33 <sup>cf</sup>	22,67 <sup>cf</sup>	1,4 <sup>cg</sup>	0,38 <sup>ab</sup>
SAF	4,25 <sup>f</sup>	41,25 <sup>bd</sup>	12,25 <sup>ac</sup>	7,5 <sup>ac</sup>	1,75 <sup>ab</sup>	59,63 <sup>bc</sup>	0,88 <sup>g</sup>	58,75 <sup>ad</sup>	51,5 <sup>ac</sup>	52 <sup>cf</sup>	23,63 <sup>cf</sup>	0,69 <sup>h</sup>	0,43 <sup>ab</sup>
SBL	7,67 <sup>df</sup>	35,67 <sup>cd</sup>	20,67 <sup>ab</sup>	4,67 <sup>ac</sup>	0 <sup>b</sup>	38,2 <sup>ef</sup>	1,2 <sup>fg</sup>	56,67 <sup>ad</sup>	59,67 <sup>ab</sup>	43,33 <sup>df</sup>	16 <sup>f</sup>	1,6 <sup>bf</sup>	0,37 <sup>ab</sup>
TCH	3,8 <sup>f</sup>	43,4 <sup>bd</sup>	12,8 <sup>ac</sup>	3 <sup>bc</sup>	0 <sup>b</sup>	48,56 <sup>cf</sup>	1,14 <sup>g</sup>	51,80 <sup>bd</sup>	48,4 <sup>ad</sup>	40,8 <sup>df</sup>	32,72 <sup>ac</sup>	1,96 <sup>bc</sup>	0,45 <sup>ab</sup>
THW	28 <sup>ae</sup>	34,4 <sup>cd</sup>	6,8 <sup>bc</sup>	0,6 <sup>a</sup>	0,2 <sup>b</sup>	46,03 <sup>df</sup>	3,75 <sup>a</sup>	47,75 <sup>ce</sup>	23,1 <sup>d</sup>	49,75 <sup>cf</sup>	40,33 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	0,5 <sup>ab</sup>
TJR	5,75 <sup>f</sup>	43,5 <sup>ad</sup>	19,5 <sup>ab</sup>	3,75 <sup>ac</sup>	10 <sup>ab</sup>	53,05 <sup>be</sup>	1,55 <sup>cg</sup>	47,25 <sup>ce</sup>	65,5 <sup>ab</sup>	58,5 <sup>cf</sup>	22,57 <sup>cf</sup>	1,5 <sup>cf</sup>	0,36 <sup>ab</sup>
TNS	8,2 <sup>df</sup>	34,2 <sup>cd</sup>	18,8 <sup>ab</sup>	7,4 <sup>ac</sup>	3,6 <sup>a</sup>	55,02 <sup>bd</sup>	1,58 <sup>cg</sup>	58,8 <sup>ad</sup>	67,8 <sup>a</sup>	54 <sup>cf</sup>	20,36 <sup>cf</sup>	1,32 <sup>dg</sup>	0,45 <sup>ab</sup>
TNT	37,8 <sup>ab</sup>	52,6 <sup>ac</sup>	5,8 <sup>c</sup>	2 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	59,98 <sup>bc</sup>	2,66 <sup>ac</sup>	57 <sup>bd</sup>	54,4 <sup>ac</sup>	57 <sup>cf</sup>	31,74 <sup>ad</sup>	1,66 <sup>be</sup>	0,58 <sup>a</sup>
ZMM	9,5 <sup>cf</sup>	35,5 <sup>cd</sup>	22,5 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	2,5 <sup>ab</sup>	55,5 <sup>bd</sup>	3 <sup>ab</sup>	35 <sup>e</sup>	65 <sup>ab</sup>	108,5 <sup>a</sup>	39,5 <sup>ab</sup>	1,66 <sup>bf</sup>	0,3 <sup>b</sup>

En indices les groupes homogènes révélés par HSD test à p<0.05.

Cvs: cultivars.

V: Paramètres végétatifs.

*Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban*

**Tableau 7:** Valeurs moyennes des paramètres reproducteurs (Abréviations en tableaux 2 et 5)

Cv	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
AFS	49,80 <sup>ce</sup>	6,6 <sup>b</sup>	3,08 <sup>ce</sup>	50,67 <sup>ab</sup>	65 <sup>bf</sup>	13,33 <sup>ac</sup>	16,67 <sup>ac</sup>	25,67 <sup>ad</sup>	14,67 <sup>ab</sup>	16,33 <sup>b</sup>	23,33 <sup>ab</sup>	49 <sup>ac</sup>	27 <sup>ad</sup>
ART	43,33 <sup>de</sup>	16,33 <sup>a</sup>	4,54 <sup>b</sup>	25,56 <sup>ce</sup>	77,8 <sup>ac</sup>	14,64 <sup>ab</sup>	16,32 <sup>ac</sup>	24,74 <sup>ad</sup>	12,16 <sup>b</sup>	19 <sup>ab</sup>	25,1 <sup>ab</sup>	49,96 <sup>ac</sup>	24,36 <sup>ad</sup>
BHL	54,37 <sup>be</sup>	6,5 <sup>b</sup>	4,17 <sup>bd</sup>	22,63 <sup>ce</sup>	68,67 <sup>af</sup>	6,73 <sup>ac</sup>	9,1 <sup>c</sup>	17,53 <sup>cd</sup>	11,07 <sup>b</sup>	18,23 <sup>ba</sup>	18,6 <sup>b</sup>	36,4 <sup>c</sup>	19,3 <sup>bc</sup>
DGA	52,35 <sup>ce</sup>	7,93 <sup>ab</sup>	3,97 <sup>be</sup>	23,37 <sup>ce</sup>	54,33 <sup>bf</sup>	13 <sup>ac</sup>	16,27 <sup>ac</sup>	22,47 <sup>ad</sup>	15,93 <sup>ab</sup>	21,67 <sup>ab</sup>	26,1 <sup>ab</sup>	46,87 <sup>ac</sup>	23,1 <sup>ad</sup>
DGB	60,60 <sup>be</sup>	14,6 <sup>ab</sup>	6,22 <sup>a</sup>	42,88 <sup>ad</sup>	87,8 <sup>ab</sup>	11,6 <sup>ac</sup>	17,2 <sup>ac</sup>	31,5 <sup>ab</sup>	24,74 <sup>a</sup>	29,72 <sup>ab</sup>	34,6 <sup>ab</sup>	66,38 <sup>a</sup>	30,18 <sup>ac</sup>
DGD	59,33 <sup>be</sup>	7,3 <sup>b</sup>	4,09 <sup>be</sup>	33 <sup>be</sup>	51,89 <sup>bf</sup>	13,12 <sup>c</sup>	16,53 <sup>ac</sup>	24,23 <sup>ad</sup>	16,98 <sup>ab</sup>	27,81 <sup>ab</sup>	32,49 <sup>ab</sup>	64,63 <sup>ab</sup>	27,82 <sup>ad</sup>
DNR	101,33 <sup>a</sup>	9,83 <sup>ab</sup>	4,07 <sup>bd</sup>	66 <sup>a</sup>	38,67 <sup>df</sup>	17,67 <sup>a</sup>	22 <sup>ac</sup>	28,33 <sup>ad</sup>	18,57 <sup>ab</sup>	21,57 <sup>ab</sup>	28,83 <sup>ab</sup>	63,17 <sup>ab</sup>	33,4 <sup>ac</sup>
DGZ	32 <sup>e</sup>	7,67 <sup>ab</sup>	2,72 <sup>ce</sup>	17,2 <sup>e</sup>	63,6 <sup>bf</sup>	10,78 <sup>ac</sup>	11,88 <sup>bc</sup>	16,1 <sup>a</sup>	16,08 <sup>ab</sup>	20,7 <sup>ab</sup>	23,2 <sup>ab</sup>	39,54 <sup>c</sup>	27,18 <sup>ad</sup>
FER	37 <sup>e</sup>	8 <sup>ab</sup>	2,6 <sup>ce</sup>	43,33 <sup>ad</sup>	56 <sup>bf</sup>	8,33 <sup>ac</sup>	12,07 <sup>bc</sup>	20,23 <sup>ad</sup>	13,17 <sup>ab</sup>	17,07 <sup>b</sup>	20,83 <sup>b</sup>	41,77 <sup>bc</sup>	16,33 <sup>d</sup>
GHS	75 <sup>ac</sup>	8 <sup>ab</sup>	3,4 <sup>be</sup>	47,67 <sup>ad</sup>	49,33 <sup>cf</sup>	6 <sup>ac</sup>	15,33 <sup>ac</sup>	21 <sup>ad</sup>	18,33 <sup>ab</sup>	22,33 <sup>ab</sup>	27,33 <sup>ab</sup>	51 <sup>ac</sup>	16,67 <sup>d</sup>
GHZ	44,5 <sup>e</sup>	11,5 <sup>ab</sup>	3,07 <sup>ce</sup>	32,67 <sup>be</sup>	59,67 <sup>bf</sup>	11,3 <sup>ac</sup>	15,67 <sup>ac</sup>	20,37 <sup>ad</sup>	16,3 <sup>ab</sup>	21,53 <sup>ab</sup>	28,1 <sup>ab</sup>	51,23 <sup>ac</sup>	27,33 <sup>ad</sup>
HAL	48 <sup>ce</sup>	8 <sup>ab</sup>	2,47 <sup>e</sup>	21,33 <sup>de</sup>	34,33 <sup>ef</sup>	11,1 <sup>ac</sup>	13,77 <sup>ac</sup>	18,7 <sup>bd</sup>	20 <sup>ab</sup>	25,67 <sup>ab</sup>	31,53 <sup>ab</sup>	50,6 <sup>acc</sup>	31,33 <sup>ac</sup>
HAM	48 <sup>ce</sup>	8 <sup>ab</sup>	2,46 <sup>de</sup>	27,1 <sup>be</sup>	42,4 <sup>df</sup>	8,56 <sup>ac</sup>	15,14 <sup>ac</sup>	24,02 <sup>ad</sup>	16,34 <sup>av</sup>	22,04 <sup>ab</sup>	24,74 <sup>ab</sup>	49,52 <sup>a</sup>	22,7 <sup>ad</sup>
HRR	48,3 <sup>ce</sup>	9,33 <sup>ab</sup>	3,35 <sup>be</sup>	43,08 <sup>ad</sup>	67,5 <sup>bf</sup>	12,2 <sup>ac</sup>	19,3 <sup>ac</sup>	35,13 <sup>a</sup>	11,3 <sup>b</sup>	22,13 <sup>ab</sup>	26,15 <sup>ab</sup>	63,98 <sup>ab</sup>	22,13 <sup>ad</sup>
ITM	60,75 <sup>be</sup>	11,13 <sup>ab</sup>	3,1 <sup>ce</sup>	26,92 <sup>be</sup>	83,8 <sup>ab</sup>	17,24 <sup>a</sup>	26,64 <sup>a</sup>	29,6 <sup>ac</sup>	18,48 <sup>ab</sup>	24,16 <sup>ab</sup>	25,44 <sup>ab</sup>	57,26 <sup>ac</sup>	36,68 <sup>ab</sup>
KSB	42,67 <sup>de</sup>	8,33 <sup>ab</sup>	3,4 <sup>be</sup>	25,3 <sup>ce</sup>	71,33 <sup>af</sup>	6,47 <sup>ac</sup>	14,2 <sup>ac</sup>	20,1 <sup>ad</sup>	11,93 <sup>b</sup>	19,87 <sup>ab</sup>	20,4 <sup>b</sup>	42,67 <sup>bc</sup>	18,13 <sup>cd</sup>
LMS	37,33 <sup>e</sup>	8 <sup>ab</sup>	3,07 <sup>ce</sup>	33,97 <sup>be</sup>	72 <sup>ae</sup>	5,83 <sup>ac</sup>	9,97 <sup>ac</sup>	20,17 <sup>ad</sup>	14,77 <sup>ab</sup>	27,5 <sup>ab</sup>	31,23 <sup>ab</sup>	51,1 <sup>ac</sup>	20,67 <sup>ad</sup>
MDG	64,17 <sup>be</sup>	13,5 <sup>ab</sup>	4,83 <sup>ab</sup>	49,67 <sup>ac</sup>	81 <sup>ac</sup>	4,83 <sup>bc</sup>	11 <sup>bc</sup>	19,5 <sup>ad</sup>	10,83 <sup>b</sup>	17,33 <sup>b</sup>	21,67 <sup>b</sup>	47,83 <sup>ac</sup>	17,33 <sup>cd</sup>
SAF	80,77 <sup>ab</sup>	7,17 <sup>b</sup>	2,67 <sup>ce</sup>	33,83 <sup>be</sup>	76,33 <sup>ad</sup>	9,7 <sup>ac</sup>	18,7 <sup>ac</sup>	36,13 <sup>a</sup>	17,83 <sup>ab</sup>	18,17 <sup>ab</sup>	22,6 <sup>ab</sup>	59,63 <sup>ac</sup>	21,1 <sup>ad</sup>
SBL	64,75 <sup>bd</sup>	9,5 <sup>ab</sup>	2,95 <sup>ce</sup>	24,03 <sup>ce</sup>	54 <sup>bf</sup>	10,13 <sup>ac</sup>	14,8 <sup>ac</sup>	21,18 <sup>ad</sup>	11,2 <sup>b</sup>	17,8 <sup>b</sup>	21,98 <sup>b</sup>	44,28 <sup>bc</sup>	21,65 <sup>ad</sup>
TCH	41,83 <sup>de</sup>	7 <sup>b</sup>	3,14 <sup>be</sup>	51,43 <sup>ab</sup>	108 <sup>a</sup>	9,63 <sup>ac</sup>	20,33 <sup>ac</sup>	22,8 <sup>ad</sup>	17,67 <sup>ab</sup>	25,03 <sup>ab</sup>	32,27 <sup>ab</sup>	46,2 <sup>ac</sup>	21,93 <sup>ad</sup>
THW	46,7 <sup>ab</sup>	7,44 <sup>b</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	29,18 <sup>ae</sup>	51,4 <sup>ch</sup>	9,92 <sup>ac</sup>	13,26 <sup>bc</sup>	23,8 <sup>ad</sup>	16,52 <sup>ab</sup>	21,7 <sup>ab</sup>	27,02 <sup>ab</sup>	50,46 <sup>ac</sup>	25,2 <sup>ad</sup>
TJR	81,67 <sup>de</sup>	8,5 <sup>a</sup>	4,31 <sup>be</sup>	39,33 <sup>be</sup>	30,33 <sup>f</sup>	18,4 <sup>a</sup>	20,6 <sup>ac</sup>	27,33 <sup>ad</sup>	22,17 <sup>ab</sup>	33,3 <sup>a</sup>	40,17 <sup>a</sup>	59,33 <sup>ac</sup>	39,2 <sup>a</sup>
TNS	43,97 <sup>de</sup>	5,47 <sup>b</sup>	4 <sup>be</sup>	36,3 <sup>be</sup>	71 <sup>af</sup>	7,97 <sup>ac</sup>	12,73 <sup>bc</sup>	22,9 <sup>ad</sup>	12,83 <sup>b</sup>	28,47 <sup>ab</sup>	31,2 <sup>ab</sup>	55,3 <sup>ac</sup>	21,17 <sup>ad</sup>
TNT	42,67 <sup>de</sup>	11,33 <sup>ab</sup>	3,8 <sup>be</sup>	28,44 <sup>be</sup>	77,2 <sup>ac</sup>	9,06 <sup>ac</sup>	13,66 <sup>bc</sup>	18,44 <sup>cd</sup>	15,08 <sup>ab</sup>	27,58 <sup>ab</sup>	31,3 <sup>ab</sup>	43,48 <sup>bc</sup>	26,16 <sup>ad</sup>
ZMM	44 <sup>de</sup>	9 <sup>ab</sup>	3,59 <sup>be</sup>	41,7 <sup>ac</sup>	86 <sup>ab</sup>	7 <sup>ac</sup>	17,73 <sup>ac</sup>	25,33 <sup>ad</sup>	15,83 <sup>ab</sup>	19,87 <sup>ab</sup>	29,5 <sup>ab</sup>	55,27 <sup>ac</sup>	23,97 <sup>ad</sup>

En indices les groupes homogènes révélés par HSD test à p<0.05.

Cvs: Cultivars.

R: Paramètres reproducteurs.

*Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban*

**Tableau 7 : Valeurs moyennes des paramètres reproducteurs (Suite)**

Cv	R14	R15	R16	R17	R18	R219	R20	R21	R22	R23	R24	R25
AFS	13,21 <sup>ab</sup>	45,05 <sup>ac</sup>	37,85 <sup>ac</sup>	9,82 <sup>be</sup>	4,86 <sup>ab</sup>	9,18 <sup>ab</sup>	1,25 <sup>ej</sup>	8,72 <sup>ab</sup>	23,49 <sup>be</sup>	7,48 <sup>ad</sup>	0,52 <sup>c</sup>	0,09 <sup>g</sup>
ART	13,69 <sup>a</sup>	45,66 <sup>ab</sup>	39,83 <sup>ab</sup>	11,25 <sup>ac</sup>	4,9 <sup>a</sup>	9,51 <sup>ab</sup>	1,44 <sup>df</sup>	9,52 <sup>ab</sup>	26,73 <sup>ac</sup>	7,81 <sup>ac</sup>	0,59 <sup>bc</sup>	0,1 <sup>fg</sup>
BHL	5,46 <sup>fh</sup>	27,3 <sup>hi</sup>	23,33 <sup>eg</sup>	6 <sup>e</sup>	1,67 <sup>c</sup>	5,33 <sup>di</sup>	0,8 <sup>kl</sup>	4,33 <sup>f</sup>	18,67 <sup>ef</sup>	2,33 <sup>j</sup>	0,68 <sup>ab</sup>	0,15 <sup>cf</sup>
DGA	7,98 <sup>dg</sup>	38 <sup>bf</sup>	34 <sup>ae</sup>	9,67 <sup>be</sup>	1,67 <sup>c</sup>	3 <sup>i</sup>	1,37 <sup>dg</sup>	5,33 <sup>ef</sup>	27 <sup>ac</sup>	3,33 <sup>ij</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,17 <sup>ce</sup>
DGB	5,78 <sup>fh</sup>	37,82 <sup>cf</sup>	31,89 <sup>af</sup>	11,42 <sup>ac</sup>	2,79 <sup>ac</sup>	9,72 <sup>a</sup>	1,36 <sup>dg</sup>	9,24 <sup>ab</sup>	24,15 <sup>bd</sup>	7,9 <sup>ac</sup>	0,64 <sup>ac</sup>	0,24 <sup>c</sup>
DGD	7,84 <sup>a</sup>	33,53 <sup>fi</sup>	31,78 <sup>eg</sup>	11,56 <sup>ac</sup>	4 <sup>ac</sup>	4,67 <sup>ah</sup>	1,26 <sup>fk</sup>	6 <sup>cf</sup>	23,78 <sup>be</sup>	4,22 <sup>gi</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,16 <sup>cf</sup>
DNR	11,89 <sup>ac</sup>	43,53 <sup>ad</sup>	35,8 <sup>ae</sup>	9,21 <sup>be</sup>	4,32 <sup>ac</sup>	7,8 <sup>af</sup>	2,25 <sup>b</sup>	7,44 <sup>be</sup>	23,84 <sup>be</sup>	6,11 <sup>bg</sup>	0,55 <sup>bc</sup>	0,19 <sup>cd</sup>
DGZ	6,2 <sup>eh</sup>	32,42 <sup>fi</sup>	29,38 <sup>bg</sup>	8,42 <sup>ce</sup>	3,27 <sup>ac</sup>	7,73 <sup>af</sup>	0,51 <sup>l</sup>	6,5 <sup>cf</sup>	22,43 <sup>ce</sup>	5,02 <sup>ei</sup>	0,69 <sup>ab</sup>	0,08 <sup>g</sup>
FER	7,33 <sup>dh</sup>	35 <sup>dh</sup>	30,33 <sup>ag</sup>	10,67 <sup>bd</sup>	3,67 <sup>ac</sup>	8,67 <sup>ae</sup>	1,41 <sup>dg</sup>	10 <sup>a</sup>	24,67 <sup>ad</sup>	7 <sup>ae</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,19 <sup>cd</sup>
GHS	7,03 <sup>eh</sup>	41,79 <sup>ae</sup>	36,53 <sup>ad</sup>	8,28 <sup>ce</sup>	3,46 <sup>ac</sup>	6,5 <sup>ai</sup>	2,43 <sup>b</sup>	5,81 <sup>df</sup>	23,66 <sup>be</sup>	5,67 <sup>dg</sup>	0,57 <sup>bc</sup>	0,35 <sup>b</sup>
GHZ	5,55 <sup>fh</sup>	33 <sup>fi</sup>	28,4 <sup>cg</sup>	6,37 <sup>e</sup>	2,33 <sup>ac</sup>	6,33 <sup>ai</sup>	1,13 <sup>fk</sup>	4,33 <sup>f</sup>	21,03 <sup>df</sup>	3,33 <sup>ij</sup>	0,64 <sup>ac</sup>	0,2 <sup>cd</sup>
HAL	5,21 <sup>gh</sup>	32,59 <sup>fi</sup>	26,69 <sup>dg</sup>	8,9 <sup>ce</sup>	3,12 <sup>ac</sup>	8,1 <sup>af</sup>	1,02 <sup>hk</sup>	8,51 <sup>ac</sup>	22,43 <sup>ce</sup>	7,5 <sup>ad</sup>	0,69 <sup>ab</sup>	0,19 <sup>cd</sup>
HAM	7,21 <sup>eh</sup>	36,4 <sup>dg</sup>	29,6 <sup>ag</sup>	7 <sup>e</sup>	3,6 <sup>ac</sup>	4,2 <sup>hi</sup>	0,9 <sup>k</sup>	5,37 <sup>ef</sup>	23,33 <sup>be</sup>	4,82 <sup>fi</sup>	0,64 <sup>ac</sup>	0,12 <sup>dg</sup>
HRR	10,16 <sup>bd</sup>	41,5 <sup>ae</sup>	36 <sup>ae</sup>	7,5 <sup>ce</sup>	4 <sup>ac</sup>	7,5 <sup>ag</sup>	1,13 <sup>gk</sup>	8 <sup>ad</sup>	23,75 <sup>be</sup>	7 <sup>ae</sup>	0,57 <sup>bc</sup>	0,11 <sup>eg</sup>
ITM	7,93 <sup>dg</sup>	34,62 <sup>eh</sup>	29,21 <sup>cg</sup>	10,43 <sup>bd</sup>	3,03 <sup>ac</sup>	9,03 <sup>ab</sup>	1,26 <sup>eh</sup>	9,47 <sup>ab</sup>	21,68 <sup>de</sup>	8,42 <sup>a</sup>	0,63 <sup>ac</sup>	0,16 <sup>cf</sup>
KSB	8,81 <sup>cf</sup>	36,7 <sup>cg</sup>	31 <sup>ag</sup>	11 <sup>ad</sup>	4,33 <sup>ac</sup>	9,33 <sup>ab</sup>	1,58 <sup>cd</sup>	9,67 <sup>ab</sup>	25,33 <sup>ad</sup>	8,33 <sup>a</sup>	0,69 <sup>ab</sup>	0,18 <sup>ce</sup>
LMS	6,25 <sup>eh</sup>	36,31 <sup>dg</sup>	30,37 <sup>ag</sup>	11,16 <sup>ad</sup>	3,03 <sup>ac</sup>	8,11 <sup>af</sup>	1,11 <sup>gk</sup>	8,62 <sup>ac</sup>	21,97 <sup>ce</sup>	7,86 <sup>ac</sup>	0,6 <sup>bc</sup>	0,18 <sup>ce</sup>
MDG	4,17 <sup>h</sup>	31,06 <sup>fi</sup>	26,51 <sup>dg</sup>	9,2 <sup>be</sup>	2,33 <sup>bc</sup>	6,92 <sup>ai</sup>	2,82 <sup>a</sup>	7,48 <sup>be</sup>	20,46 <sup>df</sup>	6,82 <sup>af</sup>	0,66 <sup>ac</sup>	0,68 <sup>a</sup>
SAF	10,34 <sup>bd</sup>	38,7 <sup>bf</sup>	34,33 <sup>ae</sup>	10,33 <sup>bd</sup>	2,33 <sup>bc</sup>	4,67 <sup>fi</sup>	1,82 <sup>c</sup>	6 <sup>df</sup>	28 <sup>ab</sup>	5 <sup>ei</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,18 <sup>cd</sup>
SBL	8,62 <sup>df</sup>	48,3 <sup>a</sup>	40,63 <sup>a</sup>	9,08 <sup>ce</sup>	3,08 <sup>ac</sup>	4,25 <sup>gi</sup>	1,26 <sup>ei</sup>	4,83 <sup>f</sup>	29,7 <sup>a</sup>	3,5 <sup>hj</sup>	0,61 <sup>bc</sup>	0,15 <sup>cf</sup>
TCH	4,77 <sup>h</sup>	26 <sup>i</sup>	20 <sup>fg</sup>	7,4 <sup>de</sup>	2,33 <sup>bc</sup>	7,83 <sup>af</sup>	0,95 <sup>ik</sup>	5,83 <sup>df</sup>	16 <sup>f</sup>	4,67 <sup>fi</sup>	0,62 <sup>ac</sup>	0,2 <sup>cd</sup>
THW	6,74 <sup>eh</sup>	33,18 <sup>fi</sup>	26,81 <sup>dg</sup>	10,26 <sup>bd</sup>	3,38 <sup>ac</sup>	8,86 <sup>ac</sup>	1 <sup>hk</sup>	8,89 <sup>ab</sup>	20,21 <sup>df</sup>	8,12 <sup>ab</sup>	0,61 <sup>bc</sup>	0,15 <sup>cf</sup>
TJR	8,93 <sup>ce</sup>	33,3 <sup>ei</sup>	29,67 <sup>ag</sup>	13 <sup>ab</sup>	1,67 <sup>c</sup>	6 <sup>bi</sup>	1,49 <sup>ce</sup>	8 <sup>ad</sup>	24,33 <sup>bd</sup>	6 <sup>cg</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,17 <sup>ce</sup>
TNS	6,6 <sup>eh</sup>	29,3 <sup>gi</sup>	26,67 <sup>dg</sup>	12 <sup>ac</sup>	1,67 <sup>c</sup>	5 <sup>ei</sup>	0,9 <sup>jk</sup>	4,67 <sup>f</sup>	20 <sup>df</sup>	3,33 <sup>ij</sup>	0,68 <sup>ab</sup>	0,14 <sup>cg</sup>
TNT	8,08 <sup>dg</sup>	26,54 <sup>i</sup>	19,89 <sup>g</sup>	14,46 <sup>a</sup>	3,5 <sup>ac</sup>	8,75 <sup>ad</sup>	0,99 <sup>ik</sup>	9,3 <sup>ab</sup>	16,87 <sup>f</sup>	8,3 <sup>a</sup>	0,64 <sup>ac</sup>	0,12 <sup>dg</sup>
ZMM	8,67 <sup>cf</sup>	39,7 <sup>bf</sup>	26,33 <sup>dg</sup>	8,67 <sup>ce</sup>	2,33 <sup>bc</sup>	6,33 <sup>ai</sup>	1,08 <sup>gk</sup>	4,67 <sup>f</sup>	22,67 <sup>be</sup>	3,83 <sup>gj</sup>	0,57 <sup>bc</sup>	0,12 <sup>dg</sup>

En indices les groupes homogènes révélés par HSD test à p<0.05.

Cvs: Cultivars.

R: Paramètres reproducteurs.

**Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban**

**Tableau 8:** Matrice de corrélation des paramètres végétatifs (Abréviations en Tab. 4)

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26
<b>V2</b>	0,28																									
<b>V3</b>	0,38	0,36																								
<b>V4</b>	-0,02	0,47*	-0,06																							
<b>V5</b>	0,17	0,38	0,43	0,05																						
<b>V6</b>	0,42*	0,50	0,58	0,03	0,63																					
<b>V7</b>	0,14	0,31	0,10	0,48*	0,08	0,45*																				
<b>V8</b>	0,28	0,56	0,24	0,31	0,21	0,63	0,67																			
<b>V9</b>	0,17	0,48*	0,29	0,32	0,34	0,62	0,66	0,86																		
<b>V10</b>	0,13	0,33	-0,08	0,36	0,01	0,42*	0,52	0,57	0,54																	
<b>V11</b>	0,05	0,26	0,10	0,17	0,36	0,17	0,41*	0,27	0,30	-0,03																
<b>V12</b>	0,15	0,26	0,03	0,49*	-0,01	0,41	0,91	0,60	0,64	0,60	0,09															
<b>V13</b>	0,16	0,33	0,14	0,31	-0,14	0,33	0,72	0,52	0,35	0,43*	0,04	0,63														
<b>V14</b>	0,23	0,49	0,01	0,27	0,47*	0,42*	0,19	0,27	0,12	0,08	0,29	0,14	0,05													
<b>V15</b>	0,20	0,30	0,21	-0,02	0,61	0,36	0,19	0,25	0,48*	-0,03	0,55	0,10	-0,13	0,29												
<b>V16</b>	0,36	0,44*	0,13	0,02	0,42*	0,15	-0,14	0,17	0,13	-0,17	0,30	-0,20	-0,27	0,60	0,45*											
<b>V17</b>	-0,07	0,13	-0,34	0,02	-0,14	0,12	0,15	0,11	-0,19	0,38	-0,12	0,18	0,29	0,52	-0,38	-0,07										
<b>V18</b>	-0,03	-0,07	-0,03	0,38	0,01	0,18	0,10	-0,02	-0,14	0,06	-0,23	0,18	0,08	0,40	-0,39	-0,25	0,35									
<b>V19</b>	0,07	0,15	0,32	0,30	0,10	0,20	0,04	0,00	-0,13	-0,15	-0,18	0,02	0,28	0,26	-0,33	-0,24	0,15	0,65								
<b>V20</b>	0,25	0,67	0,59	0,23	0,37	0,53	0,46	0,51	0,51	0,02	0,47*	0,26	0,36	0,25	0,40	0,20	-0,18	-0,08	0,24							
<b>V21</b>	0,30	0,15	0,24	-0,11	0,37	0,52	0,17	0,26	0,46*	0,14	0,18	0,25	-0,06	0,12	0,55	0,14	-0,26	-0,07	-0,06	0,14						
<b>V22</b>	0,46*	-0,04	-0,09	0,00	0,34	0,17	0,17	0,10	0,01	0,03	0,27	0,13	-0,06	0,60	0,34	0,51	0,15	0,19	-0,07	-0,07	0,08					
<b>V23</b>	-0,15	0,27	0,00	0,09	0,00	0,08	0,03	0,18	-0,10	-0,08	0,14	-0,15	0,22	0,42*	-0,24	0,16	0,54	0,14	0,31	0,28	-0,47*	-0,08				
<b>V24</b>	0,14	0,51	0,09	0,32	0,45*	0,42*	0,13	0,17	0,26	0,17	0,11	0,25	-0,07	0,68	0,40	0,39	0,19	0,34	0,16	0,18	0,54	0,23	-0,19			
<b>V25</b>	0,06	-0,07	0,40	-0,32	0,36	0,44*	-0,11	0,09	0,30	-0,06	-0,21	-0,05	-0,14	-0,24	0,17	-0,09	-0,39	-0,01	-0,08	0,21	0,30	-0,22	-0,26	0,04		
<b>V26</b>	0,10	-0,26	0,12	-0,29	0,27	0,32	-0,03	0,00	0,25	0,12	-0,06	0,10	-0,21	-0,25	0,33	-0,10	-0,38	-0,11	-0,25	-0,19	0,80	-0,04	-0,63	0,22	0,55	
<b>V27</b>	0,21	0,27	0,39	-0,14	0,40	0,17	0,00	0,15	0,13	-0,34	0,43	-0,20	0,11	0,04	0,41	0,42	-0,34	-0,47	-0,11	0,35	0,16	0,06	0,22	-0,18	0,09	0,044

\* Corrélation significative à un niveau de probabilité de 0.05.

En gras Corrélation significative à un niveau de probabilité de 0.01.

*Chapitre 2 : Etude de la diversité morphologique des parties végétative et reproductrice des principaux cultivars des Ziban*

**Tableau 9:** Matrice de corrélation des descripteurs reproducteurs (Abréviations en Tab. 5).

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24
<b>R2</b>	0,08																							
<b>R3</b>	0,27	0,55																						
<b>R4</b>	0,47	0,05	0,25																					
<b>R5</b>	-0,35	0,28	0,24	0,10																				
<b>R6</b>	0,42	0,21	0,14	0,10	-0,30																			
<b>R7</b>	0,48*	0,17	0,03	0,34	0,08	0,73																		
<b>R8</b>	0,48*	0,15	0,18	0,36	0,13	0,47*	0,71																	
<b>R9</b>	0,38	0,06	0,19	0,18	-0,18	0,45*	0,48*	0,34																
<b>R10</b>	0,08	-0,01	0,33	0,00	-0,10	0,28	0,21	0,11	0,61															
<b>R11</b>	0,16	0,06	0,33	0,23	-0,11	0,37	0,32	0,20	0,69	0,90														
<b>R12</b>	0,51	0,19	0,36	0,43*	-0,07	0,49	0,61	0,80	0,53	0,47	0,57													
<b>R13</b>	0,34	0,19	0,17	0,01	-0,28	0,84	0,62	0,31	0,67	0,53	0,59	0,49												
<b>R14</b>	0,28	0,14	-0,01	0,19	-0,13	0,52	0,42*	0,49*	-0,12	-0,27	-0,12	0,27	0,20											
<b>R15</b>	0,33	0,23	-0,03	0,19	-0,22	0,27	0,27	0,40	-0,07	-0,39	-0,22	0,27	0,00	0,72										
<b>R16</b>	0,34	0,16	0,02	0,06	-0,32	0,35	0,22	0,37	-0,08	-0,32	-0,24	0,26	-0,02	0,65	0,91									
<b>R17</b>	0,06	0,18	0,33	-0,03	0,02	0,22	0,06	0,11	0,19	0,49*	0,42	0,23	0,27	0,26	-0,06	0,00								
<b>R18</b>	-0,07	0,21	-0,15	0,14	-0,13	0,19	0,10	0,09	-0,16	-0,28	-0,23	0,06	0,00	0,60	0,52	0,42*	0,12							
<b>R19</b>	-0,25	0,41*	0,13	0,19	0,31	0,10	0,08	0,01	0,12	0,02	0,04	-0,02	0,18	0,14	0,01	-0,15	0,27	0,54						
<b>R20</b>	0,67	0,33	0,31	0,57	-0,09	-0,03	0,15	0,19	0,03	-0,22	-0,11	0,25	-0,16	0,15	0,32	0,34	0,08	0,10	0,01					
<b>R21</b>	-0,11	0,38	0,12	0,07	0,05	0,24	0,11	0,14	0,12	0,11	0,06	0,08	0,23	0,27	0,09	0,05	0,56	0,55	0,83	0,13				
<b>R22</b>	0,33	0,13	-0,05	-0,13	-0,35	0,26	0,17	0,35	-0,01	-0,29	-0,24	0,22	-0,01	0,53	0,80	0,87	0,09	0,24	-0,26	0,28	0,03			
<b>R23</b>	-0,08	0,40	0,08	0,10	0,09	0,14	0,13	0,16	0,16	0,12	0,08	0,13	0,20	0,22	0,11	0,02	0,49	0,57	0,84	0,19	0,95	-0,03		
<b>R24</b>	-0,05	-0,23	-0,01	-0,49	-0,17	-0,06	-0,24	-0,18	0,10	0,24	0,03	-0,15	0,00	-0,40	-0,52	-0,25	0,23	-0,50	-0,39	-0,13	-0,10	0,10	-0,25	
<b>R25</b>	0,29	0,32	0,33	0,37	0,11	-0,36	-0,19	-0,16	-0,05	-0,12	-0,10	0,00	-0,29	-0,43	-0,15	-0,11	-0,09	-0,22	-0,02	0,77	0,01	-0,13	0,09	0,06

\*Corrélation significative à un niveau de probabilité de 0.05.

En gras corrélation significative à un niveau de probabilité de 0.01.

### 3.3. Analyse en composantes principales :

Le recours à l'analyse multivariée à travers l'emploi de l'analyse en composantes principales (ACP) et de la classification hiérarchique ascendante (CHA) permet une meilleure description et analyse de la grande variabilité existante entre les géotypes objet d'étude et ce pour les cinquante-deux caractères mesurés.

L'intérêt de l'emploi de l'ACP réside dans la possibilité de déterminer le degré de divergence entre les cultivars étudiés, du point de vue morphologique, en révélant les caractères les plus discriminants à utiliser dans la distinction entre eux.

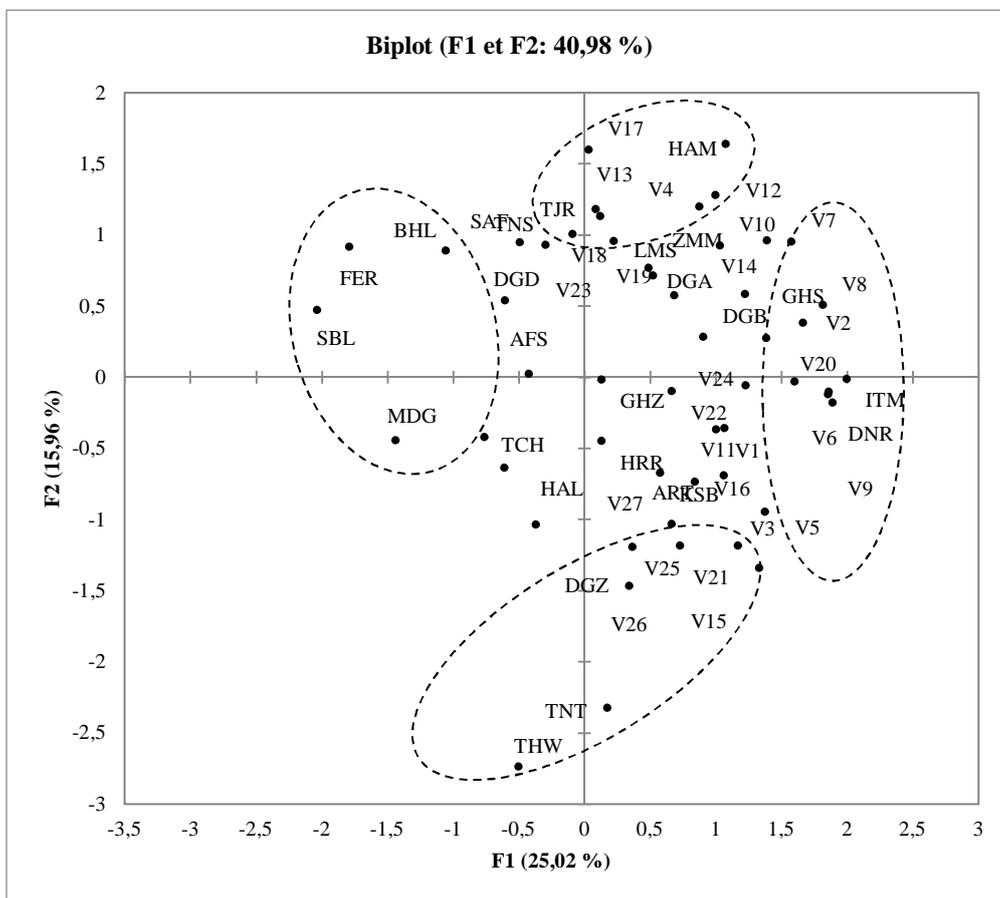
#### 3.3.1. Caractères végétatifs

Les résultats de l'analyse en composantes principales renseignent sur la diversité phénotypique détectée parmi les 26 cultivars de palmier dattier étudiés basée sur 27 traits végétatifs. Les trois premières composantes principales ont expliqué plus de 53% de la variation totale, ils ont contribué respectivement à l'inertie totale avec 25,02%, 15,96% et 12,29% (Annexe 3).

Les variables qui ont contribué le plus à la formation de l'axe 1 composant ainsi un groupe homogène à son extrémité positive sont : longueur de la palme (V2), largeur (V5) et épaisseur du rachis (V6), nombre total des épines (V7), largeur (V8) et épaisseur de l'épine au milieu (V9), nombre d'épines solitaires et celles groupées en deux (V11; V12) et longueur de la penne au milieu (V20).

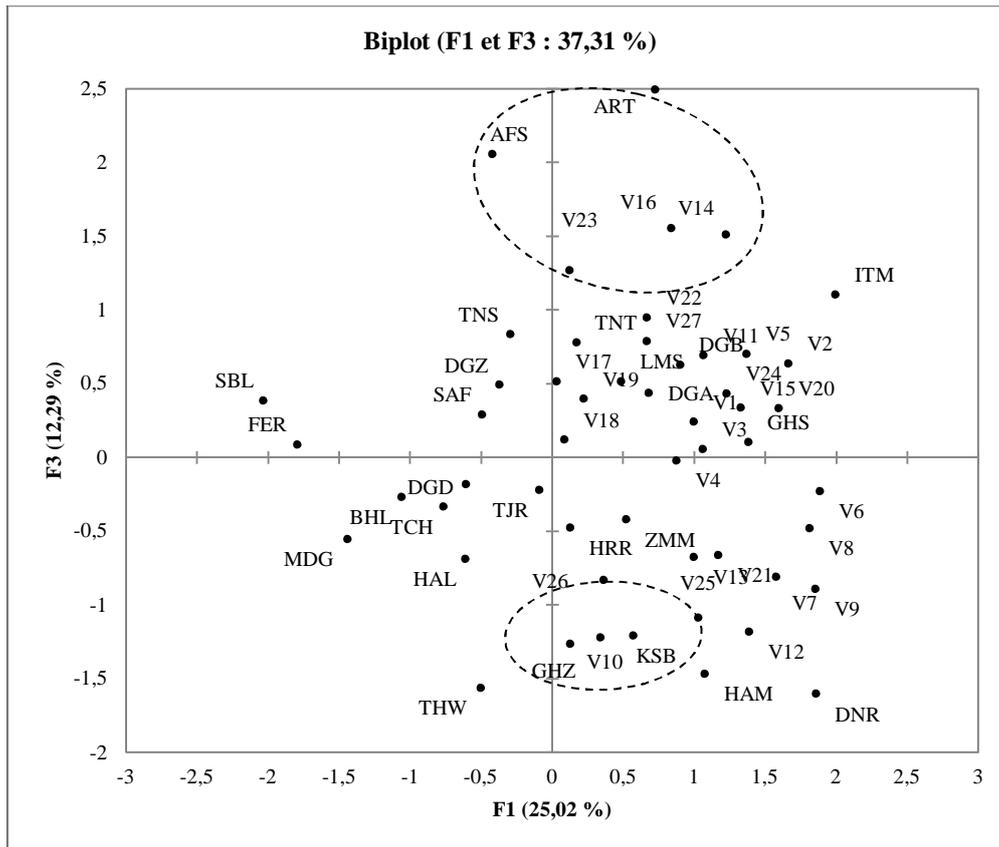
La représentation graphique des variables qui ont formé l'axe 2 montre l'existence de deux groupes opposés de variables négativement corrélés entre eux. Le premier a défini les paramètres de longueur de la partie épineuse (V4), nombre d'épines groupées en 3 (V13) et groupements des pennes en 3 (V17). Le second est formé par les variables qui comprennent le nombre de pennes solitaires (V15), largeur de la penne du milieu (V21), longueur (V25) et largeur (V26) de la penne apicale. L'axe 3 a associé les caractères relatifs au nombre total de pennes (V14) dont la majorité est groupée en deux (V16) en disposition retorse (V23). Ces variables sont interdépendantes (Fig.7) et corrélées négativement à la longueur de l'épine du milieu (V10).

La représentation graphique des cultivars étudiés sur les plans (F1-F2) et (F1-F3) est montrée dans les Figures 7 et 8. La projection des cultivars sur le premier axe a distingué entre deux groupes homogènes de cultivars qui s'opposent, le premier situé sur l'extrémité positive de l'axe et est formé par Deglet Nour (DGN), Ghars (GHS) et Itima (ITM), le second comprend quatre cultivars : Bouhlas (BHL), Halwa (HAL), Sbaa Laaroussa (SBL), Feraounia (FER), Mech Degla (MDG) et Tichtat (TCH). Cette distinction met en relief un développement végétatif plus important chez les cultivars du premier groupe décrit en particulier par les descripteurs suivants : longueur de la palme (V2), largeur et l'épaisseur du rachis (V5 et V6), nombre d'épines (V7), largeur (V8) et de l'épine au milieu (V9), nombre d'épine solitaires et celles groupées en deux (V11 ; V12) et longueur de la penne au milieu (V20).



**Figure 7 :** Projection des cultivars et des paramètres végétatifs sur le plan 1-2 (Abréviations en Tab. 2 et 4)

La deuxième composante principale a opposé Tlijaaranit (TJR), Safraya (SAF) et Hamraya (HAM) caractérisés par une longueur importante de la partie épineuse (V4) et de fortes densités d'épines et de pennes exprimées par de nombreux regroupements en 3 (V13) et (V17) à Deglet Ziane(DGZ), Tantboucht (TNT) et Thawri (THW). Ces derniers se distinguant par un nombre élevé de pennes solitaires (V15) et de grandes dimensions présentes aussi bien au niveau des pennes apicales (V25 et V26) que des pennes situées au milieu de la partie foliolée (V21).



**Figure 8 :** Projection des cultivars et des paramètres végétatifs sur le plan 1-3 (Abréviations en Tab. 2 et 4).

De même, l'axe 3 définit deux groupes de cultivars distincts, Arechti (ART) et Ain Al Fas (AFS) qui se caractérisent par un grand nombre de pennes (V14), de pennes groupées en deux (V16) en disposition retorses (V23) à Ghazi (GHZ) et Kseba (KSB) où une longueur importante des épines du milieu a été enregistrée (V10).

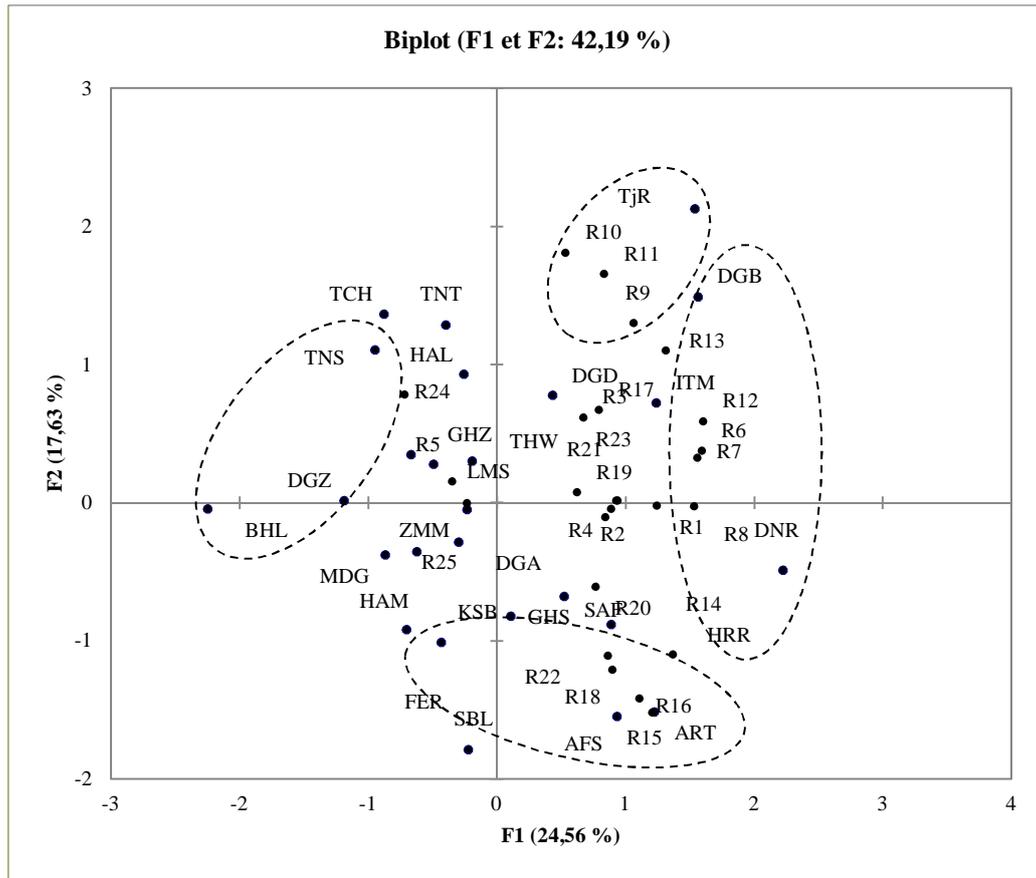
### **3.3.2. Caractères reproducteurs**

Les trois premiers axes de l'ACP totalisent 56.45 % de la variabilité existante. Ceci témoigne d'un spectre de variation phénotypique appréciable des 25 descripteurs considérés de l'appareil reproducteur des 26 cultivars objet d'étude.

Le premier axe a absorbé 24.56 % de la variation totale, le second 17,63% et le troisième 14,23% (Annexe 4). La dispersion des cultivars dans le plan défini par les axes en question montre la formation de groupes homogènes distincts structurés selon des caractères reproducteurs discriminants.

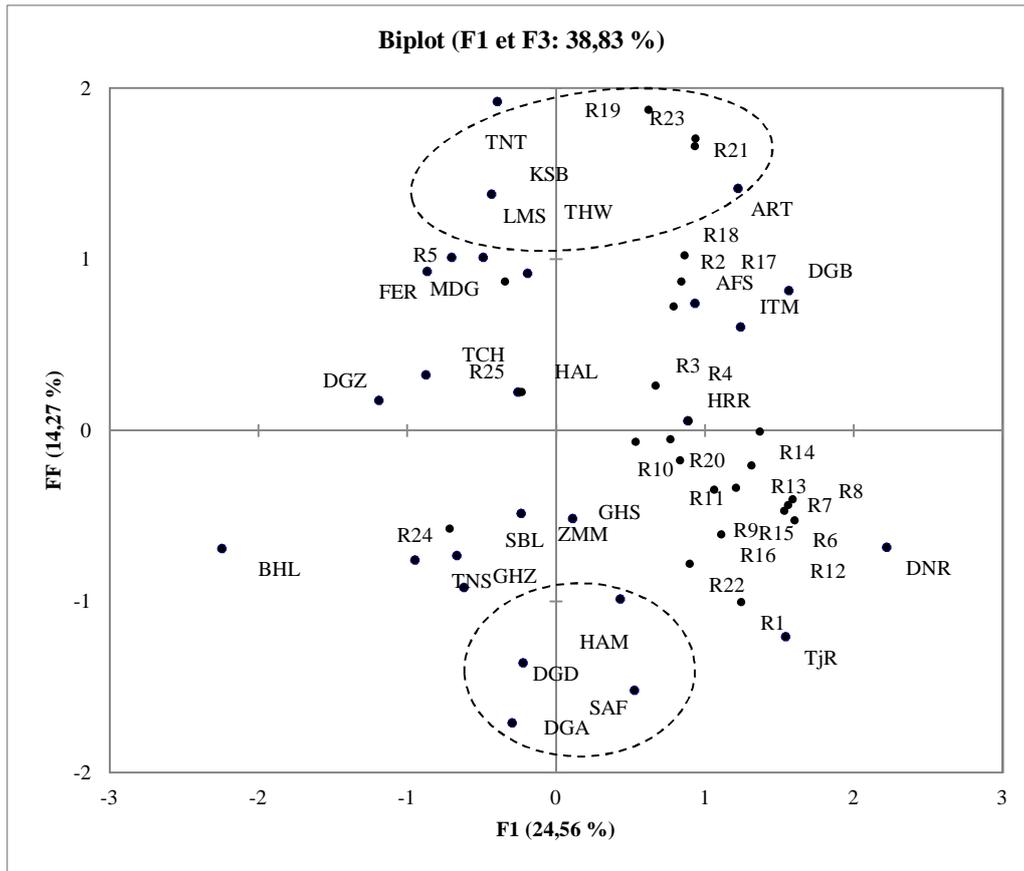
Les variables qui ont contribué le plus à la formation du premier axe sont : longueur de la spathe (R1), longueur de la partie de l'épillet sans fruits à la base (R6), au milieu (R7) et au sommet du régime (R8), longueurs de l'épillet le plus long (R12) et le plus court (R13) ainsi que le poids du fruit (R14). Selon leur représentation graphique sur le plan (axes 1-2) (Fig.9), ces variables positivement corrélées entre elles forment un groupe homogène. Les caractères qui ont permis l'explication de l'information portée par l'axe 2 se répartissent sur deux groupes homogènes qui s'opposent. Le premier, positivement corrélé à l'axe 2, comprend les variables suivantes : longueur de la partie de l'épillet avec fruits à la base (R9), au milieu (R10) et au sommet du régime (R11). Alors que le second groupe, négativement corrélé à l'axe 2, est formé par les paramètres des longueurs du fruit (R15) et de sa cavité (R16), l'épaisseur de la chair (R18) et la longueur de la graine (R22). Les variables relatives aux diamètre du calice (R19), largeur (R21) et épaisseur de la graine (R23) sont corrélées entre elles (Fig.10) et participent à la formation du 3<sup>ème</sup> axe.

La projection des cultivars sur les plans (1-2) et (1-3) est donnée dans les Figures 9 et 10. Selon le premier axe, une opposition entre Deglet Nour (DGN), Itima (ITM), Degla Baidha (DGB) et Horra (HRR) et Bouhlas (BHL), à Deglet Ziane (DGZ), et TINicine (TNC) a été notée sur la base des caractères suivants : les longueurs de la spathe (R1), de la partie sans fruits de l'épillet à différents niveaux du régime (R6, R7 et R8), de l'épillet le plus long (R12), de l'épillet le plus court (R13) et le poids du fruit (R14).



**Figure 9 :** Projection des cultivars et des paramètres reproducteurs sur le plan 1–2 (Abréviations en Tab. 2 et 5)

La deuxième composante principale a isolé Tijaaranit (TJR) dont la partie de l'épillet avec fruits est la plus longue aussi bien à la base (R9), qu'au milieu (R10) et au sommet (R11) du régime des cultivars, Ain El Fas (AFS), Arechti (ART), Feraounia (FER) et Sbaa Laroussa (SBL) caractérisés par des fruits longs (R15) telles leurs cavités (R16) et les graines qu'ils contiennent (R22), aussi une chair épaisse (R18). Le troisième axe a distingué un premier groupe composé de Lemsaref (LMS), Kseba (KSB), Tantboucht (TNT) et Thawri (THW) dont les dattes ont un calice de diamètre important (R19) et des noyaux épais (R23) et larges (R21) comme celui caractéristique des dattes de Tantboucht (TNT) vu leur forme sphérique. Et un deuxième groupe de cultivars comprenant Deglet Abdalla (DGA), Deglet Debbab (DGD) et Hamraya (HAM).



**Figure 10 :** Projection des cultivars et des paramètres reproducteurs sur le plan 1-3 (Abréviations en Tabs. 2 et 5)

### 3.4. Classification ascendante hiérarchique

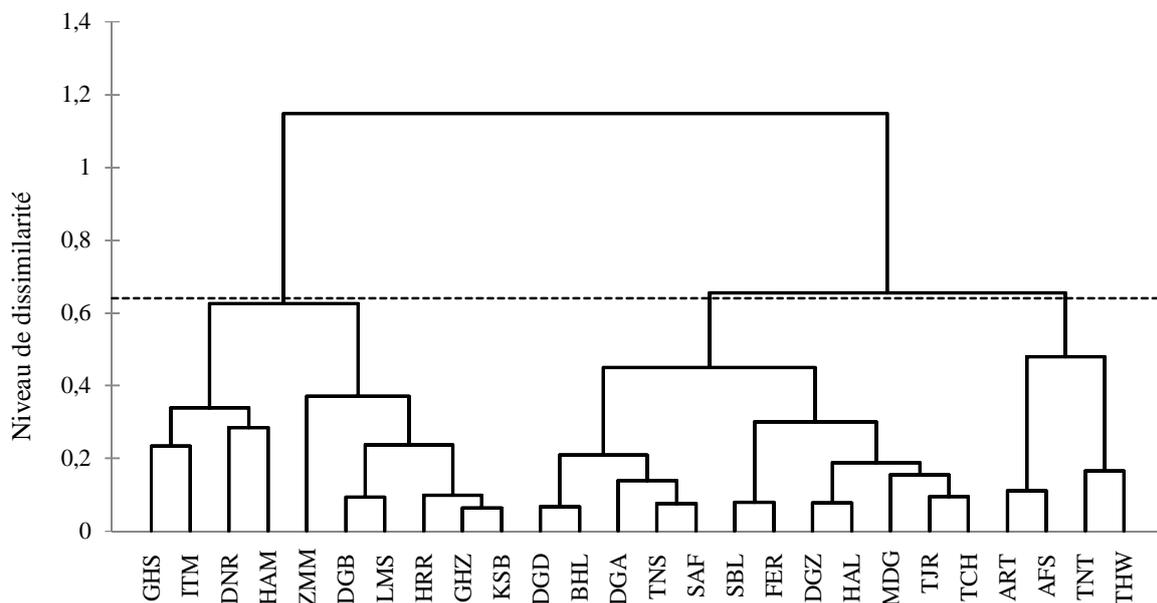
Cette méthode permet de regrouper les différents cultivars, objets de la présente étude, selon leurs caractéristiques morphologiques végétatives et reproductrices, traitées séparément, dans des classes ou clusters. Il se forme donc des groupes (ou classes) qui divergent tout en contenant, chacun, des cultivars proches phénotypiquement.

#### 3.4.1. Caractères végétatifs

La classification hiérarchique basée sur la méthode de Ward a donné un dendrogramme regroupant les cultivars en trois principaux groupes phénotypiquement distincts (Fig. 11) où le niveau de dissimilarité a varié de 0,064 à 1,148. Le premier cluster contenait dix cultivars et où Zomeret Mimoune (ZMM) était séparé de l'ensemble. Les principales caractéristiques communes à ces cultivars décrivaient globalement une importante vigueur qui résulte d'une grande circonférence du tronc (V1), un important développement de certaines parties des palmes (longueur; V2, épaisseur du rachis; (V6), nombre total de penne; V14, leur

groupements en 3 et 4; V17, V; 18) et épines (longueur de la partie épineuse;V4, nombre ;V7, dimensions V8 ; V9 et V10, groupements en 2 et 3 ; V12 et V13). Ceci a conduit à de petits indices d'espacement dont le plus bas a été noté au sein de ce cluster au niveau des palmes de GHAZI (GHZ) et Zommeret Mimoune (ZMM). De même que le plus faible niveau de dissimilarité qui a été enregistré entre Kseba (KSB) et Ghazi (GHZ) avec  $d=0.064$ . Le second cluster est le plus grand avec comme traits communs un tronc plutôt fin (V1), de petites palmes (longueur ; V2, largeur ; V3) et dimensions des pennes (longueurs de la penne du milieu ; V20 et de la penne apicale ; V25). Bouhlas (BHL) et Deglet Debbab (DGD) étaient les cultivars les plus proches phénotypiquement dans ce groupe ( $d=0.067$ ).

Les cultivars restant forment le dernier cluster et partagent quelques traits qui renseignent sur une largeur considérable de la palme (V3), un nombre réduit d'épines (V7) qui étaient en majorité courtes (V10) et, tout comme les pennes, éparées (groupements des épine en 2 ;V12 et en 3 ;V13, des pennes en 4 ;V17 et en 5 ;V18) ce qui a conduit à un indice d'espacement important (V27). Soulignons que les cultivars ayant les niveaux de dissimilarité les plus bas ont également été caractérisés par l'ACP et répartis dans des groupes homogènes.



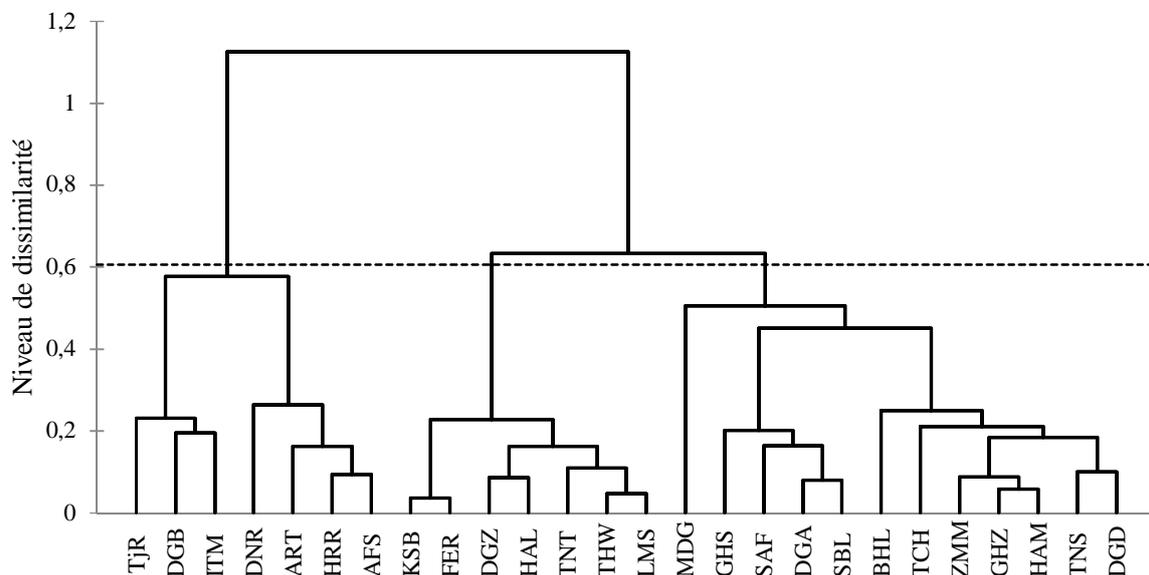
**Figure 11** : Classification ascendante hiérarchique (CAH) des cultivars basée sur les caractères végétatifs (Abréviations en Tab. 2)

### 3.4.1. Caractères reproducteurs

Le dendrogramme élaboré sur la base des descripteurs reproducteurs a révélé un niveau de dissimilarité qui varie entre 0,036 to 1.256 et permis l'identification de trois groupes homogènes (Fig. 12). Le premier est composé de sept cultivars munis d'appareil reproducteur bien

développé avec de longue spathe (R1), de grand régime contenant un nombre élevé d'épillets (R5) et de longueurs importantes de la partie ramifiée (R4) et des parties sans fruits d'épillets aux trois niveaux (R6, R7, R8). D'autre part, des caractéristiques intéressantes des dattes à savoir le poids (R14), la longueur (R15) et l'épaisseur de la pulpe (R18) ont été observées conduisant ainsi à un faible ratio de longueur noyau/ longueur fruit (R24).

Une grande variabilité a été notée au sein du deuxième cluster qui a comporté trois subclusters dont un est monophylétique composé uniquement par le cultivar MECH DEGLA (MDG). Les douze cultivars inclus expriment quelques traits similaires renseignant ainsi sur de courtes parties avec fruits à différents emplacements sur les épillets (R9, R10, R11) et d'important ratio de longueur du noyau/longueur du fruit (R24) et de poids (R25). Enfin, les principales caractéristiques du dernier cluster, qui était le plus homogène, étaient une longueur réduite de la partie ramifiée du régime (R6, R7, R11, R12) contenant un faible nombre d'épillets (R5) et relativement de petites dattes en considérant certaines dimensions des fruits et noyaux (R15, R16, R22). Au sein de ce groupe le plus faible indice de dissimilarité a lié entre Feraounia (FER) et Kseba (KSB) avec  $d=0,036$  et Lemsaref (LMS) et Thawri (TWR) avec  $d=0,047$ . La répartition de tous les cultivars en clusters concorde avec celle établie par l'ACP réalisée précédemment.



**Figure 12 :** Classification ascendante hiérarchique (CAH) des cultivars basée sur les caractères reproducteurs (Abréviations en Tab. 2)

#### **4. Discussion**

Un nombre important de descripteurs phénotypiques, plus de 50 marqueurs quantitatifs ont fait l'objet de cette étude ce qui nous a permis d'approcher l'état actuel de la diversité génétique du palmier dattier. Cette étude portant sur la diversité morphologique de 26 cultivars a révélé une richesse du patrimoine phénicicole dans l'une des plus importantes zones de production de dattes en Algérie qui est les Ziban.

Nos résultats ont mis de la lumière sur des variations d'ordre phénotypique liées aussi bien à la partie végétative qu'à la partie reproductrice des cultivars étudiés. Ces variations ont comme origines la grande hétérogénéité génotypique et les conditions environnementales qui varient entre les sites de collecte. En effet, de nombreux auteurs ont rapporté l'influence de l'environnement sur la croissance du palmier dattier, en particulier sur les caractéristiques du fruit (**Al Noimi et Al-Amir, 1980 ; El Arem et al., 2011; Hasnaoui et al., 2011**). Des études antérieures ont été réalisées en faisant appel à des marqueurs morphologiques quantitatifs et qualitatifs (**Mason, 1915; Elhoumaizi et al., 2002; Rizk et al., 2007; Ould Mohamed Salem et al., 2008; Rhouma et al., 2010 ; Ould Mohamed Ahmed et al., 2011; Hannachi, 2012 Simozrag et al., 2016 ; Bedjaoui et Benbouza, 2018**).

De très fortes corrélations entre les caractères impliqués dans l'expression de la vigueur de la plante ont été trouvées. La longueur de la palme définie par la longueur de sa partie épineuse a besoin d'un fort rachis, dont la largeur et l'épaisseur étaient fortement corrélées, pour porter le nombre important de pennes trouvé. La longueur de la palme était associée à la longueur de la foliole. Les pennes tout comme les épines se sont comportées de la même manière de sorte qu'en augmentant de nombre, les groupements de deux (qui sont les plus fréquents) ou de trois ou plus deviennent également plus nombreux. Aussi, les paramètres liés à la partie épineuse exprimaient la même tendance. Ainsi, le nombre et la densité des épines renseignent sur leur puissance exprimée à travers d'importantes valeurs d'épaisseur et de largeur. De plus, la présence des pennes solitaires a été étroitement liée à celle des épines solitaires. Les différents organes, entre autres la partie ramifiée, qui forment la spathe ont des dimensions proportionnelles à la sienne. Les longueurs des épillets aux différents niveaux du régime (sommet, milieu et à la base) étaient proportionnelles à leurs positions sur ce dernier. De ce fait, l'épillet le plus long a été localisé au sommet au moment où le plus court à la base. Le même constat a été fait pour les caractéristiques du fruit de sorte que les dattes lourdes d'un poids

élevé (R14) avaient des longueur et largeur importantes de même que leurs cavités et chairs qui étaient épaisses. C'est le cas des dattes des cultivars ARECHTI (ART) et AIN EL FAS (AFS) connus comme des fruits de gros calibre par la population locale. En se référant à nos résultats ces dattes se trouvent souvent sur des épillets dont la partie avec fruits est très courte.

Les résultats de l'analyse en composantes principales ont montré que parmi les 27 traits végétatifs utilisés dans cette étude dix se sont révélés très discriminants. Ces paramètres concernaient la longueur de la palme (V2), l'épaisseur du rachis (V6), le nombre d'épines (V7), la largeur de l'épine du milieu (V8) et son épaisseur (V9), la longueur de la penne du milieu (V20), la largeur de la penne apicale (V26), le nombre de pennes (V14) et leurs groupements (en 2 ; V16 et 3 ; V17).

En se basant sur les 25 descripteurs de l'appareil reproducteur traités, douze caractères des fruits et régimes ont permis une meilleure différenciation des cultivars à savoir : les longueurs des parties de l'épillet avec et sans fruits à la base, au milieu et au sommet du régime (R6, R7, R8, R10, R11), de l'épillet le plus long (R12), des poids (R14) et longueur (R15) du fruit et de sa cavité (R16), du diamètre du calice (R19), de la largeur (R 21) et de l'épaisseur du noyau (R23).

Des résultats similaires ont été obtenus dans des études sur la diversité génétique des collections de palmier dattier aux Maroc et Mauritanie (**El-Houmaizi et al., 2002 ; Ould Mohamed Salem et al., 2008 ; Ould Mohamed Ahmed et al., 2011**).

Il faut souligner, toutefois, l'existence d'autres traits tels que les groupements des épines (en 2 ;V12 et en 3 ;V13) et ceux des pennes (en 2 ;V16 et en 3 ;V17), longueur de l'épillet le plus long et celle de l'épillet le plus court (R12, R13), longueurs des parties de l'épillet avec et sans fruits aux différents niveaux du régime (R6, R7, R8, R9, R10 and R11), qui se sont également révélés, dans cette étude, des descripteurs discriminants pouvant être employés pour une caractérisation plus précise des cultivars.

Par l'emploi de la classification hiérarchique ascendante, les cultivars seront regroupés sur la base de leur similitude. Dans cette présente étude, le dendrogramme établi en tenant compte des caractéristiques reproductrices révélait des distances relativement plus importantes entre les cultivars (intervalle du niveau de dissimilarité plus large) renseignant ainsi sur une diversité génétique plus importante dans cette partie de la plante. En effet, les agriculteurs font appel plus fréquemment aux dattes pour distinguer entre les cultivars qu'aux palmes.

Comme il peut être constaté à travers nos résultats, certains cultivars appartenait au même cluster en considérant aussi bien l'appareil végétatif que reproducteur ce qui exprime une très grande ressemblance phénotypique entre eux. Ainsi, Halwa (HAL) et Deglet Ziane (DGZ) étaient les cultivars les plus similaires dans l'échantillon étudié vu leur groupement dans les mêmes clusters avec des niveaux de dissimilarité parmi les plus bas pour l'appareil végétatif ( $d=0.087$ ) et reproducteur ( $d=0.085$ ). Le même cas a été noté pour les cultivars Degla Baidha (DGB), Deglet Nour (DGN), Itima (ITM) et Horra (HRR) répartis dans les mêmes groupes. Ces résultats permettent de mettre en relief la relation existante entre les deux parties précitées, de sorte que les palmes longues et denses nécessitent un rachis épais pour porter de grands régimes et dattes de caractéristiques très intéressantes. Par ailleurs, lors de la sélection de génotypes pour l'utilisation dans un programme d'amélioration, ces derniers cultivars pourraient être exploités directement comme des cultivars potentiellement productifs ou en qualité de géniteur dans de croisements en vue de créer ou d'améliorer de nouveaux cultivars renfermant des caractères désirables.

En outre, il faut noter que la répartition des cultivars en groupes homogènes s'est faite indépendamment de la classe de leurs dattes. Degla Baidha (DGB) et Itima (ITM) partageaient plusieurs caractéristiques relatives aux palmes et dattes malgré leurs différences en termes de couleur et de consistance. En effet, les dattes de Itima (ITM) sont molles de couleur dorée marron alors que celle de Degla Baidha (DGB) sont sèches et beiges. Ceci n'exclut pas le fait que beaucoup d'autres cultivars dont les dattes ont la même consistance étaient groupés par les deux dendrogrammes élaborés.

Le savoir et savoir-faire traditionnels des agriculteurs se sont accumulés à travers des générations, ils concrétisent le fruit de plusieurs décennies voire siècles de pratique de la phoeniciculture. De nombreux caractères utilisés auparavant par les agriculteurs pour la reconnaissance de cultivars se sont révélés par la présente étude comme étant les plus discriminants puisqu'ils sont les plus facilement perçus. En effet, si nous prenons en compte les caractères discriminants qu'ils soient végétatifs ou reproducteurs nous les trouvons conformes à la caractérisation établie par les phoeniciculteurs. A titre d'exemple, le cultivar Hamraya (HAM) est connu par les agriculteurs des Ziban pour être résistant à la sécheresse. Les résultats de la caractérisation phénotypique que nous avons effectuée ont montré que la partie épineuse de ce cultivar est très bien développée et que la largeur de sa palme est parmi les plus petites mesurées facilitant l'économie de l'eau en réduisant la transpiration. Nos résultats ont décrit les

palmes de Ghars (GHS) et Itima (ITM) comme étant les plus longues leur conférant ainsi un aspect retombant facilement reconnaissables par les phoeniculteurs. Egalement, les palmes courtes et le faible nombre d'épines majoritairement solitaires distinguent Mech Degla (MDG) des autres cultivars. D'habitude, les descripteurs végétatifs sont les premiers perçus par les phoeniculteurs puisqu'ils concernent l'aspect général de la plante, ils permettent, en particulier, la distinction entre les différents cultivars en dehors de la période de fructification. Bien entendu, les caractères reproducteurs sont, à leur tour, utilisés pour la différenciation entre les cultivars notamment ceux correspondants à la spathe et au fruit. Ils sont généralement plus facilement détectables. Deglet Nour (DGN) possède, en se référant à nos données, la spathe la plus longue avec 101.33cm qui est une caractéristique de ce cultivar sur laquelle se basent les agriculteurs pour le distinguer et identifier les pieds mâles correspondant à ce même cultivar.

Dans les palmeraies, le fruit est l'organe le plus utilisé dans la reconnaissance des différents cultivars puisqu'il renferme le plus grand spectre de variations morphologiques perceptibles de la part des agriculteurs. Parmi ses plus importants descripteurs nous citons la taille des dattes. Le cultivar Tijaaranit (TJR) dont la partie de l'épillet avec fruits est la plus importante générant ainsi de petits fruits s'oppose à Sbaa Laroussa (SBL) avec ses dattes élancées et très longues comme l'indique son nom où "SBAA" (en arabe) signifie "doigt". Ce dernier cultivar est groupé avec Ain El Fas (AFS), Arehti (ART) et Feraounia (FER) dont les dattes sont comptées parmi les plus volumineuses dans cette zone. Aussi, de petites dattes sont observées chez Tichtat (TCH) vu, entre autres, la charge de son régime qui contient le plus grand nombre d'épillets avec une longueur importante de la partie ramifiée.

## **5. Conclusion**

L'étude de la variabilité morphologique de 26 cultivars de palmier dattier dans la région des Ziban a révélé la richesse de la diversité génétique appréciée à travers l'utilisation de caractères végétatifs et reproducteurs. L'utilisation de ces descripteurs représente un efficace outil d'évaluation du polymorphisme génétique observé.

Outre les différences très significatives dans l'expression des caractères, l'analyse multivariée a permis une caractérisation plus détaillée des cultivars en mettant en évidence des descripteurs révélés, par la présente étude, très discriminants et qui peuvent servir dans la reconnaissance des cultivars. Cette reconnaissance qui décline suite à la perte des savoirs et savoir faire locaux tissés pendant des siècles autour du palmier dattier et aussi à l'extinction progressive de la

majorité des cultivars considérés par les agriculteurs comme étant de « seconde importance ». Il est également question de perte de matériel végétal portant des caractéristiques non explorées et encore moins exploitées par la recherche et qui peuvent s'avérer, dans certains cas, intéressantes. Bien qu'on considère souvent comme ambitieux les travaux qui visent à dresser des programmes d'amélioration sur la base de traits végétatifs chez le palmier dattier vu son long cycle de vie et sa dioïcie. Mais cela n'exclut en aucun cas l'intérêt d'avoir par exemple une palme moins dense sans léser le rendement photosynthétique et moins épineuse pour ne pas peiner le grimpeur. De même pour les caractères reproducteurs, il serait intéressant d'avoir un régime porté par un long pédoncule pour y faciliter l'accès et qui contient un nombre important d'épillets avec une partie avec fruits bien développée sans pénaliser pour autant la qualité des dattes produites. Pourtant des progrès sur d'autres arbres fruitiers visant l'amélioration de l'architecture de l'arbre méritent d'être mentionnés à l'image des pêchers nains et demi-nains dont les fleurs se situent vers l'extérieur des branches. Il y a aussi lieu de souligner les tentatives de mécanisation comme solution pour contourner la complexité de la conduite du dattier mais qui font encore leurs premiers pas en raison de la méfiance des phoeniculteurs, le degré de fiabilité de l'outil, la praticabilité à l'intérieur des palmeraies, le prix de revient...etc

Par ailleurs, il est illusoire de parler d'une diversité génétique durable en raison de la faible fréquence des cultivars à l'exception de DEGLET NOUR, GHARS, MECH DEGLA et DEGLA BAIDHA. Ce qui rend urgent l'élaboration de stratégies pour la création de banques de gènes et le recours à la conservation in situ à travers l'établissement de collections renfermant la biodiversité existante et faire appel aux méthodes in vitro pour la production de rejets des cultivars rares et vieux. En outre, les phoeniculteurs devraient être encouragés, à leur tour, par les autorités politiques à créer un peu de biodiversité dans leurs propres palmeraies par l'épanouissement du marché des dattes autres que DEGLET NOUR à travers la recherche de nouvelles voies de valorisation.

Ce travail a permis d'approcher les traits morphologiques essentiels permettant la caractérisation du palmier dattier parmi lesquels ceux qui décrivent les dattes. Mais il doit être enrichi par une étude plus approfondie sur leur composition chimique dans une optique d'appréciation de leur qualité. Cette dernière étant définie par un ensemble de paramètres physico-chimiques qui renseignent sur la richesse en terme de composition chimique et décrivent avec plus de détails les caractéristiques générales des dattes dans la région des Ziban.

Chapitre 3 : Etude de la diversité chimique des dattes  
des principaux cultivars des Ziban



## **1. Introduction**

Depuis plus de 6000 ans, les dattes nourrissent les populations du désert (**Amer, 1994**) qui trouvaient dans les dattes un aliment disponible, d'une très grande valeur énergétique, qui se conserve et dont les vertus alimentaires et thérapeutiques sont innombrables et continuent encore de faire l'objet de plusieurs études et de découvertes (**Lambiote, 1982 ; Duke, 1992**); **Vayalil, 2002 ; Miller et al., 2003**).

La composition chimique des dattes est bien documentée (**Sawaya et al., 1983; Ahmed et al., 1995; Al-Hooti et al., 1995; Al-Shahib et Marshall, 2003; Ismail et al., 2006 ; El-Arem et al., 2011** ). La pulpe de la datte est constituée de sucres facilement digestibles (56.8-88.6%), formés principalement de glucose, fructose et saccharose, de lipides (0.1-1.4%), de fibres (3.57-10.9%), de vitamines, de minéraux et de protéines (**Al-Farsi et Lee, 2008**). Selon ces mêmes auteurs, la consommation de cent grammes de dattes peut fournir plus de 15% des besoins journaliers en sélénium, cuivre, potassium et magnésium. Les dattes contiennent vingt-trois acides aminés dont quelques-uns ne se trouvent pas chez les autres fruits couramment consommés (**Al-Shahib et Marshall, 2003**). Comparés au pulpe, le noyau renferme des quantités de protéine, lipide et fibre supérieures, son contenu en éléments minéraux n'étant pas négligeable (**Al-Farsi et al., 2005a; Al-Farsi et Lee, 2008**).

De par la richesse de sa composition chimique et en dehors de sa consommation directe à l'état frais, la datte connaît de nombreuses utilisations. Elle sert de matière première dans la production de pâte, de farine, de jus, de sirop, de sucres, d'alcool, de vinaigre ...etc.

L'Algérie est parmi les pays les plus riches en termes de diversité génétique du palmier dattier. Mais nous assistons aujourd'hui, d'une part, au déplacement voire l'abandon des autres cultivars qualifiés 'd'importance secondaire' et dont les dattes sont dites 'communes' et d'autre part, à la disparition des savoirs et savoirs faire liés à la culture du palmier dattier et l'utilisation de ses différents organes. Donc, au vue de ce qui précède, la valorisation des dattes locales non commercialisées à grande échelle est parmi les moyens qui pourraient aider à atténuer l'impact de l'érosion génétique constatée chez le palmier dattier et qui ne peut être envisagée sans une étude préalable de leurs caractéristiques notamment chimiques.

En Algérie, les travaux sur l'étude de la composition chimique des dattes se sont orientés, en partie, vers la description, la caractérisation variétale et l'évaluation de la qualité des dattes des

cultivars (Acourene et Tama, 1997 ; Acourene et al., 2001, Belguedj, 2002 ; Chibane et al., 2007 ; Acourene et al., 2014 ; Noui et al., 2014; Gouchala et al., 2015).

La diversité génétique au sein des palmeraies est généralement détectée à deux niveaux : entre les cultivars (intervariétale) ou à l'intérieur d'un même cultivar (intraclonale), elle a des origines génétiques et/ou environnementales. Les caractéristiques chimiques des dattes peuvent varier largement d'une oasis à une autre selon le cultivar, le type de sol, le climat, les pratiques culturales...etc. En effet, le concept de l'origine géographique a été évoqué par **Booij (1992)** pour expliquer les différences existantes dans la composition chimique des dattes de quelques cultivars récoltés de plusieurs pays dont Deglet Nour. La connaissance des changements d'ordre quantitatif et qualitatif qui affectent les caractéristiques chimiques des dattes en réponse aux variations de facteurs extrinsèques permet de mieux gérer les paramètres de leurs productions et conditionnement.

D'autre part, la caractérisation variétale sur la base de la composition chimique des dattes permet non seulement d'optimiser les processus de leurs transformation et valorisation, mais aussi le recueil d'informations pour des utilisations ultérieures notamment en ce qui a trait aux procédés biotechnologiques et l'élaboration de nouveaux produits. Ces variables utilisations seront facilitées par un regroupement des cultivars de caractéristiques proches en classes bien définies.

C'est dans ce contexte que nous avons tracé l'objectif de notre étude qui a porté sur 63 échantillons de dattes dont 40 cultivars, trois cultivars dérivés, trois issus de graines apparentés à des cultivars bien connus, et un cas de synonymie, provenant de sept communes différentes de la wilaya de Biskra. Il s'agit en l'occurrence de mettre en exergue la diversité chimique des dattes de ces cultivars qui sont comptés parmi les plus répandus dans la région des Ziban à travers la caractérisation chimique de leurs dattes permettant ainsi de les distinguer et de les classer dans des catégories dont les caractéristiques de chacune d'entre elles seront définies. Cette étape de caractérisation pourrait constituer un outil d'aide à la prise de décision en ce qui concerne la valorisation et l'élaboration de programmes de sélection et de sauvegarde du patrimoine phoenicicole national.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2.1. Choix des cultivars**

Notre étude a porté sur les dattes de cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) comptés parmi les plus fréquents dans la wilaya de Biskra. Au total 63 échantillons de dattes (Tabl.10) ont fait l'objet de cette étude comprenant les dattes de 40 cultivars parmi lesquels les dattes de 13 cultivars sont récoltées sur 2 à 3 pieds (les dattes de chaque pied étant considérées comme une répétition) provenant de communes différentes ; trois cultivars « dérivés » de cultivars connus (Kseba et Ksebet Mira, ajoute le 3 noms) ; trois cultivars « issus de noyaux » (Deglet Nour, Noyet Deglet Nour et ..... ) et un cas de synonymie (Deglet Abdalla et Rotbet Abdalla).

Notons que nous nous sommes basés sur le savoir des agriculteurs pour l'appellation et l'identification des cultivars étudiés qu'eux-mêmes cultivent au sein de leurs palmeraies. Les noms des cultivars « dérivés » et « issus de noyaux » sont donnés par les phoeniculteurs sur la base de rapprochement de leurs caractéristiques morphologiques à celles de cultivars connus. Ces attributs décrivent les caractères les plus apparents. Ainsi, les dérivés représentent des pieds qui associent des caractéristiques intermédiaires entre deux cultivars connus, par exemple le cultivar Helwayett- Deglet Nour produit des dattes dont le goût et consistante ressemblent à celles de Deglet Nour mais leurs tailles et formes sont celles caractéristiques des dattes du cultivar Helwa (petites et ovoïde). Ces mêmes caractéristiques décrivent les dattes de Helway et Hamra qui sont de couleur rougeâtre en concordance avec les dattes du cultivar Hamraya. Pour les issus de noyaux, il s'agit de pieds présentant une vigueur prononcée en particulier en ce qui concerne l'appareil végétatif (en comparaison au cultivar multiplié par rejet) mais dont les dattes sont de qualité inférieure (plus petite généralement). C'est le cas de Noyet Deglet Nour dont les dattes sont plus petites et un peu plus sèches.

Ces échantillons de dattes ont été prélevés de sept communes différentes : Ain Naga (1), Ain Zaâtout (2), Chetma (3), Féliache (4), Foughala (5), Leghrous (6) et Sidi Okba (7). Nous avons retenu les noms des cultivars tels qu'ils sont nommés par les phoeniculteurs de chaque région (par exemple Halwa, Halwaï, Helwaya). Dans le Tableau10 sont donnés les noms, codes, communes de prélèvement des cultivars étudiés avec une abréviation en indice indiquant la nature du matériel végétal qu'il s'agisse, selon le cas, de répétition, dérivé, issu de noyau ou synonyme (Annexe 5).



Figure 13: Exemple de dattes de cultivars étudiés dans la région de Ziban (Atia et Djenane, 2012).

## **2.2. Méthode d'échantillonnage**

Les dattes étudiées ont été récoltées durant deux campagnes phoenicoles 2012 et 2014 en fonction de la disponibilité des échantillons à analyser. Pour chaque cultivar, une quarantaine de fruits dépourvus de calice par régime, à diverses hauteurs et directions, ont été cueillis aux stades de maturité "Tamar". Les dattes ont été collectées, selon la disponibilité, sur 3 à 5 palmiers homogènes de la même parcelle. Elles ont été triées, nettoyées puis emballées dans des sacs alimentaires en polyéthylène et stockées au congélateur à  $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . De chaque échantillon collecté par cultivar, trois cents grammes de fruits ont été prélevés pour la préparation des échantillons à analyser (pâte).

**Tableau 10:** Appellation, code et lieu de collecte des dattes analysées

Cultivars	Codes	Communes	Cultivars	Codes	Communes
<b>Arechti</b>	ART <sub>4</sub>	Feliache	<b>Ksebet Mira<sup>d</sup></b>	KBM <sub>5</sub>	Foughala
<b>Bouhlass<sup>r</sup></b>	BHL <sub>3</sub>	Chetma	<b>Kahlay</b>	KHL <sub>1</sub>	Ain Naga
<b>Bouhlass<sup>r</sup></b>	BHL <sub>1</sub>	Ain Naga	<b>Kseba<sup>r</sup></b>	KSB <sub>6</sub>	Leghrouss
<b>Bouhlass<sup>r</sup></b>	BHL <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Kseba<sup>r</sup></b>	KSB <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Bouzerrou</b>	BZR <sub>2</sub>	Ain Zaâtout	<b>Lemsaref</b>	LMS <sub>5</sub>	Foughala
<b>D'fer El Guat</b>	DEG <sub>1</sub>	Ain Naga	<b>Mech Degla<sup>r</sup></b>	MDG <sub>5</sub>	Foughala
<b>Deglet Abdalla<sup>s</sup></b>	DGA <sub>3</sub>	Chetma	<b>Mech Degla<sup>r</sup></b>	MDG <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Degla Baidha<sup>r</sup></b>	DGB <sub>4</sub>	Feliache	<b>Mokh El Begri</b>	MEB <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Degla Baidha<sup>r</sup></b>	DGB <sub>1</sub>	Ain Naga	<b>Noyet Deglet Nour<sup>i</sup></b>	NDN <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Deglet Debbab</b>	DGD <sub>3</sub>	Chetma	<b>Noyet El Ghars<sup>i</sup></b>	NGH <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Deglet Nour</b>	DGN <sub>5</sub>	Foughala	<b>Noyet itima<sup>i</sup></b>	NIT <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Deglet Ziane</b>	DGZ <sub>5</sub>	Foughala	<b>Om Kentichi</b>	OMK <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Elghazia<sup>r</sup></b>	ELG <sub>5</sub>	Foughala	<b>Rotbet Abdalla<sup>s</sup></b>	RTA <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Elazouzia</b>	ELZ <sub>5</sub>	Foughala	<b>Rotbet Mâtoug</b>	RTM <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Ferounia</b>	FER <sub>6</sub>	Leghrouss	<b>Safraya<sup>r</sup></b>	SAF <sub>3</sub>	Chetma
<b>Ghars<sup>r</sup></b>	GHS <sub>6</sub>	Leghrouss	<b>Safraya<sup>r</sup></b>	SAF <sub>1</sub>	Ain Naga
<b>Ghars<sup>r</sup></b>	GHS <sub>1</sub>	Ain Naga	<b>Sbaâ Lâroussa</b>	SBL <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Ghars<sup>r</sup></b>	GHS <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Sokria<sup>r</sup></b>	SOK <sub>1</sub>	Ain Naga
<b>Ghazi<sup>r</sup></b>	GHZ <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Sokria<sup>r</sup></b>	SOK <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Ghazi<sup>r</sup></b>	GHZ <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Sersara</b>	SRS <sub>1</sub>	Ain Naga
<b>Halwai<sup>r</sup></b>	HAL <sub>1</sub>	Ain Naga	<b>Tichtat<sup>r</sup></b>	TCH <sub>5</sub>	Foughala
<b>Halwaya<sup>r</sup></b>	HAL <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Tichtat<sup>r</sup></b>	TCH <sub>5</sub>	Foughala
<b>Helwa<sup>r</sup></b>	HEL <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Thawri<sup>r</sup></b>	THW <sub>5</sub>	Foughala
<b>Hamraya<sup>r</sup></b>	HAM <sub>5</sub>	Foughala	<b>Thawri<sup>r</sup></b>	THW <sub>5</sub>	Foughala
<b>Hamraya<sup>r</sup></b>	HAM <sub>1</sub>	Ain Naga	<b>Tijaâranit</b>	TJR <sub>3</sub>	Chetma
<b>Hamraya<sup>r</sup></b>	HAM <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Timdjouhart<sup>r</sup></b>	TMJ <sub>3</sub>	Chetma
<b>Helwayet Deglet Nour<sup>d</sup></b>	HDN <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Timdjouhart<sup>r</sup></b>	TMJ <sub>7</sub>	Sidi Okba
<b>Helwayet Hamra<sup>d</sup></b>	HHM <sub>1</sub>	Ain Naga	<b>Tinicine</b>	TNC <sub>3</sub>	Chetma
<b>Horra<sup>r</sup></b>	HRR <sub>3</sub>	Chetma	<b>Tantboucht<sup>r</sup></b>	TNT <sub>5</sub>	Foughala
<b>Horra<sup>r</sup></b>	HRR <sub>7</sub>	Sidi Okba	<b>Tantboucht<sup>r</sup></b>	TNT <sub>6</sub>	Leghrouss
<b>Itima<sup>r</sup></b>	ITM <sub>3</sub>	Chetma	<b>Zommret Mimoune</b>	ZMM <sub>6</sub>	Sidi Okba
<b>Itima<sup>r</sup></b>	ITM <sub>7</sub>	Sidi Okba			

<sup>d</sup> dérivés ; <sup>i</sup> issus de noyaux ; <sup>r</sup> répétitions ; <sup>s</sup> synonyme.

### **2.3. Paramètres étudiés et modes opératoires**

Les paramètres concernés par cette étude sont : le pH, acidité titrable (AT), teneur en eau (H%), sucres totaux (ST), sucres réducteurs (SR), saccharose (Sc), Cendres totales (Cd), taux des solides solubles (TSS), éléments minéraux : Phosphore (P), sodium (Na), zinc (Zn) et cuivre (Cu).

#### **2.3.1. PH**

Le pH de la pulpe des dattes est mesuré suivant la norme NF V05-108, 1970 suivant les étapes citées ci-après :

- placer 20 g de la pâte préparée dans un bécher et y ajouter 60 ml d'eau distillée ;
- chauffer au bain-marie à 60°C pendant 30 mn en remuant de temps en temps ;
- broyer, filtrer et procéder à la détermination du pH en utilisant un pH mètre à 20°C ±2°C étalonné.

#### **2.3.2. Détermination de l'acidité titrable**

En se référant à la norme NF V 05-101, 1974, l'échantillon est préparé comme suit :

- peser 25 g de dattes broyées ;
- placer l'échantillon dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- adapter le réfrigérant à reflux à la fiole conique puis chauffer le contenu au bain-marie pendant 30 mn ;
- refroidir et transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie, bien mélanger puis filtrer.

Le titrage volumétrique se fait en prélevant 100 ml de l'échantillon pour essai et les verser dans un bécher de 250 ml. Ajouter 0.5 ml de phénolphtaléine, tout agitant, verser la solution de NaOH (0.1N) jusqu'à obtention d'une couleur rose persistant pendant 30 sd.

L'acidité en méq/ 100 g de produit est exprimée par la formule suivante :

$$250/m \times V1/10 \times 100/V0$$

V 1 : volume de NaOH de 0.1N (ml) ;

V 0 : volume de la prise d'essai en (ml) ;

m : masse du produit prélevé en (g).

### **2.3.3. Teneur en eau**

Elle est déterminée par la méthode Audigie et al., (1978) sur une partie aliquote de 5 g d'échantillon étalé dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve, à la pression atmosphérique, à une température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ . La démarche est la suivante :

- sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  ;
- tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur ;
- peser dans chaque capsule 5 g d'échantillon à une précision  $\pm 0.001$  g, et les placer dans l'étuve réglée à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  ;
- retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur, et après refroidissement, les peser. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).

La teneur en eau est égale à la perte de masse subie dans les conditions de la mesure. Elle est calculée par la formule suivant :

$$(M 1 - M 2/P) \times 100$$

H% : teneur en eau ou humidité ;

M 1 : masse initiale « avant dessiccation » « matière fraîche + capsule » ;

M 2 : masse finale « après dessiccation » « matière sèche + capsule » ;

P : masse de la prise d'essai.

### **2.3.4. Teneur en sucres**

#### **2.3.4.1. Dosage des sucres totaux**

Le sucre total a été déterminé par la méthode réfractométrique décrite dans AFNOR (1986) selon le mode opératoire suivant :

- peser 20 g de produit dans un bécher y ajouter quantité d'eau distillée égale ou supérieur à 5 fois la masse de produit ;

- chauffer au bain marie pendant 30 mn en remuant de temps en temps puis refroidir ;
- ajouter l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit approximativement de 100 ml, mélanger après une attente de 20 mn.

Pour la détermination de la teneur en sucre total, il faut appliquer une petite goutte de la prise d'essai qui couvre uniformément aux instructions opératoires de l'appareil.

Elle est calculée par la formule suivant :

$$\text{MXM } 1 / E$$

M : masse de sucre totaux pour 100 g de produit lue sur l'appareil ;

M 1 : masse totale de la solution pesée ;

E : masse de produit utilisé pour la détermination.

#### **2.3.4.2. Détermination de la teneur en sucres réducteurs**

La méthode de Navarre (1974) est basée sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans l'échantillon.

Dans une première étape, étalonner la liqueur de Fehling à l'aide d'une solution de glucose à 5 %. Ensuite, par comparaison, on détermine la quantité des sucres contenue dans l'extrait de datte.

Pour l'étalonnage il faut :

- introduire dans un erlenmeyer 10 ml de solution de Fehling A, ajouter 10 ml de solution de Fehling B puis 30 ml d'eau distillée ;
- verser en très petites quantités, la solution de glucose à 5% contenu dans une burette graduée, jusqu'à la décoloration complète de la liqueur de Fehling et la formation d'un précipite  $\text{Cu}_2\text{O}$  rouge.

Le dosage des sucres passe par les étapes citées ci-après :

- remplacer la solution de glucose par l'extrait préparé et dilué ;
- introduire dans un erlenmeyer 10 ml de solution de Fehling A, rajouter respectivement 10 ml de solution de Fehling B et 30 ml d'eau distillée ;

- opérer comme précédemment.

Les résultats sont exprimés par la formule :

$$R=5 \times N / N' \times F$$

R : la quantité des sucres réducteurs en g / litres ;

N : le nombre de ml de solution de glucose à 5% utilisée ;

N' : le nombre de ml de filtrat utiliser pour la décoloration de la liqueur de Fehling ;

F : le facteur de dilution.

#### **2.3.4.3. Détermination de la teneur en saccharose**

La teneur en saccharose est obtenue par la différence entre la teneur en sucres totaux et les sucres réducteurs présents dans l'échantillon.

$$\% \text{saccharose} = \% \text{ sucres totaux} - \% \text{ sucres réducteurs}$$

#### **2.3.5. Indice de qualité**

$$I = ST/H\%$$

Est égale au rapport de la teneur en sucres sur la teneur en eau des dattes. Le calcul de l'indice "r" proposé par Munier (1961) permet d'estimer le degré de stabilité du fruit, jugé optimal si le rapport "r" est égal à 2, et d'apprécier son aptitude à la conservation. Il conduit à classer les dattes qui sont alors qualifiées de molles pour un rapport "r" inférieur à 2, demi molles pour "r" compris entre 2 et 3.5 et sèches pour "r" supérieur à 3.5 (Reynes et al., 1994).

#### **2.3.6. Détermination de la teneur en cendres totales**

La détermination de la teneur en cendres par la méthode de Linden (1981) est basée sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de température élevée qui est de : 500°C.

Pour ce faire, il faut :

- peser 1 g de matière sèche dans une capsule préalablement tarée ;
- répéter l'opération 6 fois pour chaque variété de datte ;
- mettre les capsules au four à la température de 500°C pendant 5 à 6 h ;

- après refroidissement, retirer les capsules et prendre leurs poids.

La formule de calcul est :

$$\text{Teneur en cendre} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

M<sub>0</sub> : masse de la capsule vide en g ;

M<sub>1</sub> : masse initiale en g « capsule + matière sèche » avant incinération ;

M<sub>2</sub> : masse finale en g « capsule + cendres » après incinération.

### **2.3.7. Détermination du Taux des Solides Solubles (Girard, 1965)**

Mesuré au moyen de réfractomètre, de l'indice de réfraction d'une solution d'essai à la température de 20°C. Puis par la conversion à l'aide d'une table, de l'indice de réfraction en résidu sec soluble, ou lecture directe du résidu sec soluble sur le réfractomètre.

Le mode opératoire est comme suit :

- peser 10 g de dattes dénoyautées et coupées en petits morceaux que l'on additionne du double de son poids en volume d'eau distillée soit 20 ml ;
- après broyage et mélange au mixer, nous prélevons une goutte que l'on dépose sur le réfractomètre qui nous donne une lecture directe.

Le chiffre obtenu est multiplié par 3. Notons que le réfractomètre doit être réglé au 0 avec de l'eau distillée.

### **2.3.8. Dosage des éléments minéraux (Mvondo et al. 1992)**

L'analyse des minéraux passe par les étapes suivantes :

- porter 1g de matière végétale, séchée préalablement à 105°C dans un creuset en porcelaine, calciner à 550°C dans un four à moufle pendant 5 h jusqu'à l'obtention des cendres blanches;
- sortir l'échantillon et le laisser refroidir ;

- transférer les cendres dans un bécher de 100 ml et ajouter 5 ml Hcl (2N), couvrir d'un verre de montre ;
- digérer à ébullir doucement sur une plaque chauffante pendant 10 mn ;
- après refroidissement, ajouter 25 ml d'eau distillée, puis filtrer dans une fiole de 50 ml et avec un papier filtre, ajuster avec l'eau distillée à 50 ml ;

Cet extrait sert au dosage des éléments suivants :

- P : colorimétrie ;
- Na : photomètre à flamme ;
- Zn et Cu : spectrophotomètre d'absorption atomique.

#### **2.4. Traitement statistique des données**

Les valeurs représentées pour les différents paramètres étudiés constituent la moyenne de deux répétitions. Les moyennes ont fait l'objet d'une étude des corrélations afin de comprendre la nature des relations qui lient les paramètres et d'une analyse en composantes principales (**Taylor, 1990 et Jolliffe, 2002**) dont l'objectif était de dégager les caractéristiques principales des dattes sur le plan chimique, de déterminer les caractères les plus discriminants et de voir le degré de convergence des cultivars génétiquement proches.

La répartition des cultivars en clusters sur la base de la composition chimique de leurs dattes a été effectuée par l'emploi de la méthode de classification hiérarchique ascendante (CAH) utilisant la méthode de Ward (**Saracli et al. 2013**). L'objectif étant de vérifier la proximité des cultivars d'origine génétique proche et de définir les différentes classes auxquelles appartiennent les dattes des cultivars étudiés. L'ensemble des analyses a été réalisé en utilisant le logiciel XLSTAT version 2016.02.

### **3. Résultats**

L'ensemble des résultats de l'analyse chimique des dattes étudiées est présenté dans l'annexe 6.

#### **3.1. Analyse descriptive : moyennes et écart types**

##### **3.1.1. PH et acidité titrable**

Les valeurs du pH des dattes concernées par cette étude sont comprises entre 4.13 à 6.40 observées respectivement chez les cultivars Safraya (SAF<sub>3</sub>) et Ksebet Mira (KBM<sub>5</sub>) avec une moyenne de  $5.61 \pm 0.52$  pour la totalité des échantillons. Les cultivars ayant les pHs les plus bas sont : Hamraya (HAM<sub>1</sub>) et Halwa (HAL<sub>1</sub>) où des valeurs de 4.48 et 4.5 ont été enregistrées selon le même ordre, (Fig. 14) les dattes de ces mêmes cultivars sont caractérisées par de très faibles teneurs en eau et sont donc classées comme étant des dattes sèches. Alors que les dattes représentant le pH le plus élevé a été relevé chez Rotbet Mâtoug (RTM<sub>7</sub>) avec une valeur de 6.33. Ces dattes contiennent une importante teneur en eau et classées comme étant des dattes molles.

L'acidité titrable a varié entre les échantillons de dattes analysés (Fig.14) de 1.40 meq/100g pour Mokh El Begri (MEB<sub>7</sub>) et 12.47 meq/100g pour Deglet Debbab (DGD<sub>3</sub>) avec une moyenne de  $4.8 \pm 2.33$  meq/100g. Les plus faibles valeurs sont observées chez les dattes de Noyet Dglet Nour (NDN<sub>7</sub>) avec une valeur de 2 meq/100g meq/100g, Sersara (SRS<sub>1</sub>) avec 2.3, Sbaa Laaroussa (SBL<sub>7</sub>) avec 2.38 meq/100g et Elghazia (ELG<sub>5</sub>) avec 2.5 meq/100g. Les dattes de ces derniers cultivars sont considérées en majorité comme des dattes molles. Le constat est que quand l'acidité titrable a augmenté, selon nos résultats, en particulier chez Kseba (KSB<sub>6</sub>) (10.49 meq/100g) et Helway (HEL<sub>7</sub>) (10.2 meq/100g), de faibles teneurs en eau ont été notées.

##### **3.1.2. Teneur en eau**

La teneur en eau contenue dans les dattes échantillonnées est comprise entre 9,6% et 38.6% enregistrées chez les cultivars Halwa (HAL<sub>1</sub>) et Deglet Abdallah (DGA<sub>3</sub>) respectivement avec une moyenne de  $18.81 \pm 6.46$  (Fig. 14). Les teneurs en eau maximales ont été notées chez d'autres dattes à l'image de Ghars (GHS<sub>6</sub> et GHS<sub>7</sub>) avec des taux de 33.6 et 33.7%. Les dattes qui contiennent le moins d'humidité sont celles des cultivars Deglet Debbab (DGD<sub>3</sub>) avec 10.8% et Om Kentichi (OMK<sub>7</sub>) avec 11.2%.

### **3.1.3. Sucres**

La pulpe des dattes étudiées contient des teneurs importantes en sucres. Le taux des sucres totaux, exprimé en pourcentage de la matière sèche, a varié entre 46.5% (Kseba ; KSB<sub>6</sub>) et 75.9% (Sokria ; SOK<sub>1</sub>) avec une moyenne de l'ensemble estimée à  $64.25\pm 7.88$  (Fig. 14). La présence des sucres réducteurs (moyenne :  $32.06\pm 16,41\%$ ) était en équilibre avec celle du saccharose (moyenne :  $32.38\pm 14.86\%$ ) dans l'ensemble de l'échantillon. Les dattes qui contenaient le plus grand taux de sucres réducteurs étaient celles des cultivars Ghars (GHS<sub>1</sub>) et Sarsara (SRS<sub>1</sub>) avec respectivement 68.61% et 67.44%. Ces mêmes dattes contenaient les teneurs les plus basses en saccharose, enregistrées dans l'ensemble de l'échantillon, avec 1.39% et 2 % respectivement. Les teneurs en sucres réducteurs ont baissé jusqu'à 4.6% dans les dattes de Mech Degla (MDG<sub>5</sub>) et 4.7% dans les dattes de Horra (HRR<sub>3</sub>) qui sont comptées parmi les dattes sèches riches en saccharose.

#### **3.1.4. Indice de qualité**

L'estimation de l'indice de qualité "r", appelé aussi indice de dureté, permet de qualifier les dattes étudiées de dattes molles ("r" < 2), demi-molles (2 < "r" < 3.5) et sèches ("r" > 3.5). La moyenne de cet indice était de  $3.76 \pm 1.36$  dans notre échantillon. Selon nos résultats les dattes de six cultivars ont été classées à texture molle à savoir : Deglet Abdallah (DGA<sub>3</sub>) : 1.30, Ghars (GHS<sub>6</sub>) : 1.46, Itima (ITM<sub>3</sub>) 1.6 et Safraya (SAF<sub>3</sub>) 1.96 (Fig.14).

Notons toutefois, que des dattes déjà connues pour être molles ont enregistré des valeurs de « r » légèrement supérieures à 2, à titre d'exemple nous citons Feraounia (FER<sub>6</sub>), Ghars (GHS<sub>7</sub> et GHS<sub>1</sub>) et Hamraya (HAM<sub>5</sub>) avec des valeurs, données selon le même ordre, de 2.11, 2.13, 2.26, 2.27 et de 2.24.

Les dattes appartenant à la catégorie intermédiaire divergent en fonction de l'importance de la teneur en eau. Les variétés avec une valeur du « r » proche de la limite inférieure de l'intervalle (proche de 2) appartiennent à la catégorie « demi-molles » alors que celles dont le « r » avoisine la limite supérieure (3.5) sont dites « demi-sèches ». C'est le cas par exemple des dattes Arechti (ART<sub>4</sub>) et Deglet Nour (DGN<sub>5</sub>) pour les dattes demi-molles, et Kseba (KSB<sub>6</sub> et KSB<sub>7</sub>) pour les demi-sèches.

Concernant la dernière catégorie à laquelle appartiennent les « dattes sèches », les valeurs maximales de « r » sont relevées chez les cultivars Halwai (HAL<sub>1</sub>), Mech Degla (MDG<sub>7</sub>) et Degla Baidha (DGB<sub>1</sub>) avec des valeurs, données suivant le même ordre, de 7.65, 6.1 et 6.08.

Notons que notre étude a classé certaines dattes, considérées habituellement molles, comme étant des dattes demi-molles avec des valeurs de « r » supérieures à 2 à l'image de Rotbet Mâtoug (RTM<sub>7</sub>), Rotbet Abdalla (RTA<sub>7</sub>).

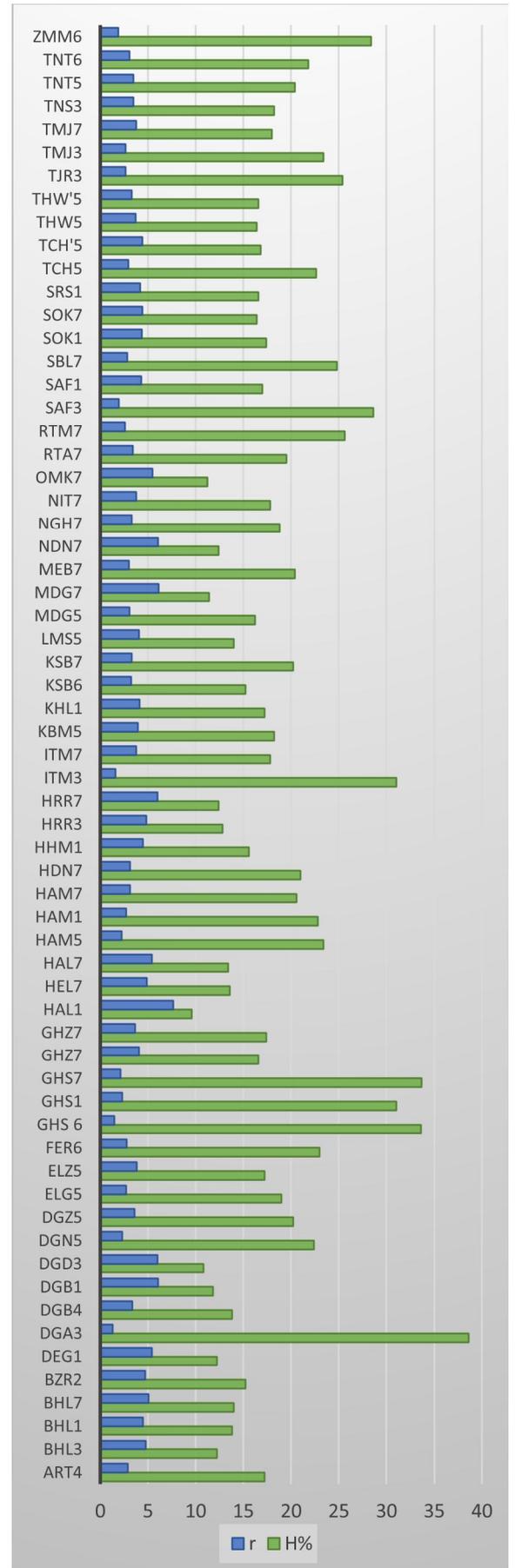
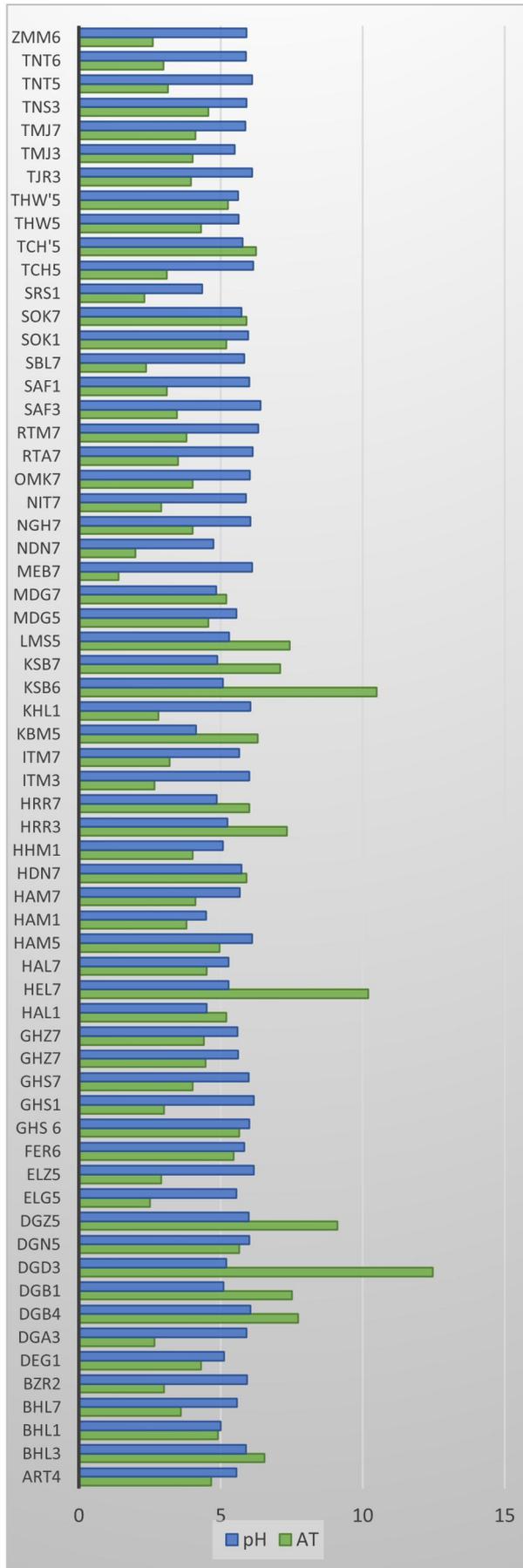


Figure 14 : Valeurs du pH, acidité titrable, teneur en eau et indice de qualité des dattes étudiées

### **3.1.5. Cendres totales et taux des solides solubles TSS**

La moyenne des teneurs en cendres des dattes étudiées était de  $2.16 \pm 0.95$  g/100g de MS. Les dattes renfermant des teneurs élevées sont, par ordre décroissant, celles de Tichtat (TCH<sub>5</sub>) avec 3.88 g / 100 g de MS, et Deglet Ziane (DGZ<sub>5</sub>) avec 3.59 g / 100 g de MS suivi par, Timdjouhart (TMJ<sub>3</sub>) Deglet Nour (DGN<sub>5</sub>), Deglet Debbab (DGD<sub>3</sub>) avec des valeurs de 3.59, 3.57 et 3.56g/100g de MS respectivement (Fig.15). Les teneurs les plus faibles ont été enregistrées pour Mokh El Begri (MBG<sub>7</sub>) avec 0.7 g / 100 g de MS et Bouzerrou (BZR<sub>2</sub>) avec 0.82g / 100 g de MS.

La valeur maximale du taux des solides solubles qui a été enregistrée dans les différentes dattes est de l'ordre de 89.4% trouvée chez Degla Baidha (DGB<sub>1</sub>), suivi par Arehti (ART<sub>4</sub>) avec un taux de 86.21%. Les dattes du cultivar Tinicine (TNC<sub>3</sub>) contenaient le plus faible TSS avec 23.4%. La moyenne estimée pour l'ensemble des cultivars était de  $54.07 \pm 18.46\%$  (Fig.15).

### **3.1.6. Eléments minéraux**

#### **3.1.6.1. Phosphore**

La quantité moyenne de phosphore contenue dans notre échantillon était de  $34.67 \pm 7.48$  mg/100g de MS. Les dattes les plus riches en phosphore étaient en particulier observées chez Elazouzia (ELZ<sub>5</sub>) avec 70 mg/100g suivi de Halwaya (HAL<sub>7</sub>; 49.31 mg/100g) et les plus pauvres Tichtat (TCH<sub>5</sub>) et Timdjouhart (TMJ<sub>3</sub>) avec des teneurs de 27 mg/100g et Tantboucht (TNT<sub>5</sub>) avec 27.18 mg/100g (Fig.16).

#### **3.1.6.2. Sodium**

La teneur en sodium exprimée en pourcentage par rapport à la matière sèche est comprise entre 12.59 mg/100g de MS pour les dattes de Lemsaref (LMS<sub>5</sub>) et de 41.16 mg/100g de MS pour celles de Bouhlass (BHL<sub>1</sub>) avec une teneur moyenne de  $22.01 \pm 7.41$  mg/100g de MS toutes dattes confondues (Fig.16). Globalement, le taux de sodium était relativement faible en particulier pour Mech Degla (MDG<sub>5</sub>) avec 13.21% et Tichtat (TCH<sub>5</sub>) avec 13.83%. Les cultivars Helwaye (HEL<sub>7</sub>) et Safraya (SAF<sub>1</sub>) sont également comptés parmi les plus riches en sodium avec 36.27 et 32 mg/100g de MS respectivement.



Figure 15 : Taux des sucres totaux, sucres réducteurs, saccharose, teneur en cendres et TSS

### **3.1.6.3. Cuivre**

Les teneurs en cuivre les plus élevées ont été observées dans les dattes de Tinicine (TNC<sub>3</sub>) avec 0.8 mg/100g de MS, suivi par Mech Degla (MDG<sub>5</sub>) et Horra (HRR<sub>3</sub>) avec 0.52 et 0.51% respectivement. Des teneurs très faibles de l'ordre de 0.01 et de 0.02 % ont été enregistrées chez une grande partie des cultivars, la moyenne de l'ensemble étant de 0.23±0.17% (Fig. 16).

### **3.1.6.4. Zinc**

La moyenne de la teneur en zinc était de 0.28±0.21%. Des teneurs relativement faibles ont caractérisé les dattes échantillonnées avec une limite inférieure égale à 0.01% observée chez Helwayet Hamra (HHM<sub>1</sub>) (Fig. 16). Les cultivars Tantboucht (TNT<sub>5</sub>), Rotbet Mâtoug (RTM<sub>7</sub>), Rotbet Abdalla (RTA<sub>7</sub>) et Kahlay (KHL<sub>1</sub>) ont également renfermé des taux très faibles en zinc (0.03%) au moment où les dattes les plus riches en cet élément étaient celles de Bouhlass (BHL<sub>7</sub>) et Degla Baidha (DGB<sub>1</sub>) avec 0.8%.

Notons que les valeurs mesurées, pour l'ensemble des paramètres étudiés, au sein d'un même cultivar ont largement varié d'un individu échantillonné à un autre.

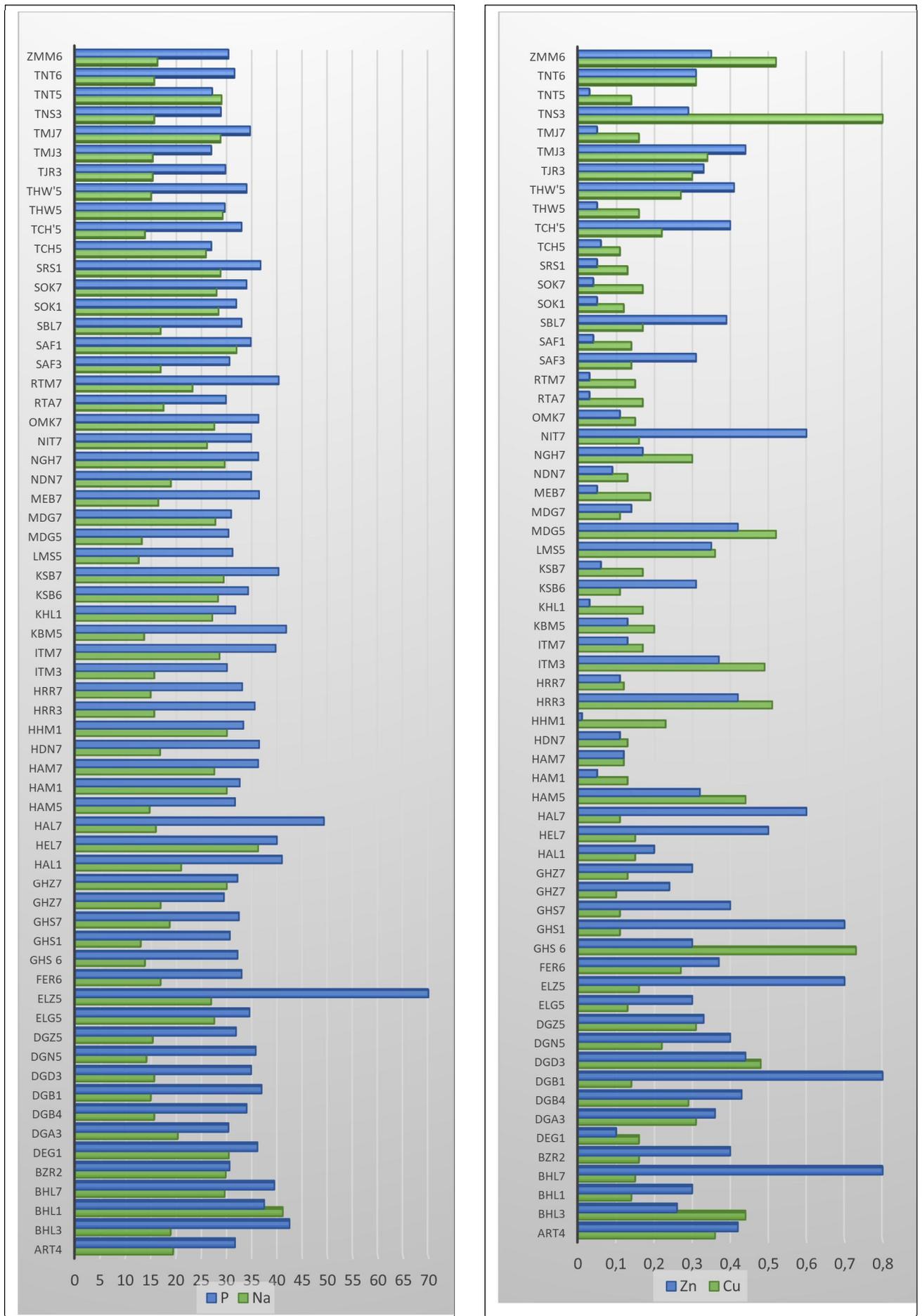


Figure 16 : Taux de phosphore, sodium, zinc et cuivre dans les dattes étudiées

### 3.2. Corrélations

Le test de corrélation de Pearson (un niveau de signification de 0.01) a révélé d'importantes corrélations liant les paramètres chimiques des dattes, nous tenons compte de celles dont le  $r^2$  est supérieur à 0.4.

En se référant au Tableau 11, nous observons des corrélations positives qui avaient lié l'acidité titrable (AT) au saccharose (SC) et aux cendre (CD), le pH à l'humidité (H%), les sucres totaux (ST) à l'indice de qualité (r), le saccharose (Sc) au TTS. Toutefois, les corrélations négatives ont été plus observées notamment entre l'acidité titrable (AT) et les sucres réducteurs (SR), le pH et l'indice de qualité (r), la teneur en eau (TE) et le saccharose (SC), le TSS ainsi que l'indice de qualité (r). Une très forte corrélation négative a été observée entre le saccharose (SC) et les sucres réducteurs (SR) avec  $r = -0,866$  ( $p < 0,0001$ ). Ce dernier composant d'une part et le sodium (Na) d'une autre part, sont inversement corrélés aussi bien aux cendres (Cd) qu'au taux de cuivre (Cu) présent dans les dattes.

**Tableau 11:** Matrice de corrélations des paramètres chimiques (Abréviations en Tableau10).

Param-ètres	AT	pH	TE	ST	SC	SR	r	TSS	CD	Na	P	Cu
pH	-0,287											
TE	<b>-0,371</b>	<b>0,482</b>										
ST	-0,087	-0,212	-0,301									
SC	<b>0,436</b>	-0,132	<b>-0,456</b>	0,152								
SR	<b>-0,454</b>	0,006	0,263	<b>0,354</b>	<b>-0,865</b>							
r	0,303	<b>-0,541</b>	<b>-0,870</b>	<b>0,565</b>	<b>0,395</b>	-0,074						
TSS	0,279	-0,298	<b>-0,398</b>	0,298	<b>0,641</b>	<b>-0,457</b>	<b>0,417</b>					
CD	<b>0,323</b>	-0,109	0,133	-0,107	0,305	<b>-0,353</b>	-0,117	0,173				
Na	-0,127	-0,164	-0,285	0,215	-0,140	0,254	0,238	-0,078	<b>-0,439</b>			
P	0,069	-0,158	-0,290	0,152	-0,005	0,084	0,294	0,239	-0,195	0,184		
Cu	0,185	0,179	0,211	<b>-0,502</b>	0,173	<b>-0,416</b>	-0,284	-0,042	<b>0,364</b>	<b>-0,483</b>	-0,205	
Zn	0,194	0,119	0,056	-0,170	0,013	-0,109	-0,035	-0,093	-0,009	<b>-0,332</b>	0,248	0,192

*En gras corrélation significative à un niveau de probabilité de 0.01.*

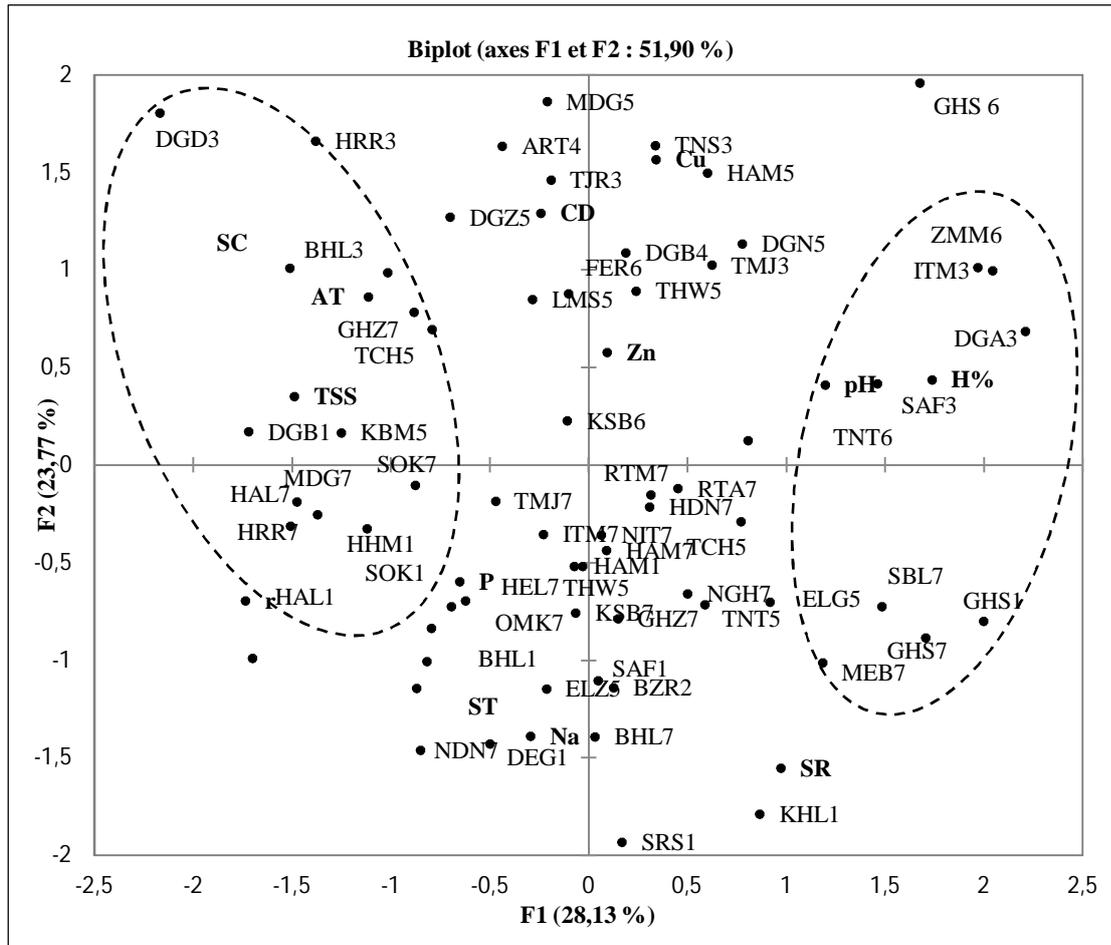
### **3.3. Analyse en composantes principales (ACP)**

L'objectif de cette analyse est l'exploration de la variabilité inter et intra cultivars des dattes récoltées de cultivars choisis parmi les plus fréquents, à partir de la diversité variétale existante dans les différentes régions des Ziban sur la base de quelques caractéristiques chimiques des dattes.

Le récapitulatif des résultats de l'analyse en composantes principales des paramètres chimiques des dattes étudiées est présenté Annexe 7. L'examen des données fait ressortir une variation cumulée de 62.281 %, associée aux axes 1, 2 et 3. Ainsi, nous considérons ces trois axes pour rendre compte de la distribution des variables (descripteurs chimiques) et des génotypes (cultivars). La première composante principale (CP1) explique 28.127%, la deuxième 23.77% et la troisième 10.384% de la variabilité totale.

La projection des cultivars sur les plans 1-2 et 1-3 concerne les cultivars les plus contributifs aux 3 premiers axes factoriels (Annexe 8). La variation observée dans l'axe 1 est expliquée par la contribution positive de deux variables : pH et teneur en eau (TE) qui s'opposent par rapport à ce même axe, aux variables de l'acidité titrable (AT), le taux de saccharose (SC), l'indice de qualité (r) et le taux des solides solubles (TSS). Deux groupes de variables contribuent inversement à la formation de la CP2, le premier situé sur son extrémité positive représenté par les taux de cendre (Cd) et de cuivre (Cu), le deuxième est formé par les sucres totaux (ST) et réducteurs (SR), et le taux sodium (Na). Les variables les plus contributives au troisième axe factoriel se situent sur la même extrémité positive et sont le phosphore (P) et le Zinc (Zn).

A travers les Figures 17 et 18 qui permettent une visualisation synchrone des caractéristiques chimiques des dattes et des cultivars leur correspondant, nous observons la dispersion de ces derniers sur les plans ce qui renseigne sur une importante diversité existante du fait de leur distance dans l'espace.



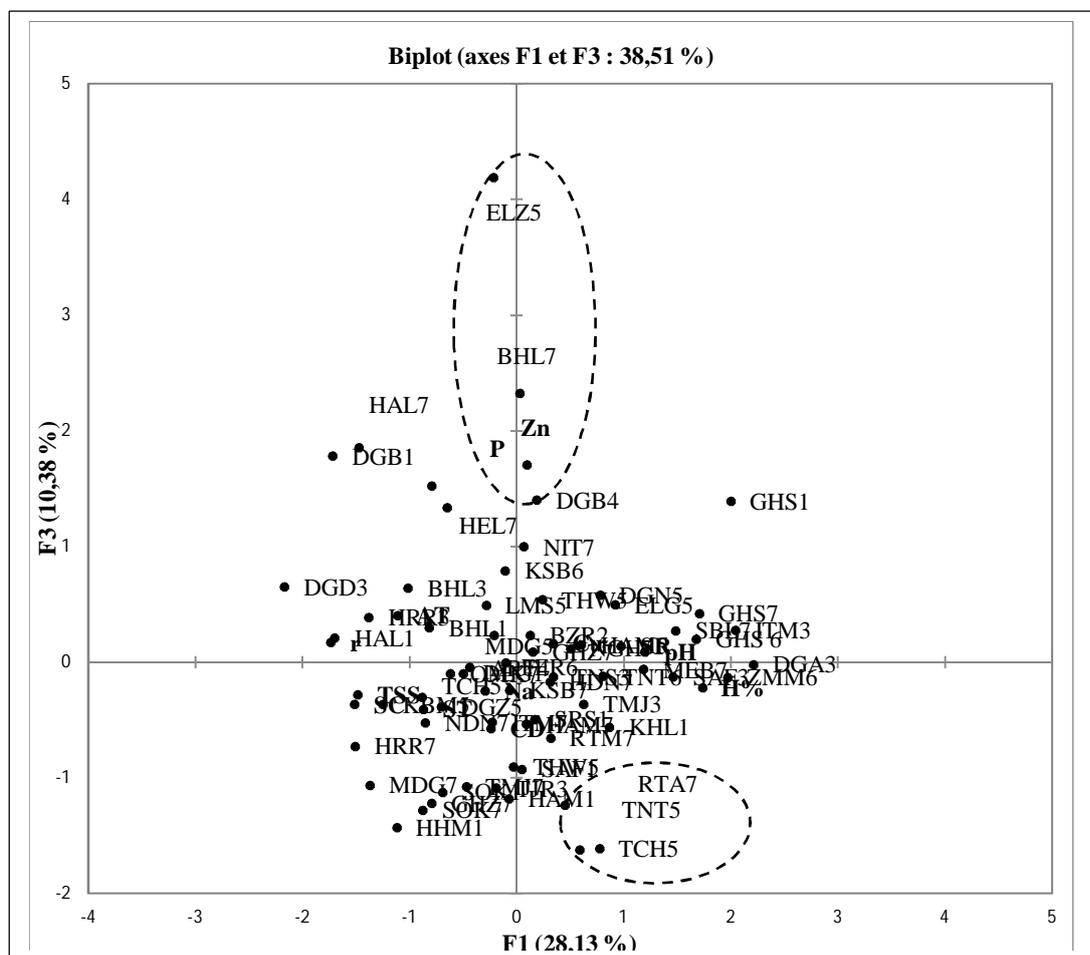
Les

**Figure 17 :** Projection des cultivars et des paramètres chimiques des dattes sur le plan 1–2 (Abréviations en tableau 10)

résultats de L'ACP que nous avons obtenus ont permis la caractérisation chimique des dattes de cinquante cultivars des soixante-trois étudiés en se basant sur treize paramètres.

Les cultivars les plus contributifs à la première composante principale sont répartis sur deux groupes distincts, le premier situé sur l'extrémité positive et renferme Deglet Abdalla (DGA3), Elghazia (ELG5), Ghars (GHS1 et GHS7), Itima (ITM3), Mokh El Begri (MEB7), Safraya (SAF3), Sbaâ Lâroussa (SBL7), Tantboucht (TNT6) et Zommeret Mimoune (ZMM6). Les fruits de ces cultivars sont de consistance molle contenant de grandes quantités d'eau et leur pH est important. Par opposition à ce groupe, Bouhlass (BHL3), Degla Baidha (DGB1), Deglet Debbab (DGD3), Ghazi (GHZ7), Halwaï (HAL1), Halwaya (HAL7), Helwayet Hamra (HHM1), Horra (HRR7), Ksebet Mira (KSM5), Mech Degla (MDG7), Sokria (SOK1 et SOK7) et Tichtat (TCH5) forment un groupe homogène dont les principales caractéristiques sont la richesse en saccharose

(Sc) et l'acidité titrable (AT) élevée en plus d'un indice de qualité (r) et important taux des solides solubles (TSS) importants.



**Figure 18 :** Projection des cultivars et des paramètres chimiques des dattes sur le plan 1–3 (Abréviations en tableaux 10)

L'information contenue au niveau de la deuxième composante principale est expliquée par la présence de deux groupes homogènes opposés situés sur ses extrémités ; le premier dont la contribution est positive et est composé de douze cultivars à savoir Arechti (ART<sub>4</sub>), Degla Baidha (DGB<sub>4</sub>), Deglet Nour (DGN<sub>5</sub>), Deglet Ziane (DGZ<sub>5</sub>), Feraounia (FER<sub>6</sub>), Ghars (GHS<sub>6</sub>), Hamraya (HAM<sub>5</sub>), Horra (HRR<sub>3</sub>), Mech Degla (MDG<sub>5</sub>), Tawri (TWR<sub>5</sub>), Tijaranit (TJR<sub>3</sub>), Timdjouhart (TMJ<sub>3</sub>) et Tinicine (TNC<sub>3</sub>) qui se caractérisent par des taux élevés en cendre (Cd) et cuivre (Cu). Le deuxième groupe avec une contribution négative, est constitué de : Bouhlas (BHL<sub>1</sub>), Bouzerou (BZR<sub>2</sub>), D'fer El Guat (DEG<sub>1</sub>), Ghazi (GHZ<sub>7</sub>), Kahlay (KHL<sub>1</sub>), Noyet Deglet Nour (NDN<sub>7</sub>), Safraya (SAF<sub>1</sub>) et Sersara (SRS<sub>1</sub>), dont les dattes renferment des quantités importantes de sucres totaux (ST), sucres réducteurs (SR) et sodium (Na).

La troisième composante principale est représentée par Bouhlass (BHL<sub>7</sub>), Elazouzia (ELZ<sub>5</sub>) et Lemsaref (LMS<sub>5</sub>) caractérisés par des dattes très riches en phosphore (P) et Zinc (Zn) contrairement à celles de Rotbet Abdalla (RTA<sub>7</sub>), Tichtat (TCH<sub>5</sub>) et Tantboucht (TNT<sub>5</sub>).

### **3.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH)**

La classification ascendante hiérarchique des soixante-trois cultivars réalisée sur la base des caractéristiques chimiques de leurs dattes (Fig.19) a permis la formation de quatre groupes homogènes (troncature à 0.52%) selon la méthode de Ward et le critère d'agrégation de la distance euclidienne. Nos résultats ont montré un important niveau de dissimilarité qui a varié de 0.014 à 1.27 % et une variance intraclasse, de l'ordre de 60.31%, plus importante que la variance entre les classes qui avoisine les 39.69%.

Le premier cluster (C1) comprend dix cultivars dont les caractéristiques principales sont la forte teneur en eau (28.73% en moyenne), la dominance des sucres réducteurs (50% en moyenne), le pH important et les plus faibles valeurs de l'indice de qualité 'r' et de l'acidité titrable. Les cultivars les plus étroitement liés sont Deglet Abdalla (DGA<sub>3</sub>) et Itima (ITM<sub>3</sub>) avec  $d=0.0255$  et Ghars (GHS<sub>1</sub>) et Ghars (GHS<sub>7</sub>) avec  $d= 0.0263$ .

Le second cluster (C2), comprenant dix-huit cultivars partage avec son précédent une caractéristique qui est la faible quantité de sucres totaux contenues dans les dattes. Des taux réduits de TSS ont également été observés dans ce groupe au moment où le saccharose (Sc) était dominant. L'acidité titrable (AT) et le taux de cendre (Cd) sont les plus importants tout comme la composition des éléments cuivre (Cu) et zinc (Zn). Les cultivars les plus proches dans ce groupe sont Thawri (THW<sub>5</sub>) et Deglet Nour (DGN<sub>5</sub>) Mech Degla (MDG<sub>5</sub>) et Arechti (ART<sub>4</sub>) avec une distance de 0.014 et 0.0144 respectivement.

Le troisième cluster est le plus grand avec ses vingt-huit individus parmi lesquels sont enregistrés les plus bas niveaux de dissimilarité ( $d= 0.012$  ; TNT<sub>5</sub> et TCH<sub>5</sub> et  $d= 0.018$  ; ITM<sub>7</sub> et HAM<sub>7</sub>), la teneur en eau moyenne des dattes est de 17.61% et est très proche du groupe précédent. La présence des sucres réducteurs (SR) est plus marquée que celle du saccharose (Sc), les cendres (Cd) et le zinc (Zn) ont enregistrés les moyennes les plus basses alors que le sodium (Na) a été le plus important.

Le dernier groupe est le plus petit et s'oppose au premier cluster par rapport à la majorité des caractéristiques. En effet, les dattes des sept cultivars qui forment ce groupe sont les plus sèches (teneur en eau %= 12.75%) avec un pH très faible (4.7) et contenant le plus grand taux de sucres totaux (ST) avec une moyenne de 72.54% ce qui conduit à d'importantes valeurs observées de l'indice de qualité 'r' et des TSS. Egalement le taux du phosphore (P) enregistré était le plus grand. Les plus bas niveaux de dissimilarité ont été enregistrés entre Halway (HAL<sub>7</sub>) et Degla Baidha (DGB<sub>1</sub>) et Halwaia (HAL<sub>1</sub>) et Horra (HRR<sub>7</sub>) avec 0.042 et 0.057 respectivement.

Les résultats de la classification ascendante hiérarchique ont permis la répartition les dattes des cultivars en quatre classes différentes qui ont été définies sur la base des paramètres chimiques suivants : la teneur en eau, l'indice de qualité 'r' et la balance entre saccharose et sucre réducteurs. Ces classes se distinguent du point de vue consistance : dattes sèches, demi-sèches, demi-molles et molles (Fig.19).

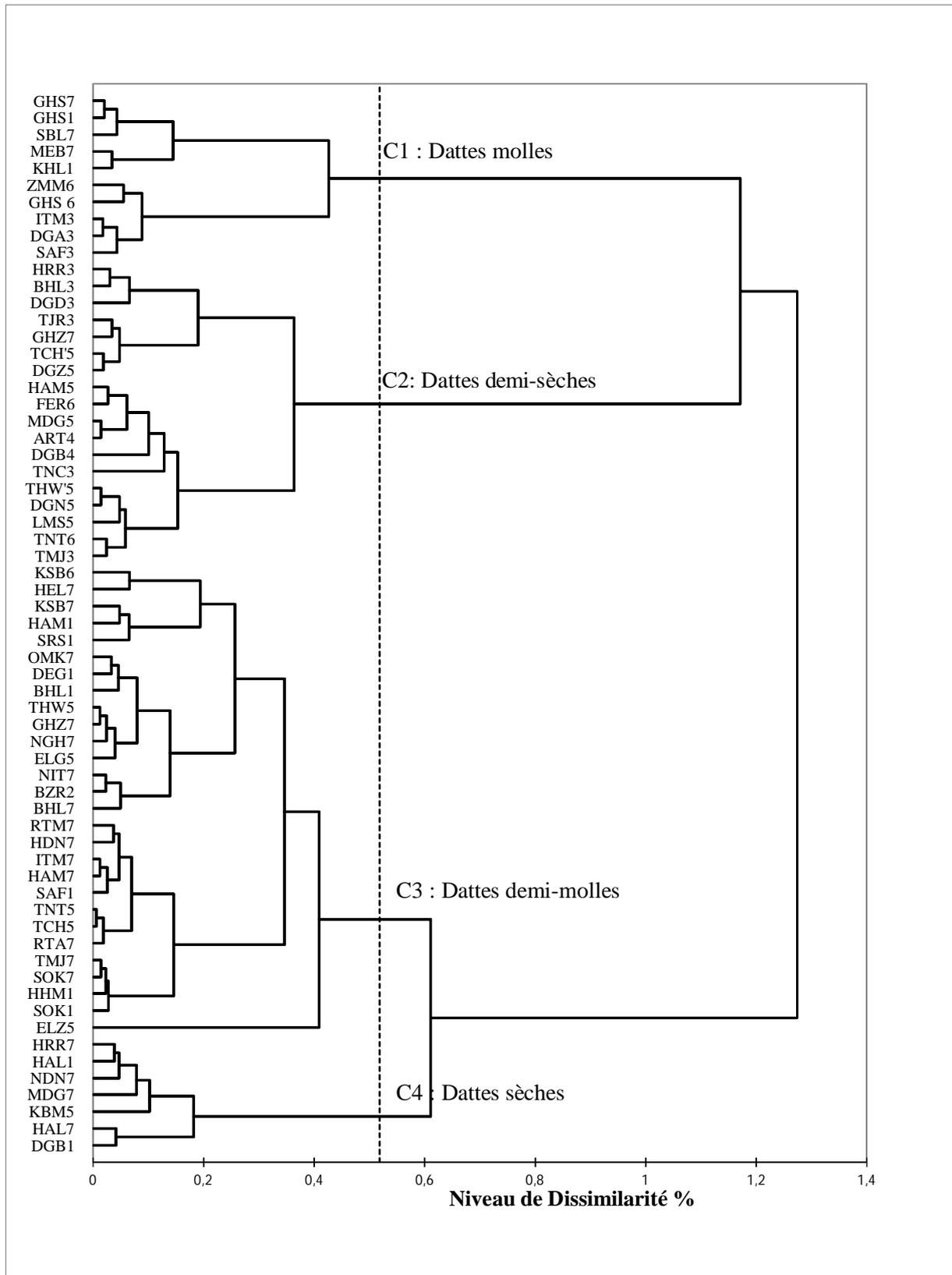


Figure 19 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) des cultivars basée sur les caractères chimiques des dattes

## 4. Discussion

Ce travail a été entrepris afin d'étudier la diversité chimique des plus importants cultivars de palmier dattier dans différentes communes de la région des Ziban. Treize paramètres chimiques ont été utilisés pour la caractérisation des dattes de soixante-trois échantillons dont 40 cultivars, trois dérivés, trois issus de noyaux et un cas de synonymie. L'objectif principal étant la contribution à une meilleure connaissance de la composition chimique des dattes dans la région des Ziban tout en déterminant les paramètres les plus discriminants pour leur distinction et valorisation.

Un très large spectre de variation dans la composition chimique des dattes étudiées a été mis en évidence à travers les résultats que nous avons obtenus et dont les valeurs correspondent globalement à celles trouvées dans les différentes études menées auparavant (**Acourene et Tama, 1997** ; **Al-Shahib et Marshall, 2003** ; **Ismail et al., 2006** ; **Al-Farsi et al., 2008** ; **Saafi et al., 2008** ; **El-Sohaimy et Hafez, 2010** **Hasnaoui et al., 2011** ; **El Arem et al., 2011** ; **Ben Ismail et al., 2013** ; **Acourene et al., 2014**). Ces études qui traitent de la caractérisation et l'évaluation de la qualité des dattes, le plus souvent, dans une optique de valorisation des ressources phytoénétiques du palmier dattier.

Nos résultats ont montré que les dattes sèches ont enregistré les pH les plus bas. De même, les dattes molles ont observé les valeurs les plus faibles de l'acidité titrable (AT) qui a été maximale au niveau des dattes sèches de Deglet Debbab (DGD<sub>31</sub>) avec une valeur de 12.47 meq/100g. Des valeurs importantes d'acidité titrable (AT) ont été observées également chez les dattes des cultivars Ahmar 2 (14 meq/100g) (**Lemine et al., 2014**) et Gargoda (12.4 meq/100g) (**Elshibli et Korpelainen, 2009**).

Les dattes analysées ont montré une richesse en sucres totaux, en particulier chez les dattes de consistance sèche, supérieures à celles trouvées chez certaines dattes de Tunisie (**Ben Ismail et al., 2013**), du **Bengladesh (Parvin et al., 2015)**. Pour le contenu en sucres totaux (maximum : 75.0%), les maximas que nous avons observés demeurent relativement faibles en comparaison à ceux trouvés par d'autres travaux effectués en Algérie à savoir **Bousdira (2007)** (maximum : 93%) et **Acourene (2014)** (maximum : 89.34%). Toutefois, il est à souligner, que dans notre étude, les dattes qui contenaient le plus grand taux de sucres totaux sont celles de Sokria (SOK) et de Halwa (HAL), ce qui est en adéquation parfaite avec les appellations locales de ces cultivars. L'appellation de Sokria (SOK) qui signifie "sucré" indique l'importance du savoir

local en terme d'appréciation du goût des dattes et comment les populations locales ont pu spécifier les dattes de tels cultivars par un goût plus sucré par rapport aux autres dattes, qui sont, généralement, toutes sucrées aux regards des autres personnes qui n'habitent pas les oasis. De même, le cultivar Halwa (HAL) est assimilé vu son goût sucré, sa forme ovoïde et sa taille petite à un bonbon (Halwa en arabe désigne un bonbon). Un cas similaire a été constaté chez les dattes du cultivar Mauritanien "Bou Seker" (sucré) qui contient un taux élevé en sucres totaux estimé à 84% (**Lemine et al., 2014**).

Plus que la moitié des dattes analysées ont un indice de qualité (**Munier, 1973**) supérieur à 3.5 et sont ainsi de consistance sèche alors que seulement cinq sont des dattes molles ayant une valeur du 'r' inférieure à 2. Au sein d'un même cultivar, les dattes des palmiers échantillonnés de différentes oasis avaient majoritairement la même consistance (CV. Hamraya : HAM<sub>1</sub>, HAM<sub>5</sub> et HAM<sub>7</sub>). Cependant, pour d'autres cultivars, une variation dans les valeurs du 'r' calculées réparties leurs échantillons dans deux classes différentes mais voisines, le 'r' ayant selon le cas des valeurs très proches (cv. Ghars : GHS<sub>1</sub>, GHS<sub>6</sub> et GHS<sub>7</sub>) ou très loin les unes des autres (Degla Baidha : DGB<sub>1</sub> et DGB<sub>4</sub>).

Les quantités de cendres (Cd) contenues dans notre échantillon sont de même ordre que celles trouvées dans d'autres cultivars Algériens (**Acourene, 20014 et Bousdira, 2007**), Saoudiens (**Sawaya et al., 1983**), Tunisiens (**El Arem et al., 2011**), Marocains (**Hasnaoui et al., 2011**) et Iraniens (**Sahari et al., 2007**) et Soudanais (**Sulieman et al., 2012**).

Le taux de solides solubles (TSS) renseigne sur la richesse des dattes étudiées en matières glucidiques. Au stade 'tamr' la datte contient le maximum de solides solubles (**Sawaya et al., 1983**). Nos résultats ont révélé une étendue plus importante des valeurs des taux de solides solubles (TSS) observées en comparaison avec les données bibliographiques (**Mohamed et al., 1983; Bousdira, 2007, Acourene et al., 2001**).

Les dattes sont considérées comme une importante source d'éléments minéraux pour les consommateurs. Les minéraux sont généralement importants en tant que constituants de l'hémoglobine, des tissus mous, des os, des dents, des muscles et des cellules nerveuses (**O'Dell et Sunde, 1997**). La consommation de 100 grammes de dattes fournit plus de 15% de l'apport journalier recommandé pour le sélénium, le magnésium, le cuivre et le potassium et plus de 7% de manganèse, de fer, de phosphore et de calcium (**Al-Farsi et Lee, 2008**).

Les résultats de la composition minérale de notre échantillon de dattes ont montré une légère variation en comparaison aux études précédentes. Leurs contenus en sodium bien qu'il soit de même ordre que celui enregistré par **Sawaya et al., (1983)**, **Sahari et al., (2007)** et **Hasnaoui, (2013)**, il reste inférieur aux maxima rapportés par **Al-Farsi et Lee (2008)**.

Les quantités des éléments phosphore (P), zinc (Zn) et cuivre (Cu) des dattes étudiées sont compatibles avec certaines données bibliographiques (**Al-Farsi et Lee, 2008 ; Parvin et al., 2015**). Toutefois, le taux de phosphore (P) était plus faible que celui trouvé par **Sawaya et al., (1983)** et plus important que celui des dattes analysées par **Hasnaoui (2013)**. Egalement, les teneurs en cuivre (Cu) et zinc (Zn) étaient inférieures à celles observées par **Sawaya et al. (1983)**, **Harrak et Boujnah (2012)**, **Hasnaoui (2013)** et **Al-Shahib et Marshall (2003)**.

Notons que pour les cultivars où plusieurs pieds ont été échantillonnés de différentes oasis, des variations notables dans la composition chimique ont été mises en évidence par nos résultats et ce concernant la majorité des paramètres étudiés y compris ceux qui sont déterminants pour la classification des dattes et l'évaluation de leur qualité (**Hasnaoui, 2013 ; Lemine et al., 2014**). Ces différences ont concerné aussi bien les différents types de sucres que le pH et acidité et aussi les éléments minéraux. Les travaux de **Booij et al., (1992)** ont montré la présence d'une variation intraclonale significative en ce qui concerne les éléments minéraux contrairement aux différents sucres (invertis et non invertis) contenus dans les dattes dont la variation était non significative.

Le test de Pearson a révélé l'existence de corrélations très significatives entre les paramètres chimiques étudiés. La diminution du pH a été associée à une augmentation de l'acidité titrable; ces deux paramètres sont considérés par de nombreux auteurs comme des indicateurs de qualité (**Elshibli et Korpelainen, 2009 ; Harrak et Boujnah, 2012**). En effet, **Rygg (1948a)** a indiqué que les dattes ayant des valeurs de pH proches du neutre avaient une bonne qualité commerciale alors que celles ayant une acidité élevée avaient une qualité de fruits médiocres. De sa part, **Hulme (1970)**, considère que l'acidité titrable permet et de manière pratique l'évaluation commerciale des fruits. De plus, les dattes contiennent un certain nombre d'acides organiques considérés comme contribuant à la saveur (**Barreveled, 1993**).

Egalement, la faible teneur en eau des dattes qualifiées de sèches sont caractérisées par un pH acide (**Rygg, 1948b**) et une grande richesse en saccharose (**Cook et Furr, 1953**). Une forte corrélation négative a été observée entre les teneurs en saccharose et de sucre réducteur dont la

quantité est importante dans les dattes molles (teneur en eau supérieure à 35%) à faibles valeurs d'acidité titrable. Ceci a été attribué à l'activité croissante de l'enzyme invertase qui hydrolyse le saccharose en glucose et en fructose jusqu'à achèvement ou presque dans les cultivars à dattes molles, mais l'hydrolyse n'est atteinte que partiellement chez les cultivars à dattes semi-sèches / sèches (**Cook et Furr, 1953 ; Sawaya et al., 1983**). En effet, Les dattes molles à humidité importante contiennent des teneurs très minimales à nulles de saccharose à l'inverse des dattes sèches et demi sèches qui se caractérisent par une teneur en saccharose importante (Hasnaoui, 2013). Nos résultats s'alignent avec ceux obtenus par **Elshibli et Korpelainen (2009), El Arem et al. (2011)** et **Hasnaoui, (2011)**.

La teneur en cendres totales ne correspond pas exactement à la teneur en matières minérales d'une matière organique à cause des pertes des substances par volatilisation ou augmentation sensible du poids par formation de carbonates ou d'oxydes (**Hasnaoui, 2013**). La corrélation négative observée entre les cendres (Cd) et le sodium (Na) peut s'expliquer, entre autres, par le fait que le sodium est présent dans les dattes en très faible quantité en comparaison à d'autres composants chimiques (en particulier le potassium) et ne représente qu'une fraction minime de la composition minérale de ces fruits. D'autre part, on suggère le rôle essentiel des vieilles palmes dans l'emprisonnement du sodium (Na) en faveur du transfert des autres éléments dans la sève élaborée pour gagner le fruit. Le cuivre est inversement corrélé aux sucres, ce qui laisse supposer un blocage (par antagonisme) dans son absorption puisqu'il s'agit d'un composant essentiel de nombreuses enzymes. De même, une corrélation négative est observée entre la présence du sodium et celles du Cuivre et du Zinc dont l'explication serait un antagonisme. Des résultats semblables ont été obtenus par **Bousdira (2007)**.

L'analyse en composantes principales a permis de faire ressortir (en fonction de leurs valeurs propres) les constituants chimiques des dattes les plus discriminants à savoir les éléments suivants : phosphore (P), zinc (Zn) et cuivre (Cu), la teneur en eau (TE), le taux des sucres réducteurs (SR) et non réducteurs (saccharose : Sc), l'indice de qualité (r), le taux des sucres totaux (ST), le TSS, le pH et l'acidité titrable (AT). Cette forte discrimination justifie l'emploi des composants en particulier ceux liés à la teneur en eau (TE) et aux sucres (ST, SR et Sc) comme éléments de base dans la classification des dattes selon leurs consistances en dattes molles, sèches et demi-molles (**Munier, 1961 ; Mohamed et al., 1983 ; Estanove, 1990 ; Reynes et al., 1994 ; Acourene et Tama, 1997 ; Cook et Furr, 1953**).

Des dattes de différentes consistances (molles, demi-molles, demi-sèches et sèches) se sont caractérisées par une valeur nutritive très importante comme par exemple Ghars (GHS<sub>6</sub>), Deglet Nour (DGN<sub>5</sub>) et Mech Degla (MDG<sub>5</sub>) vu leurs taux élevés en cendres (Cd) qui sont considérées par **Parvin et al. (2015)** comme un indice de la valeur nutritive des aliments.

L'opposition des dattes de consistance molle et sèche a été mise en évidence par l'ACP. La distinction a été basée sur les paramètres suivants : teneur en eau (TE), taux du saccharose (Sc), le pH et l'acidité titrable. Ainsi, les dattes molles sont caractérisées par une teneur en eau très importante de l'ordre de 38.6%, enregistrée chez Deglet Abdalla (DGA<sub>3</sub>), et une acidité titrable (1.4 méq/100g), la plus faible dans cette étude, observée chez Mokh El Begri (MEB<sub>7</sub>) où le pH le plus élevé a été enregistré (pH=6.1). De même, un taux de saccharose très réduit (1.39%) a été noté dans les dattes Ghars (GHS<sub>1</sub>). Les cultivars avec des dattes molles sont les plus précoces et les plus appréciées par la population locale, elles sont conservées sous forme de pâte (b'tana), transformées en rob (confiture à base de dattes mais sans ajout de sucres) ou utilisées ultérieurement (préparation de gâteaux ou traitements de certaines maladies comme la toux par exemple et l'anémie). Les dattes des cultivars sèches ont également des vertus médicales non négligeables, en plus du rob, elles sont broyées pour en produire de la poudre (rouina) consommée directement (avec un liquide qu'il soit eau ou lait) ou indirectement en complément pour la préparation de gâteaux ou de mélanges destinés aux femmes ayant des besoins spécifiques (enceinte, allaitent etc.). Parmi les cultivars les plus représentatifs de cette classe nous citerons Mech Degla (MDG<sub>7</sub>), Bouhlass (BHL<sub>3</sub>), Degla Baidha (DGB<sub>1</sub>), Halwai (HAL<sub>1</sub>) et Halwaya (HAL<sub>7</sub>). Ces résultats sont compatibles avec ceux obtenus par **Elshibli et Korpelainen (2009)**, qui expliquent la nette séparation des dattes molles et sèches, après une ACP effectuée sur quinze cultivars du Soudan, par la discrimination liée aux taux de saccharose et de matière sèche. D'autre part, **Hannachi (2012)** a souligné l'importance de la consistance des dattes comme descripteur pour la discrimination entre les cultivars Algériens.

Par ailleurs et contrairement à d'autres études réalisées par **Elshibli et Korpelainen (2009)**, l'ACP n'a pas montré une opposition nette entre la présence, dans les dattes, de sucres réducteurs et du saccharose ce qui nous amène à déduire, à la lumière de nos résultats, que ces deux types de sucre seuls ne permettent pas de déterminer la consistance des dattes. D'autre part, des quantités importantes de sucres réducteurs ont été observées chez les dattes de Kahlay (KHL<sub>1</sub>) et Sersara (SRS<sub>1</sub>) avec des taux de 69.16 et 67.44%, respectivement, pourtant leurs dattes contiennent des teneurs en eau qui ne dépassent pas les 18%. Des constats pareils ont été

relevés par **Acourene et Tama (1997)**, **Hasnaoui et al. (2011)** et **Parvin et al. (2015)**. Aussi, des travaux effectués en Mauritanie (**Lemine et al., 2014**) ont révélé des taux très élevés de sucres réducteurs, allant jusqu'à 72.17% dans des dattes sèches du cultivar local Amsakhsi et en Iran (**Khan et al., 2008**), les cultivars Rabee et Janshoor dont les dattes renferment des taux d'humidité de 12.5% et 13.5%, respectivement, contenaient des taux de sucres réducteurs de 78.8% et 77% suivant le même ordre.

La variation intraclonale a été très marquée, exprimée à travers les différences importantes observées dans les valeurs mesurées des paramètres étudiés, les cultivars ont été répartis par l'ACP en différents groupes homogènes qui ne s'opposaient pas. C'est le cas observé, entre autres, chez le cultivar Bouhlass dont les trois échantillons (BHL<sub>1</sub>, BHL<sub>3</sub> et BHL<sub>7</sub>) de provenance des communes de Ain Naga, Chetma et Sidi Okba, appartenaient à trois axes différents renfermant ainsi des caractéristiques distinctes. Ceci n'a pas exclu l'appartenance aux mêmes groupes homogènes, des échantillons de quelques cultivars à savoir Ghars (GHS<sub>1</sub> et GHS<sub>7</sub>), Sokria (SOK<sub>1</sub> et SOK<sub>7</sub>) et Halwa (HAL<sub>1</sub> et HAL<sub>7</sub>) où Halway et Hamraya (HHM<sub>7</sub>), dérivé du cultivar Halwa était également compris. Beaucoup de facteurs sont responsables de cette variation observée à l'échelle intra cultivar qui résulte, entre autres, du fait que ces échantillons ont été prélevés de différentes communes dont les conditions pédoclimatiques varient largement au même titre que l'entretien et la conduite technique appliquée dans les palmeraies. En plus, de l'hétérogénéité de l'échantillonnage, le protocole et les erreurs de manipulation ou de la fiabilité des appareils et produits utilisés peuvent être également à l'origine de la variation observée.

Les résultats de la classification hiérarchique sont en concordance avec ceux de l'ACP. Ils ont permis de répartir les cultivars étudiés et dont les dattes ont été récoltées de différentes communes en quatre clusters. Les caractéristiques de ces derniers correspondent relativement aux quatre classes proposées par **Estanov (1990)** qui a été essentiellement basée sur la teneur en eau et le type de sucres dominants dans les dattes. Nos résultats ont eu la même tendance sans pour autant révéler une absence totale de saccharose chez la catégorie de dattes molles (C1) définie, selon ce même auteur, par un taux d'humidité compris entre à 35-65%. Les dattes des deux classes intermédiaires de notre étude contiennent des taux d'humidité très proches mais la tendance des teneurs en sucres était plus vers les sucres réducteurs pour les dattes demi-molles (C3) et le saccharose pour les dattes demi-sèches (C2). Pour ces deux dernières classes comme pour la classe des dattes sèches les limites inférieures de la teneur moyenne en eau que

nous avons obtenues restent un peu plus faibles aux minima établis par **Estanov (1990)**. Aussi, le rapprochement observé dans le dendrogramme (Fig. 18) entre les catégories des dattes molles (C1) et demi-sèches (C2) pourrait être dû aux taux très proches du contenu en sucres totaux.

La composition chimique des dattes peut varier en fonction du cultivar, des conditions du sol, des pratiques agronomiques et des stades de maturation (**Barreveld, 1993; Ahmed et al., 1995; Al-Hooti, 1997; Myhara et al., 1999; Al-Farsi et al., 2005b; Ismail et al., 2006**).

Pour certains cultivars tel que Ghars, les trois pieds échantillonnés (GHS<sub>1</sub>, GHS<sub>6</sub> et GHS<sub>7</sub>) de différentes communes ont été compris dans le même cluster (dattes molles ; C1) ce qui soutient les résultats obtenus par **Booij et al. (1992)** qui n'ont observé aucune variation significative dans les teneurs en sucres des échantillons de dattes appartenant à un même cultivar et provenant de plusieurs sites. Pourtant une variation intraclonale importante a été observée pour d'autres cultivars où des échantillons d'un même cultivar ont été groupés dans deux clusters différents mais proches se répartissant ainsi sur deux catégories. Il s'agit en particulier des catégories intermédiaires (dattes demi-sèches ; C2 et demi-molles ; C3) groupées par **Munier (1973)** en une seule (dattes molles). C'est le cas par exemple des échantillons de Bouhlas (BHL<sub>1</sub>, BHL<sub>3</sub> et BHL<sub>7</sub>). Chez d'autres cultivars comme Degla Baidha (DGB1 et DGB4), les échantillons ont été répartis sur les classes de dattes sèches (C4) et demi-sèches (C2) et ceux de Safraya (SAF1 et SAF3) sur les clusters des dattes molles (C1) et demi-molles (C3). Un seul cas a été enregistré chez Halwa (HAL<sub>1</sub>, HEL<sub>7</sub> et HAL<sub>7</sub>) où les dattes des différents pieds appartenaient à des classes éloignées à savoir celles des dattes sèches (C4) et demi-molles (C3). Le même constat a été fait pour ce qui est du dérivé Helwayet Hamraya (HHM<sub>1</sub>), des homonymes : Deglet Abdalla (DGA<sub>3</sub>) et Rotbet Abdalla (RTA<sub>7</sub>) et des issus de graines : Noyet Deglet Nour (NDN<sub>7</sub>), Noyet Itima (NIT<sub>7</sub>) et Noyet Ghars (NGH<sub>7</sub>).

L'étude de la variation intraclonale à partir de la composition chimique a déjà été abordée par d'autres études (**Booij et al., 1992 ; Hasnaoui, 2013 ; Lemine et al., 2014**) pour mettre en relief les variations qui peuvent survenir dans la composition chimique des dattes d'un même cultivar. Cette variation qui est en grande partie d'origine extrinsèque comprenant aussi bien l'environnement que les techniques culturales adoptées et est aussi génétique, a été observée dans les dattes issues d'un même cultivar provenant de différentes oasis. Elle n'a pas été observée chez tous les cultivars. Ainsi, le changement de classes pour les dattes récoltées sur plusieurs pieds au sein d'un même cultivar, mais de différentes oasis, n'a pas été observé chez

le cultivar Boufeggous, mais s'est manifesté chez d'autres cultivars comme Assiane, Aziza bouzid, Mejhoul et Deglet Nour qui a été récolté en Algérie et en Tunisie (**Hasnaoui, 2013**). De même, le dendrogramme a regroupé, les deux répétitions du cultivar Lemdina dans le même cluster contrairement aux trois pieds du cultivar Ahmar (**Lemine et al., 2014**). Soulignons que pour ce dernier cultivar, les travaux de **Ould Mohamed Salem et al., (2007) et (2008)** ont révélé l'existence de variations intraclonales moléculaires et morphologiques. Le cas des dattes de cultivars connus comme Deglet Nour, Horra, Thoory, Hamra dont la composition chimique a fait l'objet de plusieurs études (**Mrabet et al., 2008 ; El Arem et al., 2011 ; Hasnaoui et al., 2011 ; Ben Ismail et al., 2013**) appuie indubitablement ce constat.

Ainsi, la classification des dattes selon la consistance dépend en premier lieu de la teneur en eau, puisque l'inversion du saccharose en sucre réducteur (glucose et fructose) est en relation avec la teneur en eau, la température ambiante et le type de cultivar. En fait, **Elshibli et Korpelainen (2009) et El Arem et al. (2011)** expliquent que ces caractères sont fortement affectés par l'environnement, le stade de maturation et le cultivar lui-même, ou par l'interaction de ces facteurs qui peuvent affecter la composition qualitative et quantitative de la fraction sucrée en altérant l'activité des enzymes responsables du processus de synthèse et de décomposition. Pour la variation intraclonale exprimée par la composition minérale des dattes d'un cultivar donné, nos résultats ont montré des différences très importantes au sein d'un même cultivar, à titre d'exemple, les teneurs : en sodium (Na) chez Bouhlass (BHL<sub>1</sub> et BHL<sub>3</sub>), en cuivre (Cu) chez Ghars (GHS<sub>1</sub> et GHS<sub>6</sub>) et en Zinc (Zn) chez le cultivar Tichtat (TCH<sub>5</sub> et TCH'<sub>5</sub>). Des résultats pareils ont été obtenus par **Hasnaoui (2013) et Booij et al. (1992)** qui ont mis en évidence l'influence de l'origine géographique sur les teneurs des dattes en différents éléments minéraux et considèrent ainsi que ces derniers ne peuvent constituer des marqueurs fiables pour la caractérisation variétale chez le dattier. En outre, ils expliquent que cette variation intraclonale est due à la nature des sols où les palmiers sont cultivés, la composition de l'eau d'irrigation et l'hétérogénéité de l'échantillonnage.

## **5. Conclusion**

La composition chimique des dattes détermine de manière directe le devenir du cultivar. Elle influe notablement sur les critères de qualité gustative et commerciale et de conservation par conséquent l'importance économique d'un cultivar donné.

Pour cette étude, une diversité génétique très importante a été observée dans la composition chimique de 63 échantillons de dattes qui appartiennent à la fois à des cultivars connus (40), et d'autres dont l'origine génétique est proche à savoir des dérivés (3), des issus de noyaux (3) et un cas de synonymie prélevés de sept communes de la wilaya de Biskra.

Nos résultats ont permis d'associer certains paramètres chimiques des dattes. De très faibles valeurs de pH et d'acidité titrable ont caractérisé respectivement les dattes sèches, contenant de faibles teneurs en eau, et les dattes molles, ayant de très forts taux d'humidité. Comme il a d'ores et déjà été montré, toutes les dattes étaient riches en sucres dont la fraction était composée presque équitablement de sucres invertis et non invertis. Aussi, en concordance avec leurs noms, les dattes de " Sokria" et "Helwa" contenaient les plus forts taux de sucres. En outre, la majorité des échantillons ont été classés comme étant de consistance demi molle et sèche selon l'indice de qualité. Il faut noter toutefois que la classification des dattes sur la base de leur consistance n'a pas groupé les différentes répétitions d'un même cultivar (récoltées de plusieurs pieds et provenant de différentes régions) dans une seule catégorie.

Les paramètres chimiques les plus discriminants sont principalement les éléments minéraux, vu que leur absorption est largement influencée par l'environnement et les itinéraires techniques adoptés par les agriculteurs notamment en matière de fertilisation et amendement organique. Suivis par la teneur en eau, le taux des sucres réducteurs (SR) et non réducteurs (saccharose : Sc), le taux des sucres totaux (ST) ce qui justifie et renforce leur emploi comme critères de caractérisation et de distinction entre les classes des dattes des différents cultivars. En effet, nous sommes arrivés, par le biais d'une analyse en composantes principales, à une définition de deux classes à caractéristiques opposées qui sont celles des dattes sèches et des dattes molles en se basant sur les paramètres des taux de saccharose et l'acidité titrable (élevés chez la première classe) et la teneur en eau et le pH (élevés chez la seconde classe). Ce qui confirme l'absence d'une nette opposition entre sucres réducteurs et saccharose et donne lieu à l'existence de classes intermédiaires mises en évidence par la classification hiérarchique que nous avons réalisée. Les classes en question sont celles des dattes demi-sèches et demi-molles qui sont de teneurs en eau proches mais dont la balance des sucres vire vers le saccharose pour les dattes de consistance demi-sèches et vers les sucres invertis pour les dattes dites demi-molles.

Une grande part de la variation observée est due à ces facteurs. En effet, l'échantillonnage que nous avons réalisé provenait majoritairement, de palmeraies anciennes se localisant en

particulier dans les communes de Chetma, Féliache et de Sidi Okba. Ces palmeraies abritent encore une panoplie d'anciens cultivars dont les dattes sont dites "communes" et qui sont souvent délaissées vu la faible valeur marchande de leurs dattes et plus rarement lorsqu'il est question d'héritage. Ce qui représente incontestablement un signe d'une érosion génétique très sévère qui sévit dans les oasis des Ziban depuis quelques décennies. En contrepartie, et dans d'autres communes à aires phoenicicoles récentes à l'image de Leghrous, Foughala et Ain Naga, les palmeraies sont mieux entretenues voire renouvelées dans certains cas bien que sur le plan richesse variétale elles restent très pauvres.

D'autre part, la variation intraclonale a été mise en évidence par la présente étude en raison de l'observation de quelques cas de répartition des pieds d'un même cultivar dans des groupes et clusters différents. Elle a confirmé le changement des caractéristiques chimiques des dattes en milieux variables. L'étude plus approfondie de cette variation, permet de comprendre la réponse du dattier aux facteurs extrinsèques et d'appréhender son comportement ainsi que la qualité des dattes dans des environnements bien distincts.

Notons que le délaissement alarmant de la multiplication des cultivars de seconde importance pénalise mêmes ceux dont les dattes sont largement appréciées par la population locale comme par exemple Mokh El Begri et Itima. La mollesse de leurs dattes pose un problème de conservation et de conditionnement, un fait qui limite leur vente sur le marché faite uniquement en frais. Pourtant ces dattes et bien d'autres sont d'une saveur et goût exquis et sont très précoces arrivant parmi les premières dattes sur le marché. Ces deux avantages commerciaux (bonne saveur et précocité) doivent encourager les agriculteurs à les multiplier à condition de trouver des moyens plus appropriés pour leur conditionnement et leur stockage (conduite en post-récolte) vu leur altération rapide. Ces variétés et beaucoup d'autres sont en mesure de concurrencer les variétés commercialisées.

Le présent travail témoigne de la richesse de la biodiversité du palmier dattier dans la région des Ziban. Cette richesse étant révélée par un ensemble de caractères chimiques met au service des sélectionneurs une base de données importante pour l'amélioration et la gestion de cette importante culture. En outre, l'étape de la caractérisation en composition chimique fournit des informations qui peuvent servir pour une meilleure utilisation et transformation des dattes ce qui la rend cruciale pour la mise en valeur des variétés communes. Beaucoup d'autres composants chimiques et biochimiques des dattes doivent être encore explorés pour tirer profits

des nombreuses vertus des dattes. Les recherches dans ce sens seront plus efficaces si elles font appel aux savoirs et savoir-faire des populations locales qui détiennent un héritage bien riche et diversifié en termes d'utilisations notamment thérapeutiques des dattes.

Chapitre 4 : Etude de la diversité moléculaire des  
principaux cultivars des Ziban par l'emploi de  
marqueurs SSRs



## 1. Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'élément essentiel de l'agro-écosystème oasien. Ses fruits représentent un aliment traditionnel de base qui joue un rôle crucial pour la sécurité alimentaire de la population locale dans les zones désertiques et arides.

Étant donné que la productivité et la qualité du fruit sont des facteurs inhérents à une variété, une collection de matériel génétique est extrêmement importante, principalement pour les arbres fruitiers dont la multiplication est assurée exclusivement par voie végétative. Ainsi, la caractérisation et l'évaluation de la diversité génétique des cultivars de palmier dattier sont nécessaires pour tout programme de sélection ainsi que pour une meilleure gestion de la conservation de l'agro diversité. La caractérisation qu'elle soit d'ordre morphologique ou biochimique a été utilisée pour l'identification de cultivars de palmiers dattiers (**Baaziz et Saaidi, 1988; Ould Mohamed Salem et al., 2001; Ould Mohamed Ahmed et al., 2011**). Néanmoins, la variation engendrée par l'environnement rend difficile une identification correcte des cultivars avant les stades de reproduction et de fructification. Par conséquent, des marqueurs d'ADN moléculaires ont été utilisés dans le but de distinguer les cultivars de palmiers dattiers et pour étudier sa biodiversité (**Boyang et al., 2002; Al-Khalifah et Askari, 2003; Sabir et al., 2014**). Les séquences répétées simples (SSR) sont les plus utilisées pour le génotypage de palmiers dattiers (**Billote et al., 2004; El-Ruqishi et al., 2008 ; Elshibli et Korpelainen 2008; Pintaud et al., 2010; Elshibli et Korpelainen, 2011; Elmeer et al., 2011; Arabezhad et al., 2012; Bodian et al., 2012; Khanam et al., 2012; Racchi et al., 2013; Zehdi-Azouzi et al., 2016**).

En Algérie, en dépit de la richesse variétal du dattier, plus de 900 cultivars, seuls quelques travaux ont été consacrés à l'étude de la diversité génétique par l'emploi des marqueurs de types ISSR et RAPD (**Guettouchi et al., 2017a**). En ce qui concerne les marqueurs microsatellites (SSR), une étude de la diversité moléculaire en Algérie a été réalisée dans le cadre d'une étude globale sur la structure génétique de population (**Zehdi-Azzouzi et al., 2015**) et les résultats obtenus à partir d'un seul cultivar (**Chaluvadi et al., 2014**). Récemment, **Moussouni et al. (2017)** ont caractérisé l'agro-biodiversité du palmier dattier algérien en utilisant les marqueurs SSR et un minisatellite chloroplastique.

Les tendances dans l'établissement de nouvelles palmeraies sont davantage basées sur des cultivars commerciaux. Par conséquent, la nécessité de conserver les ressources génétiques locales est moins forte en raison de considérations économiques, ce qui contribuerait à l'avenir à l'érosion de la diversité génétique locale si la conservation du matériel génétique n'était pas

affirmée de manière fiable. En outre, le manque d'informations sur la diversité génétique des cultivars les plus cultivés rend plus difficile la création d'une collection de base ou la mise en place de programmes de sélection qui répondent aux besoins des producteurs locaux, principalement à la résistance à la maladie de Bayoudh provoquée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedini* et autres insectes. Dans ce contexte, nous avons sélectionné la plus grande région productrice de palmiers dattiers en Algérie pour étudier la diversité génétique de 26 cultivars endémiques algériens en utilisant des marqueurs microsatellites. Les objectifs de cette recherche sont en premier lieu d'évaluer la diversité génétique et les relations inter et intra-cultivars et en deuxième lieu, d'identifier le nombre minimal de marqueurs de SSR capables de distinguer les cultivars objet de cette étude.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2.1. Matériel végétal**

Au total de 52 accessions femelles de dattier, représentant 26 cultivars, ont été échantillonnées à différents endroits dans la région des Ziban (situé à 87 m au-dessus du niveau de la mer, entre 34 ° 38 'et 35 ° 5' , longitudes 4 ° 56 'et 5 ° 35') (Fig.20) qui représente la plus importante zone de production de dattes en Algérie avec plus de 4 millions de palmiers cultivés (**MADR, 2016**). Afin de recueillir des données génétiques, pour chaque cultivar, deux accessions, provenant de différents sites, ont été choisies au hasard. Au total, 26 cultivars ont été échantillonnés dans six oasis, l'âge des pieds, selon les phoeniculteurs, a varié de 25 à plus de 50 ans. Les noms des cultivars, leurs sites de collecte et la classe de fruit sont présentés dans le Tableau 12. Pour l'extraction d'ADN, de jeunes folioles ont été prélevées au printemps et séchées jusqu'à utilisation.



**Figure 20 :** Carte des zones échantillonnées. Les points rouges se référant aux sites d'échantillonnage.

## 2.2. Extraction d'ADN et caractérisation moléculaire

L'ADN génomique a été extrait à partir de 100 mg de jeunes folioles séchées utilisant la méthode CTAB modifiée en suivant la procédure décrite par **Benbouza et al. (2006)**. La qualité et la concentration de l'ADN ont été vérifiées à l'aide d'un Nanodrop 2000c (Thermo Scientific, Willington, USA) et d'une électrophorèse sur gels d'agarose à 1% (p/v). L'ADN génomique isolé a été dilué à 25 ng /  $\mu$ L et conservé à -20 ° C jusqu'à utilisation.

Un nombre total de 14 marqueurs SSR développés pour *Phoenix dactylifera* L. ont été utilisés dans notre étude (**Bilotte et al., 2004 et Elmeer et al., 2011**). Les réactions d'amplification ont été réalisées dans un thermocycleur VERITI 96 Well Fast (Applied Biosystems, USA) avec un volume total de 25  $\mu$ l selon la composition suivante: 25 ng d'ADN génomique, 1X de tampon PCR fourni (Sigma P2 192-1VL), 0,2 mM de chaque dNTP (Qiagen, Venlo, Pays-Bas), 1,25 unité de Taq polymérase (Promega, Madison, USA) et 0,2  $\mu$ M de chaque amorce.

Les conditions d'amplification PCR-SSR pour les paires d'amorces mPdCIR010, mPdCIR025, mPdCIR050, mPdCIR093, mPdCIR057, mPdCIR032, mPdCIR035 sont les suivantes : une première étape de dénaturation à 94°C pendant 180s est suivie de :

a) 10 cycles de dénaturation à 94°C pendant 20s, hybridation/ appariement à la température spécifique de l'amorce pendant 1 min, première élongation/ extension à 72 ° C pendant 30s ;

b) 25 cycles de 30s à 94°C, 30s à 53°C ;

c) 30s à 72°C avec une finale élongation à 72°C pendant 8 min.

Pour les amorces DP159, DP160, DP168, DP169, DP170, DP171, les conditions d'amplification sont passées par le même programme que les amorces mPdCIR0 à l'exception de l'application de la température d'hybridation à 58°C pendant 30s pour les 25 cycles.

L'électrophorèse a été réalisée sur une unité d'électrophorèse verticale (Apelex "H Vertigel 2"). Après addition de 20 µl de tampon de charge (formamide à 95%, EDTA 10 mM, bleu de bromophénol à 0,1% (p/v), xylène cyanol), les mélanges sont dénaturés à 95°C pendant 5min et 5µl de chaque échantillon chargé sur un gel de polyacrylamide à 6% à 1000v pendant 2 heures. Une méthode de coloration à l'argent non radioactive a été utilisée pour révéler les profils de bandes d'ADN comme décrit dans Benbouza et al. (2006b). L'échelle de 10 pb (Invitrogen) est chargée trois fois sur chaque gel comme référence pour déterminer la taille des produits d'amplification.

Le système de documentation du gel BioRadGel DOc TMXR + a été utilisé pour visualiser les modèles de bandes et son logiciel Image lab 5.1. a été utilisé pour marquer et mesurer la taille précise des bandes amplifiées pour chaque génotype. Toutes les PCR ont été répliquées deux fois et seules les bandes reproductibles ont été considérées.

**Tableau 12** : Noms des cultivars et sites de prélèvement d'échantillons (**Région des Ziban**)

<b>Cultivar</b>	<b>Code</b>	<b>Site de collecte</b>	<b>Classe</b>
<b>Arehti</b>	C1	Chetma	Demi- Molle
<b>Bouhlass</b>	C2	Chetma	Sèche
<b>Degla Baidha</b>	C3	Chetma	Sèche
<b>Deglet Abdallah</b>	C4	Chetma	Molle
<b>Deglet Debbab</b>	C5	Chetma	Sèche
<b>Deglet Noor</b>	C6	Ourlel	Demi- Molle
<b>Deglet-Ziane</b>	C7	Ourlel	Demi- Molle
<b>Feraounia</b>	C8	EL Ghrous	Demi- Molle
<b>Ghars</b>	C9	Ourlel	Molle
<b>Ghazi</b>	C10	Ourlel	Demi- Molle
<b>Halwa</b>	C11	Ourlel	Sèche
<b>Hamraya</b>	C12	Ourlel	Molle
<b>Horra</b>	C13	Foughala	Sèche
<b>Itima</b>	C14	Ourlel	Molle
<b>Kseba</b>	C15	Ourlel	Demi- Molle
<b>Lemsaref</b>	C16	Lichana	Sèche
<b>Mech Degla</b>	C17	Chetma	Sèche
<b>Safraya</b>	C18	Ourlel	Molle
<b>Sbaa Laroussa</b>	C19	Foughala	Molle
<b>Tantboucht</b>	C20	Ourlel	Molle
<b>Thawri</b>	C21	Ourlel	Demi- Molle
<b>Tichtate</b>	C22	Foughala	Demi- Molle
<b>Tijaaranite</b>	C23	Chetma	Demi- Molle
<b>Tinicine</b>	C24	Chetma	Molle
<b>Zomret Mimoun</b>	C25	Ourlel	Demi- Molle
<b>Ain El Fes</b>	C26	Ourlel	Molle

### 2.3. Analyse des données

La diversité génétique est la mesure qui quantifie la variation constatée au sein d'une population d'une espèce donnée, elle reflète la présence de différents allèles dans le pool de gènes, et donc différents génotypes au sein des populations (Poczai et al., 2012). L'objectif de mesurer la diversité génétique se situe à deux niveaux, entre des populations (inter population) ou encore entre divers individus ou au sein d'une même population (intra population).

Pour étudier l'informativité potentielle des SSRs, des paramètres génétiques ont été calculés pour les 52 accessions sur les 14 loci microsatellites. Les fragments amplifiés de tailles différentes ont été notés comme présents (1) ou absents (0) et considérés comme des allèles différents. Les paramètres génétiques en question incluent :

- **Nombre d'allèles (Na)** : calculé selon la formule:  $A = 1/l \sum a$  où  $a$  représente le nombre d'allèles à un locus et  $l$  le nombre des loci étudiés et leur fréquence ( $F_a$ ) ;
- **Taux d'hétérozygotie** : est la proportion moyenne des loci avec deux allèles différents à un locus chez un individu. Nous distinguons entre le taux d'hétérozygotie observée ( $H_o$ ) qui représente la proportion de gènes hétérozygotes dans la population et le taux d'hétérozygotie attendue ( $H_e$ ) qui correspond à la diversité génétique de Nei (1973) et qui caractérise le niveau de variabilité des gènes au sein d'une même population. Il est estimé à partir des fréquences alléliques ( $2pq$ ) selon la formule :  $H_e = 1 - \sum (p_i)^2$  où  $p_i$  : fréquence à l' $i^{\text{ème}}$  allèle pour un locus donné.
- **Taux de polymorphisme « P% »** : C'est la proportion des gènes polymorphes parmi l'ensemble des gènes étudiés.  $P = \text{Nbre de gènes polymorphes} / \text{Nbre total de gènes étudiés}$ . Une population sera dite polymorphe pour un locus donné, si la fréquence allélique de l'allèle le plus fréquent est inférieure à 0,95 (Berg et Hamrick 1997).
- **Indice de fixation ou coefficient de consanguinité de la population (Fis)** : appelé aussi l'écart à la panmixie, c'est la mesure de la consanguinité des individus, consécutive à l'absence de panmixie à l'intérieur des sous populations. Il se calcule selon la formule suivante :  $Fis = 1 - H_o/H_e$ . Une valeur de  $Fis$  significative ( $Fis > 0$ ) s'expliquerait, d'une part, par ses effets populationnels (David, 1996): les individus considérés ne proviennent pas d'un pool unique de gamètes fécondés au hasard. Il est alors possible de considérer une réassociation non aléatoire des gamètes (consanguinité) ou bien il existe un mélange de groupes différenciés à l'intérieur de l'échantillon (effet Wahlund : est un excès d'homozygotes (ou un déficit en

hétérozygotes) par rapport à l'équilibre de Hardy-Weinberg qui traduit la subdivision de la population étudiée en plusieurs populations qui n'échangent pas ou peu de gamètes). D'autre part, par la non-détection du polymorphisme introduisant une sous-estimation de l'hétérozygotie. On distingue différentes possibilités de non détection : l'existence d'allèles nuls (non visualisés) ou même artefacts de lecture observée.

- Ces indices, plus l'identité génétique ( $g_i$ ) selon Nei (1973), et le nombre total de génotypes (GA), sont calculés à l'aide du logiciel GenAIEx 6.5 (<http://anu.edu.au/BoZo/GenAIEx>) (**Peakall et Smouse 2006**).

- **F-statistiques** permettent de calculer la différenciation génétique entre populations ( $F_{st}$ ). La variabilité moléculaire entre les groupes STRUCTURE, identifiés dans cette étude, a été estimée en calculant l'indice de fixation ( $F_{st}$ ). Il traduit le déficit en hétérozygotes dû à la subdivision de la population en sous populations et mesure le niveau de différenciation génétique entre les sous populations (**Wright 1969 ; Weir et Cockerham 1984**). Ce déficit en hétérozygotes est souvent attribué à la dérive génétique et/ou à un flux de gènes limités (**Wright 1951**). Le  $F_{st}$  peut être interprété comme la part de variance des fréquences alléliques due aux différences entre populations, il est calculé selon la formule :

$$F_{st} = H_t - H_s^*/H_t$$

Avec

$H_s$  : l'hétérozygotie attendue pour une sous-population supposée à l'équilibre de Hardy-Weinberg.

$H_s^*$  : la diversité moyenne des  $H_s$  sur les sous-populations.

$H_t$  : l'hétérozygotie attendue pour une population globale supposée à l'équilibre de Hardy-Weinberg.

Les valeurs de cette mesure sont comprises entre 0 et 1. Il faut noter que la signification statistique des estimateurs  $F_{st}$  a été évaluée en utilisant 10.000 permutations.

Afin de déterminer l'utilité des SSRs utilisés dans ce travail, pour chaque paire d'amorces, les deux paramètres suivants sont calculés :

- **Contenu d'information polymorphique (PIC):** c'est le pourcentage des loci polymorphes dans l'échantillon étudié, il met en évidence la capacité d'un marqueur à détecter un polymorphisme dans une population. Autrement dit, c'est la probabilité d'observer au moins deux allèles au même locus, cette probabilité dépend des fréquences respectives des allèles et aussi de la taille de l'échantillon. Les loci sont très informatifs ( $PIC > 0.5$ ), raisonnablement informatif ( $0.5 > PIC > 0.25$ ), peu informatifs ( $PIC < 0.25$ ). Les locus avec de nombreux allèles et un PIC proche de 1 sont les plus souhaitables offrant ainsi un maximum d'informations **(Botstein et al., 1980)** ;

- **Pouvoir de la discrimination (PD):** sa valeur donne une estimation du pouvoir discriminant d'un locus en prenant compte le nombre de génotype et aussi de la fréquence de chacun. Le PD a été calculé à l'aide de la formule:  $PD = 1 - \sum P_i^2$ , où la fréquence de l'allèle est remplacée par la fréquence du génotype ( $P_i$  représente la fréquence du  $i^{\text{ème}}$  génotype) **(Tessier et al., 1999)**.

Les cultivars montrant un seul allèle amplifié sont classiquement considérés comme homozygotes au locus. Par conséquent, la diversité génétique pourrait être sous-estimée si des allèles nuls se produisaient. Ainsi, les loci avec des fréquences élevées d'allèles nuls sont identifiés à travers l'estimation de la fréquence de l'allèle nul ( $r$ ) pour chaque locus et chaque population, en utilisant IDENTITY1.0 **(Wagner et Sefc, 1999)**.

Les cultivars présentant trois produits amplifiés différents ou plus n'ont pas été pris en compte, car l'attribution d'allèles à n'importe quel locus n'est pas possible en l'absence de données de ségrégation. Les profils polymorphes SSR ont été utilisés pour créer des matrices binaires, une pour chaque amorce.

L'analyse de la variance moléculaire (AMOVA) a été réalisée à l'aide de Nei distance (1978) pour estimer et répartir la variance moléculaire totale entre et parmi les cultivars **(Excoffier et al., 1992)**.

Les relations entre les accessions sont réalisées avec une analyse des coordonnées principales (ACoP) et un dendrogramme. La similarité génétique a été calculée en utilisant l'indice de similarité de Jaccard et les accessions ont été regroupées par la méthode du groupe de paires non pondérées avec la moyenne arithmétique (UPGMA) en utilisant le logiciel NTSYS (version 2.2). Les valeurs du Bootstrap ont été obtenues à partir de 2000 répétitions avec le logiciel TREECON 1.3b **(Van de Peer et De Wachter, 1994)**.

L'analyse de la structure génétique des populations (nombre de clusters potentiellement différents) a été réalisée à l'aide du multi-locus SSR à l'aide d'une méthode de classification basée sur un modèle bayésien implémenté dans STRUCTURE v2.1. logiciel (**Pritchard et al., 2000; Falush et al., 2003**). Toutes les analyses ont été effectuées avec 10 permutations indépendantes par valeur de K (nombre de populations) allant de 1 à 10. La simulation a été effectuée en utilisant un modèle « admixture » sans information préalable (**Pritchard et al., 2010**). La proportion des pools génétiques pour chaque individu (Q), et la représentation des génomes, dérivée de l'arbre, pour chaque individu, ont été estimées en exécutant, à chaque fois, 10 000 'burn-in steps' étape suivis de 100 000 répétitions de Markov Chain Monte Carlo (MCMC).

Ensuite, le programme Structure Harvester (**Earl et Vonholdt, 2012**) a été utilisé pour sélectionner le K optimal, en utilisant  $\Delta K$ , selon Evanno et al. (2005). Sur la base des résultats du premier passage, nous avons opté pour ré-exécuter STRUCTURE sur base des clusters identifiés dans le premier passage par UPGMA afin de détecter une éventuelle sous-structure. Nous avons utilisé la version 1.1 de CLUMPP pour trouver des alignements optimaux d'analyses de clusters R (**Jakobsson et Rosenberg, 2007**) avec algorithme Greedy. Pour visualiser les tracés de barres (bar plots) de STRUCTURE, en utilisant la matrice Q individuelle, le logiciel STRUCTURE PLOT a été utilisé (**Ramasamy et al., 2014**).

### **3. Résultats**

#### **3.1. Diversité génétique et polymorphisme des marqueurs SSR**

Les 14 amorces microsatellites utilisées dans notre étude ont montré un polymorphisme élevé et des fragments reproductibles sur les 26 cultivars. Dans l'ensemble des accessions, le nombre total d'allèles détectés est de 221. Le nombre d'allèles amplifiés a varié considérablement par locus de 2 (DP160) à 32 (mPdCIR050), avec une moyenne de 15,78 (Tableau 13). La taille allélique a varié de 106 pb (mPdCIR085) à 321 pb (mPdCIR050). Ce dernier allèle n'était présent qu'en une seule copie, chez Horra (C13) (Fig. 20), dans l'ensemble des cultivars étudiés à l'état hétérozygote. En concomitance avec le nombre élevé d'allèles, une forte variation allélique a été observée entre les locus marqueurs reflétés par des valeurs PIC élevées, allant de 0,305 (DP160) à 0,910 (mPdCIR050), avec une valeur moyenne de PIC de 0,755, indiquant le fort potentiel d'informativité des marqueurs SSR utilisés. La fréquence allélique la plus faible

parmi les loci est de 0,010, à l'exception des loci DP160, DP169 et DP170. Alors que la plus forte valeur est de 0,750 pour l'allèle 120 pb au locus DP160 (Tableau 14).

Sur les 221 allèles présents dans les cultivars, l'analyse a révélé que 50 sont des allèles privés. Ce type d'allèles résulte d'un isolement suffisant entre les populations qui aurait permis l'émergence, par mutation, de nouveaux allèles, sans que ceux-ci soient répartis entre les différentes populations par l'action des flux de gènes. Ainsi, plus le nombre d'allèles privés dans une population est élevé plus cette population est isolée des autres. Le locus mPdCIR050 a montré le nombre le plus élevé d'allèles privés (11) (Fig. 22) Le nombre d'allèles notés sur les génotypes a varié de 31, pour Halwa (C11), à 43 pour Lemsaref (C16) (Tableau 15). D'après les résultats de l'analyse, le cultivar Arechti (C1) a le plus grand nombre d'allèles uniques ou "allèles privés" (5) alors que 4 cultivars (Deglet Debbab, Feraounia, Kseba et Zomret Mimoun) n'ont révélé aucun allèle unique (Tableau 15).

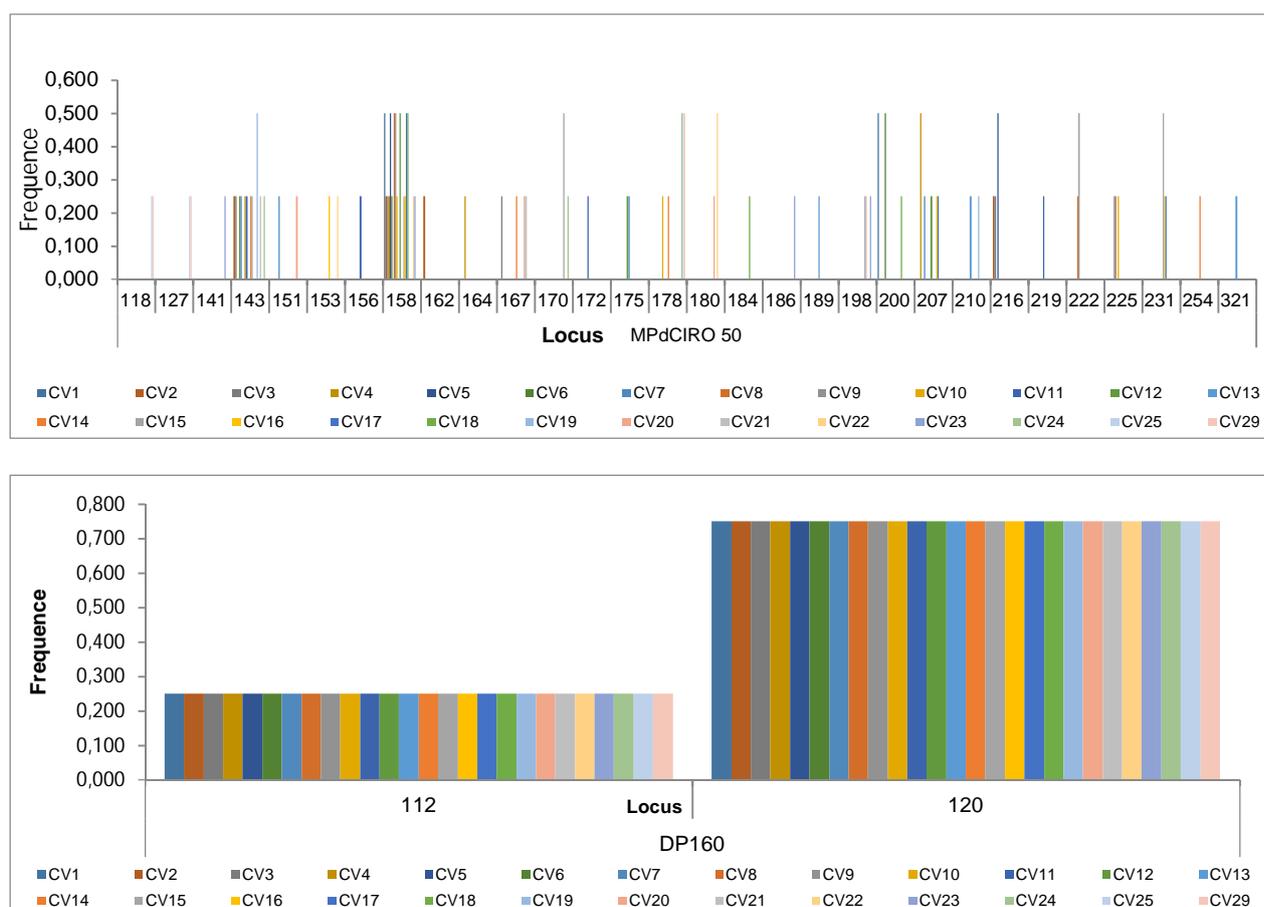
**Chapitre 4 : Étude de la diversité moléculaire des  
principaux cultivars des Ziban utilisant les marqueurs SSRs**

**Tableau 13:** Tailles et fréquences des allèles pour les 14 SSRs loci analysés sur l'ensemble des cultivars de palmier dattier

<b>Locus</b>	<b>Tailles et fréquences des allèles*</b>																			
<b>MPdCIR0 10</b>	120 <i>0,048</i>	126 <i>0,096</i>	130 <i>0,153</i>	133 <i>0,115</i>	136 <i>0,067</i>	138 <i>0,087</i>	141 <i>0,240</i>	143 <i>0,019</i>	160 <i>0,077</i>	165 <i>0,010</i>	169 <i>0,010</i>	171 <i>0,010</i>	240 <i>0,010</i>	291 <i>0,058</i>						
<b>MPdCIR0 25</b>	143 <i>0,010</i>	184 <i>0,019</i>	187 <i>0,010</i>	190 <i>0,087</i>	193 <i>0,010</i>	195 <i>0,106</i>	196 <i>0,010</i>	200 <i>0,308</i>	202 <i>0,019</i>	208 <i>0,106</i>	210 <i>0,029</i>	212 <i>0,115</i>	238 <i>0,019</i>	240 <i>0,038</i>	243 <i>0,029</i>	255 <i>0,010</i>	260 <i>0,048</i>	262 <i>0,029</i>		
<b>MPdCIR0 50</b>	118 <i>0,019</i>	127 <i>0,019</i>	141 <i>0,010</i>	143 <i>0,115</i>	151 <i>0,019</i>	153 <i>0,019</i>	156 <i>0,010</i>	158 <i>0,221</i>	162 <i>0,010</i>	164 <i>0,010</i>	167 <i>0,038</i>	170 <i>0,029</i>	172 <i>0,010</i>	175 <i>0,019</i>	178 <i>0,077</i>	180 <i>0,029</i>	184 <i>0,010</i>	186 <i>0,010</i>	189 <i>0,010</i>	
<b>MPdCIR0 85</b>	198 <i>0,029</i>	200 <i>0,048</i>	207 <i>0,058</i>	210 <i>0,019</i>	216 <i>0,038</i>	219 <i>0,010</i>	222 <i>0,029</i>	225 <i>0,029</i>	231 <i>0,038</i>	254 <i>0,010</i>	321 <i>0,010</i>									
<b>MPdCIR0 85</b>	106 <i>0,010</i>	158 <i>0,019</i>	166 <i>0,019</i>	168 <i>0,077</i>	170 <i>0,087</i>	172 <i>0,038</i>	175 <i>0,077</i>	178 <i>0,010</i>	180 <i>0,067</i>	182 <i>0,096</i>	185 <i>0,183</i>	188 <i>0,019</i>	192 <i>0,029</i>	193 <i>0,048</i>	195 <i>0,038</i>	200 <i>0,048</i>	204 <i>0,096</i>	209 <i>0,038</i>		
<b>MPdCIR93</b>	136 <i>0,010</i>	140 <i>0,019</i>	149 <i>0,010</i>	164 <i>0,048</i>	170 <i>0,058</i>	172 <i>0,038</i>	178 <i>0,019</i>	181 <i>0,250</i>	185 <i>0,048</i>	187 <i>0,077</i>	191 <i>0,260</i>	193 <i>0,029</i>	195 <i>0,096</i>	197 <i>0,019</i>	199 <i>0,019</i>					
<b>MPdCIR57</b>	208 <i>0,019</i>	210 <i>0,048</i>	212 <i>0,163</i>	214 <i>0,038</i>	216 <i>0,106</i>	218 <i>0,038</i>	220 <i>0,010</i>	224 <i>0,048</i>	226 <i>0,029</i>	228 <i>0,010</i>	230 <i>0,010</i>	235 <i>0,019</i>	240 <i>0,019</i>	252 <i>0,115</i>	260 <i>0,308</i>	265 <i>0,010</i>	270 <i>0,010</i>			
<b>MPdCIR32</b>	260 <i>0,019</i>	262 <i>0,154</i>	265 <i>0,163</i>	268 <i>0,240</i>	270 <i>0,010</i>	272 <i>0,067</i>	285 <i>0,019</i>	287 <i>0,077</i>	291 <i>0,096</i>	293 <i>0,125</i>	295 <i>0,029</i>									
<b>MPdCIR35</b>	183 <i>0,163</i>	187 <i>0,010</i>	191 <i>0,058</i>	193 <i>0,019</i>	195 <i>0,192</i>	199 <i>0,010</i>	201 <i>0,010</i>	206 <i>0,010</i>	226 <i>0,029</i>	228 <i>0,452</i>	233 <i>0,019</i>	238 <i>0,010</i>	240 <i>0,010</i>	244 <i>0,010</i>						
<b>DP159</b>	115 <i>0,029</i>	120 <i>0,058</i>	123 <i>0,183</i>	126 <i>0,135</i>	129 <i>0,038</i>	131 <i>0,029</i>	133 <i>0,096</i>	135 <i>0,144</i>	137 <i>0,058</i>	141 <i>0,010</i>	143 <i>0,048</i>	147 <i>0,058</i>	151 <i>0,029</i>	159 <i>0,029</i>	168 <i>0,010</i>	181 <i>0,038</i>	183 <i>0,010</i>			
<b>DP160</b>	112 <i>0,250</i>	120 <i>0,750</i>																		
<b>DP168</b>	163 <i>0,202</i>	165 <i>0,048</i>	167 <i>0,183</i>	172 <i>0,019</i>	173 <i>0,010</i>	175 <i>0,029</i>	178 <i>0,058</i>	180 <i>0,096</i>	182 <i>0,212</i>	184 <i>0,058</i>	186 <i>0,087</i>									
<b>DP169</b>	186 <i>0,183</i>	188 <i>0,298</i>	190 <i>0,019</i>	208 <i>0,462</i>	210 <i>0,019</i>	219 <i>0,019</i>														
<b>DP170</b>	193 <i>0,163</i>	196 <i>0,337</i>	198 <i>0,269</i>	200 <i>0,183</i>	202 <i>0,048</i>															
<b>DP171</b>	185 <i>0,010</i>	197 <i>0,673</i>	200 <i>0,048</i>	202 <i>0,058</i>	204 <i>0,038</i>	210 <i>0,077</i>	213 <i>0,010</i>	220 <i>0,019</i>	228 <i>0,010</i>	230 <i>0,038</i>	238 <i>0,019</i>									

<sup>a</sup>: Les fréquences alléliques sont indiquées, *en italique*, en bas des tailles des allèles.

La moyenne de l'hétérozygotie attendue  $He$  est de 0,530, ses valeurs sont comprises entre 0,163 (DP171) et 0,716 (mPdCIR085) (Fig. 22). Considérant que, le PD indique l'efficacité d'une paire d'amorces à distinguer entre les cultivars, il a varié de 0,500 (DP160) à 0,960 (DP168) avec une valeur moyenne de 0,836 (Tableau 14). Il est intéressant de noter que les valeurs élevées du PD ne correspondent pas automatiquement à une valeur NDC élevée ni à un nombre plus élevé d'allèles détectés par un marqueur SSR. Dans l'ensemble, un nombre élevé de génotypes est souvent associé à une valeur PIC élevée, sauf pour le DP171.



**Figure 21** : Fréquences alléliques des amorces mpdCIR050 et DP1600

Les valeurs les plus faibles de  $He$  (0,096) et  $Ho$  (0,163) sont révélées par les loci DP169 et DP171, respectivement. L'hétérozygotie observée,  $Ho$ , est inférieure à 0,500 pour cinq loci (mPdCIR057, mfPdCIR035, DP169, DP170 et D171). Alors que pour les loci restants, les valeurs de  $Ho$  ont varié de 0,500 (DP160) à 0,962 (DP159) indiquant une diversité moyenne à élevée des cultivars étudiés. En effet, des valeurs plus importantes de  $Ho$  comparées aux valeurs de  $He$  ont été notées pour tous les marqueurs SSR à l'exception de cinq loci (mPdCIR057,

mPdCIR035, mPdCIR032, DP169 et DP171), ce qui est reflété par les valeurs négatives de *Fis*. De plus, ces valeurs négatives suggèrent un excès d'hétérozygotes. La valeur 0.20 de la fréquence allélique nulle (*R*) a été considérée comme la valeur seuil sur laquelle on peut trouver une signification sous-estimée de *He* en raison d'allèles nuls (non visualisés) (**Chapuis et Estoup 2007**). Pour les locus mPdCIR035, mPdCIR057, DP169 et DP170, une valeur *R* supérieure au seuil a été observée (Tableau 14).

**Tableau 14:** Polymorphisme des SSR et statistiques F dans les cultivars étudiés

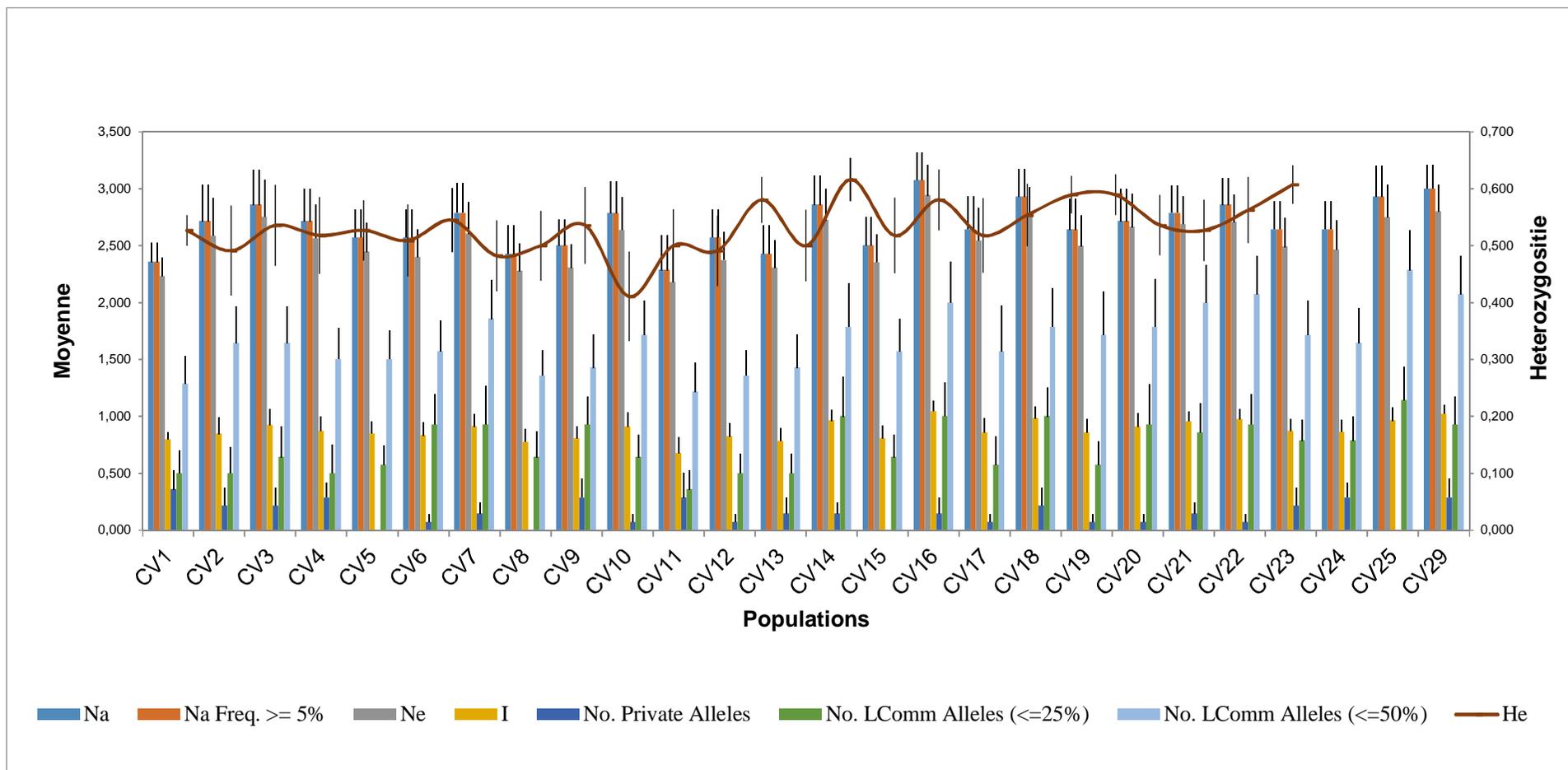
SSR markers	Na	NDC	NG	<i>He</i>	<i>H0</i>	<i>Fis</i>	PD	PIC	R
mPdCIR010	15	3	25	0,601	0,712	-0,184	0,944	0,860	0,099
mPdCIR0 25	24	6	21	0,615	0,712	-0,156	0,905	0,842	0,077
mPdCIR0 50	32	7	35	0,659	0,635	0,036	0,951	0,910	0,146
mPdCIR0 85	19	2	26	0,716	0,942	-0,315	0,934	0,906	-0,015
mPDCIR093	17	4	23	0,606	0,827	-0,365	0,930	0,826	0,070
mPDCIR057	24	5	23	0,572	0,365	0,361	0,878	0,829	0,260
mPDCIR032	11	1	18	0,620	0,615	0,008	0,909	0,839	0,129
mPDCIR035	19	6	14	0,563	0,250	0,556	0,784	0,696	0,276
DP159	25	3	29	0,692	0,962	-0,389	0,935	0,892	-0,033
DP160	2	0	2	0,375	0,500	-0,333	0,500	0,305	-0,091
DP168	11	1	22	0,428	0,558	-0,303	0,960	0,837	0,160
DP169	6	1	7	0,524	0,096	0,817	0,702	0,604	0,341
DP170	5	0	9	0,322	0,346	-0,075	0,820	0,710	0,232
DP171	11	4	11	0,163	0,115	0,294	0,550	0,517	0,272
<b>Moyenne</b>	15.78	3.07	18.93	0,532	0,545	-0,003	0,836	0,755	0,137

*Nombre d'allèles détectés (Na), le nombre de cultivars distingués (NDC), NG: nombre de combinaisons d'allèles notées, l'hétérozygotie observée (Ho) et attendue (He), l'indice de fixation (Fis), le pouvoir de discrimination (PD), le contenu de l'information polymorphique (PIC) et la fréquence de l'allèle nul (R).*

### **3.2. Profils d'identification des cultivars**

L'analyse et la combinaison des 221 allèles amplifiés par les 14 SSR ont permis de différencier les 26 cultivars étudiés. Les résultats montrent que la combinaison des modèles alléliques trouvés avec les quatorze SSR est capable d'identifier toutes les accessions, puisque chaque cultivar est caractérisé par un profil génétique unique. Aucun marqueur SSR unique n'a été capable de distinguer tous les échantillons. Les paires d'amorces permettant de distinguer le nombre le plus élevé de cultivars étudiés sont mPdCIR035, mPdCIR025 et mPdCIR050 discriminant 6 cultivars (Tableau 14). Au total, la combinaison de ces trois paires d'amorces a révélé 26 allèles privés qui séparent efficacement 14 cultivars (Arechti, Bouhlass, Degla Baidha, Deglet Abdalla, Deglet-Ziane, Ghazi, Halwa, Horra, Itima, Lemsaref., Safraya, Tijaaranite et Tinicine).

**Chapitre 4 : Étude de la diversité moléculaire des principaux cultivars des Ziban utilisant les marqueurs SSRs**



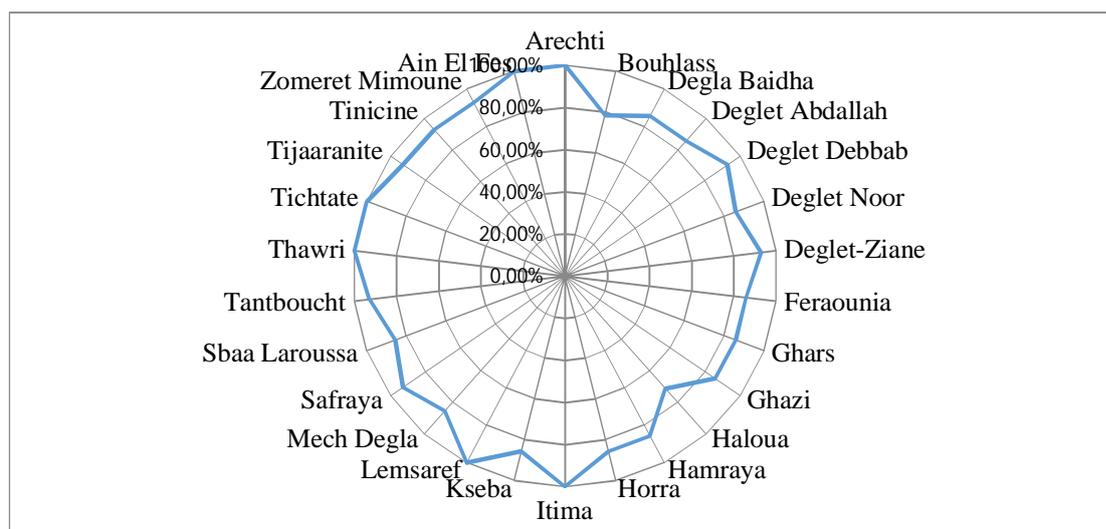
**Figure 22:** Représentation graphique de quelques indices génétiques

Les résultats des profils SSR montrent qu'un nombre relativement élevé de profils uniques est observé à l'exception des loci DP171 et DP169, avec seulement deux profils uniques, et sans profil unique pour le locus DP160.

**Tableau15:** Diversité allélique, hétérozygotie attendue et indice de fixation dans les populations étudiées

<b>Cultivar</b>	<b>Code</b>	<b>Nombre d'allèles</b>	<b>Nombre d'allèles privés</b>	<b>Hétérozygotie attendue</b>	<b>Indice de fixation</b>
<b>Arehti</b>	C1	33	5	0,527	-0,029
<b>Bouhlass</b>	C2	38	3	0,491	-0,321
<b>Degla Baidha</b>	C3	40	2	0,536	-0,256
<b>Deglet Abdallah</b>	C4	38	4	0,518	-0,167
<b>Deglet Debbab</b>	C5	36	0	0,527	0,241
<b>Deglet Noor</b>	C6	36	1	0,509	-0,100
<b>Deglet-Ziane</b>	C7	39	2	0,545	-0,118
<b>Feraounia</b>	C8	34	0	0,482	0,056
<b>Ghars</b>	C9	35	4	0,500	0,244
<b>Ghazi</b>	C10	39	1	0,536	-0,122
<b>Haloua</b>	C11	32	3	0,411	0,173
<b>Hamraya</b>	C12	36	1	0,500	0,089
<b>Horra</b>	C13	34	1	0,491	0,267
<b>Itima</b>	C14	40	2	0,580	0,124
<b>Kseba</b>	C15	35	0	0,500	0,100
<b>Lemsaref</b>	C16	43	2	0,616	0,010
<b>Mech Degla</b>	C17	37	1	0,518	0,011
<b>Safraya</b>	C18	41	2	0,580	-0,005
<b>Sbaa Laroussa</b>	C19	37	1	0,518	-0,144
<b>Tantboucht</b>	C20	38	1	0,554	0,108
<b>Thawri</b>	C21	39	2	0,589	0,210
<b>Tichtate</b>	C22	40	1	0,589	-0,057
<b>Tijaaranite</b>	C23	37	3	0,536	-0,097
<b>Tinicine</b>	C24	37	4	0,527	0,077
<b>Zomret Mimoun</b>	C25	41	0	0,563	-0,067
<b>Ain El Fes</b>	C26	42	4	0,607	-0,057

En ce qui concerne l'efficacité des paires d'amorces testées sur les cultivars étudiés, le nombre d'allèles amplifiés pour le locus DP160 est très faible comparé aux autres paires d'amorces, car les produits d'amplification pour les cultivars entiers étaient seulement deux allèles (Fig. 21). Fait intéressant, toutes les accessions ont le même profil (112-120) au locus DP160. Parmi les 26 cultivars, un taux de polymorphisme élevé a été observé avec un maximum de 100% pour les cultivars Areheti, Itima, Thawri, Lemsaref et Tichtate et Ein el Fes et de 71,43% pour Halwa, avec une moyenne de 90,11% (Fig. 23).



**Figure 23 :** Pourcentage de loci polymorphes

### 3.3. Relations génétiques entre les cultivars étudiés

Le dendrogramme UPGMA (Fig. 24), représente la relation génétique entre les 52 génomes analysés. La valeur la plus élevée du coefficient de corrélation cophénétique est de  $r = 0,84$  ( $P < 0,001$ ) et est interprétée comme un bon ajustement pour les analyse de clustering. Dans l'ensemble, il parait qu'il n'y ait pas de regroupement clair de cultivars en relation avec l'échantillonnage de leurs sites. Globalement, le clustering UPGMA a mis en évidence de faibles relations de clustering (Valeur bootstrap faible). Néanmoins, six cultivars présentaient des valeurs élevées de bootstrap, Bouhlass (C2) et Deglet Baidha (C3) (valeur bootstrap 88%) et Feraounia (C8) et Ghazi (C10) (valeur bootstrap 76%), Lemsaref (C16) et Mech degla (C17) (valeur f 56%). Les accessions ont été organisées en deux groupes principaux (avec des valeurs bootstrap de 56% et 55%) (Fig. 24) montrant des niveaux relativement faibles de similarité au niveau moléculaire parmi elles allant de 0,100 à 0,64,

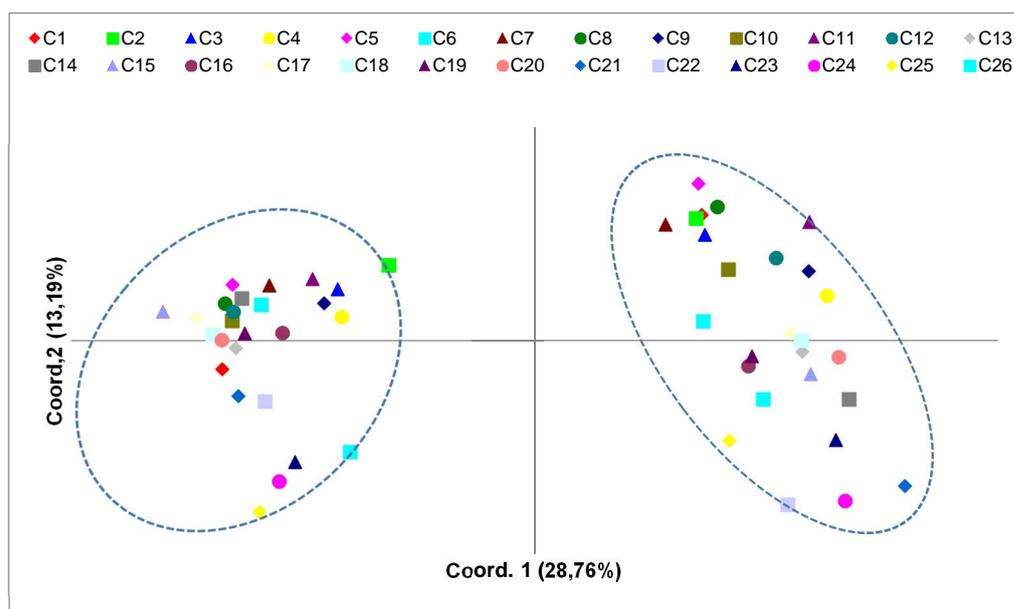
Le premier groupe comprend deux sous-groupes principaux (IA et IB). Le premier sous-groupe est représenté par 14 cultivars, tandis que le second est formé par 12. Dans le premier principal sous-cluster, le cultivar le plus divergent est Halwa (C11), tandis que dans le deuxième principal sous-cluster, le cultivar Itima (C14) est le plus éloigné. Le deuxième groupe principal comprend également deux sous-groupes principaux (IIA et IIB), le premier renferme 20 cultivars et le second sous-groupe contient six. Le cultivar Ghars (C9) est le plus divergent parmi les cultivars inclus dans les deux sous-groupes principaux. Il est intéressant de noter que les deux cultivars Hamraya (C16 ') et Horra (C17') sont similaires sur le plan génétique (Fig. 24).

### **3.4. Relations génétiques entre les cultivars étudiés**

Le dendrogramme UPGMA (Fig. 24), représente la relation génétique entre les 52 génomes analysés. La valeur la plus élevée du coefficient de corrélation cophénétique est de  $r = 0,84$  ( $P < 0,001$ ) et est interprétée comme un bon ajustement pour les analyse de clustering. Dans l'ensemble, il paraît qu'il n'y ait pas de regroupement clair de cultivars en relation avec l'échantillonnage de leurs sites. Globalement, le clustering UPGMA a mis en évidence de faibles relations de clustering (Valeur bootstrap faible). Néanmoins, six cultivars présentaient des valeurs élevées de bootstrap, Bouhlass (C2) et Deglet Baidha (C3) (valeur bootstrap 88%) et Feraounia (C8) et Ghazi (C10) (valeur bootstrap 76%), Lemsaref (C16) et Mech degla (C17) (valeur f 56%). Les accessions ont été organisées en deux groupes principaux (avec des valeurs bootstrap de 56% et 55%) (Fig. 24) montrant des niveaux relativement faibles de similarité au niveau moléculaire parmi elles allant de 0,100 à 0,64,

Le premier groupe comprend deux sous-groupes principaux (IA et IB). Le premier sous-groupe est représenté par 14 cultivars, tandis que le second est formé par 12. Dans le premier principal sous-cluster, le cultivar le plus divergent est Halwa (C11), tandis que dans le deuxième principal sous-cluster, le cultivar Itima (C14) est le plus éloigné. Le deuxième groupe principal comprend également deux sous-groupes principaux (IIA et IIB), le premier renferme 20 cultivars et le second sous-groupe contient six. Le cultivar Ghars (C9) est le plus divergent parmi les cultivars inclus dans les deux sous-groupes principaux. Il est intéressant de noter que les deux cultivars Hamraya (C16') et Horra (C17') sont similaires sur le plan génétique (Fig. 24).

L'analyse des coordonnées principales (l'ACoP) (Fig. 25) a expliqué ~ 50% de la variation (Annexe 9) ou les deux premiers axes ont expliqué 42% de la variation . Les axes ont distribué les 52 accessions en groupes principaux suivant le clustering UPGMA et présentant des relations faibles. Nous avons observé, dans chaque groupe principal, des clusters dispersés selon le type de fruit.



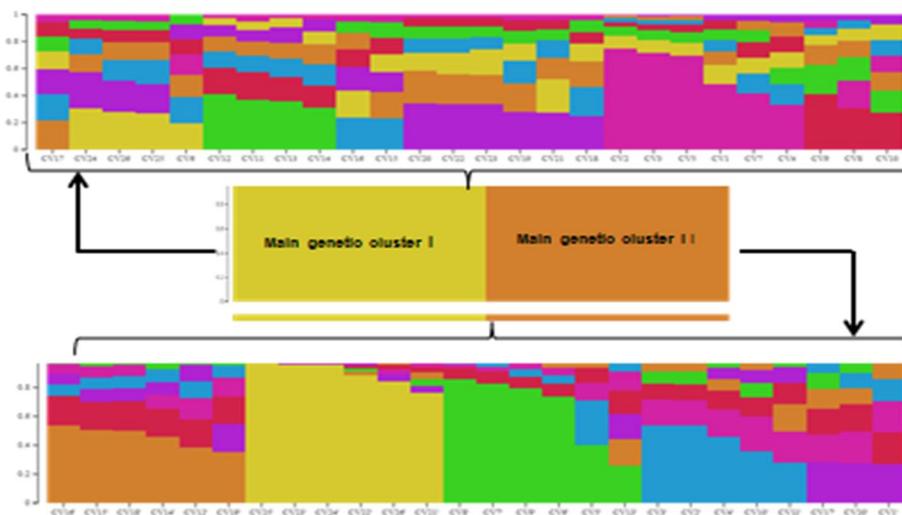
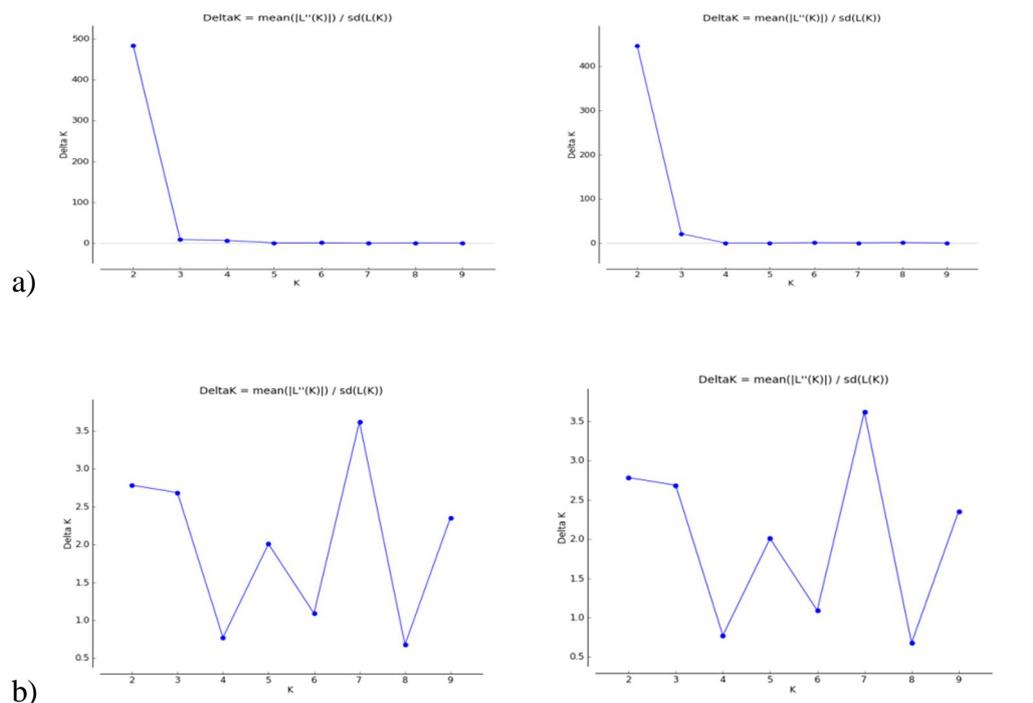
**Figure 25 :** Analyse des coordonnées principales (ACoP) (noms des cultivars donnés en Tab. 12)

### 3.5. Structure génétique des cultivars de palmiers dattiers

En utilisant le logiciel STRUCTURE, basé sur une méthode biaisée qui permet d'associer le profil génétique avec une distribution spatiale, ou à des caractères morphologiques communs. Les estimations de la log-vraisemblance des données ont été obtenues pour chacune des 10 séries indépendantes pour chaque valeur K, allant de 1 à 10. Pour la première série, aucune information préalable n'a été utilisée pour définir les groupes. Le nombre le plus probable de clusters (K) des accessions de dattier a été évalué en tenant compte du critère de plateau (Pritchard) et de la distribution de  $\Delta k$  (méthode Evanno, **Evanno et al., 2005**). La courbe log-vraisemblance moyenne a atteint une valeur maximale autour de K= 2, la cohérence entre différentes simulations au sein de chaque K (parmi 10 séries) est évaluée et visualisée à travers le coefficient de similarité (Fig. 26). Les accessions du palmier dattier sont regroupées en deux groupes de pools génétiques distincts (K = 2), en appliquant STRUCTURE sans information

préalable. Il est surprenant de noter que même avec une information préalable basée sur le clustering UPGMA, la valeur K optimale n'a pas changée. L'AMOVA a été calculée parmi les 2 pools génétiques, ce qui a donné des résultats statistiquement différents ( $F_{st} = 0,196$ ;  $P < 0,001$ ). En fait, il semble que la plus grande partie de la variabilité générique s'explique par les différences au sein des populations (80%), alors que 20% de la variance totale est observée entre les populations (Annexe 10). La distance génétique du Nei entre les deux groupes génétiques est de 0,857. En outre, l'analyse montre des niveaux moyens de  $H_o$  dans chaque groupe génétique identifié et a varié de 0,531 (groupe 1) à 0,551 (groupe 2). Pour les deux groupes génétiques, les indices de fixation sont positifs, indiquant un excès d'homozygotes ou d'allèles indétectables (Annexe 11). Pour chaque population inférée, la sous-structuration sous la hiérarchie supérieure est détectée en utilisant une approche similaire. Lorsque des informations préalables basées sur le cluster UPGMA ont été ajoutées, pour chaque groupe principal, la structure génétique de chaque groupe principal a généré 7 clusters génétiques distincts ( $K = 7$ ) (Fig. 26).

Globalement, de légères similarités de regroupement, pour chaque groupe principal, entre STRUCTURE, UPGMA et ACoP ont été observées. Les cultivars semblent être regroupés, par STRUCTURE, en fonction du type de leurs dattes (molles ou sèches). Cependant, trois cultivars Deglet Abdellah (C4), Ghars (C9) et Hamraya (C12), du premier groupe principal et Mech Degla (C17) du second groupe principal n'ont pas suivi cette tendance. Pour cette étude, nous avons choisi de considérer que les dattes demi-molles pourraient être groupées avec les dattes de consistance molle ou sèche.



**Figure 26 :** Analyse de la structure de la population. a) Détermination de la valeur optimale de  $K$  sans et avec information préalable. b) structure inférée de la population de cultivars de palmiers dattiers ( $K = 2$ ) et sous-structuration du principal groupe génétique I ( $K = 7$ ) et II ( $K = 7$ ) sur la base de la classification UPGMA. Chaque accession est représentée par une barre verticale (en utilisant STRUCTURE Plot v.02.) Et la longueur de chaque segment coloré représente l'appartenance de chaque structure.

## 4. Discussion

Une variété de facteurs évolutifs, y compris le mode de reproduction, la dispersion des graines, le flux génétique, la sélection naturelle, l'aire géographique et le centre de diversité affectent la diversité génétique d'une population d'une espèce (**Hamrick et Godt, 1989**). Les résultats de recherche présentés ici constituent une contribution à l'étude de la diversité génétique et à la caractérisation des cultivars de palmier dattier cultivés dans la première région productrice du palmier dattier en Algérie. Les 14 marqueurs SSRs utilisés dans cette étude ont déjà été utilisés sur différents cultivars de palmiers dattiers de différents pays. Une variabilité génétique élevée a été observée dans cette étude. Le nombre moyen d'allèles (15,78) est élevé en comparaison à d'autres études (**Racchi et al., 2013 ; Yusuf et al., 2015 ; Azouzi et al., 2016 ; Al-Faifi et al., 2016 ; Moussouni et al. 2017**) mais reste faible de celui obtenu par **Elshibli et Korpelainen (2008), Elmeer et al. (2011) et Chaluvadi et al. (2014)**. L'hétérozygotie pour les loci SSRs ( $H_o = 0,545$ ,  $H_e = 0,532$ ) est assez proche de celle trouvée dans d'autres études déjà mentionnées. Cependant, malgré le nombre de cultivars étudiés, la moyenne de la valeur du contenu de l'information polymorphique (PIC) (0.755) est assez similaire à celle obtenue par **Elmeer et al. (2011)** mais elle est relativement importante par rapport à d'autres études similaires incluant un nombre important (**Azouzi et al., 2016, Moussouni et al., 2017**) ou réduit d'accessions (**Al-Faifi et al., 2016**). Dans tous les cas, la valeur du PIC reste impactée par l'apparition de variant par locus et allèles. Il est important de souligner que la comparaison faite avec d'autres études doit être faite avec prudence car les loci et le nombre de cultivars et leur origine sont le plus souvent totalement différents.

Aussi, la fréquence allélique a varié de 0,01 à 0,0750 (Tableau 13), elle a été la plus élevée pour l'allèle 120 bp au locus DP169. Soulignons qu'à ce locus toutes les accessions ont amplifié les mêmes allèles (120-112) soit à l'état homozygote ou hétérozygote. Ceci pourrait indiquer la bonne conservation de la région flanquante du SSR parmi les cultivars, et la présence d'un ancêtre commun, en dépit du fait de la propagation végétative des accessions et de la mutation putative qui pourrait se produire.

La diversité génotypique élevée résulte des événements de recombinaison survenant principalement pendant la reproduction sexuée. Au total, 26 allèles privés amplifiés par la combinaison de trois paires d'amorces mPdCIR035, mPdCIR025 et mPdCIR050 ont efficacement séparé 14 cultivars. Les valeurs  $H_e$  et PD ont révélé pour chaque amorce une

grande variabilité génétique et une efficacité de discrimination parmi les génotypes. Cependant, DP169 présente le plus petit nombre d'allèles, la plus faible valeur de NDC et la plus faible valeur de PD (0,500). En effet, des valeurs plus élevées de *Ho* comparées à *He* ont été observées pour huit marqueurs SSRs (Tableau 14), ce qui est reflété par les valeurs négatives de *Fis*. De plus, ces valeurs négatives, 9/14 loci, suggèrent un excès d'hétérozygotes dû soit une association négative ou aléatoire ou encore à une sélection au aléatoire (**Hartel et Clarck, 1997**). Ces derniers auteurs affirment que la multiplication végétative permet aux deux allèles de chaque locus d'accumuler indépendamment des mutations et donc de diverger à l'intérieur des individus et d'entraîner, par conséquent, des valeurs *Fis* négatives.

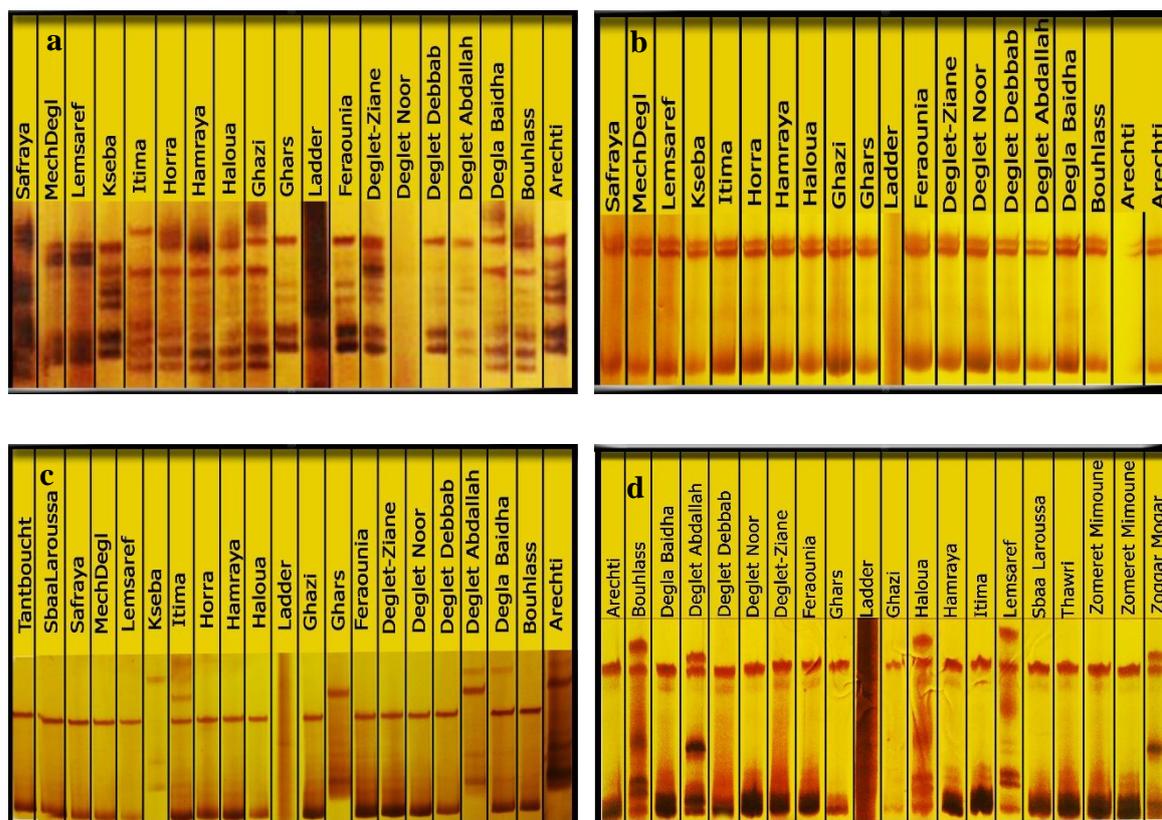
Des études antérieures ont révélé des valeurs plus élevées de *Ho* comparées à *He* pour le palmier dattier et d'autres espèces pérennes (**Diaz et al., 2006 ; Chaluvadi et al., 2014 ; Al-Faifi et al., 2016**). Ces derniers auteurs attestent que la majorité des espèces allogames, multipliées par clonage, semblent être caractérisées par des niveaux moyens d'hétérozygotie. Ces résultats ont mis en évidence la différenciation génétique significative au sein des cultivars génotypés.

Parmi les 14 marqueurs, six amorces SSRs ont amplifié des motifs multilocus probablement à cause de l'amplification simultanée de deux motifs différents (Fig. 27). Les modèles multi locus mPdCIR010 et DP171 ont amplifié sur un seul cultivar, Arecheti (C1) et Ferraounia (C8) respectivement. Tandis que les SSRs, mPdCIR050, mPdCIR035, mPdCIR025 et DP159 ont amplifié des motifs multilocus sur différents cultivars. Cependant, pour plusieurs locus, les allèles "nuls" ont également été observés principalement pour les loci mPdCIR035 et DP169. Pour ces deux loci, des valeurs positives élevées de *Fis* renseignent sur un excès possible d'homozygotes ou d'allèles nuls indétectables (Tableau 14) indiquant une consanguinité considérable. Un déficit d'hétérozygotes peut être provoqué par la présence d'allèles nuls, ce qui implique l'élimination des loci, et cet excès d'homozygotie peut biaiser les analyses de structure de population. Cependant, le nombre d'allèles et d'hétérozygotie observés pour les locus SSRs sont relativement élevés et pourrait s'expliquer, en partie, par les SSRs provenant d'ADN non codant, qui sont moins sujets à une pression sélective du fait que le palmier dattier est une espèce allogame. En fait, le palmier dattier peut être pollinisé par le vent, mais la pollinisation artificielle est largement pratiquée et l'incompatibilité ou l'incompatibilité partielle entre les différents cultivars mâles et femelles est commune mais pas bien comprise (**Chao et Krueger, 2007**), ainsi l'hétérozygotie et le polymorphisme de l'ADN pourraient augmenter considérablement. De ce fait, il a été signalé que lors de la multiplication végétative, des grande

variabilité génétique et une efficacité de discrimination parmi les génotypes. Cependant, DP169 présente le plus petit nombre d'allèles, la plus faible valeur de NDC et la plus faible valeur de PD (0,500). En effet, des valeurs plus élevées de *Ho* comparées à *He* ont été observées pour huit marqueurs SSRs (Tableau 14), ce qui est reflété par les valeurs négatives de *Fis*. De plus, ces valeurs négatives, 9/14 loci, suggèrent un excès d'hétérozygotes dû soit une association négative ou aléatoire ou encore à une sélection au aléatoire (**Hartel et Clarck, 1997**). Ces derniers auteurs affirment que la multiplication végétative permet aux deux allèles de chaque locus d'accumuler indépendamment des mutations et donc de diverger à l'intérieur des individus et d'entraîner, par conséquent, des valeurs *Fis* négatives.

Des études antérieures ont révélé des valeurs plus élevées de *Ho* comparées à *He* pour le palmier dattier et d'autres espèces pérennes (**Diaz et al., 2006 ; Chaluvadi et al., 2014 ; Al-Faifi et al., 2016**). Ces derniers auteurs attestent que la majorité des espèces allogames, multipliées par clonage, semblent être caractérisées par des niveaux moyens d'hétérozygotie. Ces résultats ont mis en évidence la différenciation génétique significative au sein des cultivars génotypés.

Parmi les 14 marqueurs, six amorces SSRs ont amplifié des motifs multilocus probablement à cause de l'amplification simultanée de deux motifs différents (Fig. 27). Les modèles multi locus mPdCIR010 et DP171 ont amplifié sur un seul cultivar, Arecheti (C1) et Ferraounia (C8) respectivement. Tandis que les SSRs, mPdCIR050, mPdCIR035, mPdCIR025 et DP159 ont amplifié des motifs multilocus sur différents cultivars. Cependant, pour plusieurs locus, les allèles "nuls" ont également été observés principalement pour les loci mPdCIR035 et DP169. Pour ces deux loci, des valeurs positives élevées de *Fis* renseignent sur un excès possible d'homozygotes ou d'allèles nuls indétectables (Tableau 14) indiquant une consanguinité considérable. Un déficit d'hétérozygotes peut être provoqué par la présence d'allèles nuls, ce qui implique l'élimination des loci, et cet excès d'homozygotie peut biaiser les analyses de structure de population. Cependant, le nombre d'allèles et d'hétérozygotie observés pour les locus SSRs sont relativement élevés et pourrait s'expliquer, en partie, par les SSRs provenant d'ADN non codant, qui sont moins sujets à une pression sélective du fait que le palmier dattier est une espèce allogame. En fait, le palmier dattier peut être pollinisé par le vent, mais la pollinisation artificielle est largement pratiquée et l'incompatibilité ou l'incompatibilité partielle entre les différents cultivars mâles et femelles est commune mais pas bien comprise (**Chao et Krueger, 2007**), ainsi l'hétérozygotie et le polymorphisme de l'ADN pourraient augmenter considérablement. De ce fait, il a été signalé que lors de la multiplication végétative, des



**Figure 27 :** Profils génomiques SSR générés par les amorces (a) mpdCIR050, (b)DP160, (c) DP171 et (d) mpdCIR035

*Phoenix dactylifera* se multiplie aussi bien par rejets que par noyaux, les deux formes coexistent encore dans la plupart des palmeraies algériennes. Selon les cultivateurs, la nomenclature des cultivars est basée sur l'origine du cultivar ou sur les caractéristiques des fruits et pourrait changer d'une oasis à une autre pour le même cultivar, à l'exception des cultivars bien connus ayant souvent une importance commerciale. Selon **Chao et Krueger (2007)**, la nomenclature des cultivars de dattes est source de confusion en raison de la longue histoire de la culture, des échanges importants de matériel génétique, de la dioécie et de la multiplication par semis. En fait, des sources potentielles d'erreurs de classement des types de fruits, et donc de la nomenclature des cultivars, pourraient survenir en raison de l'absence de critères communs précis pour classer les cultivars sur la base du type de fruit. De plus, la consistance des fruits du palmier dattier est influencée par la source de pollen et l'effet de qualité « métaxénie » (influençant les tissus à l'extérieur de l'embryon et de l'endosperme) (**Nixon, 1934, 136**), le microenvironnement local, des facteurs physiologiques et pathologiques ainsi que les conditions de récolte (**Chao et Krueger, 2007**), notent que la production et la qualité des dattes

de STRCUTURE a reflété la classification UPGMA et l'analyse des coordonnées principales (ACoP) a montré une structure génétique faible. Bien que ce constat soit confirmé par l'analyse STRUCTURE, elle indique plus de détails par rapport aux résultats obtenus avec l'analyse NTSYS. Cependant, l'utilisation d'une approche en plusieurs étapes nous a permis d'identifier des populations sous-structurées, dans lesquelles la structure génétique des 26 cultivars, pour chaque cluster génétique principal, a été subdivisée en sept pools génétiques en fonction de leur probabilité la plus élevée d'adhésion. En conséquence, la mixité et la fragmentation des clusters génétiques ont été enregistrés. Pourtant, **Kalinowski et al. (2011)**, soulignent que les clusters produits par STRUCTURE peuvent être fortement influencés par la variation de la taille de l'échantillon. De plus, le logiciel STRUCTURE a permis d'inférer les relations entre les cultivars étudiés et nous a permis d'obtenir le groupement le plus cohérent. L'analyse STRUCTURE, avec une valeur de K égale à 7 pour chaque sous-groupe principal (I et II), nous a permis de comprendre les relations génétiques existantes entre et au sein des accessions et des cultivars analysés. De plus, il semble que STRUCTURE ait décrit un regroupement des accessions analysées selon le type de fruit, ce qui n'est pas le cas du regroupement UPGMA. Néanmoins, pour le premier groupe principal, les groupes 3 et 6 présentent une mixture de génotypes sur la base du type de fruit, comprenant des cultivars dont les dattes sont molles ou sèches, tandis que les autres groupes ont une constitution génétique plus homogène, comme dans le cas des groupes 2 et 5. Nous avons observé que pour les deux principaux groupes génétiques, trois cultivars Tinicine (C24), Zomret Mimoun (C25) et Ain El Fès (C26) ont amplifié le plus grand nombre d'allèles, 120 allèles et 8 allèles privés dans leur sous-groupe, parmi tous les autres groupes génétiques (Tableau 15). Souvent, des allèles « privés » pourraient indiquer la présence de génotypes particuliers avec des allèles uniques dans une population et pourraient donc être un indicateur d'accessions potentielles présentant un trait intéressant propre à l'amélioration des cultures. Leur présence peut être due soit à un taux élevé de mutation dans les loci SSRs (**Henderson et Petes, 1992**), soit à de possibles sélections d'allèles spécifiques dans certaines accessions associées à leur morphologie et à leur (s) domaine (s) d'adaptation (**Samanthi et Prasana, 2012**).

de STRUCTURE a reflété la classification UPGMA et l'analyse des coordonnées principales (ACoP) a montré une structure génétique faible. Bien que ce constat soit confirmé par l'analyse STRUCTURE, elle indique plus de détails par rapport aux résultats obtenus avec l'analyse NTSYS. Cependant, l'utilisation d'une approche en plusieurs étapes nous a permis d'identifier des populations sous-structurées, dans lesquelles la structure génétique des 26 cultivars, pour chaque cluster génétique principal, a été subdivisée en sept pools génétiques en fonction de leur probabilité la plus élevée d'adhésion. En conséquence, la mixité et la fragmentation des clusters génétiques ont été enregistrés. Pourtant, **Kalinowski et al. (2011)**, soulignent que les clusters produits par STRUCTURE peuvent être fortement influencés par la variation de la taille de l'échantillon. De plus, le logiciel STRUCTURE a permis d'inférer les relations entre les cultivars étudiés et nous a permis d'obtenir le groupement le plus cohérent. L'analyse STRUCTURE, avec une valeur de K égale à 7 pour chaque sous-groupe principal (I et II), nous a permis de comprendre les relations génétiques existantes entre et au sein des accessions et des cultivars analysés. De plus, il semble que STRUCTURE ait décrit un regroupement des accessions analysées selon le type de fruit, ce qui n'est pas le cas du regroupement UPGMA. Néanmoins, pour le premier groupe principal, les groupes 3 et 6 présentent une mixture de génotypes sur la base du type de fruit, comprenant des cultivars dont les dattes sont molles ou sèches, tandis que les autres groupes ont une constitution génétique plus homogène, comme dans le cas des groupes 2 et 5. Nous avons observé que pour les deux principaux groupes génétiques, trois cultivars Tinicine (C24), Zomret Mimoun (C25) et Ain El Fès (C26) ont amplifié le plus grand nombre d'allèles, 120 allèles et 8 allèles privés dans leur sous-groupe, parmi tous les autres groupes génétiques (Tableau 15). Souvent, des allèles « privés » pourraient indiquer la présence de génotypes particuliers avec des allèles uniques dans une population et pourraient donc être un indicateur d'accessions potentielles présentant un trait intéressant propre à l'amélioration des cultures. Leur présence peut être due soit à un taux élevé de mutation dans les loci SSRs (**Henderson et Petes, 1992**), soit à de possibles sélections d'allèles spécifiques dans certaines accessions associées à leur morphologie et à leur (s) domaine (s) d'adaptation (**Samanthi et Prasana, 2012**).

## 5. Conclusion

Une diversité génétique très importante intra et inter cultivars a été observée dans la présente étude. Les résultats obtenus représentent l'une des premières contributions à l'étude de la

diversité génétique et à la caractérisation des cultivars de palmier dattier cultivés dans la première région productrice du palmier dattier en Algérie.

Un important pouvoir discriminant a été révélé par les SSRs. Le nombre d'allèles et l'hétérozygotie observés sont relativement élevés ainsi que des valeurs négatives de *F<sub>is</sub>* ont été relevées. La fréquence allélique la plus élevée a été enregistrée pour l'allèle 120 bp au locus DP169 que toutes les accessions ont amplifié soit à l'état homozygote ou hétérozygote.

Au total, 50 allèles privés amplifiés dont 26 allèles par la combinaison de trois paires d'amorces qui ont efficacement séparé 14 cultivars. Parmi les 14 marqueurs, six amorces SSRs ont amplifié des profils multilocus. Le niveau de similarité obtenu par le dendrogramme UPGMA était compris entre 0,10 et 0,64.

Les résultats n'ont pas révélé la présence d'accessions identiques à 100% dans tous les loci testés. Les profils génétiques de trois cultivars étaient complètement différents de (Itima, Lemsaref et Tinicine). Cependant, seules deux accessions (Bouhlass et Deglet Nour) ont amplifié les mêmes profils génétiques sur 7 loci des 14 SSRs.

La variabilité intra population (80%) était importante par rapport à la variabilité inter-population (20%). Globalement, une structure génétique faible a été révélée par cette étude. L'analyse moléculaire faite par STRUCTURE a permis la séparation des 52 accessions (26 cultivars) de palmier dattier en sept pools génétiques. Les accessions semblent être regroupées selon le type de fruit qu'elles produisent. Les groupes de cultivars dont les dattes sont de consistances molle et sèche étant les plus homogènes.

Les résultats de cette étude doivent être élargis par le génotypage supplémentaire de cultivars et d'accessions de palmier dattier cultivés dans cette région et dans toutes l'Algérie tout en développant davantage de microsatellites présélectionnés. Enfin, l'approche moléculaire est indispensable pour compléter et affiner la description morphologique traditionnelle des cultivars.

Conclusion générale



## CONCLUSION GENERALE

La culture des palmiers dattiers en Algérie remonte à des milliers d'années pendant lesquels sa diversité génétique a été modelée par les rudes conditions du désert, fait qui lui a conféré une grande importance socioéconomique essentiellement pour la valeur nutritionnelle de ses dattes. Beaucoup de travaux se sont intéressés à travers le monde et en Algérie à la richesse variétale du dattier en particulier avec l'accentuation du phénomène de l'érosion génétique qui est une suite logique au développement de cultivars élités.

Le devenir d'un cultivar de palmier dattier dépend en une large mesure de la valeur commerciale de ses dattes. Une valeur appréciée à travers un ensemble de critères liés à sa qualité qui répond, elle-même, à des normes d'ordre morphologique (longueur, poids...etc) ou biochimique (taux de sucres, teneur en eau, composés aromatiques...etc).

L'objectif de ce présent travail est d'améliorer les connaissances sur les ressources phytogénétiques du palmier dattier à travers la caractérisation morphologique, chimique du fruit et moléculaire des cultivars les plus fréquents aux Ziban. Cette région, qui représente le premier pôle phoenicicole en Algérie, où les variétés locales encourent le danger de disparition à cause de la dominance du cultivar « Deglet Nour ».

La caractérisation morphologique de la partie végétative et reproductrice traitées de manière séparée a considéré plus de 50 marqueurs quantitatifs révélant une importante diversité morphologique parmi les 26 cultivars étudiés. L'étude des corrélations a renseigné sur une architecture bien développée et harmonieuse des différentes parties du dattier en ce qui concerne les caractères impliqués dans l'expression de la vigueur. Egalement, le comportement des pennes était similaire à celui des épines de sorte que leur organisation en groupes concordaient largement. Une grande proportionnalité a été observée quant aux dimensions de la spathe qui influaient directement sur celles des épillets à l'intérieur et qui dépendait aussi et de manière directe de leur position sur la partie ramifiée de la spathe. De même, les caractères biométriques et pondéraux du fruit exprimaient de fortes corrélations et ont été en étroite liaison avec la longueur de la partie avec fruits des épillets.

Un nombre important de traits végétatifs et reproducteurs ont été révélés très discriminants parmi lesquels ceux explorés pour la première fois par la présente étude et qui peuvent être employés pour une caractérisation plus précise des cultivars. Ces caractères étant déjà utilisés par les agriculteurs.

Le regroupement des cultivars sur la base de leurs caractéristiques reproductrices a montré des distances relativement plus importantes entre les cultivars, comparé au regroupement sur la base

des traits végétatifs. Ce fait renseigne sur une diversité génétique plus large dans la première partie et appuie le choix des agriculteurs qui font appel plus fréquemment aux dattes pour la distinction entre les cultivars plutôt qu'aux palmes.

Par ailleurs, le clustering des cultivars a été fait indépendamment de la classe des dattes puisqu'il a été question d'un rapprochement phénotypique sur la bases de paramètres morphologiques et reproducteurs qui évoluaient ensemble pour certains cultivars où la vigueur prononcée de l'appareil végétatif accompagnait celle de l'appareil reproducteur.

L'exploration de la diversité chimique des dattes de 40 cultivars connus en plus de quelques cas de dérivés, issus de semis et synonymes prélevés de sept communes de la wilaya de Biskra a permis une meilleure caractérisation et classification des dattes sur la base de 13 paramètres chimiques.

Les dattes analysées représentent incontestablement une source sûre et riche de sucres, mais les plus riches étaient celles des cultivars dont les noms, attribués par les phoeniculteurs, dévoilaient déjà le gout « Sokria » qui signifie « gout sucré » et « Halwa » qui veut dire « bonbon ».

L'association de certains composants de la datte a été confirmée par ce travail. Les dattes sèches, par opposition aux dattes molles, sont des dattes qui contiennent une faible teneur en eau, à pH faible et d'une richesse marquée en saccharose. La plus grande partie des dattes analysées ont une consistance qui varie entre demi-molle et sèche.

Les paramètres chimiques les plus discriminants sont principalement les éléments minéraux dont les teneurs dans les dattes sont largement influencées par les facteurs extrinsèques. En outre, d'autres composants tels que la teneur en eau, les taux des sucres (totaux, réducteurs et non réducteurs), l'indice de qualité ont montré un fort pouvoir discriminant ce qui justifie leur emploi comme critères de caractérisation des dattes. Deux classes bien distinctes dont les caractéristiques s'opposent ont été mises en évidence, celles de consistances sèche et molle en se basant sur les paramètres des taux de saccharose et l'acidité titrable (élevés chez la première classe) et la teneur en eau et le pH (élevés chez la seconde classe). Par ailleurs, contrairement à d'autres études précédentes aucune opposition nette entre sucres réducteurs et saccharose n'a été observée. La description de deux classes intermédiaires à savoir « demi-sèches » et « demi-molles » est faite par rapport à leurs contenus proches en termes de teneurs en eau où la balance des sucres analysés vire vers le saccharose pour les dattes de consistance demi-sèche et vers les sucres invertis pour les dattes dites demi-molles. La variation intra-cultivar observée chez les

dattes d'un même cultivar récoltées de différents sites a été mise en exergue à travers le changement de leurs caractéristiques en milieux variables. Ces informations de base sur les réponses du dattier aux variations extrinsèques permettent d'appréhender son comportement en fonction du milieu de culture où il est installé.

Une variabilité moléculaire élevée a été observée dans cette étude par l'emploi de 14 marqueurs SSRs. Les valeurs *He* et PD ont révélé pour chaque amorce une grande variabilité génétique et une efficacité de discrimination parmi les génotypes. Au total, 26 allèles privés amplifiés par la combinaison de trois paires d'amorces ont efficacement séparé 14 cultivars. Le nombre d'allèles et l'hétérozygotie observés pour les locus SSRs sont relativement élevés, en effet, des valeurs négatives de *Fis* ont été notées. Parmi les 14 marqueurs, six amorces SSRs ont amplifié des profils multilocus. Les allèles "nuls" ont également été observés.

La variabilité intra population était importante par rapport à la variabilité inter-population. Globalement, une structure génétique faible a été révélée par cette étude. Toutefois, l'analyse moléculaire faite par STRUCTURE était plus détaillée et discriminante et a permis la séparation des 52 accessions (26 cultivars) de palmier dattier en sept pools génétiques. L'utilisation de l'outil moléculaire semble regrouper les accessions selon le type de fruit. Les groupes de cultivars dont les dattes sont de consistances molle et sèche étant les plus homogènes. Ces mêmes groupes se sont révélés préalablement les plus distincts lors de la caractérisation chimique des dattes.

L'apport de notre étude en terme de connaissances sur la diversité moléculaire du dattier en Algérie représente l'une des premières tentatives de génotypage détaillé qui devrait être élargie par le génotypage supplémentaire de cultivars et d'accessions de palmier dattier cultivés dans cette région et avec davantage de microsatellites présélectionnés. En effet, cette étude sur la diversité génétique des cultivars endémiques algériens utilisant des marqueurs SSRs constituerait une étape clé dans l'acquisition de connaissances sur les ressources disponibles pour leur conservation et leur amélioration génétique. En outre, le contenu en informations des paires d'amorces SSRs permettant de détecter les polymorphismes parmi les génotypes de palmiers dattiers, pourrait aider à sélectionner les marqueurs SSR les plus efficaces lors de la réalisation de recherches sur des échantillons à grande échelle. Ceci est particulièrement important pour compléter et affiner la description morphologique traditionnelle des cultivars. Compte tenu du niveau de confusion génétique identifié pour le palmier dattier, il convient de préciser l'histoire de la culture et de la rassembler avec de nouvelles connaissances susceptibles

de contribuer à l'explication de la structure génétique cryptique des cultivars de palmiers dattiers en Algérie et dans d'autres pays producteurs de dattes. Le manque d'informations sur le patrimoine génétique du palmier dattier, comparé à son immense richesse, et à l'absence de normes de référence ainsi qu'à un système de nomenclature bien défini, compliquent la création d'une collection de matériel génétique utilisable dépourvue d'homonymie, de synonymie et de mauvais étiquetage. Ainsi, une classification fiable de tous les cultivars doit être réalisée.

Enfin, nous soulignons encore que le présent travail témoigne de la richesse de la biodiversité du palmier dattier dans la région des Ziban et en Algérie. Un polymorphisme important d'ordre morphologique, chimique et moléculaire a été mis en évidence permettant ainsi de mettre au service des sélectionneurs une base de données d'une grande valeur pour l'amélioration et la gestion de cette importante culture. En effet, lors de la sélection, les cultivars contenant une combinaison entre descripteurs intéressants pourraient être exploités directement comme des cultivars potentiels en qualité de géniteur dans de croisements.

Pour ce faire, une attention particulière devrait être portée aux savoirs et savoir-faire traditionnels des agriculteurs. Cet héritage de connaissances pratiques tissé à travers des générations autour des cultivars locaux dans les oasis concrétise le fruit d'expériences cumulées pendant des siècles de pratique de la phoeniciculture. Il orientera le choix du matériel génétique pour la sélection et aussi celui des procédés de transformation pour la valorisation notamment en ce qui a trait aux usages thérapeutiques et cosmétiques.

Références bibliographiques



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdulla M. et Gamal O. (2010). Investigation on molecular phylogeny of some date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars by protein, RAPD and ISSR markers in Saudi Arabia. *Aust J Crop Sci* 4: 23-28.
2. Aberlenc-Bertossi, F., K. Castillo, C. Tranchant-Dubreuil, E. Chérif, M. Ballardini, S. Abdoukader, M. Gros-Balthazard, et al. (2014). In silico mining of microsatellites in coding sequences of the date palm (*Arecaceae*) genome, characterization, and transferability. *Applications in Plant Sciences* 2: 1300058.
3. Acourene S. et Tama M. (1997). Caractérisation physicochimique des principaux cultivars de datte de la région de Ziban. *Revue recherche Agronomique*, Ed. INRAA, N° 1, pp. 59-66.
4. Açourene, S., Belguedj, M., Tama, M. et Taleb, B. (2001). Caractérisation, évaluation de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région des Ziban. *Recherche agronomique*, Institut national de la recherche agronomique d'Algérie. 8:19-39. <http://www.webreview.dz/spip.php?article179>.
5. Acourene S., Allam A., Taleb B., Tama M. (2007). Inventaire des différents cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) des régions de Oued-Righ et Oued-Souf. *Revue Sécheresse et changements planétaires*, 18 (23), 135-142, 2007.
6. Acourene S., Djafri K., Benchabane A., Tama M. et Taleb B. (2014). Dates Quality Assessment of the Main Date Palm Cultivars Grown in Algeria. *Annual Research et Review in Biology*. 4(3): 487-499.
7. AFNOR, (1986). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR, 325 p.
8. Ahmed, I.A., Ahmed A.K. et Robinson R.K. (1995). Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chem.*, 54: 305–309.
9. Ahmed, T.A. et Al-Qaradawi, A. (2009). Molecular phylogeny of Qatari date palm genotypes using simple sequence repeats markers. *Biotechnology* 8:126–131.
10. Akkak A., Scariot V., Marinoni D.T., Boccacci P., Beltramo C. et Botta R. (2009). Development and evaluation of microsatellite markers in *Phoenix dactylifera* L. and their transferability to other Phoenix species. *Biol Plant* 53:164–166.
11. Al-Faifi S.A., Migdadi H.M. et Algamdi S.S. (2016). Development, characterization and use of genomic SSR markers for assessment of genetic diversity in some Saudi date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Electr J Biotechnol* 21:18–25.

12. Al-Farsi, M., C. Alasalvar, A. Morris, M. Baron et F. Shahid (2005a). Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 7586–7591.
13. Al Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., et Shahidi, F. (2005b). Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 7586–7591.
14. Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Al-Abid, M., Al-Shoaily, K., Al-Amry, M., et Al-Rawahy, F. (2007). Compositional and functional characteristics of dates, syrups and their by-products. *Food Chemistry*, 104, 943-947.
15. Al Farsi, M.A. et Lee, C.Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 877- 887.
16. Al-Hooti, S., Jiuan, S., et Quabazard, H. (1995). Studies on the physico-chemical characteristics of date fruits of five UAE cultivars at different stages of maturity. *Arab Gulf Journal*, 13, 553–569.
17. Al-Hooti S., Sidhu J.S. et Qabazard H. (1997). Physiochemical characteristics of five date fruit cultivars grown in the United Arab Emirates. *Plant Foods Hum Nutr.*, 50: 101–113 dattes. *FAO, Rome*, 10-43: 229-243.
18. Al-Jibouri A.J.M., Salman R.M. et Omar M.S. (1988). Transfer of in vitro-regenerated date palms to the soil. *Date Palm J* 6:390–400
19. Ali Mohamed, A. Y. et Khamis, A. S. (2004). Mineral ion content of the seeds of six cultivars of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6522–6525.
20. Al-Khalifah, N.S. et Askari, E. (2003). Molecular phylogeny of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Saudi Arabia by DNA fingerprinting. *Theor Appl Genet* 107:1266-1270.
21. Al-khalifah N.S., Askari E. et Khan A.E.S. (2012). Molecular and morphological identification of some elite varieties of date palms grown in Saudi Arabia. *Emir J Food Agric* 24:456–461.
22. Al-Khayri J.M. (2005). Date palm *Phoenix dactylifera* L. In: Jain SM, Gupta PK (eds.) *Protocols of somatic embryogenesis in woody plants*. Springer, Netherlands, pp 309–319.
23. Al-Khayri J.M., Naik P.M., Jain S.M. et Johnson D.V. (2018). Advances in Date Palm (*Phoenix dactylifera*L.) Breeding. In: Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds) *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits*. Springer, Cham.

24. Allam A.E.K., Acourene S., Chouaki S., Djafari K., Taleb B. et Tama M. (2006). Etude de la diversité génétique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) de la région de Ghardaya. Revue des régions arides. Numéro spécial : actes du séminaire international : Gestion des ressources et applications biotechnologiques en aridoculture. 12-15p.
25. Al-Noimi, J., Al-Amir, G. (1980). Physiology and morphology of date palm. Al-Basra University, Iraq: Faculty of Agriculture.
26. Alquraini F., Khan S., Alhemaid F.M. et al. (2011). Assessing molecular signature for some potential date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Saudi Arabia, based on chloroplast DNA sequences rpoB and psbA-trnH . Int J Mol Sci 12:6871–6880.
27. Al-Ruqaishi, I.A., Davey, M. Alderson, P. et Mayes, S. (2008). Genetic relationships and genotype tracing in date palms (*Phoenix dactylifera* L.) in Oman, based on microsatellite markers. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization 6:70–72.
28. Al-Shahib, W et Marshall, R. J. (2003). Dietary fiber content of dates from 13 varieties of date palm *Phoenix dactylifera* L. International Journal of Food science Technology, 37, 719-721 pp.
29. Al-Yahyai R et Al-Khanjari S. (2008). Biodiversity of date palm in the Sultanate of Oman. Afr J AgricRes 3:389–395.
30. Amer W.M. (1994). Taxonomic and documentary study of food plants in Ancient Egypt. Ph.D. Thesis, Cairo University (see also: Amer WM, History of Botany Part1: The Date Palm in Ancient History, Botany Department, Faculty of Science, Cairo University, Egypt [<http://www.levity.com/alchemy/islam08.html>]).
31. Arabnezhad, H., Bahar, M., Mohammadi, H.R. et Latifian, M. (2012). Development, characterization and use of microsatellite markers for germplasm analysis in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Scientia Horticulturae. 134:150-156.
32. Ashmawi, H. A. et A. Hussein. (1956). Compositional changes in Zaghlul dates throughout the different stages of maturity. J. Sci. Food Agric. 7: 625-628.
33. Asmussen C.B., Dransfield J., Deichmann V., Barfod A., Pintaud J.C. et Baker W.J. (2006). A new subfamily classification of the palm family (Arecaceae) : evidence from plastid DNA phylogeny. Botanical Journal of Linnean Society 151: 15-38.
34. Audigie D., Dupont G., Zonszain T. (1978). Manipulation d'analyse biochimique. Ed.Doin. Paris p27-74.
35. Baaziz, M. et Saaidi, M. (1988). Preliminary identification of date palm cultivars by esterases isoenzymes and peroxidase activities. Can J Bot 66:89–93.

36. Babaei N. et Shabanimofrad M. (2018). Genetic Diversity and Population structure of selected *Phoenix dactylifera* L. Genotypes in Iran. *Adv. Biores.*, Vol 9 [2] :90-98.
37. Babahani S. (2011). Analyses biologique et agronomique de palmiers mâles et conduite de l'éclaircissage des fruits chez les cultivars Ghars et Deglet Nour. *Thé Doc*, ENSA, Alger. 197p.
38. Barreveld, W.H. (1993). Date Palm Products, *Agricultural Services Bull.*, No. 101, p: 216. FAO Rome, Italy.
39. Battesti V. (2013). L'agrobiodiversité du dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans l'oasis de Siwa (Égypte): entre ce qui se dit, s'écrit et s'oublie. *La Rev d'Ethnoécol*, hal-00707908 version 3. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00707908>.
40. Bedjaoui, H. et Benbouza, H. (2018). Assessment of phenotypic diversity of local Algerian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Paper in press.
41. Bekheet, S. et El-Sharabasy, S. F. (2015). Date Palm Status and Perspective in Egypt. In *Date Palm Genetic Resources and Utilization*, 1st ed., edited by Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., and Johnson, D. V. Netherlands: Springer, 75-123.
42. Belguedj, M. (2002). Les ressources génétiques du palmier dattier, caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. *Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie*. 1, 289.
43. Benbouza, H., Baudoin, J. P., et Mergeai, G. (2006). Improvement of genomic DNA extraction method with CTAB from cotton leaves. *Biotech Agro Soc Env* 10(2):73-76.
44. Ben Ismaïl H., Djendoubi N., Kodja A., Ben Hassine D. et Ben Slama M. (2013). Physicochemical characterization and sensory profile of 7 principal Tunisian date cultivars. *Emir. J. Food Agric*. 2013. 25 (5): 331-341.
45. Benkhalifa A. (1999). Gestion de la diversité génétique du palmier dattier en Algérie. Paper presented at the workshop constitution et organisation d'équipes de recherche scientifique dans les domaines de foresterie et des arbres fruitiers, 13–15 April. Marrakech, Morocco
46. Bennkeur M., Lanaud C., Chevallier M. H., Bounaga N., (1991). Genetic diversity of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) from Algeria revealed by enzyme markers. *Plant Breeding*, 107 : 56-69.
47. Benouamane W. (2015). Valorisation de quelques dokkars par l'étude de la diversité génétique moyennant les marqueurs morphologiques de l'IPGRI, *Mémoire Magi*. Univ. EL HADJ LAKHDAR, BATNA, Pp 180.

48. Billotte N., Lagoda P.J.L., Risterucci A.M., Baurens F.C. (1999). Microsatellite-enriched libraries: applied methodology for the development of SSR markers in tropical crops. *Fruits* 54: 277-288.
49. Billotte N., Marseillac N., Brottier P., Noyer J.L., Jacquemoud-Collet J., Moreau C., Couvreur T., Chevallier M.H., Pintaud J.C, Risterucci A.M. (2004). Nuclear microsatellite markers for the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Characterization and utility across the genus *Phoenix* and in other palm genera. *Mol Ecol Notes* 4:256–258.
50. Boyang R., Cao B.R. et Chao C. T. (2002). Identification of date cultivars in California using AFLP markers. *Hort Sci* 37 (6):966–968.
51. Bodian, A., Elhoumaizi, M.A., Ndoye Ndir, K. Hasnoui, A., Nachtigall, M. et Wehling, P. (2012). Genetic diversity analysis of date palm cultivars from Figuig oasis (Morocco) using SSR markers. *Int J Sci Adv Technol* 2(3):96–104.
52. Booij, I., Piombo, G., Risterucci, J.M., Coupe, M., Thomas, D et Ferry, M. (1992). Etude de la composition chimique des dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L). *Fruits*, 47: 667-678.
53. Bouguedoura N. (1982). Development and distribution of axillary buds in *Phoenix dactylifera* L. Proceeding of the first symposium of the date palm, pp 40–45.
54. Bouguedoura N. (1991). Connaissance de la morphogénèse du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatif et Reproducteur. Thèse Doctorat d'Etat, USTHB, Alger.
55. Bouguedoura N., Bennaceur M., Babahani S., Benziouche S.E. (2015). Date palm status and perspective in Algeria. In: Al-Khayri JM, Jain SM, Johnson DV, eds. *Date Palm Genetic Resources and Utilization. Volume 1: Africa and the Americas*. Germany: Springer, pp. 125–168.
56. Bousdira K. (2007). Contribution à la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse : caractérisation morphologique et biochimique des dattes des cultivars les plus connus de la région de M'zab, classification et évaluation de la qualité. Thèse.Mag.Sci.Agro.Uni.Boumerdes. Alger, 149 p.
57. Brac de la Perrière R.A. et Benkhalifa A. (1989). Identification de cultivars de dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) du sud-ouest algérien. *Plant Gen Res Newsl FAO/IBPGR*.78/79:13–20.
58. Cao, B. R. et Chao, C. T. (2002). Identification of date cultivars in California using AFLP markers. *Hort Sci* 37 (6):966–968.

59. Chaluvadi, S. R., Khanam, S., Mam, A. et Bennetzen, J.L. (2014). Genetic diversity and population structure of native and introduced date palm (*Phoenix dactylifera* L.) germplasm in the United Arab Emirates. *Tropical Plant Biol* 7:30–41.
60. Chao, C.C.T. et Krueger, R.R. (2007). The Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). Overview of Biology, Uses, and Cultivation. *Hort Sci* 42 (5):1077-1082.
61. Chapuis, M.P. et Estoup, A. (2007). Microsatellite null alleles and estimation of population differentiation. *Mol Biol Evol* 24:7621–631.
62. Cherif, E., Zehdi S., Castillo K., Chabrilange N., Abdoukader S., Pintaud J. C., Santoni S., et al. (2013). Male-specific DNA markers provide genetic evidence of an XY chromosome system, a recombination arrest and allow the tracing of paternal lineages in date palm. *New Phytologist* 197 : 409 – 415.
63. Chibane, H., Benamara, S., Noui Y. et Djouab A. (2007). Some physicochemical and morphological characterizations of three varieties of Algerian common dates. *European Journal of Scientific Research*, 18 (1):134-140.
64. Cipriani, G., Marrazzo, M.T., Marconi, R., Cimato, A. et Testolin, R. (2002). Microsatellite markers isolated in olive (*Olea europaea* L.) are suitable for individual fingerprinting and reveal polymorphism within ancient cultivars. *Theor Appl Genet* 104:223–228.
65. Cook, J.A. et Furr J.R. (1952). Sugars in the Fruit of Soft, Semi-dry and Dry Commercial Date Varieties. *Date Grower's Institutional Report*, No. 29.
66. Cullis C. 2011. Molecular markers in date palm. In: S. M. Jain J. M. Al-Khayri and D. V. Johnson (Eds.), pp. 361-370. *Date Palm Biotechnology*. Springer, Dordrecht.
67. De Vicente C., Metz T., Alercia A. (2004). *Descriptors for Genetic Marker Technologies*. IPGRI, Rome, Italy. Available at: [http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?id\\_pub=913](http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?id_pub=913)
68. Díaz A., De la Rosa R., Martín A. et Rallo P. (2006). Development: characterization and inheritance of new microsatellites in olive (*Olea europaea* L.) and evaluation of their usefulness in cultivar identification and genetic relationship studies. *Tree. Genet. Genomes* 2: 165–175.
69. Djoudi I. (2013). Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelques accessions du Palmier Dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Biskra. *Mém Mag. Univ Biskra*. 141 p.
70. Dowson W. H. et Aten A. (1963). *Composition et maturation, récolte et conditionnement des dattes*. Rome: Collection FAO. 397

71. Dransfield J., Uhl N.W., Asmussen C.B., Baker W.J., Harley M.M. et Lewis C.E. (2008). Genera Palmarum. The evolution and classification of palms. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, U.K, 732 p.
72. Duke J.A. (1992). Handbook of Phytochemicals of GRAS Herbs and Other Economic Plants. Boca Raton FL: CRC Press.
73. Earl, D.A. et Vonholdt, B.M. (2012). STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTUR-E output and implementing the Evanno method. *Conserv Genet Resour* 4:359–361.
74. El Arem A., Flamini G., Saafi E. B., Issaoui M., Zayene N., Ferchichi A., Hammami M., Helal Ahmed N. et Achour L. (2011). Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. *Food Chemistry*, 127, 1744–1754.
75. El-Assar A.M., Krueger R.R., Devanand P.S., et Chao. C.T. (2005). Genetic analysis of Egyptian date (*Phoenix dactylifera* L.) accessions using AFLP markers. *Genet. Res. Crop Evol.* 52:601–607.
76. Elhoumaizi, M.A., Saaidi, M., Oihabi, A., Cilas, C. (2002). Phenotypic diversity of date-palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Morocco. *Genet Res Crop Evol* 49:483-490.
77. Elmeer, K., Sarwath, H., Malek, J., Baum, M. et Hamwieh, A. (2011). New micros-atellite markers for assessment of genetic -diversity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *3 Biotech* 1:91–97.
78. Elshibli, S. et Korpelainen, H. (2008). Microsatellite markers reveal high genetic diversity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) germplasm from Sudan. *Genetica* 134:251–260.
79. Elshibli, S. et Korpelainen, H. (2009). Biodiversity of date palms (*Phoenix dactylifera* L.) in Sudan: chemical, morphological and DNA polymorphisms of selected cultivars In : *Plant Genetic Resources*. 7, 2, p. 194-203 10 p.
80. Elshibli, S. et Korpelainen, H. (2011). Biodiversity in date palm: molecular markers as indicators. In: Jain S M, Al-Khayri, J M, Johnson, D V (eds) *date palm biotechnology*. Springer Science+ Business Media, pp 371-406.
81. El-Sohaimy S.A. et Hafez E.E. (2010). Biochemical Chemical composition and characteristics of the and Nutritional Characterizations of Date Palm Fruits dietary fibre. *Food Chemistry*, 111: 676-682. (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Applied Sciences*.
82. Escudero A., Iriando J.M. et Torres M.E. (2003). Spatial analysis of genetic diversity as a tool for plant conservation. *Biol Conserv* 113:351–365.

83. Estanove P. (1990). Note technique : Valorisation de la datte. Options méditerranéennes, Systèmes agricoles oasiens. Ed. CIHEAM, série A, N°11, 301-318.
84. El-Tarras A., Al-Tawatti N. et Al-Malki F. (2007). Genetic fingerprinting of some KSA cultivars using modern biotechnological techniques. *Biotechnol* 6: 263-267.
85. Evanno, G., Regnaut, S. et Goudet, J. (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Mol Ecol* 14:2611–2620.
86. Excoffier, L., Smouse, P.E. et Quattro, J.M. (1992). Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: Application to human mitochondrial DA restriction sites. *Genetics* 131:479-491.
87. Excoffier, L., Estoup, A. et Cornuet, J.M. (2005). Bayesian analysis of an admixture model with mutations and arbitrarily linked markers. *Genetics* 169:1727-1738.
88. FAOSTAT, 2016. Agro-Statistics Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations., <http://www.fao.org/corp/copyright/en/> . Accessed 08 August 2018.
89. Faqir N., Muhammad A., Ghulam Muhammad A., Armghan S., Rahman U., Farhatullah H. et Muhammad Zeeshan H. (2018). Utility of Morphological Features, Chemical Composition of Fruit and Chloroplast Genes in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Characterization. Vol. 34 Issue 2, p378-388. 11p.
90. Falush, D., Stephens, M. et Pritchard, J.K. (2003). Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics* 164:1567–1587.
91. Gobbin, D., Hohl, L., Conza, L., Jermini, M., Gessler, G. et Conedera, M. (2007). Microsatellite-based characterization of the *Castanea sativa* cultivar heritage of southern Switzerland. *Genome* 50(12):1089-103.
92. Gotor E., Alercia A., Rao V.R., Watts . et Caracciolo F. (2008). The scientific information activity of Bioversity International: the descriptor lists. *Genet Res Crop Evol* 55:757–772.
93. Guettouchi A., Chrif K., Belguedj M., Abdelkrim F., Kadri H., Belkadi F. Z., Mahdi M., Soltani H., Chaabi Z et Ykhlef N. (2015). Inventaire et conservation de la palmeraie de Bousaada, Algérie, INRA d’Algérie. *Recherche agronomique*, 27:48-56.
94. Guettouchi A., Elshibli S., Haider N., Nabulsi I., Ykhlef N. (2017a). Molecular diversity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Algeria indicated by RAPD and ISSR polymorphisms. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 18:76-89.

95. Guettouchi A., Haider N., Nabulsi I., et Ykhlef N. (2017b). Molecular characterization of Algerian date palm cultivars using circular plasmid-like A. *Indian J. Genet.*, 77(1): 170-172.
96. Girard J. (1965). L'évolution de la datte au cours de sa croissance et de sa maturation. *Compte rendu des travaux de Recherches effectués à la Station d'El-Arfiane.*
97. Gourchala ,F. (2015). Caractérisation physicochimique, phytochimique et biochimique de cinq variétés de dattes d'Algérie, *Phoenix dactylifera* L.(Deglet noor, Ghars, H'mira, Tamesrit et Tinissine). Mémoire de Diplôme d'Etudes supérieures en Biochimie. Département de biochimie. Université Badji Mokhtar – Annaba, pp :41-43.
98. Haider N. et Nabulsi I. (2012). Molecular characterization of Syrian date palm cultivars using plasmid-like DNA markers. *Russian J. Genet.*, 48(2): 240-244.
99. Halkett, F., Simon, J. C. et Balloux, F. (2005). Tackling the population genetics of clonal and partially clonal organisms. *Ecol Evol* 20N (4).
100. Hamrick, J.L. et Godt, M.J.W. (1989). Allozyme diversity in plant species. In: Brown A H D, Clegg M T, Kahler L, Weir B S (Eds.). *Plant Population Genetics, Breeding, and Germplasm Resources.* Sinauer Associate Sunderland, pp 43–63.
101. Hamwiah, A., Farah, J., Moussally, S. Al-Sham'aa, K., Almer, K., Khierallah ,H., ..., Baum, M. et al. (2010). Development of 1000 microsatellite markers across the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) genome. 4th Int Date Palm Conference. *Acta Hort* 269–277.
102. Hamza H., Benabderrahim M.A., Elbakkay M., Ferdaous G., Triki T. et Ferchichi A. (2012). Investigation of genetic variation in Tunisian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars using ISSR marker systems and their relation with fruit characteristics. *Turkish J Biol.* 36: 449-458.
103. Hamza H., Abederrahim M.A.B., Elbakkay M., Ferchichi A. (2013). Comparison of the effectiveness of ISSR and SSR markers in determination of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) agronomic traits. *Aust J Crop Sci.* 7: 763-769.
104. Hartl, D. L. et Clark, A. G. (1997). *Principles of Population Genetics* 3rd ed. Sinauer Associates Inc.
105. Hannachi S. (2012). Ressources génétiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.): Analyse de la variabilité inter et intra des principaux cultivars dans les palmeraies algériennes. Thèse magister. Ecole nationale supérieure Agronomique. Alger. 98p.
106. Hannachi, S., Benkhalifa, A., Khtiri, D., Brac de la Perriere, R.A. (1998). Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. Commissariat au Développement de l'agriculture des

- régions Sahariennes (CDARS), Unité de Recherche sur les Zones Arides (URZA) de l'Université des Sciences et Technologie Houari Boumedienne. République Algérienne.
107. Harrak H. et Boujnah M. (2012). Valorisation technologique des dattes au Maroc. INRA-Editions. 157pp.
  108. Hasnaoui A. (2013). Valorisation et évaluation de la qualité des dattes de la palmeraie de Figuig (Sud -Est du Maroc). Thèse.Doct.Prod végé.Univ.Oujda. 200 p.
  109. Hasnaoui, A., Elhoumaizi, M. A., Hakkou, A., Wathelet, B., et Sindic, M. (2011). Physico-chemical characterization, classification and quality evaluation of date palm fruits of some Moroccan cultivars. *Journal of Scientific Research*, 3(1), 139–149.
  110. Henderson, S.T. et Petes, T.D. (1992). Instability of simple sequence DNA in *Saccharomyces cerevisiae*. *Molecular and Cellular Biology* 12:2749–2757.
  111. Hulme A.C. (1970). *Biochemistry of Fruits and their Product*. Vol.1. 620 pp. London and New York: Academic Press. ISBN: 12-361201-2.
  112. Intha N., Chaiprasart P. (2018). Sex determination in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) by PCR based marker analysis *Scientia Horticulturae* 236 (2018) 251–255.
  113. IPGRI. (2005). *Descripteur du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
  114. Ismail, B., Haffar I., Baalbaki R., Mechref Y. et Henry J. (2006). Physico-chemical characteristics and total quality of five date varieties grown in the United Arab Emirates. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 41: 919–926
  115. Jakobsson, M. et Rosenberg, N.A. (2007). CLUMPP: cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure. *Bioinformatics* 23:1801–1806. Doi:10.1093/bioinformatics/btm233.
  116. Jaradat A. A. (2014). Synthesis and assessment of date palm genetic diversity studies. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, vol. 26, no. 11, pp. 934–952.
  117. Jaradat A.A. et Zaid A. (2004). Quality traits of date palm fruits in a center of origin and center of diversity. *Food Agric Environ* 2:208–217
  118. Jeffreys A.J., Wilson V., Thein S.L. (1985). Hypervariable ‘minisatellite’ regions in human DNA. *Nature* 314: 67-73.
  119. Johnson, D. V. (2011). Date palm biotechnology from theory to practice. In: S. M. Jain, J. M. Al-Khayri and D. V. Johnson (Eds.), pp. 1-11. *Date Palm Biotechnology*, Springer, Dordrecht.
  120. Johnson D.V., Al-Khayri J.M. et Jain S.M. (2013). Seedling date palms (*Phoenix dactylifera* L.) as genetic resources. *Emir J Food Agric* 25(11):809–830.

121. Jolliffe, I.T. (2002). *Principal Component Analysis*. 2nd ed. Springer.
122. Kalinowski, S.T. (2011). The computer program STRUCTURE does not reliably identify the main genetic clusters within species: simulations and implications for human population structure. *Heredity* 106: 625–632.
123. Khan M., Sarwar A., Wahab M. et Haleem R. (2008). Physico-chemical characterization of date varieties using multivariate analysis. *J. Food Agric.*, 88: 1051–1059.
124. Khanam, S., Sham, A., Bennetzen, J.L. et Mohammed, A.M.A. (2012). Analysis of molecular marker-based characterization and genetic variation in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Aust J Crop Sci* 6:1236–1244 .
125. Knoop V. (2004). The mitochondrial DNA of land plants: peculiarities in phylogenetic perspective. *Curr Genet* 46:123–139.
126. Lambiote B. (1982). Some aspects of the role of dates in human nutrition. In: *Proceedings of the First International Symposium on Date Palm*. Saudi Arabia: King Faisal University.
127. Lemine, M., Mint, F., Mohamed Ahmed, M. V. O., Ben Mohamed Maoulainine, L., Bouna, Z. E. A. O., et al. (2014). Antioxidant activity of various Mauritanian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at two edible ripening stages. *Food Sci. Nutr.* 2, 700–705.
128. Li Y.C., Korol A.B., Fahima T., Beiles A. et Nevo E. (2002). Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanisms: a review. *Molecular Ecology* 11: 2453-2465.
129. Linden G. (1981). *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires Vol. 2 : principe des techniques d'analyse*. Ed. Collection science et technique agro-alimentaire. Paris, p434.
130. Maatallah A. (1969). Note sur les variétés de dattiers cultivés en Algérie. Rapport INRA. Alger : Institut national de la recherche agronomique d'Algerie (INRAA).
131. MADR. (2016). *Statistiques agricoles, série B*. Ministère de l'Agriculture et du développement Rurale, Algérie.
132. Mason S. (1915). Botanical characters of the leaves of the date palms used in distinguishing cultivated varieties, *Bulletin* 223:1–28. USDA, Washington, DC.
133. Mathew, L. S., Seidel, M. A., George, B., Mathew, S., Spannagl, M., Haberer G., Torres, M.F., Malek, J.M. (2015). A Genome-Wide Survey of Date Palm Cultivars Supports Two Major Subpopulations in *Phoenix dactylifera*. *G3*, 5(7):1429-38.
134. Mason, S.C. (1915). Botanical characters of the leaves of date-palm used in distinguishing cultivated varieties. United States Department of Agriculture. *Bulletin* 223.

- 135.** Meyer A. (1991). Cours de microbiologie générale. Edition Doin, Paris. 333 p.
- 136.** Miller C.J., Dunn E.V. et Hashim I.B. (2003). The glycaemic index of dates/yoghurt mixed meals. Are dates ‘the candy that grows on trees’? *European Journal of Clinical Nutrition* 57: 247–430.
- 137.** Mohammed, S., Shabana, H. R., Mawloud, E. A. (1983). Evaluation and identification of Iraqi date cultivars. Fruits characteristics of fifty cultivars. *Date Palm Journal*, 2, 27-55.
- 138.** Moussouni, S., Pintaud, J.C., Vigouroux, Y. et Bouguedoura, N. (2017). Diversity of Algerian oases date palm (*Phoenix dactylifera* L., *Arecaceae*): Heterozygote excess and cryptic structure suggest farmer management had a major impact on diversity. *PLoS ONE* 12(4): e0175232.
- 139.** Mrabet, A. B., Ferchichi, A., Chaira, N., Mohamed, B. S., Baaziz, M., et Penney, T. H. M. (2008). Physico-chemical characteristics and total quality of date palm varieties grown in the southern of Tunisia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(7), 1003–1008.
- 140.** Munier P. (1955). Le palmier dattier en Mauritanie. *Annales Inst. Fruits et Agrumes Colon*, No. 12.
- 141.** Munier P. (1961). Note sur le séchage et le conditionnement des dates communes. *Fruits*, 9(16), 415 – 417.
- 142.** Munier P. (1973). Le palmier dattier. Ed. G-P. MAISONNEUVE et LAROSE, 11. Rue Victor-Cousin, 11, Paris (Ve), 221 p.
- 143.** Myhara, R.M., Karkalas J. et Taylor M.S. (1999). The composition of maturing Omani dates. *J. Sci. Food Agric.*, 79: 1345–1350.
- 144.** Navarre J. (1974). Manuel d’oenologie (2<sup>ème</sup> édition) baillier. Paris, p218.
- 145.** Neale D.B., Sederoff R.R. (1989). Paternal inheritance of chloroplast DNA and maternal inheritance of mitochondrial DNA in loblolly pine. *Theor Appl Genet* 77:212–216.
- 146.** Nei, M. (1978). Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89:583-590.
- 147.** Newton A.C., Allnut T.R., Gillies C.C.M. et al. (1998). Molecular phylogeography, intra-specific variation and the conservation of tree species. *Trends Ecol Evol* 14:140–145.
- 148.** Nixon, R. W. (1934). Metaxenia in dates. *Proc Amer Soc Hort Sci* 32:221–226.
- 149.** Nixon, R. W. (1936). Metaxenia and interspecific pollinations in Phoenix. *Proc Amer Soc Hort Sci* 33:21–26.
- 150.** Nixon R.W. (1951). The date palm - “Tree of Life” in the subtropical deserts. *Econ Bot* 5:274–301. NREA (2006) New and Renewable Energy Authority (NREA), Biomass energy, [http://www.nrea.gov.eg/biomass\\_energy.htm](http://www.nrea.gov.eg/biomass_energy.htm).

- 151.** Noui Y., Alloui Lombarkia W., Berkara A., Amellal Chibane H., Lekbir A., Abdeddaim M., Djamel Fahloul et Bacha A. (2014). Comparative study of the physiochemical characteristics and antioxidant activity of three varieties (*Phoenix dactylifera* L.), grown in Algeria. *Annals. Food Science and Technology*. Volume 15, Issue 2, 276-284.
- 152.** O'Dell, B. L. et Sunde, R. A. (1997). Introduction. In *Handbook of Nutritionally Essential Minerals*; O'Dell, B.L., Sunde, R. A., Eds.; Dekker: New York, 1-12.
- 153.** Osman A.M.A. (1984). The performance of date palms in the Sudan. *Acta Hort* 143:231–237.
- 154.** Ould Mohamed Ahmed, M.V.O., Bouna, Z.E., Mohamed Lemine, F.M., Djeh, T.K.O., Mokhtar, T. et Mohamed Salem, A.O. (2011). Use of multivariate analysis to assess phenotypic diversity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Sci Hort* 127:367–371.
- 155.** Ould Mohamed Salem A.S., Rhouma S. et Zehdi M. (2007). Molecular characterization of Mauritanian date-palm cultivars using plasmid-like DNAs markers. *Biol Plant* 51:169–172.
- 156.** Ould Mohamed Salem, A., Trifi, M., Sakka, H., Rhouma, A. et Marrakchi, M. (2001). Genetic inheritance analysis of four enzymes in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Genet Resour Crop Evol* 48:361–368.
- 157.** Ould Mohamed Salem, A., Rhouma, S., Zehdi, S., Marrakchi, M. et Trifi, M. (2008). Morphological variability of Mauritanian date-palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars as revealed by vegetative traits. *Acta Bot Croat* 67(1):81–90.
- 158.** Parvina H., Esmail N., Nabi Babolib M., Alinejad-Rokny H. (2015). Proposing a classifier ensemble framework based on classifier selection and decision tree, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Volume 37, January 2015, Pages 34-42.
- 159.** Peakall, R. et Smouse, P.E. (2006). GenAlEx 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Mol Ecol Notes* 6:288-295.
- 160.** Perez Elortondo F.J., Ojeda M., Albisu M., Salmero'n J., Etayo I. et Molina M. (2007). Food quality certification: an approach for the development of accredited sensory evaluation methods, *Food Qual. Prefer.* 18 (2) 425–439.
- 161.** Petit R.J., Duminil J., Fineschi S. et al. (2005). Comparative organisation of chloroplast, mitochondrial and nuclear diversity in plant populations. *Mol Ecol* 14:689–711
- 162.** Pintaud, J.C., Zehdi, S., Couvreur, T., Barrow, S., Henderson, S., Aberlenc-Bertossi, F., et Billote N. (2010). Species delimitation in the genus *Phoenix* (Arecaceae) based on SSR markers with emphasis on the identity of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). In: Seberg

- O, Petersen G, Barfod A, Davis J (eds) Diversity, phylogeny and evolution in the monocotyledons. Aarhus University Press Aarhus, pp 267–286.
- 163.** Poczai P., Varga I., Bell N.E. et Hyvönen J. (2012). Genomics Meets Biodiversity: Advances in Molecular Marker Development and Their Applications in Plant Genetic Diversity Assessment. The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity. pp: 3-32.
- 164.** Prentice HC, Malm JU, Hathaway L (2008) Chloroplast DNA variation in the European herb *Silene dioica* (red campion): postglacial migration and interspecific introgression. *Plant Syst Evol* 272:23–37
- 165.** Pritchard, J.K., Stephens, M. et Donnelly, P. (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945-959.
- 166.** Pritchard, J.K. et Wen, X. and Falush, D. (2007). Documentation for STRCUTURE software: version 2.2. Program manual.
- 167.** Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T. Edmondson, A.S. et O’Neill, J.G. (2010). A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Phys Chem Earth* 35(13-14): 791-797.
- 168.** Racchi, M. L., Bove, A., Turchi, A., Bashir, G., Battaglia, et Camussi, A. (2013). Genetic characterization of Libyan date palm resources by microsatellite markers. *3 Biotech*.
- 169.** Ramasamy, A., Trabzuni, D. et Guelfi, S. (2014). Genetic variability in the regulation of gene expression in ten regions of the human brain. *Nat Neurosci* 17(10):1418-1428.
- 170.** Rencher, A.C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis*, 2nd ed. Wiley.
- 171.** Reynes, M., Bouabidi, H., Piombo, G. et Risterrucci, A.M. (1994). Caractérisation des principales variétés des dattes cultivées dans la région de Tozeur. *Fruits*. 49, 289-298.
- 172.** Rhouma S., Dakhlaoui-Dkhil S., Salem A. O. M., S. Zehdi-Azouzi S., Rhouma A., Marrakchi M., Trifi M. (2008). Genetic diversity and phylogenetic relationships in date-palms (*Phoenix dactylifera* L.) as assessed by random amplified microsatellite polymorphism markers (RAMPOs). *Scientia Horticulturae* 117:53-57.
- 173.** Rhouma, S., Zehdi-Azouzi, S., Dakhlaoui-Dkhil, S., Ould Mohamed Salem, A., Othmani, A., Cherif, E., Marrakchi, M., Trifi, M. (2010). Genetic Variation in the Tunisian Date palm (*Phoenix dactylifera* L.). In: Ramawat, K.G., (ed), *Desert Plants: Biology and Biotechnology*. Springer, 355-370.
- 174.** Rhouma, S., Dakhlaoui-Dkhil, S., Salem, A. O. M., Zehdi-Azouzi, S., Rhouma, A., Marrakchi, M., et Jansen R.K. (2014). Whole mitochondrial and plastid genome SNP

- analysis of nine date palm cultivars reveals plastid heteroplasmy and close phylogenetic relationships among cultivars. PLoS One 9(4):94158.
- 175.** Reboud X, Zeyl C (1994) Organelle inheritance in plants. *Heredity* 72:137–140
  - 176.** Retima L. (2015). Caractérisation morphologique de quelques cultivars du palmier dattier dans la région Sud Est Algérien (Wilaya du Biskra) , Mémoire Magi. Univ. EL HADJ LAKHDAR, BATNA, Pp 135.
  - 177.** Rizk, R.M., El Sharabasy, S.F. (2007). Descriptors for Date palm (*Phoenix dactylifera* L.): characterization and evaluation in genebanks. *Plant Genet Resour News* 150:42-44.
  - 178.** Rygg G.L. (1948a). Storage humidity for dates. Repeort of 25th annual date grower's institute.date grower's institute, Coachella valley, CA, USA.
  - 179.** Rygg, G.L. (1948b). Acidity in relation to quality in the datefruit. *Annu. Rep. date Grower's Inst.*, 25:32-33.
  - 180.** Saafi, E. B., Trigui, M., Thabet, R., Hammami, M., et Achour, L. (2008). Common date palm in Tunisia: Chemical composition of pulp and pits. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2033–2037.
  - 181.** Sabir J. S. M., Arasappan D., Bahieldin A. et al. (2014). Whole mitochondrial and plastid genome SNP analysis of nine date palm cultivars reveals plastid heteroplasmy and close phylogenetic relationships among cultivars. PLoS One 9(4):e94158.
  - 182.** Sahari, M. A., Barzegar, M., et Radfar, R. (2007). Effect of varieties on the composition of dates (*Phoenix dactylifera* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 1–7.
  - 183.** Samanthi, K, Wasala, et Prasanna, BM (2012). Microsatellite marker-based diversity and population genetic analysis of selected lowland and mid-altitude maize landrace accessions of India. *J. Plant Biochem. Biotechnol.* 22(4) :392–400.
  - 184.** Saracli, S., Dogan, N. et Dogan, I. (2013). Comparison of Hierarchical Cluster Analysis Methods by Cophenetic Correlation. *Journal of Inequalities and Applications*, Vol. 203, 1-8.
  - 185.** Sawaya, W. N., Khalil, J. K., Safi, W. M., et Al-Shalat, A. (1983). Physical and chemical characterization of three saudi date cultivars at various stages of development. *Canadian Institute of Food Sciences and Technology Journal*, 16(2), 87–93.
  - 186.** Sedra M. H., Lashermes P., Trouslot, P., Combes, M.C. et Hamon, S. (1998). Identification and genetic diversity analysis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) varieties from Morocco using RAPD markers. *Euphytica* 103, 75-82.

- 187.** Sehgal D., Rajpal, V.R. et Raina S.N. (2008). Chloroplast DNA diversity reveals the contribution of two wild species to the origin and evolution of diploid safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Genome*, 51, 638–643.
- 188.** Selkoe K.A. et Toonen R.J. (2006). Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters* 9: 615-629.
- 189.** Simozrag, A., Chala, A., Djerouni, A., Bentchikou, M.E. (2016). Phenotypic diversity of date palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Algeria. *Gayana Bot* 73(1):42-53.
- 190.** Sokal, R.R. et Michener, C. D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ Kansas Sci Bull* 38:1409-1438.
- 191.** Sulieman A. M. E., Abd Elhafise I. A., et Abdelrahim A. M. (2012). Comparative Study on Five Sudanese Date (*Phoenix dactylifera* L.) Fruit Cultivars. *Food Nutr. Sci.* 3:1245–1251.
- 192.** Taylor R. (1990). Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *J of Diagnostic Medical Sonography*. 6 (1):35-39.
- 193.** Tessier C., David J., This P., Boursiquot J.M. et Charrier A. (1999). Optimization of the choice of molecular markers for varietal identification in *Vitis vinifera* L. *Theor Appl Genet* 98:171–177.
- 194.** Trichine M. (2001). Inventaire, caractérisation et conservation des cultivars de palmier dattier dans les différentes zones phoenicicoles dans le Centre-Nord saharien (Région de Ghardaya). Actes des ateliers sur le palmier dattier.
- 195.** Van de Peer Y. et De Wachter R. (1994). TREECON for Windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. *Comput Appl Biosci* 10:569–570.
- 196.** Vandercook C. E., Hasegawa S. et Maier V. P. (1979). Quality and nutritive value of dates as influenced by their chemical composition. *Annual Date Growers' Institute*, 54, 3-11.
- 197.** Vayalil P. K. (2002). Antioxidant and antimutagenic properties of aqueous extract of date fruit *Phoenix dactylifera* L. (Arecaceae). *J. Agric. Food Chem.*, 50: 610–17.
- 198.** Vos P., Hogers R., Bleeker M., Reijans M., Van de Lee T., Homes M., Frijters A., Pot J., Peleman J., Kupier M. et Zabeau M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucl Acids Res* 23: 4407-4414.
- 199.** Wagner, H. W. et Sefc, K. M. (1999). IDENTITY 1.0. Centre for Applied Genetics, University of Agricultural Sciences Vienna Wright S (1950) Genetical structure of populations. *Nature* 166:247 – 249.

- 200.** Weir B., Cockerham C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38: 1358-1370.
- 201.** Williams J.G.K., Kubelik A.R., Litvak K.J., Rafalski J.A. et Tingey S.V. (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.* 22: 6531-6535.
- 202.** Wright S. (1969). *Evolution and the genetics of populations: a treatise in four volumes.* Chicago Press, USA.
- 203.** Yusuf, M., Shahid, M., Khan, M.I., Khan, S.A. et Mohammad, F. (2015). Dyeing studies with henna and madder: a research on effect of tin (II) chloride mordant. *Journal of Saudi Chemical Society* 19:64–72.
- 204.** Zaid A. (2002). Date palm cultivation. Rev. ed. Plant production and protection paper 156. FAO, Rome.
- 205.** Zaid A. et de Wet P.F. (2002). Botanical and systematic description of the date palm. In: Zaid A (ed.) Date palm cultivation. Rev. Ed. Plant production and protection paper 156. Food and Agriculture Organisation United Nations, Rome, pp 1–28
- 206.** Zehdi Azouzi S., Cherif E., Moussouni S., Gros-Balthazard M., Abbas-Naqvi S., Ludeña B., Castillo K., Chabrillange N., Bouguedoura N., Bennaceur M., Si-Dehbi F., Abdoukader S., Daher A., Terral J.F., Santoni S., Ballardini M., Mercuri A., Bensalah M., Kadri K., Othmani A., Littardi C., Salhi Hannachi A., Pintaud J.C., Aberlenc- Bertossi F. (2015). Genetic structure of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in the Old World reveals a strong differentiation between eastern and western populations. *Annals of Botany* 116: 101–112.
- 207.** Zehdi-Azouzi S., Cherif E., Guenni K., Ben Abdelkrim A., Bermil A., Rhouma S., Ben Salah M., Santoni S., Pintaud J.C., Aberlenc-Bertossi F., Salhi Hannachi A. (2016). Endemic insular and coastal Tunisian date palm genetic diversity. *Genetica* 144: 181–190.
- 208.** Zohary D, Hopf M. (2000). *Domestication of plants in the Old World.* 3rd edn. 316pp. New York: Oxford University Press. L19.95 (softback)", *Annals of Botany*, vol. 88, no. 4, pp. 666.

Annexes





**Annexe 2** : Estimation de la fréquence des cultivars du palmier dattier aux Ziban

<b>Cultivars</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Cultivars</b>	<b>Fréquence</b>
ABDELAZZEZ	Rare	GUATTAR	Peu fréquent
ADAM LHALWA	Non échantillon	GUERN GHZAL	Peu fréquent
AHMAR BECHRI	Non échantillon	HALWA	Fréquent
AJINA/ARECHTI	Peu fréquent	HAMRAYA	Abondant
ARDADA	Non échantillon	HORRA	Peu fréquent
AYNLFES	Rare	HUGBALES	Rare
AZERZA/ZERZA	Rare	KHADRAYA	Peu fréquent
B'AR LJEHCH	Rare	KHUDRI	Rare
B'AR LGHUL	Rare	KSEBBA	Rare
BAYD HMAM	Fréquent	KENTICHI	Fréquent
BAYD LGHUL	Rare	LITIMA	Peu fréquent
BENT QBALA	Rare	MECH DEGLA	Abondant
BESR HLU	Non échantillon	SAFRAYA	Fréquent
BUHLES	Peu fréquent	SOKRIYA	Rare
BU'RUS/SBO LA'RUS	Rare	TADDELA	Rare
DEGLA BAYDA	Fréquent	TAFEZWIN	Rare
DEGLET ZEYAN	Peu fréquent	TAMESKRIT	Peu fréquent
DEGLET-NOUR	Abondant	TANTBUCHT	Rare
DFAR LGAT	Rare	TATINATNUH	Peu fréquent
ECH LWED	Rare	THURI	Fréquent
FELYACHYA	Rare	TICHERWIT	Rare
GHARS	Abondant	TIMJUHART	Rare
GHAZI	Fréquent	TINSIN	Rare

**Hannachi et al. (1998)**

**Annexe 3:** Valeurs propres des paramètres végétatifs et pourcentage de variance des trois premiers axes

Axes	1	2	3
Valeurs propres	6,756	4,308	3,319
Variabilité (%)	25,022	15,956	12,293
Cumulée (%)	25,022	40,978	53,271
Valeurs propres des paramètres végétatifs	V2 (0,277) V5 (0,229) V6 (0,315) V7 (0,263) V8 (0,302) V9 (0,309) V12 (0,231) V20 (0,267)	V4 (0,252) V13 (0,268) V15 (-0,281) V17 (0,335) V21 (-0,248) V25 (-0,250) V26 (-0,307)	V10 (-0,260) V14 (0,361) V16 (0,371) V23 (0,304)

Seules les variables ayant de fortes Valeurs propres sont considérées

**Annexe 4:** Valeurs propres des paramètres reproducteurs et pourcentage de variance des trois premiers axes

Axes	1	2	3
Valeurs propres	6,210	4,435	3,665
Variabilité (%)	23,884	17,057	14,095
Cumulée (%)	23,884	40,940	55,035
Valeurs propres des paramètres végétatifs	R1 (0,242) R7 (0,246) R8 (0,289) R9 (0,287) R13 (0,302) R14 (0,232) R15 (0,263)	R10 (0,322) R11 (0,409) R12 (0,370) R16 (-0,331) R17 (-0,302) R19 (-0,271) R23 (-0,251)	R20 (0,417) R22 (0,354) R24 (0,373)

Seules les variables ayant de fortes valeurs propres sont considérées

**Annexe 5 : Composition chimique des dattes analysées**

Cultivars	AT	pH	H%	ST	SC	SR	H%	r	TSS	CD	Na	P	Cu	Zn
ART <sub>4</sub>	4,65	5,56	17,2	49,5	46,5	3	17,2	2,88	86,9	2,98	19,42	31,70	0,36	0,42
BHL <sub>3</sub>	6,53	5,88	12,2	58,5	42,5	16	12,2	4,80	78,9	2,85	18,93	42,50	0,44	0,26
BHL <sub>1</sub>	4,90	4,99	13,8	61,48	35,3	26,18	13,8	4,46	62,7	1	41,16	37,49	0,14	0,3
BHL <sub>7</sub>	3,60	5,57	14	71,19	18,62	52,57	14	5,09	33,7	1	29,65	39,49	0,15	0,8
BZR <sub>2</sub>	3,00	5,92	15,2	71,41	28,9	42,51	15,2	4,70	38,7	0,82	29,87	30,62	0,16	0,4
DEG <sub>1</sub>	4,30	5,12	12,2	65,89	28,1	50,55	12,2	5,40	47,7	1	30,47	36,15	0,16	0,1
DGA <sub>3</sub>	2,67	5,91	38,6	50	15	35	38,6	1,30	31	2,43	20,35	30,40	0,31	0,36
DGB <sub>4</sub>	7,72	6,05	13,8	46,5	38	8,5	13,8	3,37	26,4	1,08	15,69	34,00	0,29	0,43
DGB <sub>1</sub>	7,50	5,1	11,8	71,75	43,39	28,36	11,8	6,08	89,4	2	15	36,97	0,14	0,8
DGD <sub>3</sub>	12,47	5,19	10,8	65	56,95	8,05	10,8	6,02	81	3,56	15,69	34,90	0,48	0,44
DGN <sub>5</sub>	5,64	6	22,4	51,5	27,7	23,8	22,4	2,30	37,5	3,57	14,14	35,80	0,22	0,4
DGZ <sub>5</sub>	9,11	5,98	20,2	72,5	51,46	21,04	20,2	3,59	68	3,59	15,38	31,90	0,31	0,33
ELG <sub>5</sub>	2,50	5,56	19	51,39	12,39	39	19	2,70	43,8	1	27,59	34,57	0,13	0,3
ELZ <sub>5</sub>	2,90	6,16	17,2	65,76	26,48	39,28	17,2	3,82	58	1	26,97	70,00	0,16	0,7
FER <sub>6</sub>	5,45	5,83	23	64	48,25	15,75	23	2,78	69	1,84	16,94	33,00	0,27	0,37
GHS <sub>6</sub>	5,64	6,01	33,6	49	17,95	31,05	33,6	1,46	48,3	3,11	13,83	32,20	0,73	0,3
GHS <sub>1</sub>	3,00	6,16	31	70,35	1,39	68,61	31	2,27	31,7	1	13	30,67	0,11	0,7
GHS <sub>7</sub>	4,00	5,98	33,7	71,9	9,65	61,25	33,7	2,13	33,9	1	18,74	32,47	0,11	0,4
GHZ <sub>7</sub>	4,46	5,62	16,6	67,5	50,95	16,55	16,6	4,07	75	3,8	16,94	29,50	0,1	0,24
GHZ <sub>7</sub>	4,40	5,59	17,4	63,94	27,92	36,02	17,4	3,67	45	1	30,06	32,19	0,13	0,3
HAL <sub>1</sub>	5,20	4,5	9,6	73,4	32,12	41,28	9,6	7,65	60	2,8	21,01	41,00	0,15	0,2
HAL <sub>7</sub>	10,20	5,28	13,6	66,51	21,22	45,29	13,6	4,89	49,8	2	36,27	40,00	0,15	0,5
HEL <sub>7</sub>	4,50	5,28	13,4	72,44	49,53	22,91	13,4	5,41	77	2	16	49,31	0,11	0,6
HAM <sub>5</sub>	4,95	6,1	23,4	52,5	42,9	9,6	23,4	2,24	50,7	1,77	14,76	31,70	0,44	0,32
HAM <sub>1</sub>	3,80	4,48	22,8	61,65	30,52	31,13	22,8	2,70	63,6	2	30,06	32,63	0,13	0,05
HAM <sub>7</sub>	4,10	5,66	20,6	64,16	32,51	31,65	20,6	3,11	57	2	27,59	36,28	0,12	0,12
HDN <sub>7</sub>	5,90	5,73	21	65,69	26,79	38,9	21	3,13	44,4	2	16,83	36,47	0,13	0,11

<b>HHM<sub>1</sub></b>	4,00	5,08	15,6	70,01	48,56	21,45	15,6	4,49	81,6	2	30,1	33,35	0,23	0,01
<b>HRR<sub>3</sub></b>	7,33	5,23	12,8	62	57,3	4,7	12,8	4,84	71	3,26	15,69	35,60	0,51	0,42
<b>HRR<sub>7</sub></b>	6,00	4,86	12,4	74,59	46,84	27,75	12,4	6,02	68,4	2	14,96	33,11	0,12	0,11
<b>ITM<sub>3</sub></b>	2,67	6	31	49,5	13,25	36,25	31	1,60	29,1	2,42	15,69	30,10	0,49	0,37
<b>ITM<sub>7</sub></b>	3,20	5,65	17,8	66,71	37,26	29,45	17,8	3,75	54	3	28,62	39,74	0,17	0,13
<b>KBM<sub>5</sub></b>	6,30	4,13	18,2	71,24	38,9	32,34	18,2	3,91	81,6	3,41	13,67	41,84	0,2	0,13
<b>KHL<sub>1</sub></b>	2,80	6,05	17,2	71,16	2	69,16	17,2	4,14	42,9	1	27,18	31,77	0,17	0,03
<b>KSB<sub>6</sub></b>	10,49	5,07	15,2	49	23,4	25,6	15,2	3,22	26,4	2,36	28,33	34,30	0,11	0,31
<b>KSB<sub>7</sub></b>	7,10	4,87	20,2	66,35	15,9	50,45	20,2	3,28	48,9	3	29,44	40,32	0,17	0,06
<b>LMS<sub>5</sub></b>	7,43	5,3	14	57	29,3	27,7	14	4,07	53	2,3	12,59	31,20	0,36	0,35
<b>MDG<sub>5</sub></b>	4,55	5,55	16,2	49,5	44,9	4,6	16,2	3,06	74,6	2,36	13,21	30,40	0,52	0,42
<b>MDG<sub>7</sub></b>	5,20	4,84	11,4	69,53	54,03	15,5	11,4	6,10	38,1	3	27,8	30,93	0,11	0,14
<b>MEB<sub>7</sub></b>	1,40	6,1	20,4	61,69	5,96	55,73	20,4	3,02	52	0,7	16,48	36,46	0,19	0,05
<b>NDN<sub>7</sub></b>	2,00	4,75	12,4	74,83	27,1	47,73	12,4	6,03	68,1	1	18,97	34,90	0,13	0,09
<b>NGH<sub>7</sub></b>	4,00	6,04	18,8	62,5	20,5	42	18,8	3,32	52,8	1	29,65	36,32	0,3	0,17
<b>NIT<sub>7</sub></b>	2,90	5,88	17,8	67,12	41,81	25,31	17,8	3,77	42	1	26,15	34,91	0,16	0,6
<b>OMK<sub>7</sub></b>	4,00	6,02	11,2	61,47	34,97	26,5	11,2	5,49	61,8	1	27,59	36,35	0,15	0,11
<b>RTA<sub>7</sub></b>	3,50	6,13	19,5	67	28,1	38,9	19,5	3,44	51,3	2,6	17,51	29,90	0,17	0,03
<b>RTM<sub>7</sub></b>	3,80	6,33	25,6	66,61	35,96	30,65	25,6	2,60	71,4	2	23,27	40,36	0,15	0,03
<b>SAF<sub>3</sub></b>	3,47	6,4	28,6	56	24,45	31,55	28,6	1,96	37,8	2,18	16,94	30,60	0,14	0,31
<b>SAF<sub>1</sub></b>	3,10	6,01	17	72,6	31,6	41	17	4,27	42,3	2	32	34,83	0,14	0,04
<b>SBL<sub>7</sub></b>	2,38	5,82	24,8	69,5	5,25	64,25	24,8	2,80	25,8	2,72	16,94	33,00	0,17	0,39
<b>SOK<sub>1</sub></b>	5,20	5,96	17,4	75,9	46,02	29,88	17,4	4,36	72,6	1	28,42	31,95	0,12	0,05
<b>SOK<sub>7</sub></b>	5,90	5,72	16,4	72,06	46,13	25,93	16,4	4,39	68,8	3,01	28,04	33,98	0,17	0,04
<b>SRS<sub>1</sub></b>	2,30	4,35	16,6	69,44	2	67,44	16,6	4,18	48,6	2	28,83	36,76	0,13	0,05
<b>TCH<sub>5</sub></b>	3,10	6,15	22,6	66,32	27,96	38,36	22,6	2,93	41,6	3	25,93	27,00	0,11	0,06
<b>TCH<sub>5</sub></b>	6,24	5,77	16,8	74	47,05	26,95	16,8	4,40	76	3,88	13,83	33,00	0,22	0,4
<b>THW<sub>5</sub></b>	4,30	5,64	16,4	61,18	34	27,18	16,4	3,73	51,9	1	29,24	29,67	0,16	0,05
<b>THW'<sub>5</sub></b>	5,25	5,61	16,6	55	32,6	22,4	16,6	3,31	34,5	3,17	15,07	34,00	0,27	0,41
<b>TJR<sub>3</sub></b>	3,96	6,1	25,4	68	56,95	11,05	25,4	2,68	84,7	3,53	15,38	29,80	0,3	0,33

<b>TMJ<sub>3</sub></b>	4,00	5,49	23,4	62,5	34,7	27,8	23,4	2,67	38,7	3,59	15,38	27,00	0,34	0,44
<b>TMJ<sub>7</sub></b>	4,10	5,87	18	67,44	47,63	19,81	18	3,75	65	2	28,83	34,69	0,16	0,05
<b>TNC<sub>3</sub></b>	4,55	5,91	18,2	63,5	50,75	12,75	18,2	3,49	23,4	2,1	15,69	28,90	0,8	0,29
<b>TNT<sub>5</sub></b>	3,14	6,11	20,4	70,56	26,2	44,36	20,4	3,46	41,8	2,6	29,03	27,18	0,14	0,03
<b>TNT<sub>6</sub></b>	2,97	5,89	21,8	66,5	25,25	41,25	21,8	3,05	40,5	2,4	15,69	31,60	0,31	0,31
<b>ZMM<sub>6</sub></b>	2,61	5,91	28,4	54	6	48	28,4	1,90	24,9	4,51	16,32	30,40	0,52	0,35

**Annexe 6 :** Valeurs propres et variabilité données pour les trois premières composantes principales

<b>Axe</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Valeur propre</b>	3,657	3,090	1,350
<b>Variation (%)</b>	28,127	23,770	10,384
<b>Cumul (%)</b>	28,127	51,897	62,281
<b>Vecteurs propres</b>	AT (-0,282) pH (0,303) H% (0,440) SC (-0,383) r (-0,439) TSS (-0,377)	ST (-0,315) SR (-0,427) CD (0,356) Na (-0,382) Cu (0,432)	P (0,556) Zn (0,711)

**Annexe 7 : Cosinus carrés et coordonnées des cultivars retenus par l'ACP**

Cultivars	Cosinus carrés			Coordonnées		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
ART4	0,050	<b>0,587</b>	0,000	-0,836	2,877	-0,052
BHL3	<b>0,339</b>	0,269	0,049	-1,946	1,734	0,742
BHL1	0,192	<b>0,244</b>	0,009	-1,565	-1,766	0,345
BHL7	0,000	0,349	<b>0,425</b>	0,060	-2,443	2,697
BZR2	0,007	<b>0,478</b>	0,009	0,241	-2,001	0,271
DEG1	0,095	<b>0,659</b>	0,001	-0,953	-2,510	-0,114
DGA3	<b>0,793</b>	0,065	0,000	4,223	1,208	-0,026
DGB4	0,008	<b>0,227</b>	0,164	0,359	1,915	1,626
DGB1	<b>0,504</b>	0,004	0,200	-3,289	0,304	2,069
DGD3	<b>0,526</b>	0,309	0,017	-4,146	3,177	0,754
DGN5	0,225	<b>0,407</b>	0,046	1,486	1,996	0,673
DGZ5	0,146	<b>0,404</b>	0,016	-1,342	2,234	-0,448
ELG5	<b>0,331</b>	0,162	0,036	1,753	-1,229	0,576
ELZ5	0,004	0,094	<b>0,552</b>	-0,410	-2,013	4,870
FER6	0,007	<b>0,451</b>	0,000	-0,198	1,546	-0,006
GHS 6	0,373	<b>0,431</b>	0,002	3,202	3,444	0,227
GHS1	<b>0,533</b>	0,072	0,095	3,819	-1,404	1,614
GHS7	<b>0,566</b>	0,129	0,013	3,260	-1,555	0,487
GHZ7	<b>0,247</b>	0,162	0,216	-1,517	1,227	-1,419
GHZ'7	0,020	<b>0,476</b>	0,003	0,286	-1,381	0,103
HAL1	<b>0,524</b>	0,149	0,003	-3,253	-1,735	0,240
HAL7	<b>0,457</b>	0,006	0,267	-1,525	-1,465	1,770
HAM5	0,120	<b>0,635</b>	0,003	1,146	2,636	0,171
HHM1	<b>0,469</b>	0,033	0,282	-0,143	-0,907	-1,375
HRR3	0,419	<b>0,513</b>	0,012	-2,641	2,922	0,451
HRR7	<b>0,654</b>	0,023	0,057	-2,885	-0,544	-0,848
ITM3	<b>0,776</b>	0,157	0,005	3,904	1,754	0,318
KBM5	<b>0,328</b>	0,005	0,010	-2,392	0,295	-0,427
KHL1	0,167	<b>0,603</b>	0,026	1,652	-3,141	-0,655
LMS5	0,045	<b>0,340</b>	0,050	-0,544	1,496	0,571
MDG5	0,011	<b>0,702</b>	0,005	-0,403	3,275	0,268
MDG7	<b>0,469</b>	0,013	0,104	-2,626	-0,443	-1,238
MEB7	<b>0,378</b>	0,233	0,000	2,263	-1,777	-0,075

<b>NDN7</b>	0,171	<b>0,424</b>	0,024	-1,630	-2,564	-0,612
<b>RTA7</b>	0,159	0,009	<b>0,444</b>	0,861	-0,209	-1,439
<b>SAF3</b>	<b>0,738</b>	0,051	0,002	2,792	0,737	-0,146
<b>SAF1</b>	0,001	<b>0,522</b>	0,161	0,089	-1,941	-1,077
<b>SBL7</b>	<b>0,558</b>	0,113	0,007	2,835	-1,274	0,316
<b>SOK1</b>	<b>0,185</b>	0,168	0,179	-1,329	-1,269	-1,309
<b>SOK7</b>	<b>0,421</b>	0,005	0,331	-1,676	-0,178	-1,487
<b>SRS1</b>	0,005	<b>0,576</b>	0,017	0,323	-3,395	-0,576
<b>TCH5</b>	0,286	0,034	<b>0,462</b>	1,474	-0,506	-1,876
<b>TCH5'</b>	<b>0,280</b>	0,187	0,012	-1,689	1,381	-0,354
<b>THW5</b>	0,036	<b>0,433</b>	0,069	0,455	1,571	0,627
<b>TJR3</b>	0,009	<b>0,458</b>	0,111	-0,366	2,570	-1,266
<b>TMJ3</b>	0,179	<b>0,408</b>	0,023	1,195	1,803	-0,424
<b>TNS3</b>	0,019	<b>0,377</b>	0,001	0,647	2,882	-0,151
<b>TNT5</b>	0,157	0,196	<b>0,444</b>	1,124	-1,256	-1,889
<b>TNT6</b>	<b>0,593</b>	0,013	0,005	1,539	0,227	-0,145
<b>ZMM6</b>	<b>0,573</b>	0,128	0,001	3,764	1,780	-0,153

**Annexe 8 :** Pourcentage de variation expliqué par les troisi premiers axes de ACoP

Axes	1	2	3
%	28,76	13,19	7,36
<b>Cumul</b>	28,76	41,95	49,31

**Annexe 9 :** Résultats de l'AMOVA au sein des clusters de palmier dattier obtenus après analyse par STRUCTURE.

Source	df	SS	MS	Est. Var.	%
<b>parmi Pops</b>	1	67,317	67,317	1,200	20%
<b>dans Pops</b>	102	500,635	4,908	4,908	80%
<b>Total</b>	103	567,952		6,108	100%

**Annexe 10 :** Paramètres génétiques des clusters générés par STRUCTURE. Pour chaque cluster ; hétérozygotie observée ( $H_o$ ), attendue ( $H_e$ ) et l'indice de fixation ( $F_{is}$ )

	<b>Ho</b>	<b>He</b>		<b>F</b>
<b>cluster1</b>	0,558	0,747		0,254
<b>cluster2</b>	0,531	0,619		0,180

Résumé



## Résumé

La diversité génétique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est très riche en Algérie pourtant elle n'est pas étudiée et est menacée d'une érosion génétique sévère ce qui rend urgent sa valorisation pour l'amélioration et la restauration du patrimoine génétique national. L'objectif de ce travail est l'analyse de la diversité génétique du dattier. Dans cette étude 26 cultivars, parmi les plus fréquents aux Ziban, ont été caractérisés moyennant 53 descripteurs morphologiques quantitatifs des appareils végétatif et reproducteur, 13 composants chimiques de la datte et 14 marqueurs moléculaires de type SSRs. Au total, 22 paramètres morphologiques de la palme, du régime et du fruit ont révélé un fort pouvoir discriminant permettant ainsi la distinction entre les différents cultivars. Une architecture harmonieuse a été observée dans l'expression de certains caractères morphologiques, tel qu'entre la palme et le rachis ou les penes et les épines, dont le développement et/ou le nombre étaient fortement corrélés. Sur la base de composants chimiques discriminants : la teneur en eau, teneurs en sucres (totaux, réducteurs et saccharose), pH et acidité titrable, quatre classes de dattes ont été décrites en fonction de leur consistance. Une variation intraclonale notable dans la composition chimique des dattes a été observée. Les 14 SSR ont révélé une diversité moléculaire élevée avec une structure génétique faible séparant les 52 accessions (26 cultivars) de palmier dattier en sept pools génétiques ayant une variabilité intra-population élevée. Le nombre moyen d'allèles amplifiés (15,78) est élevé avec une hétérozygotie moyenne des loci SSRs ( $H_o = 0,545$ ,  $H_e = 0,532$ ). Sur les 14 SSR utilisés, la combinaison de trois paires d'amorces mPdCIR035, mPdCIR025 et mPdCIR050 ont efficacement séparé 14 cultivars. Les cultivars étudiés ont été regroupés en fonction du type de fruit où les groupes dont les dattes sont de consistances molle et sèche étaient les plus homogènes. Le niveau de similarité obtenu par le dendrogramme UPGMA était compris entre 0,10 et 0,64 révélant des groupements d'accessions souvent inattendus. La complémentarité des trois techniques de caractérisation utilisées dans cette étude est très efficace pour valoriser davantage nos ressources phytogénétiques.

**Mots clefs :** palmier dattier, diversité génétique, descripteurs morphologiques, composants chimiques des dattes, microsatellites, UPGMA, STRUCTURE, Ziban.

## **Abstract**

Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) genetic diversity is very rich in Algeria. However, it is not studied and is threatened by severe genetic erosion that makes it urgently needed for the improvement and restoration of the national genetic patrimoy. The objective of this work is the analyses of the date palm genetic diversity. In this study, 26 cultivars, among the most common in the Ziban, were characterized using 53 quantitative morphological descriptors of the vegetative and reproductive parts, 13 chemical components of the date and 14 SSRs molecular markers. In total, 22 morphological parameters of the palm, the bunch and the fruit revealed a high discriminating power allowing the distinction between different cultivars. Harmonious architecture was observed in the expression of some morphological characters, as between palm and rachis or the pinnae and spine, whose component development and or the number was highly correlated.

Based on discriminating chemical components: water content, sugar content (total, reducing and sucrose), pH and titratable acidity, four classes of dates have been described according to their consistence. Significant intraclonal variation in the date's chemical composition was observed. The 14 SSRs revealed high molecular diversity with a weak genetic structure separating the 52 accessions date palm (26 cultivars) into seven genetic pools with high intra-population variability. The mean number of amplified alleles (15.78) is high with medium heterozygosity of the SSRs loci ( $H_o = 0.545$ ,  $H_e = 0.532$ ). Out f the 14 SSRs used, the combination of three primer pairs mPdCIR035, mPdCIR025 and mPdCIR050 effectively separated 14 cultivars. The cultivars studied were grouped according to fruit type where the groups whose dates with soft and dry consistence were the most homogeneous. The level of similarity obtained by the UPGMA dendrogram was between 0.10 and 0.64, revealing groups of accessions that were, often, unexpected. The complementarity of the three characterization techniques used in this study is very effective in enhancing the value of our phytogetic resources.

**Key words: date palm, genetic diversity, morphological descriptors, chemical components of dates, microsatellites, UPGMA, STRUCTURE, Ziban**

## ملخص

التنوع الوراثي للنخيل (*Phoenix dactylifera L.*) غني في الجزائر لكن لم يتم دراستها بعد ومهدد بالانجراف الوراثي الشديد الذي يجعل من الملح تثمينه لتحسين وترميم التراث الوطني. الهدف من هذا العمل هو دراسة التنوع الجيني للنخيل. في هذه الدراسة 26 صنف، من بين الأكثر شيوعا في الزيبان ، تم وصفها من خلال 53 خاصية مورفولوجية كمية من الجهاز الخضري والجهاز التناسلي، 13 المكونات الكيميائية التمور و 14 ميكروسات . في المجموع، أظهرت 22 خاصيات مورفولوجية للجريد والعرجون و التمر قدرة عالية على التمييز تسمح بالتمييز بين الأصناف المختلفة. الخاصيات المورفولوجية التي كان نمو مكوناتها متسقا إلى حد كبير. على أساس المكونات الكيميائية التمييزية: محتوى الماء ومحتوى السكر (الإجمالي، المرجع والسكروز)، ودرجة الحموضة، تم وصف أربعة أصناف من التمور وفقا ل محتواها. لوحظ اختلاف كبير في التركيب الكيميائي لنفس الصنف. وكشفت دراسات SSR الأربعة عشر عن تنوع جزيئي مرتفع ببنية وراثية ضعيفة تفصل بين 52 شجرة (26 صنفاً) من نخيل التمر إلى سبعة تجمعات جينية مع تفاوت كبير في نفس الصنف. متوسط عدد الأليلات (15.78) عالي مع زيغو سي متوسطة ( $H_o = 0,545$ ,  $H_e = 0,532$ ). من 14 ميكروسات المستخدمة ، الجمع بين ثلاثة mPdCIR035 ، mPdCIR025 و mPdCIR050 فصل 14 أصناف بفعالية. تم تصنيف الأصناف التي تم دراستها وفقاً لنوع الفاكهة حيث كانت المجموعات ذات الثمار اللينة والجافة هي الأكثر تجانساً. كان مستوى التشابه الذي تم الحصول عليه من قبل مخطط UPGMA بين 0.10 و 0.64 ، وكشف عن مجموعات كانت غالباً غير متوقعة. إن تكامل تقنيات الوصف الثلاثة المستخدمة في هذه الدراسة فعال للغاية في تعزيز قيمة مواردنا الجينية.

**الكلمات المفتاحية:** نخيل التمر ، التنوع الجيني ، الأوصاف المورفولوجية ، المكونات الكيميائية للتمور ، الميكروسات. UPGMA, STRUCTURE, الزيبان.