



République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

D'EL-HARRACH (ALGER)

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية

الحراش (الجزائر)

## THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Option: *Phytopathologie et amélioration de la résistance des plantes aux maladies*

### Thème

**Etude de la diversité des clones du cultivar Taqerbucht  
(*Phoenix dactylifera* L.) et leur comportement à l'égard de  
*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Hansen et Snyder) Gordon**

Par : *Boudeffeur saïd*

Devant le jury composé de :

<b>Président</b>	Morsli S.	Professeur	ENSA
<b>Directeur de thèse</b>	Khelifi L.	Professeur	ENSA
<b>Examineurs</b>	Toumi M.	Professeur	UNIV. Alger1
	Taoutaou A.	Professeur	ENSA
	Benchabane M.	Professeur	USD-Blida

*Soutenue Publiquement le 20/05/2024*

## ***Dédicace***

Louange à Allah le tout puissant

Je dédie sincèrement cette fleur que je l'accueillie du jardin de ma vie d'étude à mes tuteurs dans la vie, la source d'amour : mon cher père et ma mignonne mère, que Dieu les protège ; je les remercie infiniment pour leurs soutiens, leurs encouragements, leurs patiences. Les meilleures expressions ne me suffisent plus de les donner leurs droits.

Je dédie du fond de mon cœur ce travail à :

Mes parents, qui m'ont énormément encouragé à aller de l'avant et qui m'ont donné tout leur amour pour prendre mes études. Auxquels je dois ce que je suis. Que Dieu les protège. Leur compréhension et leur grande tendresse, qui en plus de m'avoir encouragé tout le long de mes études, m'ont consacré beaucoup de temps et disponibilité, et qui par leur soutien, leurs conseils et leur amour, m'ont permis d'arriver jusqu'à ici car ils ont toujours cru en moi, Merci d'avoir toujours soutenu et merci pour tous les bons moments passé ensemble.

A qui ont attendu ma réussite avec autant de persévérance.

A ma gracieuse femme, qui m'a encouragée à réaliser ce travail.

Aux fleurs de ma vie, mes chers enfants : Ahmed, Imadeddine, Moncef et Yasmine.

A mes frères et sœurs de mon cœur autant pitoyable : Abdelmalek, Brahim, Habib, Rachida, Abbas, Abderrahim , Samira et défunte Meriem.

A ceux et celles qui m'ont toujours soutenus avec un grand cœur en particulier Hadj Kouider Mustapha, Djebaili Abdelhadi, Belhachat aek, toute la famille Boudeffeur, Medjoudj, Belhachat et ma belle-mère ainsi que mes beaux-frères.

A mes collègues de ma promotion de l'ingénieur et du Magister ainsi que du doctorat.

A mes défunts amis : Harrouz mohamed et Reffis mansour

*Boudeffeur saïd*

# **Remerciements**

**Je** remercie plus particulièrement mon directeur de thèse Monsieur Khelifi Lakhdar, professeur à l'école nationale supérieure agronomique d'El-Harrach d'avoir accepté de m'encadrer ainsi que le grand intérêt qu'il a accordé au sujet proposé, ses conseils et ses encouragements, m'avoir facilité les procédures administratives tout au long de ma formation et durant la réalisation de mon projet.

**J'**adresse tous mes remerciements à Monsieur Morsli. Professeur à l'ENSA d'El-Harrach pour avoir accepté de juger ce travail et présidé le déroulement de la soutenance.

**J'**adresse mes remerciements à Monsieur Toumi professeur à USD de Blida, pour sa participation au jury de cette thèse et pour l'intérêt qu'il porte à ce travail.

**Mes** remerciements vont aussi à Monsieur Taoutaou, professeur à l'école nationale supérieure agronomique d'El-Harrach d'accepter d'être parmi le jury et examiner attentivement ce travail.

**Mes** remerciements vont également à Monsieur Benchabane M. maître de conférences à USD de Blida d'avoir accepté de juger ce travail et l'intérêt qui lui porte.

**Je** remercie beaucoup Monsieur Laaboudi A. Chargé de recherche (MCA) et directeur de la station INRAA d'Adrar et ainsi que Ameer Ameer Abdelkader d'avoir contribué à la réalisation et la finalisation de ce travail.

Mes remerciements vont aussi à Aci Meriem-myassa d'avoir énormément contribué à la réalisation de la partie moléculaire au LRGB (actuellement en Italie) ainsi que notre respectueuse Djamilia ingénieur de labo.

Mes remerciements vont aussi à Meamiche Hayat, Khelafi Hafida, Yatta Djamilia, Boufis naim et Khersi Mohamed.

**Je** ne saurais oublier de remercier tous les organismes et personnes de près ou de loin ayant contribué à la réalisation de ce travail, que dieu les bénisse.

## LISTE DES TABLEAUX

### Synthèse bibliographique

<b>Tableau 01</b> : Classification du palmier dattier (APG III, 2009) .....	06
<b>Tableau 02</b> : Inventaire variétal dans les trois régions phoenicicoles d'Algérie .....	21
<b>Tableau 03</b> : Comparaison des marqueurs moléculaires en géotypage du palmier dattier .....	25
<b>Tableau 04</b> : Classification scientifique de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i> .....	35

### Matériel et Méthodes

<b>Tableau 05</b> : Les accessions de Taqerbucht étudiées et leurs aires géographiques .....	43
<b>Tableau 06</b> : Caractéristiques des fruits des accessions de Taqerbucht .....	43
<b>Tableau 07</b> : Échantillonnage des Taqerbucht : parties utilisées, nombre de répétitions et périodes .....	43
<b>Tableau 8 a</b> : Caractères quantitatifs des accessions étudiées .....	45
<b>Tableau 8b</b> : Caractères qualitatifs des accessions étudiées .....	47
<b>Tableau 09</b> : Liste des 16 paires d'amorces utilisées pour la caractérisation génétique des accessions de palmier dattier .....	55
<b>Tableau 10</b> : Composition initiale d'un mix de 20µl pour une seule réaction PCR .....	56
<b>Tableau 11</b> : Programme PCR spécifique aux microsatellites de type SSR .....	56
<b>Tableau 12</b> : Code, région, année d'isolement, cultivar et localité prélèvement du <i>F.o.a</i> .....	57

### Résultats et Discussion

<b>Tableau 13</b> : Résultats d'analyse statistique de la palme .....	70
<b>Tableau 14</b> : Matrice de Corrélation de la palme .....	71
<b>Tableau 15</b> : Récapitulation des résultats d'ANOVA des inflorescences .....	82
<b>Tableau 16</b> : Matrice de corrélation des inflorescences .....	83
<b>Tableau 17</b> : Analyse de la variance des fruits 'dattes' .....	91
<b>Tableau 18</b> : Matrice de corrélation des fruits 'dattes' .....	92
<b>Tableau 19</b> : récapitulatif de l'analyse de la variance des graines .....	97
<b>Tableau 20</b> : Matrice de corrélation des graines .....	97
<b>Tableau 21</b> : Les ratios de Do260 / Do280 calculés sur les 4 accessions de Taqerbucht .....	103
<b>Tableau 22</b> : Polymorphisme de 13 microsatellites utilisés dans notre étude .....	106
<b>Tableau 23</b> : Mesure de la diversité génétique des 4 accessions de Taqerbucht .....	107
<b>Tableau 24</b> : Fréquence allélique des locus .....	108
<b>Tableau 25</b> : Pourcentage de variabilité moléculaire de la variance (AMOVA) .....	110
<b>Tableau 26</b> : Valeurs des <i>Fis</i> par locus et par accession .....	112
<b>Tableau 27</b> : Valeurs de <i>Fst</i> entre les paires des 4 accessions .....	113
<b>Tableau 28</b> : Matrice des distances génétiques entre les 04 accessions de Taqerbucht .....	113
<b>Tableau 29</b> : Sensibilité des cultivars de palmier dattier dans régions d'Adrar vis-à-vis de la maladie du Bayoud .....	118
<b>Tableau 30</b> : Aspect morphologique et macroscopique d'isolats de 15 souches de <i>F.o.a</i> prélevées des palmeraies de la Wilaya d'Adrar .....	122
<b>Tableau 31</b> : Résultats d'analyse statistique .....	128

## LISTE DES FIGURES

### Synthèse Bibliographique

<b>Figure 01</b> : Morphologie et profil d'une datte du cultivar Taqerbucht .....	9
<b>Figure 02</b> : les cinq stades de croissance d'un fruit de datte jours après pollinisation .....	9
<b>Figure 03</b> : Carte de répartition du genre Phoenix .....	10
<b>Figure 04</b> : Classement des dix plus grands producteurs de dattes au monde en tonnes ...	12
<b>Figure 05</b> : Evolution des superficies et production de la culture du palmier dattier en Algérie .....	13
<b>Figure 06</b> : Exportation Algérienne de dattes en volume et en valeur 2017-2018 .....	14
<b>Figure 07</b> : La Carte de la distribution du palmier dattier .....	15
<b>Figure 08</b> : Position géographique des Oasis Algériennes .....	16
<b>Figure 09</b> : Carte de la diversité variétale de la palmeraie algérienne .....	20
<b>Figure 10</b> : Fréquences génotypiques selon la loi de Hardy-Weinberg dans le cas de deux allèles .....	28
<b>Figure 11</b> : Structuration génétique des populations (Trochet <i>et al.</i> , 2014) ...	30
<b>Figure 12</b> : Situation épidémiologique de la maladie du bayoud en Afrique du Nord ....	32
<b>Figure 13</b> : Aspect de dégâts et désertification des palmeraies engendrés par le Bayoud .....	32
<b>Figure 14</b> : Symptômes d'attaque typique de Bayoud sur un palmier, une palme et un rachis .....	33
<b>Figure 15</b> : Thalle d'une culture sauvage de <i>F.o.albedinis</i> .....	36
<b>Figure 16</b> : Organes de reproduction asexuée de <i>Foa</i> au MEB .....	38

### Matériel et méthodes

<b>Figure 17</b> : Carte administrative de la wilaya représentant les trois zones de prospection .....	42
<b>Figure 18</b> : Indice d'espacement de base des pennes .....	45
<b>Figure 19</b> : Germination des noyaux de dattes .....	49
<b>Figure 20</b> : Isolement de bayoud à partir de fragments de rachis sur milieu .....	58
<b>Figure 21</b> : Plantules palmier dattier 6 mois .....	60
<b>Figure 22</b> : Aspect d'inoculation artificielle d'une plantule avec <i>F.o.a</i> .....	60
<b>Figure 23</b> : Jeunes plantules témoins irriguées en eau de robinet .....	60

## Résultats et Discussion

<b>Figure 24</b> : Longueur moyenne des palmes des 4 accessions de Taqerbucht .....	63
<b>Figure 25</b> : Largeur moyenne des palmes des 4 accessions .....	64
<b>Figure 26</b> : Epaisseur moyenne de rachis des 4 accessions .....	65
<b>Figure 27</b> : Largeur des palmes à la base du pétiole des différentes accessions .....	65
<b>Figure 28</b> : Nombre des épines de palmes des différentes accessions .....	66
<b>Figure 29</b> : Longueur de la partie épineuse des palmes des accessions .....	67
<b>Figure 30</b> : Nombre de pennes par palme des différentes accessions .....	67
<b>Figure 31</b> : Longueur des pennes des différentes accessions .....	68
<b>Figure 32</b> : Indice d'espacement de palmes des 4 accessions .....	69
<b>Figure 33</b> : Longueur des hampes florales des différentes accessions .....	73
<b>Figure 34</b> : Nombre d'épillets/régime des différentes accessions .....	74
<b>Figure 35</b> : Longueur d'épillet le plus long des différentes accessions .....	74
<b>Figure 36</b> : Longueur d'épillet le plus court des différentes accessions .....	75
<b>Figure 37</b> : Longueur de l'épillet avec fleur à la base des accessions .....	76
<b>Figure 38</b> : Longueur de l'épillet avec fleur au milieu des inflorescences .....	76
<b>Figure 39</b> : Longueur de l'épillet avec fleur au sommet des accessions .....	77
<b>Figure 40</b> : Nombre de fleurs/ épillet le plus long des accessions étudiées .....	78
<b>Figure 41</b> : Nombre de fleurs par épillet le plus court des différentes accessions .....	79
<b>Figure 42</b> : Nombre de fleurs nouées/épillet à la base des différentes accessions .....	79
<b>Figure 43</b> : Nombre de dattes/épillet au milieu des accessions .....	80
<b>Figure 44</b> : Nombre de dattes par épillet au sommet des accessions .....	81
<b>Figure 45</b> : Poids des fruits des accessions de Taqerbucht .....	88
<b>Figure 46</b> : Epaisseur de la chair des différentes accessions de Taqerbucht .....	88
<b>Figure 47</b> : Longueur des cavités de dattes des accessions de Taqerbucht .....	89
<b>Figure 48</b> : Largeur de cavités de dattes des accessions de Taqerbucht .....	90
<b>Figure 49</b> : Diamètre du calice des accessions de Taqerbucht .....	90
<b>Figure 50</b> : Longueur de graines des accessions de Taqerbucht .....	92
<b>Figure 51</b> : Largeur de graines des accessions de Taqerbucht .....	93
<b>Figure 52</b> : Epaisseur de graines des accessions de Taqerbucht .....	94
<b>Figure 53</b> : Poids des graines des accessions de Taqerbucht .....	95
<b>Figure 54</b> : Poids de graines/poids de fruits des accessions de Taqerbucht .....	96
<b>Figure 55</b> : ACP des accessions et caractéristiques morphologiques quantitatives (Biplot.) .....	98

<b>Figure 56 :</b> Représentation ‘ACM’ des cultivars et des caractères morphologiques Qualitatifs .....	99
<b>Figure 57 :</b> Quantités moyennes d’ADN extraites par accession à l’aide du kit Nucleospin .....	102
<b>Figure 58 :</b> Exemple de profils électrophorétiques obtenus .....	104
<b>Figure 59 :</b> Nombre d’allèles mis en évidence pour chaque marqueur microsatellite sur les 4 accessions .....	106
<b>Figure 60 :</b> Variation de l’hétérozygotie attendue (He) et de l’hétérozygotie observée (Ho) .....	109
<b>Figure 61 :</b> Variation de la proportion de loci polymorphes (P) en fonction des accessions .....	110
<b>Figure 62 :</b> Pourcentage de variabilité moléculaire sur les 4 accessions de Taqerbucht .....	111
<b>Figure 63 :</b> Discrimination des accessions selon la classification automatique UPGMA basée sur la distance génétique .....	114
<b>Figure 64:</b> Symptômes de Bayoud typique (A) et atypique (B,C) sur des jeunes arbres de palmier dattier à Adrar .....	116
<b>Figure 65 :</b> Confusion de symptômes de Bayoud avec la salinité et le manque d’irrigation .....	117
<b>Figure 66:</b> Taux de mortalité enregistré par le Bayoud au sein des 3 régions distinctes d’Adrar .....	118
<b>Figure 67 :</b> Aspects macroscopiques et morphologiques de Thalles d’isolats de F.o.a des régions de Touat, Gourara et Tidikelt cultivés sur milieu P.D.A ....	121
<b>Figure 68 :</b> Représentation ‘ACM’ des isolats de <i>F.o.albedinis</i> selon la couleur et le type de mycélium .....	123
<b>Figure 69 :</b> Caractères microscopiques des isolats <i>F.o.albedinis</i> Gr : 40x .....	124
<b>Figure 70 :</b> Symptômes de Bayoud observés sur plantules des 4 accessions de Taqerbucht après leur inoculation .....	124
<b>Figure 71 :</b> Taux de mortalité induit par le F.o.albedinis sur chaque accession de Taqerbucht .....	125
<b>Figure 72.</b> Une nécrose bien claire engendrée par F.o.a sur une jeune racine de plantule de la variété Taqerbucht kahla après son inoculation artificielle .....	126

<b>Figure 73 :</b> Aucun symptôme de Bayoud sur plantules des accessions irriguées à eau de robinet .....	126
<b>Figure 74 :</b> Taux de mortalité induit par les 15 souches de Bayoud sur les différentes accessions .....	127

## LISTE DES ABREVIATIONS

**%** : Pourcentage

**APG** : Angiosperm Phylogeny Group

**ACP** : Analyse en Composantes Principales

**ADN** : Acide DésoxyriboNucléique

**AFLP** : Amplified Fragment Length Polymorphism, Polymorphisme de Longueur

**AMOVA** : Analyse de la variance moléculaire

**ANOVA** : Analyse de la variance

**°C** : Degré celsius

**CAH**: Classification Ascendante Hiérarchique

**CGIAR**: Consultative Group on International Agricultural Research

**DL**: Descriptors Lists

**DNTP**: Désoxyribo - Nucléotide Tri-phosphate

**FAO**: Food and Agriculture Organization

**IPGRI**: International Plant Genetic Ressources Institutue

**ISSR** : Inter Simple Sequence Repeats

**PCR** : Polymerase Chain Reaction, réaction de polymérase en chaine

**PNDA** : Plan National De Développement Agricole

**APFA** : Programme de l'accession à la propriété foncière agricole des Fragments Amplifiés

**RAPD**: Random amplified polymorphic DNA

**RAMPO**: Random amplified microsatellite polymorphism

**SNP**: Single Nucleotide Polymorphism

**SSR**: Simple Sequence Repeat

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

**IRD** : Institut de recherche pour le développement

**FAOSTAT** : Statistiques de l'organisation pour l'alimentation et l'agriculture

**MADRP** : Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et de la Pêche

**Ha** : hectare

**STR** : Courtes répétitions en tandem

**F.o.a**: *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

**PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement

**AIEA** : Agence internationale de l'énergie atomique

## **Résumé**

En Algérie, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est menacé d'une maladie sévère connue sous le nom du "bayoud" causée par un champignon tellurique nommé *Fusarium Oxysporum* f.sp *albedinis*. Pour lutter contre cette maladie, l'utilisation des variétés résistantes demeure le moyen le plus efficace. Les accessions de la variété Taqerbucht à savoir : Tq.Hamra, Tq.Safra, Tq.Beïda et Tq.Kahla, sont connues pour leur résistance naturelle contre cette maladie dévastatrice. Pour mettre en évidence leurs profils génétique et morphologique une caractérisation morphométrique et moléculaire a été mise en œuvre. Pour cela, quatre-vingt-quatre caractères phénotypiques et 16 marqueurs moléculaires de type (SSR) ont été utilisés.

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) et l'Analyse des correspondances multiples 'ACM' ont suggéré que les quatre accessions peuvent être classées en deux groupes distincts. Un groupe contient la Tq.kahla alors que l'autre contient les trois autres accessions et les caractéristiques qualitatives de la graine et du fruit ont permis de différencier les 4 accessions.

L'analyse des résultats génétiques ont montré qu'uniquement 13 marqueurs ont permis de détecter 31 loci d'allèles avec une moyenne de 2,38 allèles/locus. Sur la base d'analyses phylogénétiques et de comparaisons de séquences, le cultivar Tq.kahla qui dispose de 7 allèles privés semble diverger de l'ensemble des autres accessions.

Enfin, les prospections sur terrain ont permis d'établir la carte épidémiologique des foyers bayoudés de la Wilaya d'Adrar et les inoculations artificielles des plantules des différentes accessions se sont avérées fiables.

**Mots clés:** palmier dattier, Bayoud, Algérie, accessions Taqerbucht, caractères morphologiques, marqueurs SSR.

## ملخص

إن نخيل التمر الجزائري مهدد بمرض خطير يعرف باسم البيوض يسببه فطر ينتقل عن طريق التربة يسمى *Fusarium oxysporum f.sp albedinis*. ولمكافحة هذا المرض يظل استخدام الأصناف المقاومة هو الوسيلة الأكثر فعالية. وتعرف سلالات صنف تقربوشت، وهي تقربوشت الحمراء، تقربوشت الصفراء، تقربوشت البيضاء وتقربوشت الكحلة، بمقاومتها الطبيعية ضد هذا المرض المدمر. لتسليط الضوء على ملامحهم الوراثية والمورفولوجية، تم تنفيذ التوصيف المورفومتري والجيني وذلك باستخدام أربعة وثمانين خاصية مظهرية و16 علامة نمطية جزيئية (SSR).

ولقد اشارت نتائج تحليل المكونات الرئيسية (ACP) وتحليل المراسلات المتعددة (ACM) إلى أنه يمكن تصنيف السلالات الأربعة إلى مجموعتين متميزتين. تحتوي إحدى المجموعتين على تقربوشت الكحلة بينما تحتوي الأخرى على السلالات الثلاثة الأخرى. وقد أتاحت الخصائص النوعية للنوى والتمر تمييز السلالات الأربعة. بالإضافة الى ذلك، فقد أظهر تحليل النتائج الجينية أن 13 علامة فقط جعلت من الممكن اكتشاف 31 موضع أليل بمتوسط 2.38 أليل/موضع. واستناداً إلى التحليلات التطورية ومقارنات التسلسل، يبدو أن سلالة تقربوشت الكحلة التي تحتوي على 7 أليلات خاصة تختلف عن جميع السلالات الأخرى. وأخيراً، أتاحت الخرجات الميدانية وضع الخريطة الوبائية لتفشي مرض البيوض في ولاية أدرار، وأثبتت عمليات التلقيح الاصطناعي لشتلات مختلف السلالات موثوقيتها.

**الكلمات المفتاحية:** نخيل التمر، بيوض، الجزائر، سلالات تقربوشت، الصفات المورفولوجية، علامات SSR

## **Summary**

In Algeria, the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) is threatened by a serious disease known as “bayoud” caused by a soil-borne fungus called *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*. To fight this disease, the use of resistant varieties remains the most effective means. The accessions of the Taqerbucht variety, namely: Tq.Hamra, Tq.Safra, Tq.Beïda and Tq.Kahla, are known for their natural resistance against this devastating disease. To highlight their genetic and morphological profiles, morphometric and molecular characterization was implemented. For this, eighty-four phenotypic characters and 16 molecular type markers (SSR) were used.

The results of Principal Component Analysis (PCA) and Multiple Correspondence Analysis (MCA) suggested that the four accessions can be classified into two distinct groups. One group contains Tq.kahla while the other contains the other three accessions and the qualitative characteristics of the seed and fruit made it possible to differentiate the 4 accessions.

The analysis of the genetic results showed that only 13 markers made it possible to detect 31 allele loci with an average of 2.38 alleles/locus. Based on phylogenetic analyzes and sequence comparisons, the cultivar Tq.kahla which has 7 private alleles appears to diverge from all other accessions.

Finally, field surveys made it possible to establish the epidemiological map of bayoud epidemics in the department of Adrar and the artificial inoculations of seedlings of the different accessions proved reliable.

**Keywords:** date palm, Bayoud disease, Algeria, Taqerbucht accessions, morphological characters, SSR markers

# TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations et acronymes	
Résumé	

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	01
<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	05
1- Position systématique du palmier dattier	05
1-1- Description botanique	05
1-2- Systématique basée sur la méthode APGIII ou APG IV	05
2- Description morphologique	06
2-1-Appareil végétatif	06
a- Système racinaire	06
b-Stipe	07
c-Palme	07
2-2- Appareil reproducteur	08
a- Inflorescences (spathes)	08
b- Fleurs femelles	08
c- Fruit et ses stades d'évolution	09
3- Aperçu sur la culture du palmier dattier	10
3-1- Historique et origine	10
3-2- Importance économique	12
3-2-1- Dans le monde	12
3-2-2- En Algérie	13
3-3- Aire de culture	14
3-3-1- Dans le monde	14
3-3-2- En Algérie	15
4- Diversité génétique du palmier dattier	16
4-1- Ressources génétiques existantes	16
4-1-1- Cultivars	16

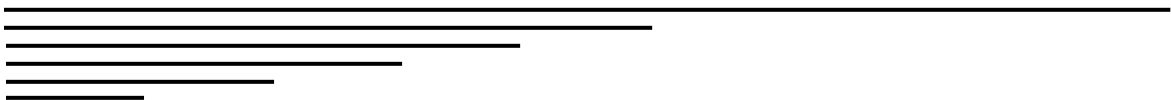
4-1-2- Variétés	17
4-1-3- Dguel	17
4-1-4- Dattes communes	17
4-2- Etat de la diversité génétique	18
4-2-1- Dans le monde	18
4-2-2- En Algérie	18
5- Caractérisation de la variabilité du palmier dattier	21
5-1- Caractérisation phénotypique et morphologique du palmier dattier	21
5-2- Caractérisation moléculaire	23
5-2-1- Diversité génétique du palmier dattier basée sur marquage moléculaire	25
5-2-2- Diversité génétique du palmier dattier basée sur les SSR	25
5-2-3- Avantages et inconvénients des marqueurs microsatellites	26
5-3- Paramètres génétiques pris en considération	27
5-3-1 -Equilibre de <i>Hardy-weinberg</i>	27
5-3-2- Diversité génétique intra-populations	28
a- Fréquences alléliques ( $\pi$ )	28
b- Taux d'hétérozygotie	28
c- Taux de polymorphisme « P% »	28
d- Nombre d'allèles ( $N_a$ )	29
5-3-3- Diversité génétique inter-populations (F-Statistiques)	29
5-3-4- Distance génétique intra-populations	30
6 - Maladie provoquée par le Bayoud sur le palmier dattier	31
6-1- Origine et distribution géographique	31
6-2- Symptomatologie du Bayoud	33
6-3- L'agent causal de la fusariose du palmier dattier	34
6-3-1- Caractères physiologiques du <i>Foa</i>	34
6-3-2- Position systématique	34
6-3-3- Caractères macroscopiques	35
6-3-4- Caractères microscopiques	36
- Les microconidies	37
- Les macroconidies	37
- Les chlamydozoospores	37
6-4- Moyens de Lutte	37
6-4-1- Lutte chimique	37

6-4-2- Mesures prophylactiques	39
6-4-3- Lutte biologique	39
6-4-4- Sélection de plantes résistantes	40
<b>MATERIEL ET METHODES</b>	41
<b>1- Diversité morphologique du cultivars Taqerbucht</b>	41
1-1- Prospection et collecte du matériel végétal et Echantillonnage	41
1-2- Descripteurs utilisés dans les caractéristiques morphologiques	43
1-2-1- Descripteurs végétatifs	44
1-2-2- Descripteurs de l'appareil reproducteur	45
<b>2- Matériel végétal utilisé</b>	48
2-1- Pour la diversité morphologique	48
2-2- Pour les marqueurs SSR	48
2-3- Production de plantules de palmier dattier pour l'inoculation par le <i>Foa</i>	49
<b>3- Approche moléculaire pour l'étude de diversité du cultivar Taqerbucht</b>	50
3-1- Matériel végétal	50
3-2- Méthodes	50
3-2-1 -Extraction des ADN génomiques	50
3-2-2- Quantification et contrôle de l'extraction de l'ADN	53
3-2-3- Amplification de l'ADN par PCR	54
3-2-4- Réaction de polymérisation	56
3-2-5- Électrophorèse vertical sur gel d'acrylamide	56
<b>4-Diversité génétique des souches du Bayoud isolées</b>	57
4-1- Echantillonnage	57
4-2- Isolement des souches de <i>Fusarium</i>	57
4-3- Technique de la culture monospore	58
4-4- Conservation des souches de <i>Fusarium</i> sp.	59
4-5- Test du pouvoir pathogène et Inoculation des plantules	59
<b>5- Analyse des données</b>	61
5-1- Analyse de la variance	61
5-2- Analyse en composantes principales 'ACP'	61
5-3 -Analyse en composantes multiples 'ACM'	61
5-4- Matrices de corrélation	61

5-5- Classification ascendante hiérarchique ‘CAH’	61
5-6- Analyse factorielle des correspondances ‘AFC’	61
5-7- Mesure de la diversité génétique	62
<b>RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>63</b>
<b>1- Description Morphologique Des Accessions Du Cultivar Taqerbucht</b>	<b>63</b>
1-1-La palme	63
1-1-1 -Matrice de corrélation	71
1-2- Les inflorescences	72
1-2-1 -Matrice de corrélation	83
1-3- Fruits (Dattes)	87
1-3-1- Matrice de corrélation	91
1-4- La graine	92
1-4-2 -Matrice de corrélation	97
1-5- Analyse en composante principales (ACP)	97
1-6- Analyse de correspondance multiple (ACM)	98
1-7- Conclusion	100
<b>2- Diversité Moléculaire Des Accessions Du Cv Taqerbucht</b>	<b>102</b>
2-1- Résultats de l’extraction de l’ADN génomique	102
2-1-1-Quantité d’ADN extraits	102
2-1-2-Qualité des ADN extraits	102
2-1-3. Réaction de polymérisation en chaîne PCR	103
2-1-4- Electrophorèse	103
2-2-Polymorphisme des marqueurs microsatellites	105
2-3-Analyse de la diversité génétique	106
2-3-1-Diversité génétique intra-accession	107
- Loci ou marqueurs SSR actifs	107
- Diversité allélique	107
- Hétérozygotie attendue et hétérozygotie observée	109
- Proportion de loci polymorphiques et nombre d’allèles par locus polymorphe	109
2-3-2-Diversité génétique inter-accessions	111
Paramètres de différenciation des populations	111

- Indice de fixation <i>Fis</i>	111
- Indice de différenciation <i>Fst</i>	112
2-3-3-Distances génétiques et établissement des relations phylogéniques	113
- Distances génétiques	113
2-4-Conclusion	115
3- Test du pouvoir pathogène des souches de <i>Foa</i> et évaluation de la résistance des accessions de Taqerbucht	116
3-1- Résultats de la prospection	116
3-2 - Caractères macroscopiques des souches de <i>F.o.albedinis</i> isolées	119
3-2-1- Analyse multivariée	122
3-3 - Caractères microscopiques	123
3-4-Interactions entre les cv Taqerbucht et les souches de Bayoud isolées	124
3-5- Conclusion	129
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	131
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIES</b>	136

# ***INTRODUCTION***



## INTRODUCTION GENERALE

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une espèce emblématique des régions arides et semi-arides (Bouguedoura, 2012). Il se présente comme l'une des plus anciennes cultures fruitières cultivées dans les régions de la péninsule arabique, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient d'une manière générale. Il constitue un élément essentiel du milieu oasien où il joue un rôle fondamental dans l'équilibre de cet écosystème (Bouguedoura, 1979). En effet, dans le Sahara algérien, le palmier dattier est le pilier de cet écosystème où il permet de limiter les dégâts d'ensablement et joue un rôle protecteur contre le rayonnement solaire intense pour les cultures sous-jacentes (arbres fruitiers, cultures maraîchères et céréales). Par sa présence dans ces zones désertiques, il contribue au maintien de diverses formes de vies : animales et végétales, en particulier, indispensables pour le maintien et la survie des populations locales (Al-Khayri and Naik, 2017; Aregawi et al, 2018).

Par ailleurs, le palmier dattier constitue le principal pivot de l'agriculture dans les régions désertiques et assure ainsi l'essentiel des ressources vivrières des oasiens. Le dattier vient au 4<sup>ème</sup> rang des productions fruitières tropicales et subtropicales (Bouguedoura, 2012). Il joue un rôle socio-économique majeur pour les populations de ces régions, pour lesquelles il fournit un fruit dont la qualité alimentaire est indéniable, et un revenu très appréciable.

L'Algérie est l'un des principaux pays phoenicoles dans le monde où le nombre de palmiers dépasse 18.400.000 sur une superficie de 170.000 hectares (MADRP, 2019). Les oasis algériennes sont comptées parmi les plus riches au monde du point de vue diversité génétique avec environ 1100 cultivars (Hannachi, 2012), bien adaptées aux variations pédoclimatiques du grand Sahara.

Les travaux d'inventaire et de caractérisation ont été entamés depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle sur les oasis du Sahara Algérien. Parmi ces travaux de recherche, on retrouve ceux de Martin (1908), Cauvet (1914), Ceard et Raynaud (1930); Sigwarth (1951) et Champault (1969). Les travaux de ces derniers ont été focalisés sur l'étude de la biodiversité variétale des palmeraies, mais ils se sont limités à des inventaires classiques et rudimentaires. Ces auteurs ont souligné par ailleurs, la disparition de certains cultivars tels que : *Outig* et *Tafilala* inventoriés à Ouargla. La diversité du palmier dattier se trouve donc dans un état de fragilité au fur et à mesure que les principaux acteurs de la sélection disparaissent d'une part, et la culture monovariétale imposée par la pression du marché d'autre part. Cette situation prédispose nos palmeraies à l'érosion génétique.

D'autres missions d'inventaire et de caractérisation ont permis de recenser près d'un millier de cultivars, nombre dépassant de loin ce qui est avancé dans les inventaires antérieurs (Girard, 1962 ; Maatallah, 1969 ; Popenoe, 1973), en plus de l'inventaire de caractérisation et conservation des cultivars de palmier dattier du Sud-Ouest entrepris par Brac de la perrière et Benkhalifa (1989). Par la suite, d'autres travaux dans ce sens ont ciblé la région du Sud-Est Algérien réalisés par Belguedj (2002). Ce dernier a introduit, en plus, quelques caractères biochimiques dans la caractérisation. Par la suite, une actualisation du recensement des cultivars des oasis de la région de Ghardaïa (Belguedj et Tirichine, 2011) et de Bousaada (Gattouchi, 2011) a été effectuée.

En Algérie, la biodiversité du dattier a suscité beaucoup d'intérêt de la part des chercheurs. D'après Djoudi (2013), la région du Gourara se place en première position avec 229 cultivars, suivis par le Tassili avec 184 cultivars et l'Aurès avec 171. Le même auteur considère aussi que les palmeraies du Sud-Est (Ziban), du Centre (Mzab) et du Sud-Ouest Algérien révèlent un riche patrimoine génétique phoenicicole ancien.

L'autre problème majeur auquel est confronté la culture du palmier dattier est l'appauvrissement irréversible de l'agro biodiversité de ses ressources associée à une perte préjudiciable lié en particulier à la propagation de la maladie du bayoud (Djerbi, 1982 ; Boudeffeur et *al.*, 2000; Benzohra et *al.*, 2015). En effet, en Algérie cette culture est gravement menacée depuis plusieurs décennies par la fusariose vasculaire due au champignon (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* : *Foa*) (Louvét et Toutain, 1973 ; Baaziz 2000). Cette maladie représente sans aucun doute le fléau le plus redoutable pour le palmier dattier, ainsi que sa diversité génétique et constitue incontestablement une menace réelle aux palmeraies de l'Afrique du Nord (Freeman et Maymon, 2000 ; El-Hassni et *al.*, 2004). En effet, cette maladie a déjà détruit les 2/3 de la palmeraie marocaine en un siècle (Baaziz, 2000) et environ 3 millions d'arbres en Algérie (Djerbi, 1982). Dans cette région, la progression de cette maladie du Sud-Ouest vers le Sud-Est constitue une menace pour les oasis des Zibans, zone de prédilection et berceau de la Deglet noir de renommée mondiale.

Face au risque de déclin de la biodiversité du palmier dattier au niveau des palmeraies du Sud-Ouest algérien, la conservation et la gestion des ressources génétiques phoenicicoles devient une question prioritaire pour la stabilité des écosystèmes oasiens de ces zones. Ces ressources serviront à l'élargissement de la base génétique sur laquelle se dresseront les programmes d'amélioration génétique futurs.

L'utilisation de génotypes résistants dans les programmes d'amélioration tels que le cultivar Taqerbucht est une voie prometteuse pour protéger cette diversité phoenicicole contre

ce fléau dévastateur (Boudeffeur, 2007) et constitue donc la solution idoine pour la préservation des palmeraies du Sud-ouest Algérien. Pour ce faire, il est indispensable de recourir aux cultures de tissus en vue de produire des plants en quantité et qualité pour le repeuplement des régions touchées par ce fléau (Abeer and AbdelKarim, 2017).

Par ailleurs, les cultivars de palmier dattier peuvent être différenciés et caractérisés grâce aux marqueurs morphologiques, à savoir la forme, la taille, le poids, la couleur, les aspects de l'épicarpe des fruits, la consistance, la texture, etc. (ElHoumaizi et al., 2002; Salem et al., 2008; Simozrag, 2016 ; Bedjaoui et Benbouza, 2018) et aux marqueurs biochimiques comme les isozymes et les protéines (Bodian et al., 2014 ; Bennaceur et al., 1991). Mais, ces caractères sont fortement influencés par les facteurs environnementaux ainsi que par les stades ontologiques de développement de l'arbre (Khierallah et al. 2011). La RAPD "random amplified polymorphic DNA", AFLP "amplified fragment length polymorphism" les ISSR "inter simple sequence repeats", la RAMPO "random amplified microsatellite polymorphism" et les SSR "microsatellites" ont déjà été utilisés pour la caractérisation des différents cultivars de palmier dattier de plusieurs pays : Algérie, Arabie saoudite, Libye, Qatar, Égypte, Tunisie, Soudan, Mauritanie et Maroc (Moussouni et al., 2017 ; Guettouchi et al., 2017). Dans la plupart de ces études, une diversité génétique considérable a été détectée chez le germoplasme étudié.

De même, les études effectuées sur les isolats de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* ont montré qu'ils appartiennent au même groupe de compatibilité végétative et présentent les mêmes profils RFLP de l'ADN mitochondrial et RAPD, et possèdent vraisemblablement la même origine clonale (Fernandez et al., 1995). Une ou plusieurs souches seraient à l'origine de tous les foyers de Bayoud des palmeraies du Maroc et d'Algérie. Selon Fernandez et al., (1995) il existerait une seule lignée génétique de ce parasite. Cependant, Benlarbi (2019) a révélé un degré de polymorphisme plus élevé chez 11 isolats de *F.o.albedinis* prélevé du sud-ouest Algérien.

Le pouvoir pathogène de cet agent causal reste plus ou moins stable. Les isolats de *F.o.a* testés de différentes origines géographiques ne présentent pas de pouvoirs pathogènes différents (Sedra, 1993) et qu'il n'existe aucune relation entre la morphologie d'un thalle tel qu'il se présente *in vitro*, et son pouvoir pathogène (Djekiref et al., 2018). De plus, une gamme de souches de *F.o.albedinis* a pu reproduire les symptômes typiques de bayoud sur une diversité de cultivars de palmier dattier à savoir tolérants et sensibles sélectionnés au niveau du Sud-Ouest Algérien (Boudeffeur, 2007). D'autres auteurs soulignent que le degré d'agressivité peut se manifester plus ou moins nettement selon le stade végétatif de la plante inoculée. A ce stade, le mode d'action de ce pathogène, une fois mis en contact avec une racine de palmier dattier se

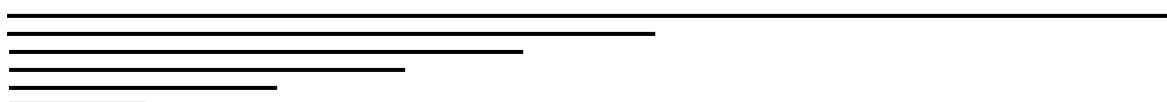
manifeste par l'apparition d'une panoplie de toxines telles que l'acide 3-phényl lactique, l'acide fusarique, l'acide succinique et leurs dérivés, marasmins et toxines peptidiques (El-Hadrami et *al.*, 2005) qui sont à leur tour neutralisés par la sécrétion de l'acide caféoylshikimique qui est un composé phénolique produit par les variétés résistantes (El-Modafar et *al.*, 2000).

Le présent travail repose sur l'utilisation de quatre-vingt-quatre descripteurs morphologiques, (44 quantitatifs et 40 qualitatifs) des appareils végétatif et reproducteur de quatre accessions du CV Taqerbucht (Safra, Beïda, Hamra et Kahla), réputé résistant vis-à-vis de la maladie du Bayoud. Ces descripteurs sont traités séparément afin d'avoir une caractérisation aussi fine que possible. L'étude de la diversité des quatre accessions a été complétée par une analyse de génétique moléculaire reposant sur les marqueurs SSR (microsatellites).

L'objectif visé est de parvenir à une identification fiable des cultivars étudiés afin d'étudier leur comportement vis-à-vis de la maladie du Bayoud induite par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

En outre, la confrontation des cultivars étudiés avec un grand nombre de souches de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* par le biais des tests de pathogénicité permettrait de mieux comprendre le complexe palmier dattier-maladie du Bayoud et l'interaction les liant. Le pathosystème doit constituer un point de départ pour une conservation raisonnée de la biodiversité, notamment *in situ*, pour reconstituer une partie du patrimoine génétique du palmier dattier résistant à la maladie du Bayoud, et par voie de conséquence, atténuer son effet dévastateur qui pèse lourdement sur toutes nos palmeraies et l'économie de notre pays.

# ***SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE***



## I- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1- Position systématique du palmier dattier

#### 1-1- Description botanique

Le palmier dattier est une monocotylédone appartenant aux angiospermes, monocotylédone à port arborescent, de par son stipe ressemblant à un tronc. C'est une plante dioïque, les pieds mâles (Dokkar) et femelles (Nakhla) sont séparés. Il fait partie de la classe de *Liliopsida*, de l'ordre des *Arecales* du règne *Plantae* et la famille des *Arecaceae* (Al-Alawi et al., 2017). Le palmier dattier comprend plus de 2800 espèces (Dransfield et al., 2008), ce qui en fait l'une des familles les plus importantes parmi les monocotylédones.

Le genre *Phoenix* est le seul de la tribu des *Phoeniceae*. Il regroupe 14 espèces (Govaerts et Dransfield, 2005), présentant plusieurs caractéristiques morphologiques uniques dans la famille des *Arecaceae*. Les feuilles sont pennées, les folioles forment un V (in dupliquées) et à la base de la feuille, elles sont modifiées en épines.

Du point de vue botanique, le palmier dattier est souvent considéré comme un arbre. D'une manière générale, les espèces appartenant au genre *Phoenix* possèdent un nombre chromosomique  $2n = 36$  et présentent une grande aptitude à s'hybrider entre elles, ce qui explique une grande diversité génétique, qui caractérise ce genre (Beal, 1937). Les observations cytogénétiques sur cette espèce sont particulièrement difficiles, vu l'absence de zones méristématiques mitotiquement actives, en plus de la taille très petite des chromosomes du dattier (Loutfi et El-hadrami, 2005). Ainsi, chez *Phoenix dactylifera* L. des variations du nombre chromosomique entre variétés mais aussi au sein d'une même variété ont été rapportées par Zaid et Arias- Jiménez (2002).

#### 1-2-Systématique basée sur la méthode APG IV (Angiosperm Phylogeny Group)

Le genre *Phoenix* L. (1753) dont les six synonymes hétérotopiques cités par la littérature sont : *Elate* L. (1753), *Palma* Mill. (1754), *Dachel Adams*. (1763), *Phoniphora* Neck. (1790), *Fulchironia* Lesch. (1829) et *Zelonops* Raf. (1837) ; fait partie de la classe des *Liliopsida* des *Monocotylédones*, de l'ordre des *Arecales* Bromhead (1840).

Selon la classification de Cronquist (1981) et phylogénétique APGII (2003) et APGIII (2009) (Tableau 01), les *Arecales* ne comprennent qu'une seule famille, celle des *Arecaceae* Bercht. et J. Presl, 1820 ; famille de plantes tropicales (exemples : palmier dattier, palmier à huile, cocotier...etc.) la mieux connue sur le plan systématique. Par ailleurs, la classification phylogénétique APGIV (2016) a récemment introduit les *Dasypogonaceae* parmi les *Arecaceae*.+

La famille des Arecaceae regroupe 6 sous-familles Cronquist (1981) : les Coryphoideae ou Arecoideae, Calamoideae, Nypoideae, Ceroxyloideae, Arecoideae, et Phytelephantoideae. La sous-famille des Coryphoideae se subdivise actuellement en 4 tribus, les : Corypheeae, Phoeniceae, Borasseae et Chuniophoeniceae, cette dernière a été introduite suite à la nouvelle classification (APG IV, 2016).

**Tableau 01** : Classification du palmier dattier selon (APG III, 2009).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Phylum	Spermaphytes
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Liliopsidae
Sous-classe	Commelinidae
Ordre	Arecales
Famille	Arecaceae
Sous-famille	Coryphoideae
Tribu	Phoeniceae
Genre	Phoenix
Espèce	<i>Phoenix dactylifera</i> L.

## 2- Description morphologique et phénotypique

Plusieurs chercheurs ont décrit le Palmier dattier, ainsi que sa morphologie à savoir Al-Bakr, (1972), Munier, (1973), Bouguedoura (1991), Peyron (2000), Espirad, (2002) et Sedra, (2003). La description a porté sur les différentes parties de la plante.

### 2-1-Appareil végétatif

#### a- Système racinaire

Le système racinaire du palmier dattier est fasciculé, c'est-à-dire, qu'il est disposé en faisceaux de racines plus ou moins riches en radicules. Le bulbe ou plateau racinaire est volumineux et émerge en partie au-dessus du niveau du sol. Le système racinaire du palmier dattier présente quatre zones distinctes d'enracinement (Munier, 1973 ; Peyron, 2000).

-Zone I : Comporte de nombreuses racines adventives aériennes qui se développent à la base du stipe. Ces racines qui montrent très peu de radicules jouent un rôle dans la respiration grâce à la présence dans leur cortex de méats aérifères qui permettent les échanges gazeux avec

l'air de l'atmosphère du sol. Elles sont longues, obliques ou horizontales et leur nombre est estimé à plus d'un millier (Saaidi, 1979).

-Zone II : Représentée par la proportion de racines la plus importante du système racinaire. Ces dernières pourvues de nombreuses radicelles jouent un rôle dans la nutrition de plante.

-Zone III : Elle est plus ou moins importante selon le mode de culture et la profondeur de la nappe phréatique. Les racines de cette zone qui jouent un rôle dans l'absorption de l'eau s'étendent plus ou moins en profondeur.

-Zone IV : La profondeur des racines de cette zone varie avec le niveau de la nappe phréatique. Si celui-ci n'est pas profond, la longueur des racines de cette zone est très réduite à telle point qu'ils se confondent avec celles de la zone précédente. Si par contre, le niveau de la nappe phréatique est profond, les racines de cette zone peuvent atteindre de grandes longueurs, pouvant aller jusqu'à 17 mètres.

### **b-Stipe**

Le tronc qu'on appelle stipe est cylindrique (Peyron, 2000). Cependant, certains cultivars peuvent avoir une forme tronconique (Djerbi, 1994). Le port est élancé, lignifié, et de couleur brune et pouvant atteindre plus de 30 mètres. Il est généralement monopodique. Il est vertical, cylindrique de même circonférence de la base jusqu'au sommet et sans ramification. Sa circonférence moyenne est d'environ 1 à 1,10 m. L'élongation annuelle du tronc est d'environ 20 à 30 cm (Bougedoura, 1979). Chelli (1996) a décrit le stipe comme étant d'une grosseur variable selon les cultivars, il peut varier selon les conditions du milieu pour un même cultivar. Ainsi, il possède une structure très particulière, il est formé de vaisseaux disposés sans ordre et noyés dans un parenchyme fibreux. D'après Wertheimer (1956), le stipe est recouvert par les bases des palmes qu'on appelle 'cornaf'. Il est composé de faisceaux vasculaires fibreux dans une matrice de tissu plus lignifié près de la partie extérieure du stipe. La croissance verticale du palmier dattier est assurée par son bourgeon terminal, appelé phyllophore, et sa hauteur pourrait atteindre 20 mètres. Le stipe ne se ramifie pas, mais le développement des gourmands ou rejets aériens, (Rkeb) en arabe peut donner naissance à des ramifications dont les causes sont diverses.

### **c-Palme**

Les 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 le cultivar, l'âge et les conditions

environnementales. Les palmes adultes peuvent atteindre jusqu'à 6m de long et présentent trois segments différents : le pétiole, le segment à épines et le segment à folioles (Bedjaoui, 2019).

La palme (feuille) est représentée par un limbe penné, découpé en folioles composées et une série d'épines solitaires et/ou groupées, différentes en taille, nombre et position (Peyron, 2000). Elles ont une forme pennée, et sont insérées en hélice, très rapprochées sur le stipe par une gaine pétiolaire, bien développée 'cornaf'. À l'aisselle de chaque palme, on trouve un bourgeon axillaire qui peut se développer pour donner naissance à un rejet, à la base du stipe ou aérien attaché au tronc (Jameel et al., 2015). Les palmes sont en nombre variable sur le palmier. 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 adultes (Babahani, 2011).

## **2-2- Appareil reproducteur**

### **a- Les inflorescences (spathes)**

Le Palmier Dattier est une plante dioïque ; les organes de reproduction sont composés d'inflorescences mâles ou femelles, appelées spathes, naissent sur la couronne moyenne et sont portées par des palmiers différents (dioïcie). Elles ont une forme de grappes d'épis, protégées par une bractée ligneuse close et fusiforme. Elles sont de couleur vert-jaunâtre et sont formées à partir de bourgeons développés à l'aisselle des palmes.

### **b- Les fleurs femelles**

La fleur femelle est globulaire, d'un diamètre de 3 à 4 mm de couleur blanc-ivoire et vert clair (Babahani, 1991). Elle comporte :

- Un calice court en forme de cupule ou cupuliforme à trois pointes, formée de trois sépales soudées.
- Une corolle constituée de trois pétales ovales et arrondies, de six étamines avortées ou staminodes.
- Le gynécée comprend trois carpelles indépendants à un seul ovule anatropé s'insérant à la base de l'ovaire (Munier, 1973).
- La corolle est formée de trois pétales légèrement allongés et six étamines. Ces fleurs dégagent une odeur caractéristique de pâte de pain. Cette dernière est constituée de :
  - Un péricarpe cellulosique fin dénommé la peau.
  - Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucres ;

- Un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau.

### c- Le fruit et ses stades d'évolution

La dattes, fruit du dattier, est une baie, généralement de forme allongée, oblongue ou ovoïde, mais on rencontre également des dattes sphériques. Elle est composée de deux parties; une partie non mangeable «Noyau» et une partie consommable «pulpe ou chair» (Fig.01). Les dimensions de la dattes sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 g selon les cultivars. Leur couleur va du blanc-jaunâtre au noir, en passant par les couleurs ambre, rouge, brune plus ou moins foncée (Djerbi, 1994). Les stades d'évolution du fruit des dattes sont connus (Fig.02), alors que ses nomenclatures dépendent d'un pays à un autre.

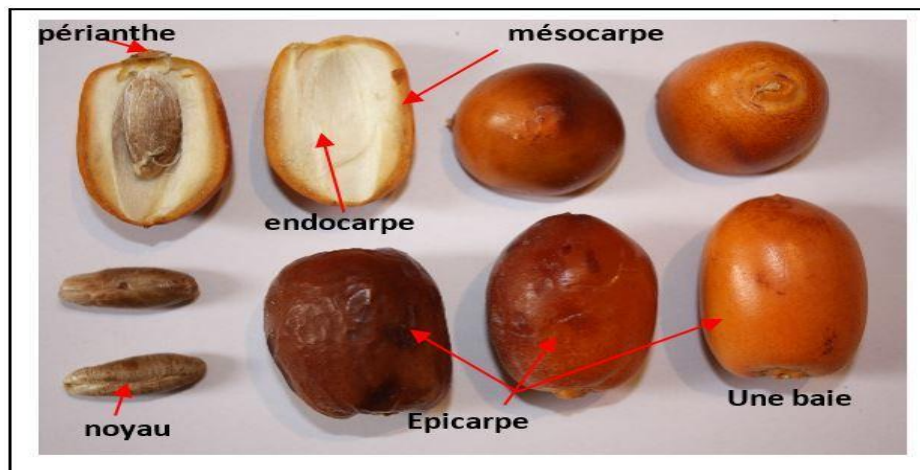


Figure 01 : Morphologie et profil d'une dattes du cultivar Taqerbucht (Photo auteur)

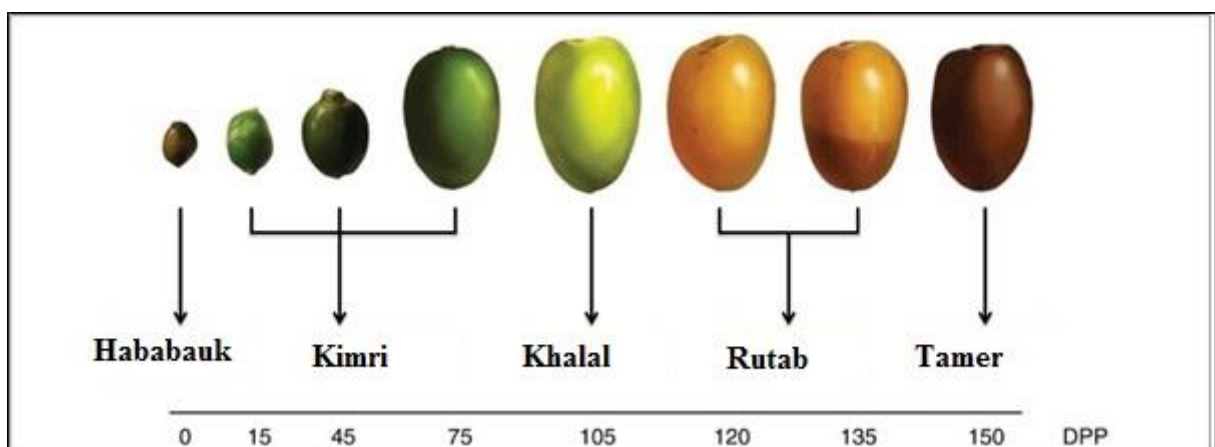
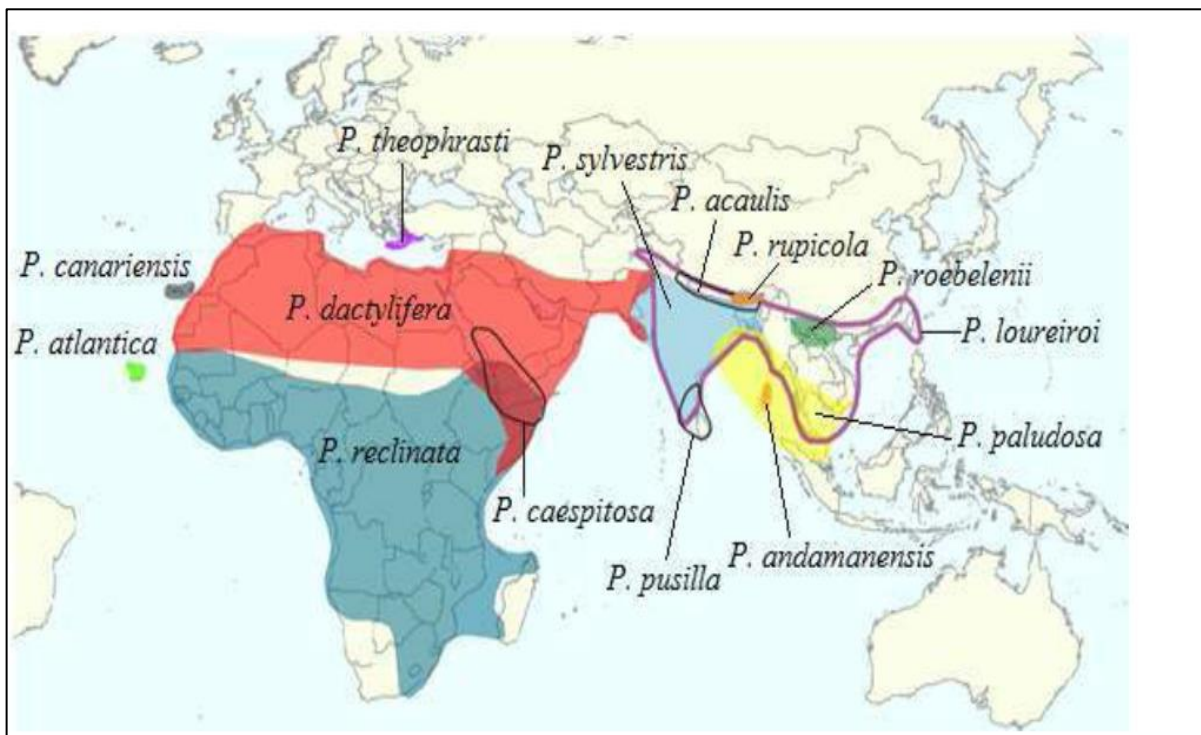


Figure 02 : les cinq stades de croissance d'un fruit de dattes par jour après la pollinisation (Al-Alawi et al. 2017)

### 3-Aperçu sur la culture du palmier dattier

#### 3-1-Historique et origine

C'est Linné, en 1734, qui a donné le nom de *Phoenix dactylifera*, et a fait la description morphologique complète de cette espèce. Par ailleurs, plusieurs auteurs (Munier,1973; Lunde, 1978; Djerbi,1994; Peyron,2000; Zaid et De weit P.F., 2002b) ont décrit la signification de *Phoenix dactylifera* ; dans l'étymologie, du mot "*Phoenix*" dérive du nom de Dattier chez les Grecs, qui considéraient comme l'arbre des Phéniciens et "*dactylifera*" vient de latin "*dactylus*" dérivant du grec *dactylis*, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit. Les études menées par Oudah-Ibrahim (2011), ont montré que "*dactylis*" ou "Datte" dérivée du mot "Daguel" ou "Dachel" d'origine hébraïque, signifiant doigt. Il est cultivé depuis l'antiquité, mais jusqu'à présent, aucun vestige de *Phoenix* n'a été trouvé dans les zones actuelles du palmier dattier. Le genre *Phoenix* qui comprend 14 espèces réparties dans les régions tropicales et subtropicales de l'Ancien Monde (Gros-Balthazard et *al.*, 2013b ; Gros-Balthazard, 2013a) (Fig.03).



**Figure 03** : Carte de répartition du genre *Phoenix* (Henderson, 2009).

Le dattier est la seule espèce du genre à être cultivée pour ses fruits. Cependant, l'origine géographique précise du Palmier Dattier paraît très controversée. Selon Munier (1973) et Pintaud et *al.*, (2010), le palmier dattier est considéré comme un hybride. Tous les *Phoenix* ont 36 chromosomes somatiques et peuvent s'hybrider entre eux. Bien que, plusieurs hypothèses

ont été abordées sur son origine, mais toujours ont révélé que son origine fréquemment citée dans la Bible se trouve à Babylone et date depuis 4000 ans avant Jésus-Christ. Depuis ce lieu d'origine, la culture du Palmier Dattier s'est étendue vers l'Est et vers l'Afrique orientale (15<sup>ème</sup> siècle) et du nord (11<sup>ème</sup> siècle). Ahmad Nadia (2014) proclame l'arrivée des missionnaires musulmans en Amérique avant les espagnoles en 1492 avec des graines de palmier dattier, alors que les américains des Etats-Unis ont importé au début du 19<sup>ème</sup> siècle à partir de l'Algérie, la Tunisie et le Maroc, ainsi que du Moyen-Orient des rejets de palmier dattier avec différentes variétés (Johnson et *al.*, 2013).

Par contre, la propagation du Palmier Dattier aux pays du Maghreb se serait effectuée en suivant plusieurs voies : par les navigateurs arabes, qui remplaçaient le commerce caravanier à travers le Sahara, et l'introduction des noyaux de dattes par les esclaves ; par la sélection paysanne dans les anciennes transactions commerciales où les dattes étaient utilisées comme monnaie d'échange.

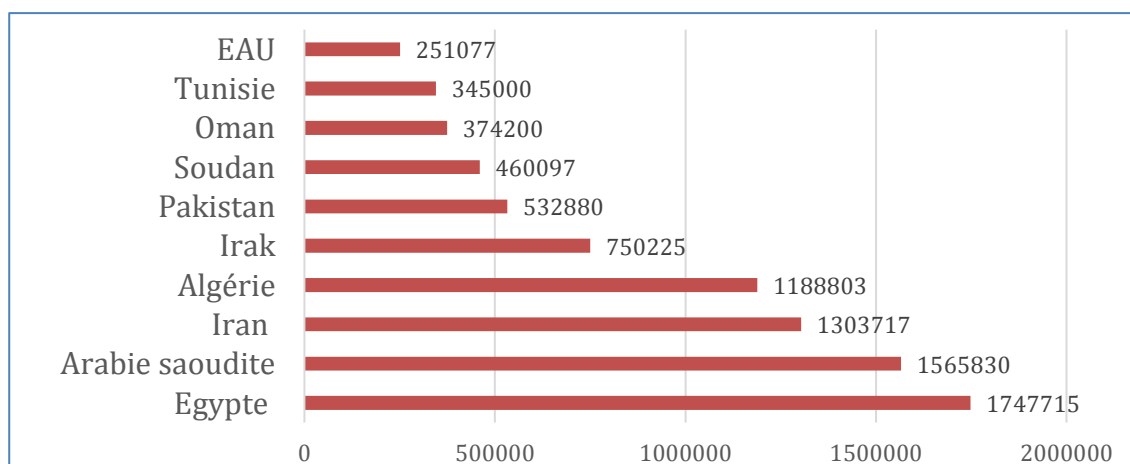
En réalité, le cultivar Deglet-Nour issu d'une mutation serait originaire de l'Oued Rhir au Sud-Est Algérien, et serait apparu en fin du XIII<sup>ème</sup> siècle, ou au début du XIV<sup>ème</sup>. Il aurait été introduit par la suite dans les palmeraies du Sud Tunisien, vers 1600, par un nommé Sidi Touati de Tozeur (d'après les chroniques de Tozeur) (Munier, 1973).

La culture du palmier dattier s'est apparemment répandue en Égypte au milieu du deuxième millénaire avant notre ère. Ensuite, elle a accompagné l'expansion de l'islam et atteint le sud de l'Espagne et du Pakistan. Toutefois et conformément aux allégations de Nixon (1951), les Espagnols ont été les premiers à introduire des palmiers dattiers en dehors de la péninsule arabe, de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient et de l'Asie du Sud, en les transportant en Amérique. Selon Gros-Balthazard (2017), il semble qu'il y ait eu deux domestications distinctes du palmier dattier, l'une au Moyen-Orient, à partir des dattiers Omanais, puis une autre en Afrique, secondaire mêlant ces souches à des variétés sauvages locales. Mais, ces dernières restent à découvrir. La culture du palmier dattier a eu une influence très importante sur l'histoire du Moyen-Orient en particulier. Sans dattes, aucune grande population humaine n'aurait pu être soutenue dans les régions désertiques. Les dattes avaient une grande signification spirituelle et culturelle pour les peuples du Moyen-Orient et de l'Afrique du nord. Il a été cité dans le saint coran dans plusieurs endroits. Nous pouvons citer à titre d'exemple les sourates : 12, 14, 50, 55, et 59 dans les versets 10, 4, 10 à 13, 34 et 5 respectivement. Alors, qu'il existe également d'autres références aux palmiers dattiers qui sont citées dans les anciens écrits égyptiens, syriens, libyens et palestiniens (Nixon, 1951; Popenoe, 1973).

### 3-2-Importance économique

#### 3-2-1- Dans le monde

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), constitue pour les populations des régions sahariennes l'arbre de providence, qui fournit non seulement des dattes, nourriture riche pour les hommes et les animaux, mais également un grand nombre de productions domestiques diverses qui sont très utiles aux familles des phoeniciculteurs. Le palmier est l'élément central de la structure d'une oasis, autour duquel gravite un ensemble d'autres espèces arboricoles, légumières et fourragères (Bensaada, 2015). Selon les statistiques de la FAO, le nombre total de palmiers dans le monde n'a cessé de croître d'une décennie à l'autre ; il est passé de 106 millions d'arbres en 1994 à 180 millions en 2005, soit un accroissement de près de 69.44%. L'Asie vient en tête des trois continents phoenicicoles (Asie, Afrique et Amérique) avec 125.5 millions de palmiers, soit 69,92% du patrimoine phoenicicole mondial dont la grande partie se trouve surtout, en Iran et en Iraq avec respectivement 25 millions et 21 millions de palmiers. En Afrique, qui vient en deuxième position, il y existe environ 52.6 millions de palmiers soit 29.22% du patrimoine mondial (Benziouche, 2012). Ce patrimoine est concentré surtout au niveau des pays du Maghreb, notamment en Algérie qui occupe la première place avec actuellement plus de 18 millions (Benziouche, 2017), suivi par l'Egypte (15 millions de palmiers) et le Maroc (5 millions de palmiers). Le reste est dispersé dans le reste du monde (Fig.04). La production mondiale de dattes est située principalement au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. A l'échelle mondiale, la superficie qu'occupe la culture du palmier dattier est passée de 7.570.764 ha en 1994 à 10.353.159 ha en 2016, parallèlement, et pour la période de 2010 à 2021, la production a augmenté de 7,1 millions de tonnes à 9,66 millions de tonnes, soit un accroissement de 36% (FAOSTAT, 2023).



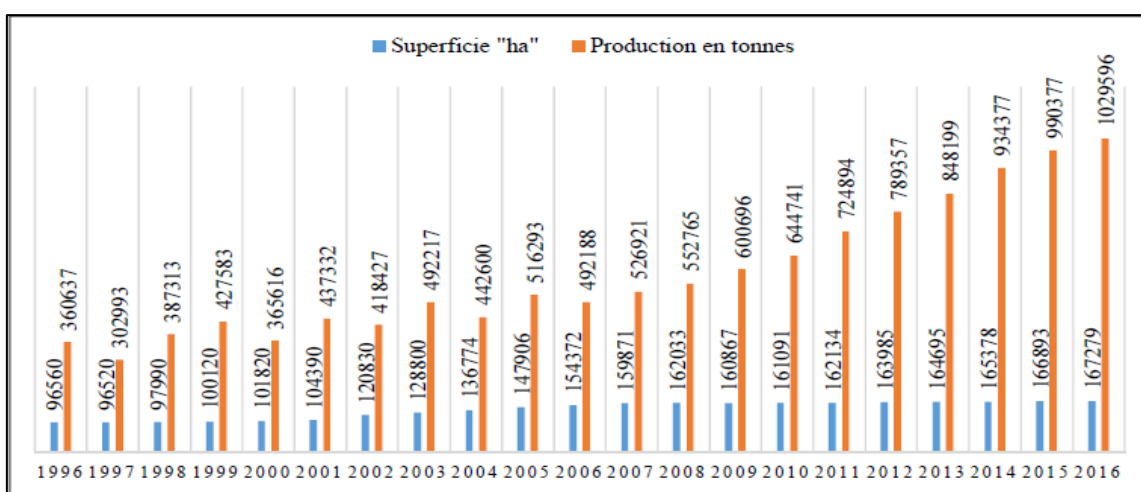
**Figure 04** : Classement des dix plus grands producteurs de dattes au monde en tonnes (FAOSTAT, 2023)

### 3-2-2- En Algérie :

En Algérie, le palmier dattier trouve un climat saharien favorable pour son développement ainsi que pour la maturation de ses fruits. Sa culture occupe toutes les régions situées sous l'Atlas saharien, depuis la frontière Algéro-Marocaine à l'Ouest, jusqu'à la frontière Algéro-Tuniso-Libyenne à l'Est. Il occupe une superficie assez importante et évaluée à 163.331 hectares (FAO, 2022).

Les productions les plus importantes sont enregistrées à Biskra et à El-oued, alors que ces deux wilayas totalisent à elles seules les (2/3) de la production nationale (Sidabtech, 2017). L'Algérie occupe la quatrième place, après l'Egypte, l'Arabie saoudite et l'Iran, en termes de production (FAOSTAT, 2023). Au cours des dernières décennies, la phoeniculture a connu en Algérie un important développement, suite à l'élaboration de programmes étatiques (Plan National de Développement Agricole: PNDA et programme de l'accèsion à la propriété foncière agricole : APFA) pour la promotion du secteur phoenicole. Un taux d'accroissement sensible de 57,72% en superficie a été enregistré. La région de production potentielle de dattes en Algérie est située dans le Sud-Est, à Biskra notamment qui reste la zone de prédilection et berceau du cultivar Deglet Nour, de renommée mondiale.

La production nationale de dattes était de 1,02 millions de tonnes en 2016 (FAOSTAT, 2018) (Fig.05) alors qu'aujourd'hui, elle se retrouve à 14.882,173 tonnes en 2022 (Krueger et al., 2023). Les exportations sont passées de 21000 tonnes à plus de 52000 tonnes respectivement entre 2013 et 2018 (Fig.06), avec une moyenne de 1430 dollars/tonne. Durant le premier semestre 2019 (Bessaoud et al., 2019), l'Algérie a exporté pour 27000 tonnes, pour une valeur de 45 millions de dollars, alors qu'en 2022, elle a exporté pour une valeur de 44, 874,247 de dollars (Krueger et al.,2023).



**Figure 05 :** Evolution des s.a.u et production de palmier dattier en Algérie (1996-2016) (FAOSTAT, 2018)

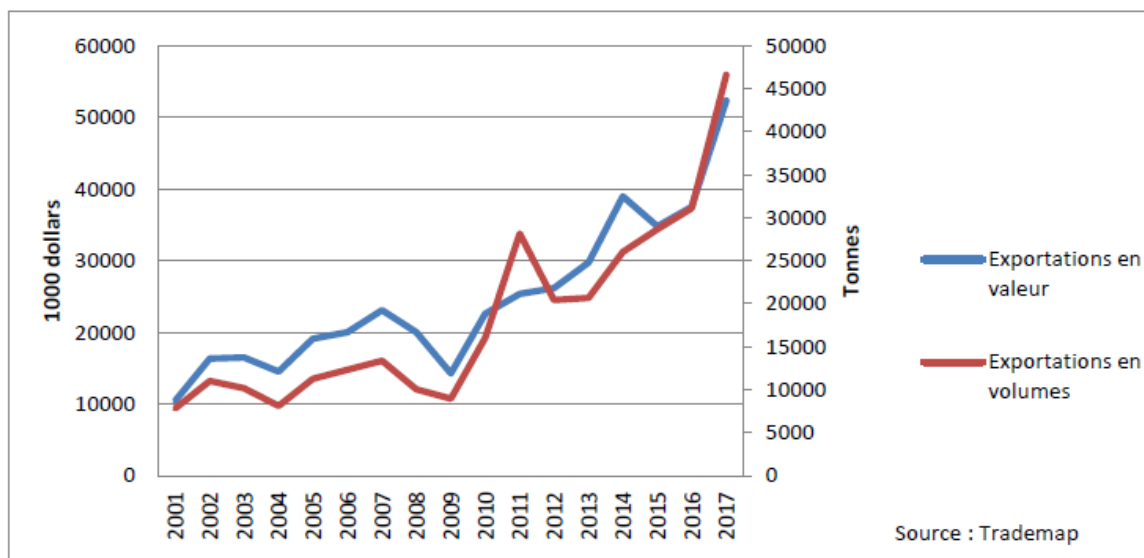


Figure 06 : Exportation Algérienne de dattes en volume et en valeur 2017-2018 (Bessaoud et al., 2019).

### 3-3- Aire de culture

#### 3-3-1- Dans le monde

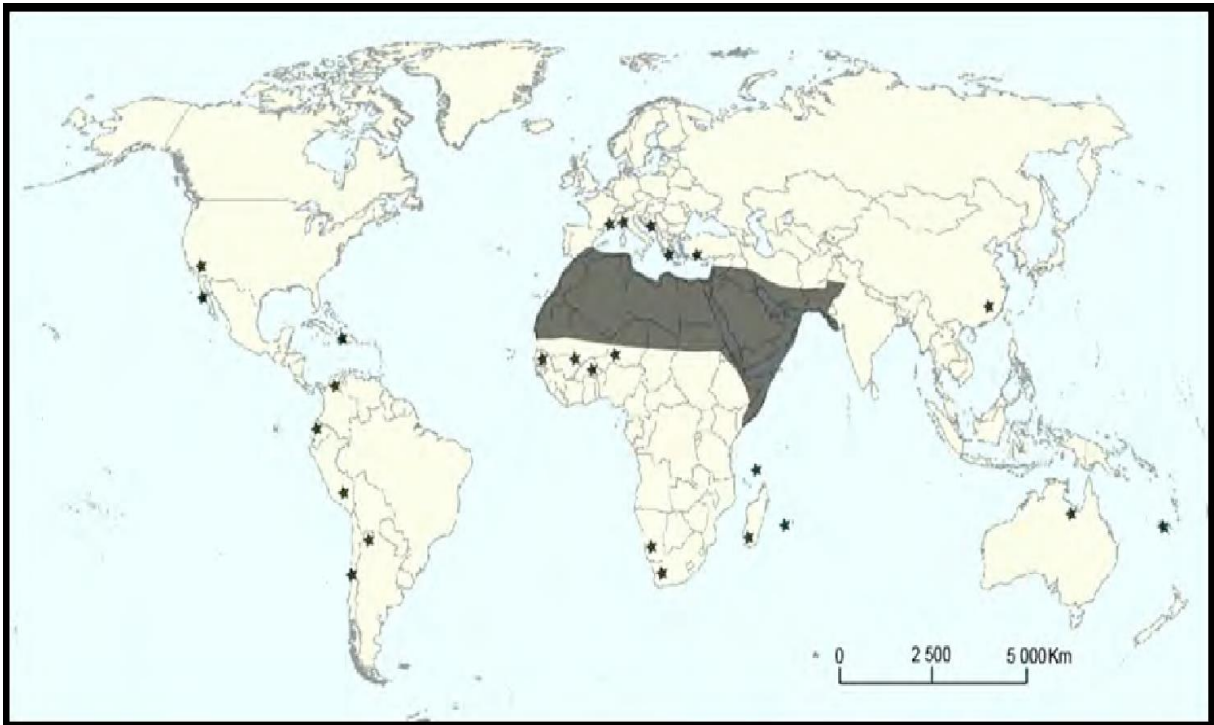
Le palmier dattier est une espèce xérophile et ne peut fleurir et fructifier normalement que dans les déserts chauds (Bensaada, 2015). C'est une plante extrêmement importante pour les régions chaudes et arides de l'Ancien monde, notamment dans le nord de l'Afrique et au Moyen-Orient.

Dans ce contexte, différentes études ont permis de mieux comprendre la chronologie d'expansion du dattier et d'identifier un centre de domestication autour du golfe Arabo-Perse (Tengberg, 2003, 2012 ; Gros-Balthazard et al., 2013b). Récemment, des analyses génétiques ont pu démontrer que le dattier a été domestiqué à partir de *Phoenix dactylifera* sauvage (Pintaud et al., 2010).

La culture du Palmier s'étale dans le monde dans l'hémisphère nord entre les 9° et 33° parallèles (Cameroun et Elche en Espagne) (Fig.07). L'Espagne est le seul pays sur le continent européen qui produit des dattes, principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche (Toutain, 1996). Cette dernière bénéficie, en raison de sa situation topographique particulière, d'un microclimat lui permettant de mûrir ses fruits.

Il est intéressant de souligner que le palmier dattier est non seulement un arbre providentiel pour la population saharienne, mais aussi un symbole de la présence de l'homme en zones désertiques chaudes. Son extension a témoigné de la présence de l'Islam dans plusieurs régions surtout en Afrique saharienne et en Andalousie (Espagne). Sa culture a été signalée

dans d'autres régions du monde, à savoir Thaïlande, Namibie, Afrique du Sud, Mexique, Argentine et Australie, mais à faible échelle (Bouguedoura, 1991 ; Abul-Soad *et al.*, 2018).



**Figure 07 :** Carte de distribution du dattier (La zone noire représente l'aire de culture historique du dattier. Les étoiles indiquent les pays où le dattier a été introduit récemment à (Muriel Gros-Balthazard *et al.*, 2013).

### 3-3-2- En Algérie

Il s'est avéré que l'origine du Palmier Dattier en Algérie, se trouverait au niveau de la péninsule arabique, plus exactement le Golf Arabo-Perse. Il serait introduit en Algérie par les commerçants qui ont propagé cette espèce, spécialement dans les lieux disposant d'eau dans le Sahara (Toutain, 1967). C'est ainsi que sont apparues les premières palmeraies de Oued-Righ et des Ziban par le biais des bédouins nomades arabes, venus d'Orient, pour le commerce (Jaradat, 2011).

Le patrimoine phoenicicole national est concentré dans toutes les régions situées sous l'Atlas saharien (Boulenouar, 2015) dans la partie septentrionale et le centre du Sahara Algérien (Fig. 08). Elle est concentrée essentiellement dans le Sud-Est du pays (Messar, 1996). Parmi ces zones potentielles : Oued souf, Ziban, Oued Righ, cuvette de Ouargla, M'Zab, El-Goléa, Tamanrasset, Illizi et Adrar.

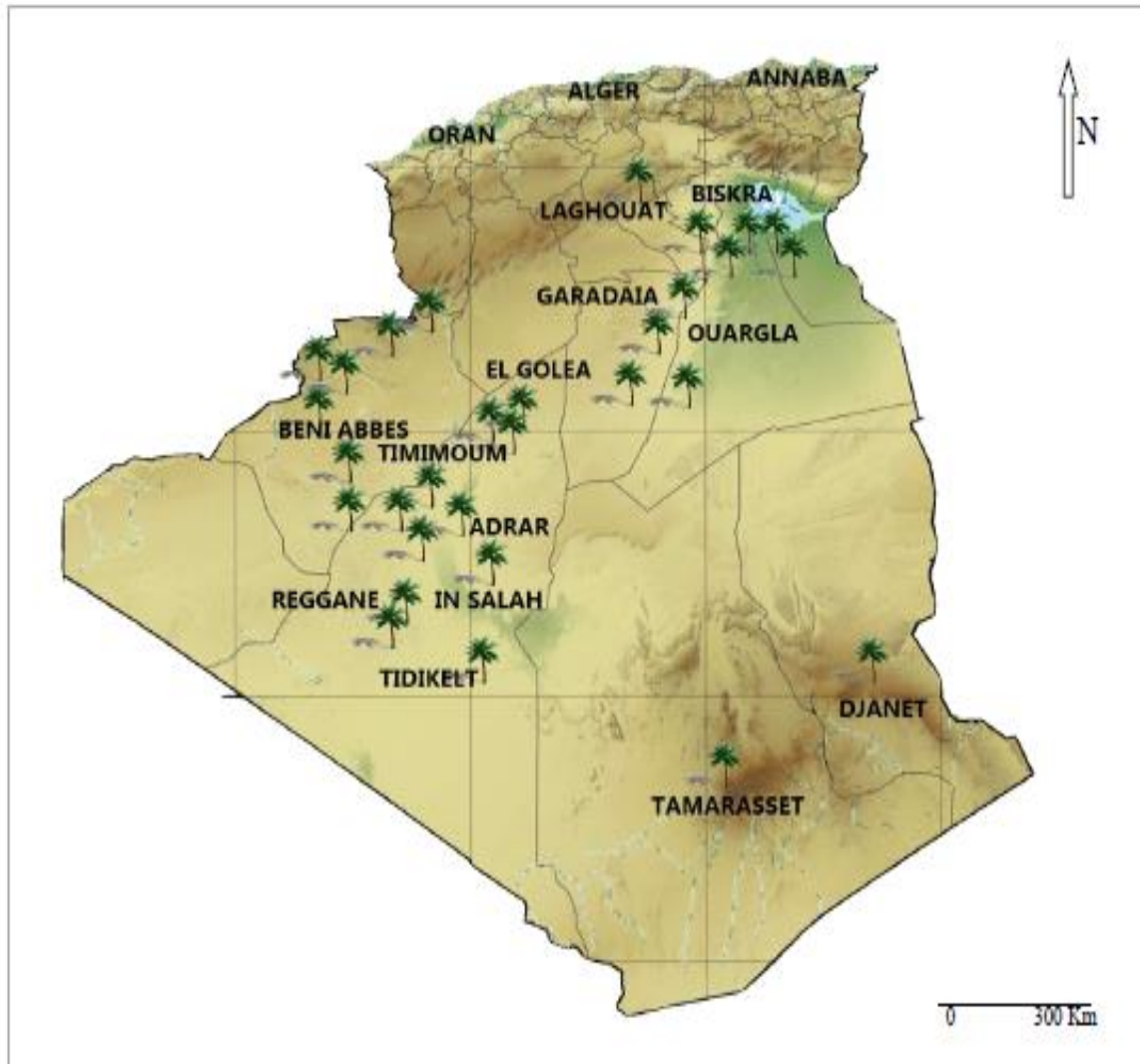


Figure 08 : Position géographique des Oasis Algériennes (Boulenouar, 2015)

#### 4- Diversité génétique du palmier dattier

##### 4-1- Ressources génétiques

La diversité génétique est définie comme l'étendue de la variabilité génétique mesurée dans un individu, une population, une métapopulation, une espèce ou un groupe d'espèces (Frankham, 1997 ; Freeland, 2005).

##### 4-1-1- Cultivars

Un cultivar est une variété de plantes (arbres compris) obtenue en culture, généralement par sélection, pour ses caractéristiques «réputées uniques». Il est issu d'une sélection intuitive et utilisé dans l'agriculture dans les palmeraies traditionnelles (plantations denses ou lâches). Les cultivars ont souvent des noms vernaculaires qui permettent leur identification ; comme

Deglet Nour (Algérie, Tunisie), Ghars (Algérie), Medjhoul (Maroc), Zahidi (Irak), Khalas, Ajwa (Arabie Saoudite), largement propagés et vulgarisés dans le commerce.

Selon Demarly (1977) le terme cultivar désigne toute structure génétique cultivée. Ce terme n'est utilisé, ici, que pour les palmiers femelles, parce que c'est eux qui produisent la dattes. Cependant, on peut utiliser aussi le terme cultivar, tous les plants multipliés par propagation végétative à partir de rejets qui naissent à la base du stipe. La définition de cultivar d'après (Boughediri, 1994) repose essentiellement sur les critères du fruit évidemment portés par le palmier femelle, les palmiers mâles posent, par conséquent, des problèmes de distinction et de caractérisation. En effet, même si les palmiers mâles ont fait l'objet d'une sélection massale et empirique, ils ne constituent guère de populations homogènes (Bounaga, 1991).

#### **4-1-2-Variétés**

Le terme variété vient différencier les arbres d'une même espèce. Les traits caractéristiques de l'arbre peuvent être reproduits d'une génération à une autre par semence. Par contre, Toutain (1972), définit le palmier comme une espèce dioïque comportant des sujets mâles et femelles, ne se reproduisant pas fidèlement par graine. Les semis de noyaux donnent des sujets femelles ou mâles, les qualités fruitières caractérisant spécifiquement la variété, ne s'appliquent donc pas aux plants mâle ne portant pas de fruit, leur classification variétale est impossible.

Le palmier dattier est une espèce perpétuellement hybride, car issu d'une dioïcie. En réalité, ce que l'on appelle variétés, ne sont que des races ou phénotypes non fixées (Munier, 1973). Munier (1973) et Bouguedoura (1991), ont défini la variété comme étant les caractéristiques du fruit. Une variété correspond donc à un clone ; mais, il peut arriver que le nom d'une variété correspond à plusieurs clones, qui, avec le temps, n'ont pu être plus distingués les uns des autres (Ferry *et al.*, 1998).

#### **4-1-3-Dguel (Khalt)**

Selon Belguedj (2002), un Dguel est un cultivar issu de noyau d'une variété connue. D'après Toutain (1972) le palmier dattier est une espèce dioïque comportant des sujets mâles et femelles, la descendance (francs) issue de semis est une population hétérogène que l'on appelle ; Khalt ; Saïr mélangée ou Dguel selon les régions phoenicoles.

#### **4-1-4-Dattes communes**

Dans le domaine commercial, l'appellation « dattes communes » est utilisée pour différencier la Deglet Nour du reste des « variétés » et ne s'applique à l'usage qu'aux dattes en

provenance de l'Algérie et de la Tunisie. Ces variétés constituent la majorité des plantations des oasis des pays de l'Afrique du Nord, et sont le résultat d'une sélection naturelle avec une intervention active de l'homme (Ben hamida, 2011). Selon Bahiani (2009), elles sont destinées à l'autoconsommation familiale ou à l'échange vers l'Afrique subsaharienne à travers un troc frontalier avec le Mali et le Niger. Ces variétés improprement appelées communes ont une valeur réelle, même si elles ne sont pas marchandes au sens où elles ne sont pas commercialisées d'une façon formelle à grande échelle (Bousdira, 2007).

#### **4-2- Etat de la diversité génétique.**

Le palmier dattier est une plante dioïque qui pourra éventuellement être multipliée par graines, et produit également des hybrides, tout en créant une diversité génétique considérable. Cette variabilité a permis une sélection d'un grand nombre de clones ayant des caractéristiques morphologiques et physiologiques parfois fort différentes (Brochard, 1974). Néanmoins, le dattier a également la particularité de se ramifier à la base et donc d'autoriser une reproduction végétative (Ferry *et al.*, 1998). D'une manière générale, les pays phoenicicoles possèdent un patrimoine génétique bien diversifié et l'Algérie y occupe une place prépondérante. Cette richesse se distingue sous deux formes : le patrimoine hybrides provenant de semis de graines, et le patrimoine variétal provenant de la reproduction végétative.

##### **4-2-1- Dans le monde**

A l'échelle mondiale, il y a environ 3000 cultivars (Touati, 2019). Les populations de palmiers hybrides (issues de graines) sont aussi importantes en particulier en Egypte, avec environ 3,5 millions d'arbres soit 23,3% (Djoudi, 2013). Aux Emirats Arabes Unis, on compte actuellement plus de 18 millions de dattiers, dont la majorité est issue de graines. Au Pakistan et au Yémen, la multiplication par graines est également couramment pratiquée (Ferry *et al.*, 1998). Au Maroc, la maladie du Bayoud a décimé les cultivars les plus désirés, d'où le recours au semis direct, car la multiplication par rejet est devenue en quelque sorte insuffisante pour répondre à la demande des agriculteurs et reconverter les jardins dévastés par la maladie.

##### **4-2-2- En Algérie**

Les palmeraies algériennes conservent une diversité génétique assez importante (Khene et Senoussi, 2013). En effet, 1100 cultivars ont été recensés au niveau de ces palmeraies (Hannachi, 2015), sur un effectif totalisant 18,6 palmiers (MADRP, 2019). Ces cultivars ont été inventoriés et répertoriés sur les trois régions principales de culture, sur le plan de la diversité génétique (Fig.09). Certains d'entre eux, dont la représentation est importante ont fait l'objet

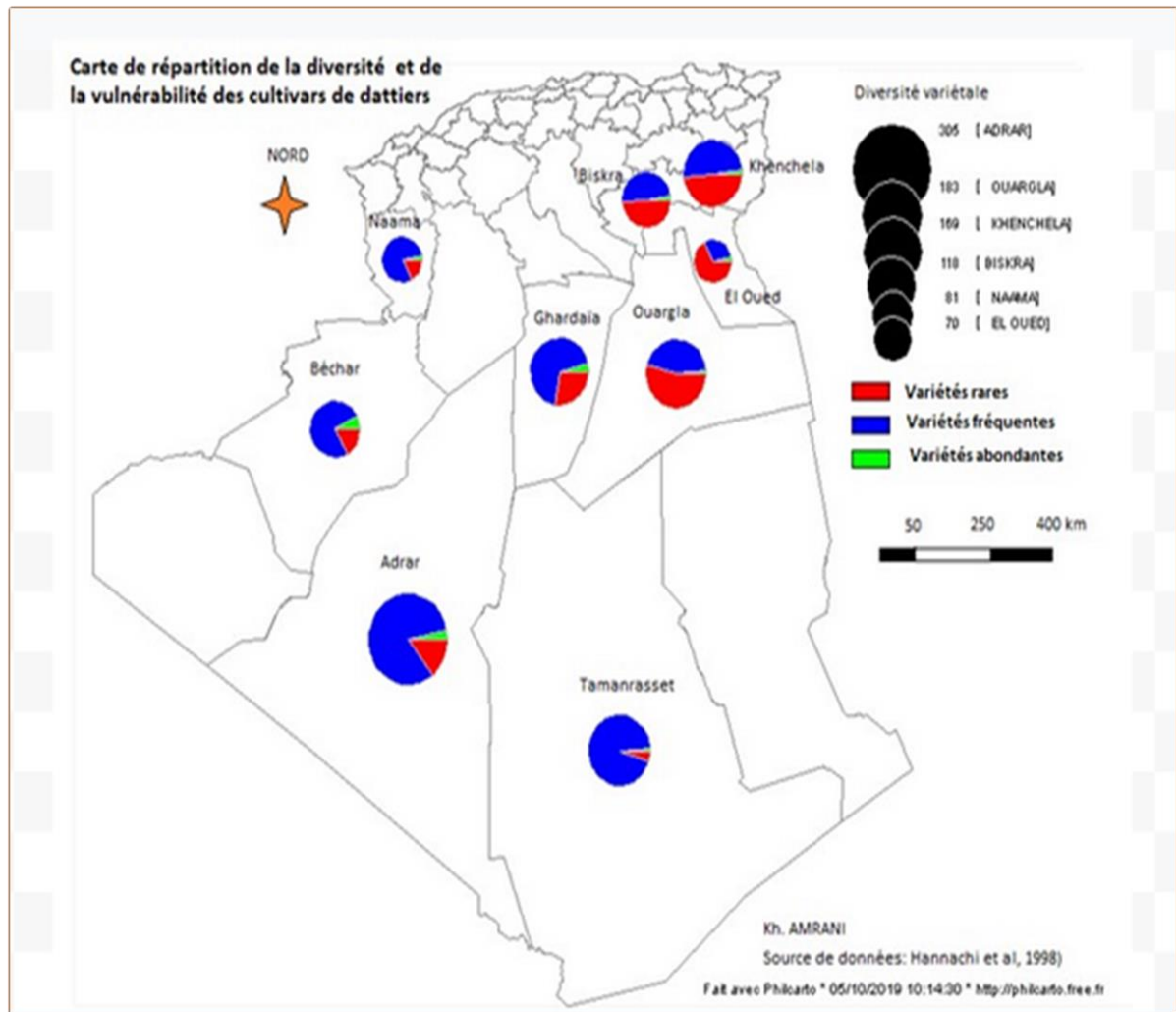
d'une discrimination morphologique de l'arbre, des fruits et de la graine des cultivars les plus appréciés économiquement (Brac de la Perrière et Benkhalifa, 1990 ; Benkhalifa et *al.*, 1992 ; Hannachi et *al.*, 1998).

La distribution des principaux cultivars montre une répartition Est-Ouest très marquée. Une cinquantaine de cultivars se retrouvent dans deux ou trois régions, alors que la majorité des cultivars reste endémique à leur région ou à leur zone d'origine. Ce patrimoine est caractérisé par un taux d'endémisme très élevé : 70 % dans les palmeraies du Sud-Ouest et plus de 60 % en moyenne dans celles du Sud-Est (Brac de la Perrière et Benkhalifa, 1989).

Il est à souligner qu'au fil du temps et avec l'apparition de nouvelles variétés, le caractère d'endémisme s'est établi. Différents facteurs perturbent cette situation : le déficit hydrique, l'exode rural, l'orientation vers la culture monovariétale dans les nouvelles plantations et le Bayoud avec ses contraintes majeures. Le patrimoine phoenicicole local, connu par sa richesse en diversité génétique, est représenté par différentes catégories de ressources phylogénétiques. Il est composé d'une part importante de cultivars femelles, à un degré moindre de francs, individus issus de multiplication sexuée et de cultivars mâles appelés «dokkars». L'ensemble forme l'essentiel du stock génétique.

A l'Est, le cultivar Deglet Nour, dont les dattes sont destinées, en partie, à l'exportation vers les pays du Nord, continue à prendre de l'ampleur et frôle aujourd'hui les 50% de la population des palmiers dattiers plantés (Bouguedoura et *al.*, 2008).

Les cultivars produisant des dattes sèches (Degla Beida, Hmira, Tinasser) sont exportés vers les pays d'Afrique subsaharienne. Parfois, les dattes comme le cultivar Hmira sont exportées vers la Russie ou la Chine. Parmi les cultivars émergents, Tafezwin qui est exporté vers les pays d'Amérique du Sud, Bentakbala, en mode congelé, est très renommé sur le marché local à Ghardaïa. Agaz, datte primeur produite au Tidikelt (Ouest), se commercialise bien sur les marchés de Ouargla, Ghardaïa et Adrar.



**Figure 09 :** Carte de l’Inventaire variétal de la palmeraie algérienne (Hannachi et *al.*, 1998)

La diversité génétique algérienne demeure prometteuse. La région de Gourara (Timimoun) domine avec 230 cultivars, suivie par le Tassili avec 180 et l’Aurès avec 220 cultivars (Tableau 02). Cette dernière dispose d’exploitations traditionnelles avec une forte densité de plantation, d’un patrimoine âgé et d’une diversité variétale remarquable (Bouguedoura et *al.*, 2010). Alors que, le système oasien moderne est monovariétal, ou bien avec un nombre très restreint des principaux cultivars de la région d’implantation du périmètre (Djerbi et Sedra, 1986, Djerbi et *al.*, 1986).

**Tableau 02** : Inventaire variétal dans les trois régions phoenicicoles d'Algérie (Bouguedoura et *al.*, 2010)

Régions	Nombre de cultivars	Cultivars le plus courant
<b>Ouest</b>		
Atlas	70	Ghares, Asyan, Feggus
Saoura	80	Feggus, Hartan, Cherka, Hmira, Deglet Talmine
Gourara	230	Hmira, Tinasser, Taqerbucht
Touat	190	Tgazza, Aghamu, Taqerbucht
Tidikelt	60	Tgazza, Taqerbucht, Cheddakh, Aggaz
<b>Centre</b>		
Menéa	70	Timjuhart, Ghars, Timedwel
M'zab	140	Azerza, Ghars, Deglet nour, Taddela
<b>Est</b>		
Ouargla	70	Ghars, Degla beïda, Deglet nour,
Oued Righ	130	Deglet nour, Ghars, Degla beïda,
Souf	70	Deglet nour, Ghars, Degla beïda, Mich Degla
Ziban	140	Deglet nour, Ghars, Degla beïda, Mich Degla
Aures	220	Buzrur, Alig, Bouhles, Mich Degla
Tassili	180	Tanghimen, Tabanist, Khadaji

## 5- Caractérisation de la variabilité du palmier dattier

### 5-1- Caractérisation phénotypique et morphologique

La diversité génétique est exprimée par les différences génétiques entre les espèces, les sous espèces, les cultivars, les populations ou les clones et peut être mesurée au niveau morphologique, phénotypique, physiologique, biochimique ou moléculaire (Bedjaoui, 2019). La caractérisation et l'évaluation des ressources phytogénétiques sont d'une grande utilité dans la sauvegarde, la bonne gestion ainsi que la création variétale de nouveaux génotypes (Ourdani, 2002).

L'ensemble des descripteurs du palmier dattier constitue la base d'un système standard de caractérisation qui fournit un langage universel à l'échelle internationale des bases de données des ressources génétiques du palmier dattier (IPGRI, 2005 ; Gotor et *al.*, 2008). La recherche de bonnes variétés résistantes aux maladies a rendu ainsi nécessaire l'évaluation des ressources génétiques des palmeraies traditionnelles (Brac de la Perrière et Benkhalifa, 1989). Mason (1915) aux USA a entamé la description morphologique des cultivars du palmier dattier introduits auprès des pays Arabe. Cet auteur avait exprimé le besoin de méthodes permettant la description et la distinction entre les différents cultivars introduits aux Etats-Unis, en dehors de

la période de fructification et indépendamment des caractéristiques des fruits ; puis en 1990 avec le projet Bayoud (PNUD/FAO/RAB/88/24 à El-Goléa (Ghardaïa) sur les descripteurs morphologiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au niveau des 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 et connaisseurs du palmier 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 palmier dattier se sont focalisées sur ce document (Bouguedoura et al., 2015). La caractérisation phénotypique ou morphologique englobe généralement les traits morphologiques les plus apparents et les plus souvent appréhendés par les agriculteurs. Les ressources génétiques représentées par les cultivars traditionnels sont une véritable source d'amélioration et de sélection du patrimoine phoenicicole nationale.

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 basent sur des caractères végétatifs et reproducteurs de nature quantitative ou qualitative. Les caractères morphologiques ou phénotypiques des palmes, des épines et des fruits sont les plus communément utilisés pour le palmier dattier (Nixon, 1951). 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. Les agriculteurs expérimentés peuvent distinguer entre les cultivars dans leurs propres palmeraies, en les identifiant par l'observation visuelle et le goût des fruits (Bouguedoura et al., 2015). Elhoumaizi et al., (2002) ont réalisé une étude sur 26 cultivars marocains, en faisant appel uniquement à des descripteurs des parties végétatives (palmes, pennes, épines). Une grande diversité génétique et une forte ressemblance entre quelques cultivars a été révélée. Ould Mohamed Ahmed et al., (2011) ont mis l'accent sur trente paramètres végétatifs et reproducteurs, où il a été relevé une importante diversité phénotypique liée, en particulier, à la longueur des pennes et épines, tailles des fruits et noyaux. Le lien 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.

En Algérie, les premiers travaux sur l'exploration des ressources phytogénétiques du palmier dattier ont été entamés par Maatallah (1969). Brac de la Perrière et Benkhalifa, (1989) ont pu recenser 352 cultivars locaux lors de leur prospection sur terrain au Sud-Ouest Algérien. Par l'occasion, des variations entre les cultivars ont été notées par rapport à leur sensibilité à la fusariose. Des cas d'homonymies et de synonymes ont été relevés, sinon la classification a été

effectuée selon la consistance (molle, demi-molle et sèche) des dattes. De même, ils ont souligné que le Touat (Wilaya d'Adrar), est renommée par une grande diversité génétique du dattier alors que 193 cultivars ont été inventoriés. En outre, les effets environnementaux et les interactions entre les facteurs environnementaux et génétiques peuvent forcément contribuer aux caractéristiques des fruits du dattier (Elshibli and Korpelainen, 2008). Belguedj (2002) de son côté a décrit 145 cultivars de palmier dattier au Sud-Est Algérien. Ses études ont été focalisées sur la diversité morphologique du palmier dattier à travers une approche descriptive en tenant compte des caractères morphologiques et biochimiques des fruits.

Par ailleurs, l'UMR AMAP a développé un outil informatique performant en matière de modélisation qui permet de visualiser, en trois dimensions, un arbre aux diverses phases de sa croissance. 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 pennes et les épines et dont le développement et/ou le nombre étaient fortement corrélés (Lecoustre et *al.*, 2008 ; Fadlaoui, 2017).

## **5-2- Caractérisation moléculaire**

La gestion de la variabilité génétique a reposé longtemps sur l'exploitation unique des caractères morphologiques externes. Néanmoins, la fiabilité des marqueurs, et ce, après leur apparition s'est révélée au fur et à mesure insuffisante. En effet, il arrive fréquemment que les variations phénotypiques ne soient pas seulement liées à l'histoire évolutive des populations, mais soient également déterminées par des facteurs du milieu (Lazrek-Ben Friha, 2008).

Les marqueurs moléculaires sont un type de marqueur génétique basé sur l'analyse de l'ADN, qui sert de point de repère pour suivre la transmission d'un segment de chromosome d'une génération à une autre. L'étude de la diversité moléculaire est incontestablement la méthode la plus fiable et la plus rapide pour l'investigation de la diversité génétique 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, 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).

En outre, les marqueurs moléculaires disposent de plusieurs avantages par rapport aux marqueurs morphométriques et biochimiques, en particulier lorsqu'il s'agit de leur indépendance par rapport à l'organe analysé et au stade de développement de la plante. De même, ils ne sont pas influencés par les paramètres environnementaux (Lanteri et Barcaccia,

2005 ; Moullet et *al.* 2008). Le marquage moléculaire regroupe un ensemble de techniques révélant des différences de séquences d'ADN entre individus. Ils permettent de détecter ces différences dans des régions spécifiques de l'ADN.

Les marqueurs moléculaires doivent réunir les caractéristiques idéales suivantes : être polymorphes, stables, multi alléliques ; co-dominants ; neutres par rapport au milieu (Lanteri et Barcaccia, 2005 ; Konate, 2007 ; Lazrek-Ben Friha, 2008 ; De Bautista-Salas, 2009 ; De Meeûs, 2017 et Barre Philippe, 2020). Les marqueurs moléculaires largement utilisés à ce jour, concernent directement l'information portée par les acides nucléiques. Les applications des marqueurs moléculaires concernent l'étude de la diversité et la caractérisation des ressources génétiques, la sélection assistée par marqueurs moléculaires (SAM) et l'identification génétique du matériel de sélection et des variétés (Roldan-Ruiz et *al.* 2005). On distingue les marqueurs biochimiques issus de l'expression des gènes, y compris les produits du métabolisme secondaire et les marqueurs moléculaires, directement issus du polymorphisme existant au niveau de l'ADN. 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 qui ne sont pas influencés par l'environnement. Ce sont de bons indicateurs de distances génétiques entre les accessions, car les marqueurs couramment utilisés sont neutres face à la sélection. Cependant, chacun de ces marqueurs présente des propriétés différentes (Tableau 03).

Les marqueurs moléculaires sont des outils courants qui peuvent révéler le polymorphisme directement au niveau de l'ADN (Santoni et *al.*, 2000). Ils sont très utilisés pour identifier, gérer, caractériser et évaluer les ressources génétiques chez de nombreuses espèces. La majorité des méthodes basée sur le marquage moléculaire permet de détecter des mutations ponctuelles de la séquence d'ADN, comme par exemple les techniques : AFLP (Amplified fragment length polymorphism), RFLP (Restriction fragment length polymorphism) ou SNP (Single nucléotide polymorphism), ou bien des modifications du nombre de copies de motifs répétés très courts de type microsatellites SSR (Simple Sequence Repeats). Ces derniers sont les plus polymorphes et les plus informatifs.

**Tableau 03** : Comparaison des marqueurs moléculaires en géotypage du palmier dattier (Khanam et al., 2012)

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'ADN	Elevé	Faible	Faible	Moyen	Faible
Coût de développement	Faible	Elevé	Moyen	Moyen	Moyen
Fiabilité	Elevé	Faible	Moyen	Moyen	Elevé
Compétence requise	Moyen	Faible	Moyen	Moyen	Faible

### 5-2-1- Diversité génétique du palmier dattier basée sur le marquage moléculaire

Les marqueurs moléculaires sont de bons indicateurs de distances génétiques entre les accessions. Cependant, chacun de ces marqueurs présente des propriétés différentes. Les cultivars de palmiers dattiers peuvent même être différenciés à l'aide de marqueurs biochimiques, tels que les iso enzymes et les protéines (Salem et al. 2001 ; Majourhat et al., 2002). Néanmoins, ces caractères sont influencés par les facteurs environnementaux (Elshibli et Korpelainen, 2011).

Au cours de la dernière décennie, le développement et l'utilisation de marqueurs moléculaires a permis d'améliorer l'étude des ressources génétiques chez les végétaux. Le RAPD, l'AFLP, l'ISSR, le RAMPO, et les SSR ont été utilisés pour la caractérisation génétique de différents palmiers dattiers d'Arabie Saoudite. Ainsi que ceux d'autres pays comme : le Qatar, l'Egypte, la Tunisie, le Soudan et le Maroc (Aitchitt et al., 1995 ; Sedra et al., 1998 ; Al-Khalifah and Askari, 2003; Abdulla et Gamal, 2010 et Rhouma et al., 2011).

### 5-2-2- Diversité génétique du palmier dattier basée sur les SSR

Les microsatellites ou SSR (répétitions de séquences simples) ou STR (courtes répétitions en tandem) sont des séquences simples (Hancock, 1997). Ces marqueurs sont particulièrement intéressants, ils possèdent des niveaux élevés de polymorphisme, Ils sont présents chez tous les eucaryotes (Tautz and Renz, 1984 et Goodfellow, 1992) et chez certains procaryotes [Field and Wills, 1996]. Ils sont aussi répartis dans toutes les parties du génome (Teramino and Tingey, 1996 ; Roder et al., 1998; Santoni et al., 2000).

Les microsatellites sont des marqueurs préférentiels utilisés dans l'étude de la diversité génétique, car ils sont abondants (Condit and Hubbell, 1991 ; Roder et *al.*, 1995) et d'une variabilité élevée [Schug et *al.*, 1998]. En outre, 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 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). Chez le palmier dattier, 16 marqueurs microsatellites dinucléotidiques, (GA)<sub>n</sub>, ont été générés à partir d'une banque d'ADN (Billotte et *al.*, 2004). Ces marqueurs ont été validés pour leur précision dans la distinction des différents cultivars de Tunisie (Zehdi et *al.*, 2004a) et du Soudan (Elshibli et Korpelainen, 2008). De plus, les marqueurs microsatellites ont généralement été validés sur des échantillonnages réalisés au niveau géographique. Cependant, certains marqueurs dinucléotidiques sont difficiles à analyser en raison de la taille des allèles générés, variant parfois d'un seul nucléotide.

### **5-2-3- Avantages et inconvénients des marqueurs microsatellites**

Selon Jarne and Lagoda (1996), les points forts des microsatellites résident dans la codominance des allèles, leur abondance génomique élevée chez les eucaryotes et leur distribution aléatoire dans tout le génome. Comme la technique est basée sur la PCR, seules de faibles quantités d'ADN sont nécessaires. En raison de l'utilisation de longues amorces, la reproductibilité des microsatellites est élevée et les analyses ne nécessitent pas d'ADN de haute qualité. Selon Queller et *al.*, (1993) l'un des principaux inconvénients des microsatellites est le coût de développement élevé si des séquences d'amorces adéquates pour les espèces d'intérêt ne sont pas disponibles. Les microsatellites peuvent entraîner l'apparition d'allèles nuls (pas d'amplification du produit PCR voulu), ce qui peut conduire à des erreurs dans la notation du génotype. La présence potentielle d'allèles nuls augmente avec l'utilisation d'amorces microsatellites générées à partir de germoplasmes non apparentés aux espèces utilisées pour générer ces amorces (mauvaise «amplification inter-espèces»). Les allèles nuls peuvent entraîner une estimation biaisée des fréquences alléliques et génotypiques et une sous-estimation de l'hétérozygotie.

L'homoplasie qui est l'occurrence d'un caractère commun chez deux espèces, sans qu'il soit le résultat d'une transmission de la part d'un ancêtre commun, peut survenir au niveau des loci microsatellites en raison de différentes mutations, ce qui peut entraîner une sous-estimation de la divergence génétique (Wake et *al.*, 2011). Une observation très commune dans l'analyse des microsatellites est l'apparition de bandes de stutter, qui sont des artefacts dans la technique,

qui se produisent par glissement de l'ADN au cours de l'amplification par PCR. Ceux-ci peuvent compliquer l'interprétation des profils de bande, car la détermination de la taille des fragments est plus difficile et les hétérozygotes peuvent être confondus avec les homozygotes. Cependant, l'interprétation peut être clarifiée en incluant des génotypes de référence appropriés de tailles de bandes connues dans l'expérience.

### 5-3- Paramètres génétiques pris en considération

La diversité génétique intra et inter-accession a été déterminée par le nombre d'allèles pour chaque accession et locus en utilisant le programme A1Ex6.5 software (New Brunswick, NJ) (Peakall et Smouse, 2006) and CERVUS 3.0.3 (Bozeman, MT) (Kalinowski, Taper and Marshall, 2007 ; Marshall, 2006). Ce programme permet de calculer le taux de polymorphisme, le nombre d'allèles par locus, le nombre d'allèles par locus polymorphe, l'hétérozygotie attendue ( $H_e$ ), l'hétérozygotie observée ( $H_o$ ) et le coefficient de consanguinité ( $f$ ). Les F-statistiques de Wright ( $F_{it}$ ,  $F_{is}$ ,  $F_{st}$ ) (Wright 1931 ; Weir and Cocherham, 1984) ont été calculés avec POPGENE (Yeh et al., 1984) ainsi que les distances génétiques entre accessions (Nei, 1978).

#### 5-3-1-Equilibre de *Hardy-weinberg*

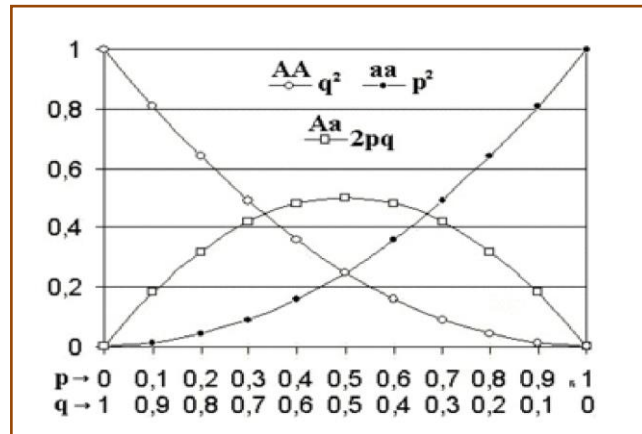
L'équilibre de *Hardy-Weinberg* (*EHW*) a été mis en évidence au début du XX<sup>ème</sup> siècle par Hardy, mathématicien anglais et Weinberg, médecin allemand. Cet équilibre stipule que «les fréquences alléliques restent stables de génération en génération dans une population diploïde idéale et ne dépendent que des fréquences de la génération initiale».

Dans le cas le plus simple, avec un locus à deux allèles (A) et (a) de fréquences alléliques (p) et (q) respectivement, la loi de *EHW* prédit que la fréquence génotypique pour l'homozygote AA est  $p^2$ , celle de l'hétérozygote (Aa) est de  $(2pq)$  et celle de l'homozygote (aa) est  $(q^2)$ .

La notion d'équilibre dans ce modèle est soumise aux conditions suivantes : Il ne doit y avoir ni sélection, ni mutation, ni migration

- Les générations ne sont pas chevauchantes, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de croisement entre individus appartenant à différentes générations.

Le principe de *Hardy-Weinberg* est une théorie qui stipule qu'il y a un équilibre de la fréquence des allèles et des génotypes au cours des générations (Fig.17). Quand les hypothèses du principe de *Hardy-Weinberg* ne sont pas réunies, ceci peut causer une déviation significative, c'est-à-dire que les fréquences génotypiques observées seront différentes des valeurs attendues théoriques.



**Figure 10 :** Fréquences génotypiques selon la loi de Hardy-Weinberg dans le cas de deux allèles : sur l'axe des abscisses, les fréquences des allèles A et a ( $= 1 - p$ ), sur l'axe des y les fréquences des trois génotypes.

### 5-3-2-Diversité génétique intra populations

#### a-Fréquences alléliques ( $p_i$ ) :

La fréquence allélique est la principale valeur qui est à la base de l'analyse statistique de la variabilité génétique d'une population, soit la proportion de tous les allèles donnés d'un même type à un certain locus dans cette population (Hartl, 1988). Les fréquences alléliques ont été calculées pour chacune des accessions étudiées et données sous forme de tableau grâce au logiciel GenAlEx 6.5 (Peakall and Smouse 2006, 2012).

#### b-Taux d'hétérozygotie

C'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'ième allèle pour un locus donné.

#### c-Taux de polymorphisme « P% » :

C'est la proportion des gènes polymorphes parmi l'ensemble des gènes étudiés où :

$P = \text{Nombre de gènes polymorphes} / \text{Nombre total de gènes étudiés}$ .

Une population est 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).

**d-Nombre d'allèles (Na) :**

Il représente le nombre total d'allèles (Na) pour un locus donné.

**5-3-3- Diversités génétiques inter populations (F-Statistiques)**

Ils permettent de calculer la différenciation génétique entre populations (*Fst*). Dans une population subdivisée, il existe trois niveaux de complexité : les individus (I), les sous-populations (S) et la population totale (T). Pour mesurer l'organisation de la diversité génétique dans une population, Wright (1978) a défini l'hétérozygotie de chacun de ces trois niveaux respectivement par les paramètres suivants : *HI*, *HS* et *HT*.

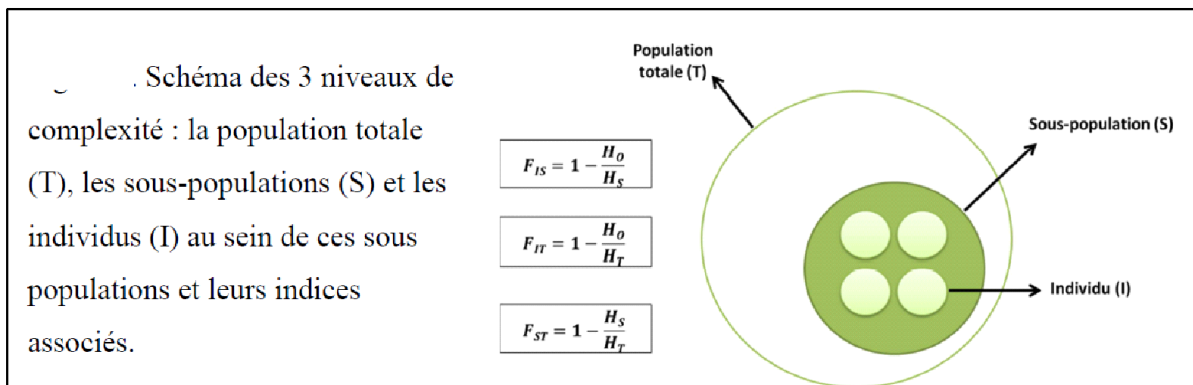
- Le premier paramètre *HI* correspond à l'hétérozygotie moyenne des individus sur l'ensemble des sous-populations. Il représente également l'hétérozygotie moyenne observée pour l'ensemble des gènes (ou loci) d'un individu.
- Le second paramètre *HS* indique l'hétérozygotie attendue par individu pour chaque sous-population en supposant qu'elle est sous l'équilibre de Hardy-Weinberg. *HS* représente aussi l'hétérozygotie attendue dans une sous-population supposée en équilibre de Hardy-Weinberg.
- Le dernier paramètre *HT* représente l'hétérozygotie attendue par individu, en supposant que la population globale est sous l'équilibre de Hardy-Weinberg. En d'autres termes, c'est l'hétérozygotie attendue si toutes les sous-populations étaient regroupées en une seule unité panmictique (Ould Ahmed, 2009).

Les indices de fixation de Wright (1969) suivants considèrent : *HI* : hétérozygotie observée d'un individu dans sa sous-population, *HS* : hétérozygotie théorique d'un individu dans sa sous-population panmictique, *HT* : hétérozygotie théorique d'un individu dans la population totale en panmixie (Fig.18). Wright (1978) a proposé les F-statistiques pour caractériser la structure génétique d'une population à travers ses sous-populations.

L'indice *Fis*, appelé coefficient de consanguinité, est calculé à l'intérieur de la sous population par  $Fis = (Hs - Hi) / Ht$ . Cet index est donc utilisé comme index de différenciation génétique entre les sous-populations (Wright, 1969 ; Weir et Cockerham, 1984). En cas de consanguinité, cet indice est positif et indique un déficit en hétérozygotes. Évidemment, il prend la valeur zéro si les sous-populations sont en équilibre de Hardy-Weinberg. En revanche, s'il est négatif, les populations présentent un excès d'hétérozygotie (Bautista-Salas, 2009 ; Ould Ahmed, 2009).

L'indice *Fit* mesure la déviation génotypique par rapport à l'Équilibre de *HW* sur l'ensemble de toutes les populations. Il mesure, donc, la réduction de l'hétérozygotie globale entre l'individu et la population globale théorique (Bautista-Salas, 2009 ; Ould Ahmed, 2009).

L'index de fixation  $F_{st}$  exprime la diminution de l'hétérozygotie liée à la divergence entre la sous-population et la population totale.  $F_{st} = (H_t - H_s) / H_t$ . Cet index est donc utilisé comme index de différenciation génétique entre les sous-populations (Weir et Cockerham, 1984 ; Wright, 1969). Si le  $F_{st}$  est égal ou très proche de 0, cela signifie qu'il y a de nombreux échanges génétiques entre les populations (peu de différenciation génétique, population panmictique). À l'inverse, si le  $F_{st}$  est proche de 1, cela se traduit par une forte différenciation génétique entre les populations, suggérant très peu voire aucun flux de gènes entre les populations. D'après Wright (1978), un  $F_{st}$  compris entre 0 et 0.05 révèle une différenciation faible ; un  $F_{st}$  compris entre 0.05 et 0.15 traduit une différenciation modérée ; un  $F_{st}$  entre 0.15 et 0.25 suggère une différenciation importante et au-delà de 0.25, le  $F_{st}$  illustre une différenciation très importante.



**Figure 11** : Structuration génétique des populations (Trochet et *al.*, 2014)

#### 5-3-4-Distance génétique intra-populations

Une autre approche de l'étude de la différenciation génétique entre des individus ou des populations, est l'analyse du degré de similitude entre eux ou entre elles. En taxonomie, la distance génétique est une mesure de la divergence génétique entre deux populations (Nei, 1987). Cette mesure a été proposée en 1972 par le biologiste nippo-américain Nei. Cette distance a la belle propriété que si le taux de variation génétique est constant par an ou génération alors la distance génétique standard de Nei (D) augmente proportionnellement à la divergence du temps. Cette mesure suppose que les différences génétiques sont causées par la mutation et la dérive génétique.

La distance génétique augmente entre les sous-populations en fonction du temps de leur divergence à partir de la population d'origine (Gonzalez-Candelas et Palacios, 1995). En effet, la distance génétique entre deux échantillons est définie comme la proportion d'éléments génétiques qu'ils n'ont pas en commun.  $D=1$  si et seulement si les deux échantillons n'ont pas d'éléments génétiques en commun (Ould Ahmed, 2009).

Bien qu'il soit simple de définir la distance génétique comme une mesure de divergence génétique, il existe plusieurs mesures statistiques qui ont été proposées. Les plus couramment utilisés sont la distance génétique de Nei (1978). Diverses méthodes d'analyse de la structure sont disponibles, mais la plus simple est celle qui utilise l'algorithme UPGMA «Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages» ou Méthode de Groupes pairs Hiérarchiques non pondérés avec le cluster de l'analyse de la moyenne arithmétique. Cet algorithme est destiné à la construction d'un arbre phylogénétique. Cette méthode permet la transformation d'une matrice de distances en un arbre enraciné.

## **6 - Maladie provoquée par le Bayoud sur le palmier dattier**

Le Bayoud est incontestablement la maladie fongique la plus grave du palmier dattier et dont l'agent causal est *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (Killian et Maire) W.L.Gordon en abrégé : *F.o.a.*

### **6-1- Origine et distribution géographique**

Le Bayoud est très répandu au niveau des palmeraies au Maroc et en Algérie. Il est apparu au Maroc dans la vallée du Drâa au nord de Zagora vers 1870, puis il a été introduit en Algérie par les oasis frontalières de Béni-Ounif en 1898, Béchar et Béni Abbès en 1908 pour atteindre les régions du Touat, Gourara et du Tidikelt (Foix et Vayssière, 1919). En Algérie. Le bayoud qui est actuellement présent dans les Oasis occidentales et centrales (Toutain, 1965 ; Benzaza et al. 1970 ; Brochard et Dubost, 1970a et Dubost, 1972) a atteint Metlili en 1950, Ghardaïa en 1965 et El-Goléa en 1978 et récemment Zelfana en l'an 2000, région tampon entre Ghardaïa et Ouargla (Dubost et kada, 1975 et Djerbi, 1982) (Fig.10). La progression du bayoud du Sud-Ouest vers le Sud-Est constitue une menace réelle pour les Oasis des Zibans (Biskra, Touggourt) et celle de la frontière tunisienne (Boudeffeur, 2013). Ce parasite a pu anéantir entièrement le cultivar 'Tegaza' au niveau de la wilaya de In Salah, alors que la wilaya d'Adrar est en train de subir au fur et à mesure le même sort (Boudeffeur et al., 2000).

Les dégâts et la désertification engendrés par cette maladie au sein de ces palmeraies sont spectaculaires, au point où elle a causé un exode assez important des populations indigènes vers les grandes villes (Fig.11).

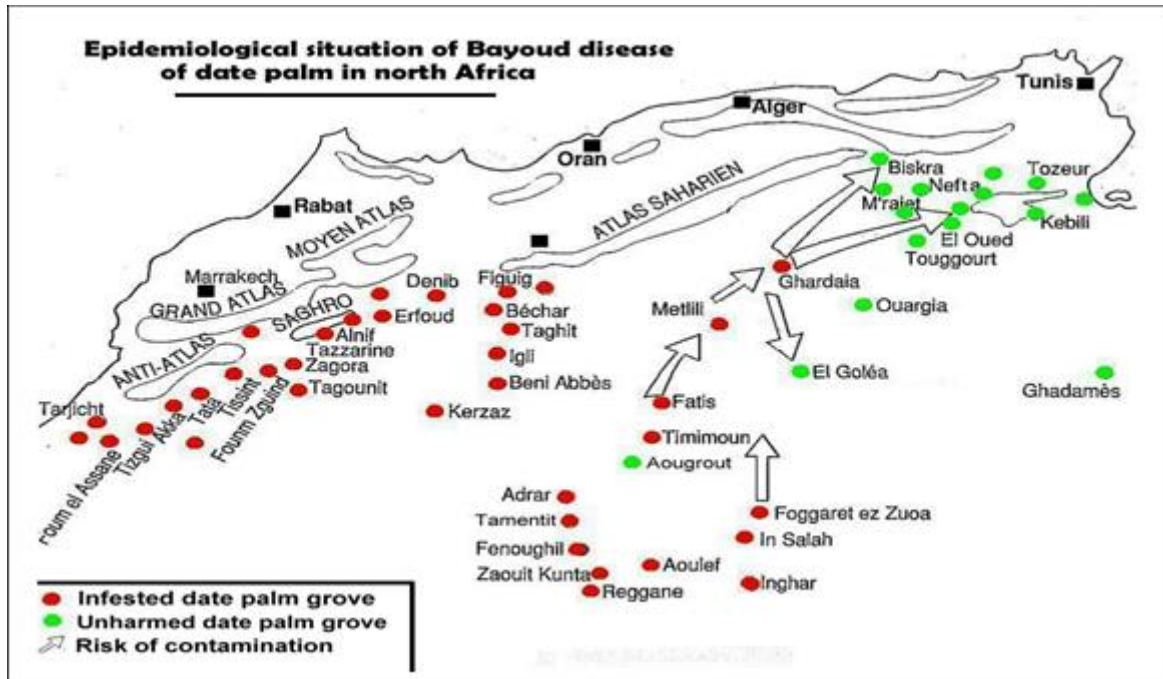


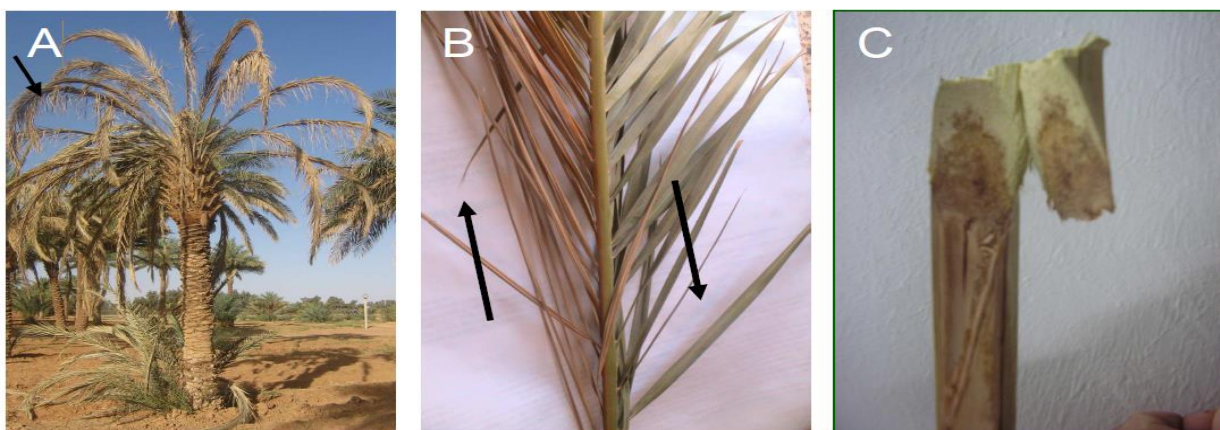
Figure 12 : Situation épidémiologique de la maladie du Bayoud en Afrique du Nord (Boudeffeur, 2013)



Figure 13 : Aspect de dégâts et désertification des palmeraies engendrés par le Bayoud (Photo Khersi)

## 6-2- Symptomatologie de la maladie

Le diagnostic symptomatologique du bayoud peut se faire selon les aspects externes et internes. Selon Zaid *et al.*, (2002), le bayoud attaque aussi bien les jeunes palmiers que les sujets adultes, de même que leurs rejets basaux. Les premiers symptômes de la maladie apparaissent sur une ou plusieurs palmes de la couronne moyenne (Fig.12a). Leurs folioles prennent un aspect plombé, se dessèchent progressivement du bas vers le haut et se replient vers le rachis (aspect de plume mouillée). Le dessèchement se poursuit de l'autre côté, en progressant cette fois-ci de haut en bas en sens inverse, il s'agit d'une attaque hémiplegique (Fig.12B). La palme complètement desséchée prend alors une couleur blanchâtre d'où le nom arabe de "bayoud" donné à la maladie (du mot arabe "abiad" qui signifie blanc et qui se réfère au blanchiment des palmes des arbres malades) (Djerbi, 1990). Une longue nécrose brune longitudinale parcourt le rachis de la palme atteinte (Fig.12C), elle correspond au passage du mycélium dans les vaisseaux du rachis. Rapidement, d'autres palmes, souvent proches des premières touchées, présentent à leur tour les mêmes symptômes. A un stade avancé de la maladie, les palmes atteintes meurent et restent pendantes le long du stipe. La maladie progresse vers les palmes du centre pour atteindre le cœur de l'arbre qui meurt quand le mycélium atteint le bourgeon terminal. Une coupe longitudinale du stipe d'un palmier malade montre une coloration brun-rougeâtre des tissus conducteurs (El-Modafar *et al.*, 2008). L'évolution de la maladie peut varier de quelques mois à plusieurs années et elle dépend essentiellement des conditions culturales et édaphiques du jardin (Djerbi, 1988 et Fernandez *et al.*, 1995).



**Figure 14.** Symptômes d'attaque typique de Bayoud sur un palmier, une palme et un rachis,

A : couronne moyenne d'un palmier,    B : hémiplegie sur une palme,    C : nécrose d'un rachis

### 6-3- L'agent causal de la fusariose du palmier dattier

Les premières descriptions de l'agent causal anamorphique du Bayoud, *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, (*F.o.a.*) ont été réalisées par Malençon (1934, 1936), Pereau-Leroy (1958).

#### 6-3-1- Caractères biologiques de *F.o.albedinis*.

Le milieu de culture favorable au développement de *Fusarium* est à base de pomme de terre (PDA) (Bouhot et Billotte, 1964). Sa croissance minimale se situe entre 7°C et 12°C, elle est optimale entre 21°C et 27,5°C, et elle s'arrête à 37°C (Malençon, 1947). La croissance de ce champignon est faible entre les pH 8,5 et 9,7 et rapide entre les pH 5 et 6. Il possède les caractéristiques propres au *Fusarium oxysporum* (Louvet et Bult, 1964). Il forme d'innombrables microconidies fusoides-elliptiques, simples ou septées, variables de taille, qui s'accompagnent de macroconidies plus élevées en organisation, plus grandes, falciformes (Malençon, 1950).

En outre, le chlorure de sodium (NaCl) ne limite sa croissance que lorsque sa concentration excède 100 g/l. Malgré les recherches poussées, menées jusqu'à nos jours, beaucoup d'aspects demeurent encore mal connus. En effet, la caractérisation des souches du parasite pose encore des problèmes. Néanmoins, l'utilisation de diverses techniques d'analyses telles que : la compatibilité végétative, l'ADN mitochondrial et les empreintes génétiques ont abouti à l'identification rapide d'isolats de la forme spéciale *albedinis* (Tantaoui et Boisson, 1991 ; Kistler, 1997 et Benlarbi et al., 2018).

#### 6-3-2- Position systématique

Le genre *Fusarium* a été décrit en 1809 par LINK qui s'est basé sur les caractères morphologiques, notamment les spores asexuées dont certaines sont arquées et pluricellulaires. Selon Leslie et Summerell (2006) et Heit (2015), le genre *Fusarium* comporte plusieurs espèces dont *Fusarium oxysporum* (Schlechtendahl emend. Snyder et Hansen), qui a été subdivisé sur la base de la spécialisation parasitaire en plusieurs forme spéciale ou formae specialis (f.sp.). Au sein de cette espèce, on distingue plus de 120 formes spéciales en fonction de leur pathogénicité (Booth, 1971 ; Ramírez-Suero, 2009) attaquant ainsi des plantes annuelles (cotonnier, lin, tomate, pois, melon), que des plantes pérennes comme le bananier, le palmier à huile et le palmier dattier. C'est ainsi que la forme spéciale f.sp. *albedinis* (Gordon, 1965) a donné lieu à la nomenclature définitive de l'espèce qui attaque le palmier dattier : *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (Killian et Maire) Gordon, 1965 (Tableau 04). D'autres synonymes

et références selon l'organisme international de quarantaine (OEPP/EPPO, 2020) lui sont attribués :

- Synonymes : *Cylindrophora albedinis* Killian et Maire 1930
- *albedinis Fusarium* (Killian et Maire) Malençon 1934
- *Neocosmospora vasinfecta* Smith
- *Fusarium oxysporum* var. *albedinis* (Killian et Maire) Malençon 1950
- *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis* Gordon 1965
- Noms communs : « Bayoud » (Arabe)
- « *Fusarium*- wilt » ou « Bayoud disease » (Anglais)
- « Maladie du Bayoud » (Français)
- Code informatique Bayer : FUSAAL
- Liste: A2 OEPP/EPPO: N° 70
- Désignation annexe UE : II : A1

**Tableau 04** : Classification scientifique de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis* (W.L. Gordon, 1965)

Domaine	Eucayote
Règne	champignon
Division	Ascomycota
Classe	Sordariomycetes
Sous-classe	Hypocreomycetidae
Ordre	Hypocreales
Famille	Nectriaceae
Genre	<i>Fusarium</i>
Espèce	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i>

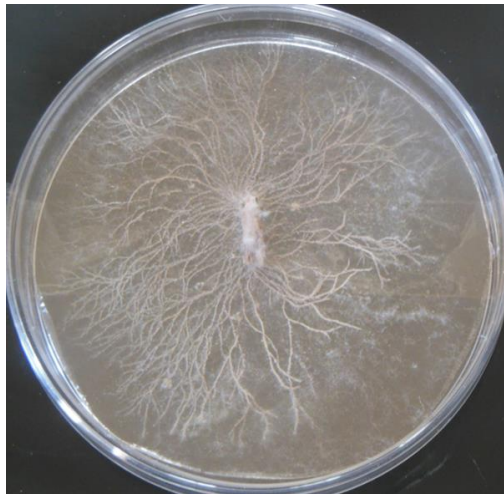
### 6-3-3- Caractères macroscopiques :

Sur un milieu P.D.A, le *Fusarium oxysporum* se développe en formant un mycélium aérien blanc (Bounaga, 1970). Après quelques jours d'incubation sous la lumière fluorescente, les colonies du champignon présentent, en général une teinte rose-saumon, très pâle (localisée au niveau du mycélium). Par contre, à l'obscurité, elles présentent des teintes violacées (Fig.13). Boisson (1991) souligne que des repiquages successifs forcent la forme sauvage de se dégrader

et perdre ses caractères typiques sauvages. Les types morphologiques peuvent être observés selon Waite et Stover (1960) comme suit

- . « Type cotonneux » : le mycélium aérien est vigoureux et dense.
- . « Type corde » : le mycélium s'agglutine en mèche
- . « Type sclérotique » : de nombreux sclérotés bien formés apparaissent.
- . « Type pionnetal visqueux » : la surface de la colonie devient grasse.
- . « Type sporodochial » : le mycélium est rasant.

Ces variations portant sur la pigmentation, l'aspect du mycélium aérien et la formation d'organes tels que les sporodochies et sclérotés, permettant de définir trois types de cultures : sauvage, sénescence, et intermédiaire. Ce parasite, peut former en cultures âgées, des sclérotés de couleur bleu foncée, ces dernières naissent parfois sur le milieu de culture et sont disséminées dans les mycéliums ou parfois groupées, et ayant 1 à 3 mm de diamètre (Bounaga, 1985). Les pionnotes constituent un revêtement continu gras sur la culture, alors que les sporodochies apparaissent sous forme de coussinets. Néanmoins, il est aisé d'obtenir des cultures de *F.o.a* à partir de fragments de rachis de palmes montrant des symptômes vasculaires, mais il est très difficile de conserver le type original des colonies appelées encore le « type sauvage », ce dernier est instable et engendre rapidement des mutants (Djerbi et Sedra, 1986 et Djerbi, 1988).



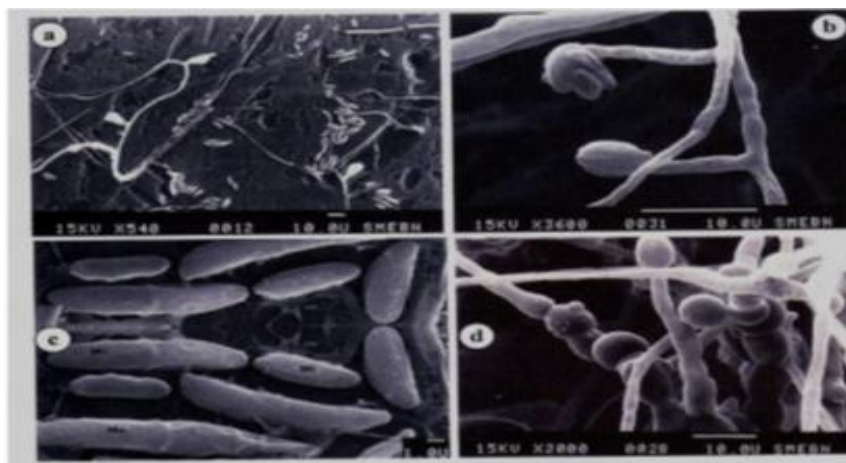
**Figure 15 :** Thalle d'une culture sauvage de *F.o.albedinis* (Photo Boudeffeur)

#### **6-3-4- Caractères microscopiques :**

Le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* possède un mycélium hyalin cloisonné et ramifié. Ses hyphes sont fins et régulières dans les cultures jeunes. En vieillissant, ils s'hypertrophient et les cellules présentent une paroi 2 à 3 fois plus épaisse que celle du mycélium jeune. Lorsque le milieu se dessèche, leur contenu cytoplasmique se lyse progressivement (Rahmania, 1982).

La reproduction du *F.o.albedinis* se fait exclusivement par voie asexuée qui se réalise par des microphialides, qui produisent des microconidies (Fig.14). Les microphialides sont implantées sur le mycélium et produisent des microconidies, généralement unicellulaires, parfois bicellulaires, hyalines, globuleuses ou allongées avec des dimensions variables (3-15 x 3-5  $\mu\text{m}$ ). Les macrophialides, forment des macroconidies (20-35 x 3-5 $\mu\text{m}$ ) qui sont falciformes, peu nombreuses, présentant 3 à 5 cloisons.

- **Les microconidies** : Les microconidies prennent naissance à partir de l'extrémité terminale des microphialides. Elles sont très nombreuses, hyalines, de formes globuleuses, allongées et parfois courbées de dimensions variables de 3 à 15  $\mu\text{m}$  de long et de 3 à 5 $\mu\text{m}$  de diamètre. Elles sont souvent unicellulaires et parfois bicellulaires et possèdent rarement des cloisons (Mebarki, 2016).
- **Les macroconidies**: Elles sont formées à partir de l'extrémité des macrophialides. Les macrophialides sont peu nombreuses dans les cultures jeunes. Elles sont plus larges que les microphialides, se regroupant pour former les sporodochies (Mebarki, 2016). Elles ont une base pédiforme à l'extrémité pointue et courte, elles sont courbées et cloisonnées, généralement de 1 à 3 cloisons et rarement 4 à 5 cloisons. La taille varie de 20 à 25  $\mu\text{m}$  de longueur et 3 à 5 $\mu\text{m}$  de diamètre, selon les conditions de culture.
- **Les chlamydozoospores** : Elles apparaissent dans les cultures âgées et en conditions défavorables de l'environnement telles que le manque d'oxygène et/ou d'éléments nutritifs, un pH acide, ou en présence d'un rapport C/N bas. Les chlamydozoospores peuvent se conserver pendant presque une décennie (Djerbi, 1988). Elles peuvent persister à la suite d'épaississement des parois des cellules du mycélium ou des macroconidies. Elles sont de forme sphériques de 6 à 20  $\mu\text{m}$  de diamètre, de paroi lisse, épaisse de 0,6  $\mu\text{m}$  composée de 3 couches (Rahmania, 1982). Leur hyaloplasme comporte une accumulation importante de liquide. Les chlamydozoospores (Fig.14) doivent nécessairement germer et donner naissance à un filament mycélium et conidies pour envahir le système vasculaire de l'arbre (Abdellaoui et al., 2017).



**Figure 16** : Organes de reproduction asexuée de *F.o.a* au MEB (Rahmania, 2000).  
 a : mycélium et microconidies ; b : microphialides ; c : micro et macroconidies. (Ma : macroconidies;  
 Mi : microconidies) ; d : chlamydospores formées à partir d'articles mycéliens.

#### 6-4- Moyens de Lutte

La particularité du caractère épidémiologique infectieux et vasculaire du Bayoud rend difficile tout programme de lutte. De ce fait, les services de la protection des végétaux visent à atténuer, voire stopper la progression du Bayoud vers les régions indemnes en Algérie notamment les régions du Sud-Est où sont concentrées les 2/3 de la production nationale. Malheureusement, ce cultivar est réputé pour sa grande sensibilité au *F.o.a*. Différentes tentatives de lutte ont été entreprises afin de résoudre le problème du Bayoud en Algérie: Le ministère de l'agriculture représenté par l'INRAA a toujours inscrit dans son programme de recherche le problème de la maladie du Bayoud, et a été impliqué dans différents programmes régionaux, conduits dans les trois pays maghrébins PNUD/FAO/88/024 et PNUD/FAO/84/018, AIEA/FAO RAF/5/035, AIEA/FAO RAF/05/049 et un projet biennal AIEA/ALG 5/023. Ces projets s'articulent autour des thèmes principaux : sélection de variétés et clones de palmier dattier ; écologie de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* ; relation hôte-parasite ; culture *in vitro*, mutagenèse et sélection *in vitro* et évaluation de la résistance des clones et cultivars de palmier dattier.

##### 6-4-1-Lutte chimique

L'objectif primordial d'une éventuelle intervention chimique est en particulier l'éradication de foyers primaires détectés dans les zones indemnes de la maladie (Djerbi, 1988). L'utilisation de fongicides à action systémique ou endothérapie sur un palmier atteint de Bayoud est vouée à priori à l'échec. Saaïdi et Rodet (1974), Surico (1976) et Bounaga (1980) ont testé divers fongicides à action systémique, mais aucun résultat probant n'a vu le jour. La chloropicrine, le bromure de méthyle et le Metam Sodium et plus particulièrement le mélange

chloropicrine/bromure de méthyle ont été expérimentés sur le terrain à Ghardaïa (Cheikh aïssa, 1991 et Djerbi et *al.*, 1991). Cette technique a été améliorée par l'utilisation d'un mélange de bromure de méthyle et de chloropicrine (50-50%). Ce type de traitement réduit bien le taux d'inoculum dans le substrat utilisé (Djerbi et *al.*, 1991). Rahmania (2000) a remarqué qu'une recolonisation des sols traités a eu lieu et que l'équilibre microbiologique des parcelles se trouve modifié.

L'arrachage, l'incinération des arbres et le traitement du sol représentent une lourde dépense. L'application de cette technique est d'un coût exorbitant, d'autant plus que son efficacité n'est pas tout à fait garantie.

#### **6-4-2-Mesures prophylactiques**

Les mesures prophylactiques émanant des textes gouvernementaux sont régulièrement appliquées au Maroc et en Algérie (Maire, 1935; Malençon, 1947; Pereau-Leroy, 1958 et Douira et *al.*, 2016). Si un foyer est détecté dans une région saine, une éradication par arrachage et une incinération des palmiers atteints ainsi qu'une désinfection du sol par fumigation doivent être réalisées (EPPO, 2003 ; CABI/OEPP, 2020). L'efficacité d'une telle opération n'est malheureusement pas toujours couronnée de succès (Louvet et Bult, 1972), car le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* peut se conserver longtemps dans le sol ou dans les fragments de palmier sous forme de chlamydospores durant très longtemps.

#### **6-4-3-Lutte biologique**

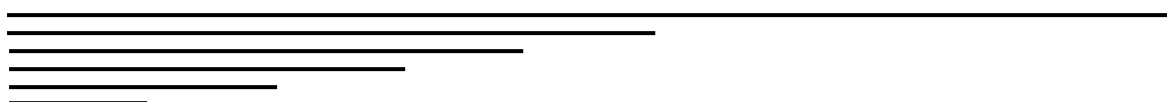
Le concept de l'utilisation des sols résistants (suppressifs) a ouvert un autre aspect relevant de la lutte intégrée. Ce concept suscite un intérêt particulier dans la lutte contre les fusarioses vasculaires. Les sols suppressifs empêchent l'établissement du champignon dans le sol et l'expression de son pouvoir pathogène. Tels sont les sols des palmeraies marocaines de Marrakech et Ouarzazate (Sedra, 1995). Il a été montré que l'inoculation des racines de palmier dattier par des souches hypoaggressives de *F.o.a* (El-Hassni et *al.*, 2004 ; Mahdi, 2012) ou leur mycorrhization (Jaiti et *al.*, 2008) semblent améliorer la résistance du palmier contre son pathogène. Benzohra et *al.*, (2023) ont pu sauvegarder *in situ* contre le bayoud 8 variétés de palmier dattier par l'utilisation de *Trichoderma harzianum*. Sabaou et *al.*, (1980) et de Amir et Amir (1988) ont montré *in vitro* des actinomycètes ayant un antagonisme à l'égard de l'agent causal du Bayoud. Benchabane et *al.*, (2000) ont obtenu une inhibition supérieure à 70% de la croissance mycélienne de *F.o.a* en utilisant *Pseudomonas fluorescent*. Cette action a abouti aussi à la réduction du taux d'infection et la gravité des symptômes sur les plantules de palmier dattier. Les produits naturels de *Cotula cinerea* et *Pergularia tomentosa* ont montré un effet

inhibiteur *in vitro* intéressants sur la croissance du *F.o.a* (Mebrouki et Arabi, 2019) et sur son pouvoir de germination et de sporulation, ainsi que sur sa densité dans le sol (Simoussa et al., 2010 ; Mebarki et al., 2013).

#### **6-4-4-Sélection de plantes résistantes**

L'utilisation de cultivars résistants est actuellement le moyen privilégié pour combattre la maladie du Bayoud (Sedra, 1995). La sélection de cultivars résistants présentant, par ailleurs, des caractères d'intérêt agronomique est une voie prometteuse. En effet, la sélection d'individus femelles issus de graines, se développant au sein de foyers Bayoudés et/ou à partir de descendants issus de croisements dirigés entre géniteurs de résistance confirmée et géniteurs de qualité constitue une méthode prometteuse de lutte génétique. Les premières observations effectuées en palmeraies par Malençon (1934) et Perea-Leroy (1958) ont permis de déceler l'existence de cultivars résistants à la maladie du bayoud. Les premiers essais d'évaluation de la résistance menés en terrain infesté naturellement ont permis de sélectionner quelques variétés résistantes au Bayoud dont (Sarrrayalate, Tadmente et Bousthami blanche (Louvet et Toutain, 1973 ; Saaidi 1992). En Algérie, la variété Taqerbucht et Aghares, ayant une qualité dattière acceptable ont manifesté une résistance totale au Bayoud (Boudeffeur, 2009). En outre, une quinzaine d'individus femelles présumés intéressants et produisant des dattes de qualité sont déjà présélectionnés parmi les premiers hybrides réalisés entre 1982 et 1984 dans le cadre du projet régional PNUD/FAO/RAB/88/024 en faisant appel à 19 mâles Américain (Boudeffeur, 2013).

## ***MATERIEL ET METHODES***



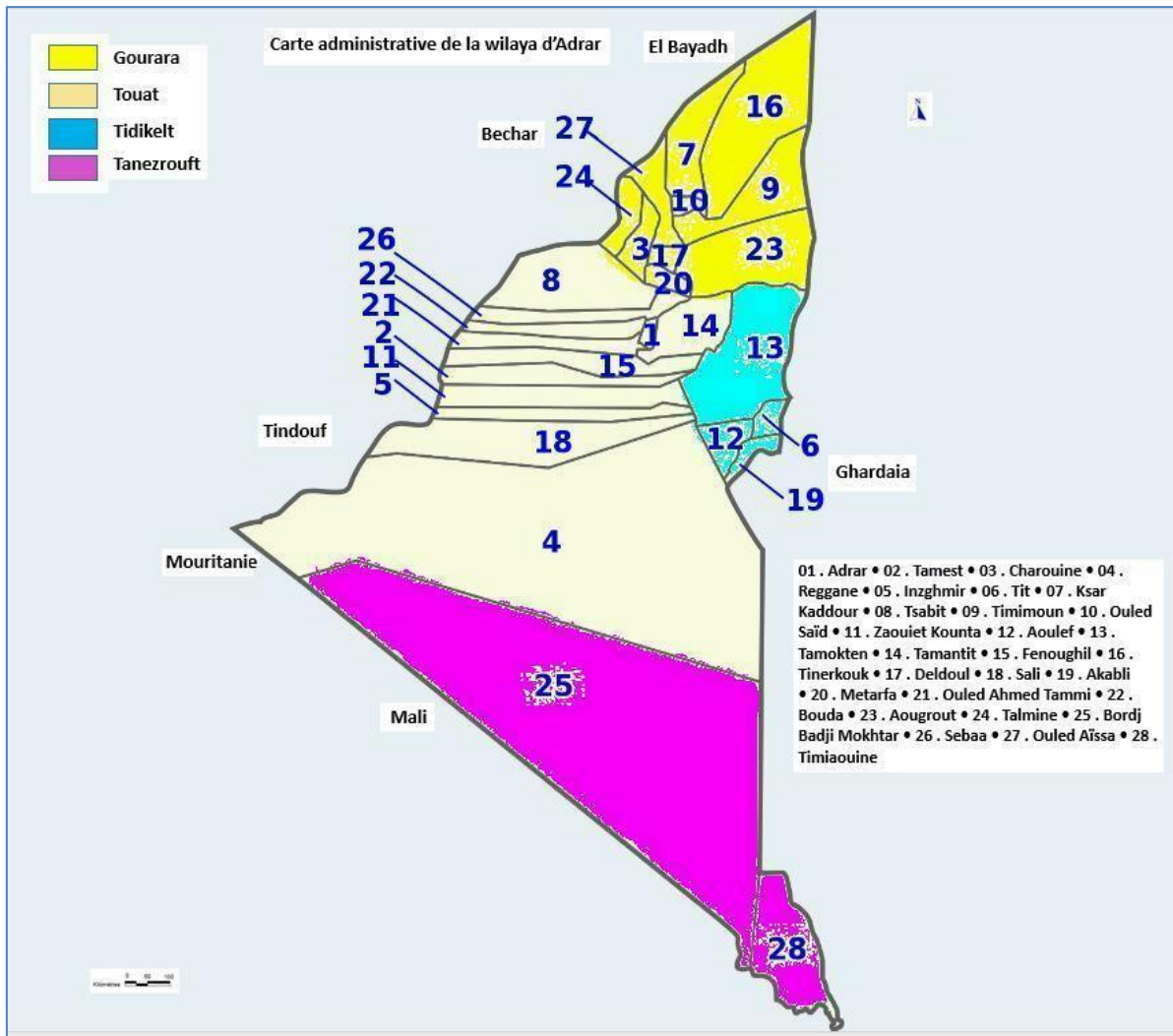
## **MATERIELS ET METHODES**

### **1-Diversité morphologique du CV Taqerbucht**

#### **1-1-Prospection, échantillonnage et collecte du matériel végétal**

Nous avons effectué une série de prospections durant les années 2015-2017 au niveau des différentes communes de la wilaya d'Adrar, à savoir le Touat, le Gourara et le Tidikelt (Fig.15). Notre objectif était de cibler les zones potentielles de culture du cultivar Taqerbucht, ainsi que ses accessions putatives. À vrai dire, et selon nos constatations, la quasi-totalité de ces accessions est située dans les anciennes palmeraies traditionnelles.

De ce fait, plusieurs communes et localités ont fait l'objet de notre visite afin de choisir les communes les plus appropriées du Touat et du Gourara. Nous avons ciblé aussi bien les palmeraies traditionnelles et ceux récemment créées. Des contraintes majeures ont été rencontrées, entre autres la raréfaction des accessions en particulier la Taqerbucht Beïda et la Taqerbucht Hamra, ainsi que le nombre suffisant de répétitions pour chacune d'elles. Nous avons veillé à ce que ce matériel végétal soit le plus homogène possible. Le matériel retenu doit présenter les caractéristiques suivantes : adulte environ 15 ans, ou ayant présenté une production pendant trois années successives, sains, femelles, indemne d'anomalie et de maladies et n'ayant pas subi de stress hydrique (IPGRI, 2005).



**Figure 17** : Carte administrative de la Wilaya d'Adrar représentant les trois zones de prospection (INRF, 2011)

Lors des prospections au niveau de la Wilaya d'Adrar, à savoir sur les régions du Touat et Gourara, correspondant à la zone d'étude, nous avons repéré des palmeraies où sévit les accessions de Taqerbucht, sur six zones distinctes (Tableau 05). La région du Touat a fait l'objet d'une attention particulière, dans la mesure où la distribution de ces accessions est la plus importante (Chehrte, 1995). Les appellations locales attribuées à Taqerbucht sont faites sur la base des caractéristiques des fruits (Tableau 06) et leur caractère endémique à la région d'Adrar.

Le nombre de pieds échantillonnés par accession est de 5, ce qui fait au total 20 pieds échantillonnés appartenant aux 4 accessions, alors que le nombre de répétition pour toutes les mesures effectuées, suivant le descripteur IPGRI (2005) à savoir la palme, le régime, le fruit et la graine est de 7 (Tableau 07).

**Tableau 05** : Les accessions de Taqerbucht étudiées et leurs aires géographiques

<b>Origine géographique</b>	<b>Appellation locale</b>	<b>Année</b>
Ouled Aissa (charouine)	Taqerbucht Kahla	2016
Adrar (INRA)	Taqerbucht Safra	2016
Bouda	Taqerbucht Safra Taqerbucht Beida Taqerbucht Hamra	2017
Zaghlou	Taqerbucht Kahla Taqerbucht Hamra Taqerbucht Beida	2017
Aougrouit	Taqerbucht Safra Taqerbucht Kahla	2017
Charouine	Taqerbucht Safra	2016

**Tableau 06** : Caractéristiques des fruits des accessions de Taqerbucht (Noir, rouge, blanc et jaune).

<b>Noms d'accessions</b>	<b>Code (en abrégé)</b>	<b>Couleur dattes</b>	<b>Précocité</b>	<b>Appréciation par dégustateur</b>
Taqerbucht safra	Tq. safra	Jaune	Tardive	Moyenne
Taqerbucht beïda	Tq. beïda	Blanche	Tardive	Moyenne
Taqerbucht hamra	Tq. hamra	Rouge	Tardive	Moyenne
Taqerbucht Kahla	Tq. Kahla	Noire	semi- Tardive	Bonne

**Tableau 07** : Échantillonnage des Taqerbucht : parties utilisées, nombre de répétitions et périodes

<b>Partie étudiée</b>	<b>Nombre de répétition</b>	<b>Période d'étude</b>
<b>Palme</b>	1 palme/ arbre 7 palmes au total/ chaque accession	Décembre-Janvier -Février
<b>Spathe</b>	1 spathe/arbre 7 spathe au total/chaque accession	Février-Mars
<b>Régime</b>	1 régime/ pied 7 régimes au total/chaque accession	Avril-Mai-Juin-Juillet
<b>Fruit</b>	20 fruits/pied 7 régimes au total/chaque accession	Septembre
<b>Graine</b>	20 fruits/pied 7 régimes au total/chaque accession	Octobre

### 1-2- Descripteurs utilisés dans les caractéristiques morphologiques

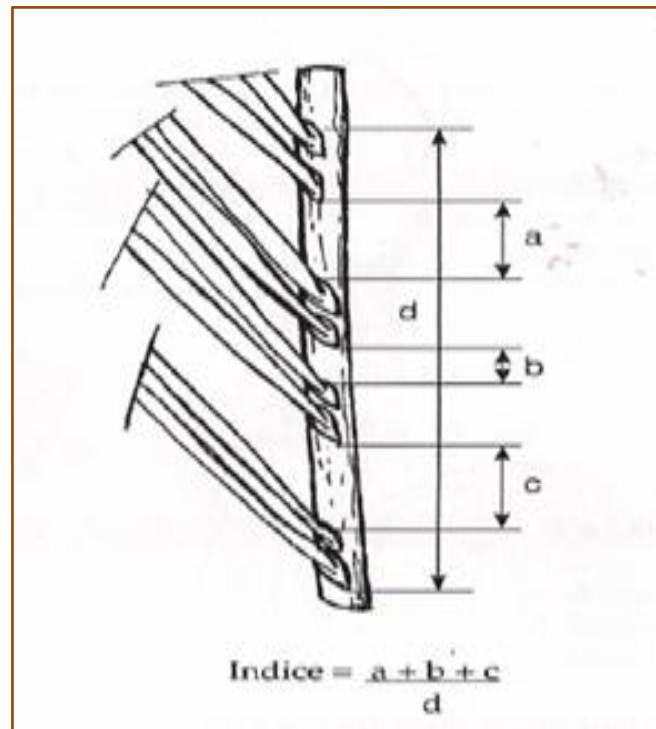
Les quatre accessions du cultivar Taqerbucht retenues lors des prospections, ont fait l'objet d'une caractérisation morphométrique exhaustive (quantitative et qualitative) de l'ensemble des paramètres recommandés par l'IPGRI (2015), pour la description de la palme, de l'inflorescence, du fruit et de la graine. Ainsi, l'échantillonnage pour la caractérisation des

parties végétatives et reproductives a été échelonné au cours de la période d'étude des années 2015 à 2017, en fonction du stade végétatif de l'arbre. La caractérisation des parties végétatives est effectuée durant les périodes de repos végétatif (période hivernale), alors que celle des parties reproductrices sont échelonnées à partir du mois d'Avril jusqu'au mois d'octobre, suivant la phénologie de l'arbre et les conditions météorologiques de l'année d'étude. La caractérisation morphométrique des génotypes fait appel aux caractères apparents et visuels afin de distinguer les cultivars entre eux. Afin d'effectuer une étude dans une certaine mesure fiable sur le polymorphisme phénotypique observé chez les accessions choisies, nous avons traité la partie végétative et la partie reproductrice chacune à part en se référant toujours aux descripteurs de l'IPGRI. Quarante-quatre caractères quantitatifs et 40 caractères qualitatifs ont été utilisés dans cette étude, soit au total 84 caractères.

### **1-2-1-Descripteurs végétatifs**

Nous avons fait appel à 12 caractères quantitatifs relatifs au stipe et la palme avec ses différentes composantes, à savoir : le Cornaf, le rachis, les épines et les penes (Tableaux : 8a et 8b). La palme qui a fait l'objet de notre étude est prélevée sur la couronne moyenne. Les mesures de la largeur et de l'épaisseur ont été effectuées au milieu de l'organe concerné (Fig.16). Le calcul de l'indice d'espacement des penes est mis en œuvre selon la formule suivante, où les lettres représentent : Indice d'espacement des penes.

$$\text{IEP} = a + b + c / d$$



**Figure 18 :** Indice d'espacement de base des pennes

### 1-2-2-Descripteurs de l'appareil reproducteur.

Les Quarante-quatre caractères quantitatifs de l'appareil reproducteur que nous avons pris en considération traitent la spathe et le régime avec ses différentes composantes, à savoir : l'épillet, les fruits et les graines (Tableau 8a). Pour la mesure des paramètres biométriques, nous avons utilisé un pied à coulisse, le mètre à ruban, le rapporteur et la balance de précision. Les 40 caractères qualitatifs des parties végétatives et reproductrices adoptés ont fait l'objet d'une description détaillée selon la méthodologie décrite par l'IPGRI 2005 (Tableau 8b).

**Tableau 8 a :** Les caractères quantitatifs des accessions étudiées

	Caractères	Code
<b>Palmes</b>	Longueur de la palme	LP
	Largeur de la palme	Lp
	Épaisseur du rachis	ER
	largeur de la palme à la base du pétiole	LPBP
	Nombre des épines	NEP
	Longueur de la partie épineuse	LPE
	épaisseur de l'épine	EPE
	Longueur des épines	LE
	Nombre de pennes	NPE
	Largeur de la penne apicale	IPA

	Longueur de la penne apicale	LPA
	Largeur des pennes	IPE
<b>Inflorescence</b>	Longueur de la spathe	LSH
	Largeur de la spathe	IPH
	Longueur de la hampe	LHP
	Largeur de la hampe	IHP
	Epaisseur de la hampe	EHP
	Longueur ramifiée de la hampe	LRHP
	Nombre d'épillet/régime	NERG
	Longueur d'épillet le plus long	LEPL
	Longueur d'épillet le plus court	LEPC
	Longueur d'épillet avec fleur à la base	LEAFB
	Longueur d'épillet avec fleur au milieu	LEAFM
	Longueur d'épillet avec fleur au sommet	LEAFS
	Longueur d'épillet avec fleur à la base	LEFB
	Longueur d'épillet avec fleur au milieu	LEFM
	Longueur d'épillet avec fleur au sommet	LEFS
	Nombre de fleurs/épillet le plus long	NFEL
	Nombre de fleurs/épillet le plus court	NFEC
	Nombre de fleurs nouées/épillet à base	NFN/EB
	Nombre de dattes/épillet au sommet	ND/ES
	Nombre de fleurs/épillet au milieu	ND/EM
<b>Fruits</b>	Poids de fruit	PF
	Epaisseur de la chair	ECF
	Longueur de la cavité	LCF
	Largeur de la cavité	ICF
	Diamètre du calice	DCF
	Longueur du fruit au stade Bser	LFB
	Largeur du fruit au stade Bser	IFB
<b>Graï nes</b>	Longueur	LG
	Largeur	IG

	Epaisseur	EG
	Poids de la graine	PG
	Poids de la graine/fruit	PG/F

**Tableau 8b** : Les caractères qualitatifs des accessions étudiées

<b>Caractères qualitatifs</b>		<b>Codes</b>
<b>Palmes</b>	Aspect de la couronne	ASC
	Présence de rejets aériens (Roukab)	RJA
	Densité de fibrillum	DFB
	Dureté de fibrillum	DUF
	Capacité à produire des rejets	CAR
	Niveau de courbure de la palme	COR
	Angle de la palme	ANP
	Rotation de la palme	AND
	Couleur du pétiole	CPE
	Couleur des penes	CPN
	Disposition des penes	DIP
	Divergence penne apicale	DAP
<b>Inflorescence</b>	La forme de spathe	FSP
	Position du régime	PRE
	Couleur de la hampe	CHA
	Densité des épillets	DEP
	Forme des épillets	FEP
<b>Fruits</b>	Forme du fruit	FFR
	Couleur de fruit	CFR
	Forme du fruit à la base	FFB
	forme du fruit au sommet	FFS
	Couleur du fruit au stade tamer	CFT
	Consistance	COF
	aspect épicarpe	ASE
	Texture chair	TXC
	Goût du fruit	GF

	Arôme	ARF
	Forme du calice	FCA
	Couleur du calice	CCA
	Adhérence du fruit/calice	AFC
<b>Graines</b>	Forme de la graine	FGR
	Longueur de la graine/fruit	LGF
	Couleur de la graine	CGR
	Aspect de la surface	ASG
	Forme du sillon	FSG
	Situation du pore germinatif	SPG
	Type de protubérance	TPR
	Fréquence de protubérance	FPR
	Présence de mucron	PRM
	Adhérence au tégument	ADT

## 2-Matériel végétal utilisé

### 2-1- Pour la diversité morphologique

L'objectif général du travail est de caractériser la diversité morphologique de quatre accessions locales de palmier dattier à savoir Taqerbucht Safra, Taqerbucht Beïda, Taqerbucht Hamra et Taqerbucht kahla, et de localiser les zones potentielles de diversité génétique de ces accessions dont la quasi-totalité est située dans les anciennes palmeraies. Aussi, nous avons dévoilé le comportement de ces accessions vis-à-vis de la maladie du Bayoud.

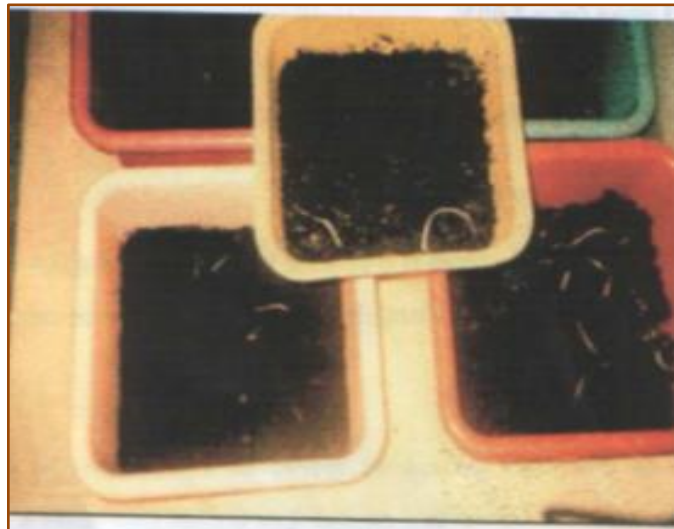
### 2-2- Pour les marqueurs SSR

Pour une meilleure compréhension de la diversité génétique des quatre accessions de 'Taqerbucht' à savoir Safra, Hamra, Beïda et Kahla, une caractérisation moléculaire a été réalisée. Au total, 16 marqueurs microsatellites ont été sélectionnés, sur la base des travaux de Billote et *al.* (2004). Cette étape est indispensable pour ajuster la partie morphobiométrique. En effet, les échantillons des 4 accessions ont subi une extraction de l'ADN, suivi par un test de qualité par spectrophotomètre, une phase de PCR, suivi par une révélation sur l'électrophorèse à gel d'acrylamide.

### 2-3- Production de plantules de palmier dattier pour l'inoculation par le *F.o.albedinis*

Les graines de palmier dattier sont trempées pendant 24 heures dans de l'eau courante. Elles sont soigneusement nettoyées par grattage pour les débarrasser des téguments qui leur sont adhérents, et ce, afin de stimuler leur germination. Elles sont trempées dans de l'eau bouillante additionnée d'hypochlorite de sodium (eau de javel) à 2°, et laissent refroidir. Cette procédure permet de stimuler la germination des graines et désinfecter l'endocarpe.

Les graines sont disposées en ligne, dans des bacs préalablement préparés, tout en orientant leurs pores germinatifs vers le haut, puis elles sont recouvertes d'une couche de tourbe. Ces dernières sont ensuite placées dans une chambre de culture obscure à 38°C, pendant une semaine puis à 28°C pendant deux semaines sous un radiateur électrique (Fig.20). L'humidité de la chambre de culture est de 35%. Les graines sont régulièrement arrosées avec de l'eau distillée. Une pulvérisation au Méthyle-Thiophanate (fongicide systémique) est effectuée pour se débarrasser des formes saprophytes qui peuvent éventuellement y surgir. Les racelles ayant atteint 2 à 3 cm sont repiquées aussitôt dans des sachets en polyéthylène transparent de diamètre 8,5 cm et de 18,5 cm de profondeur contenant du terreau et du sable grossier. Les graines ayant germé sont repiquées à raison de 2 à la périphérie de chaque sachet. Ces dernières sont transférées ensuite dans une serre contrôlée.



**Figure 19** : Germination des noyaux de dattes

### 3-Approche moléculaire pour l'étude de la diversité du cv Taqerbucht

#### 3-1-Matériel végétal

Pour une meilleure compréhension de la diversité génétique des quatre accessions de 'Taqerbucht' à savoir Safra, Hamra, Beïda et Kahla, une caractérisation moléculaire a été réalisée. Au total, 16 marqueurs microsatellites ont été sélectionnés, sur la base des travaux de Billote et *al.* (2004).

#### 3-2- Méthodes

##### 3-2-1-Extraction des ADN génomiques

L'extraction de l'ADN génomique a été réalisée en utilisant un kit d'extraction (NucleoSpin® Plant II, Fisher Scientific UK. Ltd), dont les réactifs sont décrits ultérieurement. Les petits fragments de folioles issues des palmes de chaque accession de Taqerbucht ont été déposés individuellement dans de petits cônes, puis conservés à -20°C, jusqu'à leur utilisation. Afin de réduire le matériel végétal en tissus homogènes, un broyage et une homogénéisation mécaniques ont été réalisés. Cent mg de matière fraîche ont été transférés dans des microtubes, contenant des billes de tungstène, auxquels ont été ajoutés 150 µl de tampon PL<sub>2</sub>. Les microtubes ont été placés sur les plaques d'un broyeur à billes, puis soumis à 30 vibrations par seconde, pendant 30 minutes, jusqu'au broyage total du matériel végétal. Le protocole à base de SDS, combinant les tampons PL<sub>2</sub> et PL<sub>3</sub> a été adopté dans cette technique. Les étapes de l'extraction de l'ADN génomique à partir du matériel broyé sont détaillées par la suite. Elles comprennent une lyse cellulaire, suivie d'une filtration/clarification du lysat brut, afin d'éliminer les débris végétaux. Une seconde filtration a été réalisée, afin d'éliminer les polyphénols et les métabolites secondaires. L'ADN génomique a été lié à une membrane de silice, à l'aide d'une colonne NucleoSpin®, qui a été lavée successivement avec les tampons PW<sub>1</sub> et PW<sub>2</sub>. L'ADN lié à la membrane a été séché et récupéré dans un tampon d'élution, puis conservé à 4°C, pour des analyses ultérieures.

Le protocole d'extraction de l'ADN génomique a été réalisé comme suit :

NucleoSpin® Plant II, contenant :

- Lyse 1 par un tampon de PL<sub>1</sub>.
- Lyse 2 par le tampon de PL<sub>2</sub> (contenant du SDS).
- précipitation grâce au tampon de PL<sub>3</sub>.
- Légation des molécules d'ADN par le tampon PC.
- Lavage 1 avec le tampon de PW<sub>1</sub>.
- Lavage 2 avec un deuxième tampon (concentré) PW<sub>2</sub>.
- Elution par un tampon PE.

- Dégradation des ARNs par une RNAase A lyophilisée
- Quantification.
- Filtration sur filtres NucleoSpin® à anneaux violet.
- Filtration sur des colonnes NucleoSpin® Plant II à anneaux verts.
- Une collection de tubes de 2ml dont le nombre est égale au nombre de colonnes et de filtres.

Le Kit (cité ci-dessus) propose deux méthodes d'extraction différentes selon l'utilisation des tampons PL<sub>1</sub> ou PL<sub>2</sub> et PL<sub>3</sub> ensemble. La méthode qui utilise le PL<sub>1</sub> repose sur le CTAB, car sa charge est positive alors que la méthode qui fait appel au PL<sub>2</sub> et PL<sub>3</sub> est basée sur le SDS dont la charge est négative. Ces deux méthodes permettent d'optimiser le rendement en ADN selon le matériel végétal qu'on utilise.

Avant d'entamer l'extraction de l'ADN génomique, on doit préparer :

\_ Le PW<sub>2</sub> concentré : ajouter, comme indiqué sur le flacon, 200 ml d'éthanol à 96 ou 100% en indiquant sur le flacon que l'éthanol fut ajouté et en inscrivant la date de dilution du tampon, car celui-ci sera stable à une température de 18-25 °C pour une durée d'au moins un an.

\_ La RNAase A lyophilisé : ajouter, comme indiqué sur le flacon, 750µl d'eau distillée et conserver la solution à une température de 4°C pour une durée de 3mois et plus. Cependant, une conservation plus longue (supérieur à un an), le contenu du flacon est divisé en petits aliquotes et conservés à -20 °C.

\_ Le PL<sub>2</sub> : réchauffer à une température de 30 à 40 °C et bien mélanger dans le but de dissoudre le SDS ayant précipité après une longue période de conservation.

\_ Le PEN : celui-ci doit être préchauffé au bain-marie à 70 °C. Pour l'extraction de l'ADN, le protocole suivant a été adopté selon les instructions du manuel d'utilisation :

Le matériel ayant servi pour l'homogénéisation et le transfert dans les tubes Eppendorf de la matière végétale obtenue d'une foliole de palme de palmier dattier doit être désinfecté par l'éthanol à 96 ou 100% s'il doit être utilisé pour une autre palme. La méthode basée sur le SDS à savoir celle combinant les deux tampons PL<sub>2</sub> et PL<sub>3</sub> a été adoptée. Les étapes d'extraction sont les suivantes :

#### Lyse cellulaire par le tampon PL<sub>2</sub>

- Ajouter 450 µl de PL<sub>2</sub> et passer la mixture au vortex.
- Broyer la totalité dans un broyeur en se servant de billes à Tungstène à raison de 5000 rpm et ce pendant 30 minutes.
- Additionner 15µl de solution de RNAase A et bien mélanger.
- Mettre la suspension à incuber dans un bain-marie à 65 °C pendant 10mn.

- Ajouter, ensuite, 112,5µl du tampon PL3 et on vortex les petits cônes.
- Laisser les cônes sous congélation pendant 5 min. pour permettre au SDS de se précipiter totalement.
- Filtration et clarification du lysat brut
- Placer un filtre NucleoSpin® à anneau violet sur un tube de 2 ml et renverser le lysat dans la colonne.
- Centrifuger à 11000 rpm pendant 2mn pour se débarrasser des débris de végétaux.
- Récupérez le filtrat dans un nouveau tube de 1,5 ml et le filtre NucleoSpin® est jeté.
- Ajustement des conditions de liaison de l'ADN à la membrane de silice
- Ajouter au filtrat 450 µl de tampon PC et bien mélanger en vortex. Les autres (polyphénols et métabolites secondaires) vont passer par le filtrat.
- Liaison de l'ADN à la membrane de silice
- Placer une colonne NucleoSpin® à anneau vert dans un tube de 2 ml et y verser un maximum de 650 µl de l'échantillon.
- Vortexer pendant 1 min. à 11000 rpm et jeter le filtrat. L'ADN se trouve fixé à la membrane.

#### **Lavage de la membrane de silice**

- Premier lavage : Ajouter à la colonne NucleoSpin® 400 µl de tampon PW1, puis centrifuger 1 min. à 11000 rpm et jeter le filtrat.
- Deuxième lavage : Ajouter 700 µl de tampon PW2 à la colonne NucleoSpin®, puis centrifuger 1 min. à 11000 rpm et jeter le filtrat.
- Troisième lavage : Ajouter 200 µl de tampon PW2 à la colonne, puis centrifuger le tout 2 min. à 11000 rpm et jeter le filtrat. Le but de ce dernier lavage est de se débarrasser de tout le tampon de lavage pour permettre le séchage de la membrane.

#### **Élution de l'ADN :**

- Placer la colonne NucleoSpin® à anneau vert contenant la membrane liée à l'ADN extrait dans un nouveau tube Eppendorf de 1,5 ml, numéroté en portant le code de l'accession en question.
- Ajouter sur la membrane de silice 50 µl de tampon d'élution PE à température de 70 °C et laisser incuber la colonne au bain-marie à 65°C pendant 5 min.
- Centrifuger pendant 1 min. à 11000rpm pour éluer l'ADN.
- Répéter cette étape en mettant dans le filtre vert 50 µl de PE à 65°C.
- Suspendre l'ADN dans 100 µl de PE.
- Conserver au congélateur à 4 °C.

### 3-2-2- Quantification et contrôle de l'extraction des ADN

L'évaluation quantitative et qualitative de l'ADN génomique a été réalisée en utilisant un spectrophotomètre de marque (PTC-100 PCR Thermal Cycler HBA-1960). Pour cela, huit échantillons sont passés à tour de rôle pour la quantification de l'ADN. L'ADN a été d'abord récupéré dans de l'eau permutée, le blanc est représenté par 400 µl d'eau distillée permutée déposée à l'aide d'une micropipette, dans chacun des puits de la plaque de quantification. Cette dernière est placée dans le spectrophotomètre, puis exposée à des rayons *UV* d'une longueur d'onde de 260 nm (longueur d'onde à laquelle l'ADN pure a un maximum d'absorbance). Les absorbances (DO) respectives de chaque puits ont été enregistrées. L'ADN produit pour chaque échantillon a été placé dans le spectrophotomètre, puis exposé à la même longueur d'onde que l'eau permutée et les résultats ont été enregistrés de la même manière que pour le blanc. Lorsque la concentration en ADN est élevée (50 ng/µl ou de 100 ng/µl), des dilutions sont réalisées en préparant des aliquotes de 25µl. Pour chaque échantillon, un volume de 5µl de la solution d'élution contenant l'ADN a été prélevé, puis additionné à 395µl d'eau permutée. Ainsi, le facteur de dilution est équivalent à 80 fois (5/400). Le blanc utilisé est composé de 5µl de solution d'élution, additionnés à 395µl d'eau permutée. Pour chaque échantillon, la concentration d'ADN en ng/µl est alors calculée en utilisant la formule suivante :

$$QADN_{ng\ \mu l} = DO_{260} \times \text{Facteur de dilution} \times 50. \quad \text{Où}$$

- DO : Densité optique ou absorbance caractéristique de chaque échantillon à la longueur d'onde de 260 nm.
- 50 : coefficient d'extinction de l'ADN (ng/µl)

Les concentrations en ADN ont été par la suite ajustées à 50 ng/µl, puis placées au congélateur (-18°C) pour une utilisation ultérieure.

Pour calculer la quantité d'ADN de la solution initialement ajustée à 50ng/µl, la formule suivante a été utilisée :  $C_1 V_1 = C_2 V_2$  où :  $C_1$  : quantité d'ADN en ng/µl,  $V_1$  : Volume d'ADN restant dans le volume de travail (quantification),  $C_2$  : concentration désirée (50 ng/µl),  $V_2$  : Volume d'eau ultra pure à ajouter.

Nous soulignons que la Qualité des ADN extraite absorbée au maximum à 260nm et les protéines à 280nm avec le rapport  $DO_{260}/DO_{280}$ .

- 1,7–2,0 = bon ADN
- <1,7 = trop de protéines ou autre contaminant

2,0 = ARN présent (traitement par la RNase requis). D'après Tiwari et *al.* (2017), cette méthode n'est pas utile pour les petites quantités d'ADN (<1µg/ml).

### 3-2-3- Amplification de l'ADN par PCR

La PCR (Polymerase Chain Reaction) a été faite à l'aide d'un thermocycleur de marque Bio Rad thermal block II pour amplifier des séquences d'ADN spécifiques aux 16 couples amorces SSRs retenues (sens et anti sens, marque Invitrogen by life technologies California, USA) après les avoir dilués dans du TE (Tris 10 mM à pH8 et EDTA 0,1 mM pH8). La sélection de ces couples d'amorces a été faite sur la base des travaux de Zhao et *al.*, (2013); Zehdi et *al.*, (2004) et Billotte et *al.*, (2004) (Tableau 09).

#### Préparation du TE (Tris 10 mM pH = 8 / EDTA 0,1 mM pH = 8) pour 50 ml :

- Préparation du Tris 1M à pH 8 pour 100 ml :
- Peser 12,1 g de Tris et le diluer dans 50 ml d'H<sub>2</sub>O distillée. Ajuster le pH à 8 avec de l'HCl (4,9 ml d'HCl pour obtenir un pH 8). Ajuster le volume à 100 ml avec de l'eau distillée.
- Préparation de l'EDTA à 0,5 M à pH 8 pour 100 ml :
- Peser 18,612 g d'EDTA et le diluer dans 80 ml d'eau distillée. Ajuster le pH à 8 avec du NaOH et compléter le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 100 ml.
- Pour obtenir un TE (Tris 10 mM pH=8 et EDTA 0,1 mM à pH=8) pour un volume total de 50 ml nous prélevons 0,5 ml (500 µl) de tris 1M à pH 8 que l'on ajoute à 0,1 ml (100 µl) d'EDTA 0,5M puis on ajuste à 50 ml.

#### Dilution des Amorces

Les amorces utilisées (Tableau 09) sont fournies sous une forme lyophilisée (invitrogen by life technologies California, USA) et doivent être dilués avec du TE (Tris 10 mM à pH8 et EDTA 0,1 mM pH8). Le volume de TE à ajouter diffère d'une amorce à une autre. Chaque amorce recevra, dans son tube d'origine, la quantité nécessaire en TE pour atteindre la concentration stock de 100µM. Un autre lot de tubes doit être préparé, sur lesquels il faut mentionner le nom de chaque amorce. Ces derniers recevront, après avoir vortexée la solution mère, les concentrations de travail, qui sont de 10µM, individuellement pour chaque amorce et ajoute 90µl d'eau distillée.

**Tableau 09 :** Liste des 16 paires d'amorces utilisées pour la caractérisation génétique des accessions de palmier dattier (selon Billotte et *al.*, 2004)

SSR Locus	Repeat motif	Primer Séquences		optimal
		Forward	Reverse	
mPdCIR010	(GA)22	ACCCCGGACGTGAGGTG	GTCGATCTCCTCCTTTGTC TC	55.6
mPdCIR015	(GA)15	AGCTGGCTCCTCCCTTCT TA	GCTCGGTTGGACTTGTCT	51.6
mPdCIR016 A	GA)14	AGCGGGAAATGAAAAG GTAT	TGAAAACGTGCCAAATGT C	51.7
mPdCIR025	(GA)22	GCACGAGAAGGCTTATA GT	CCCCTCATTAGGATTCTA C	49.3
mPdCIR032 AJ571677	(GA)19	CAAATCTTTGCCGTGAG	GTGTGGAGTAATCATGTA GTAG	51.5
mPdCIR035	(GA)15	ACAAACGGCGATGGGAT TAC	CCGCAGCTCACCTCTTCT AT	53.9
mPdCIR044	(GA)19	ATGCGGACTACACTATT CTAC	GGTGATTGACTTTCTTTGA G	51.7
mPdCIR048	GA)32	CGAGACCTACCTTCAAC AAA	CCACCAACCAAATCAAAC AC	51.4
mPdCIR050	(GA) 21	CTGCCATTTCTTCTGAC	CACCATGCACAAAAATG	48.5
mPdCIR057	(GA)20	AAGCAGCAGCCCTTCCG TAG	TTCTCACTCGCCCAAAAA TAC	55.4
mPdCIR063	GA)17	CTTTTATGTGGTCTGAGA GA	TCTCTGATCTTGGGTTCTG T	49.8
mPdCIR070	(GA)17	CAAGACCCAAGGCTAAC	GGAGGTGGCTTTGTAGTA T	48.7
mPdCIR078	(GA)13	TGGATTTCCATTGTGAG	CCCGAAGAGACGCTATT	49.6
mPdCIR085	(GA)29	GAGAGAGGGTGGTGTTA TT	TTCATCCAGAACCACAGT A	50.4
mPdCIR090	(GA)26	GCAGTCAGTCCCTCATA	TGCTTGTAGCCCTTCAG	48.6
mPdCIR093	(GA)16	CCATTTATCATTCCCTCT CTTG	CTTGGTAGCTGCGTTTCTT G	51.8

### Préparation du Mix du tube réactionnel

La réaction de la PCR a été réalisée en préparant le mix (Tableau 10). Cette composition n'est pas fixe pour tous les protocoles, car elle dépend du type de produits (kits), de leur concentration initiale et finale, de la quantité d'ADN et enfin du volume de PCR choisi (de 20 à 50 µl). Le mélange réactionnel (mix) est de 20 µl par réaction.

**Tableau 10** : Composition initiale d'un mix de 20 µl pour une seule réaction PCR.

<b>Composition</b>	<b>Concentration initiale</b>	<b>Pour 20µl</b>
PCR buffer	10 x	2 µl
dNTP stabilisés	10 mM	0,4 µl
Forward Primer	10 µM	0,8 µl
Reverse Primer	10 µM	0,8 µl
ADN génomique	100 ng/µl	1 µl
<i>Taq</i> DNA Polymérase		0,4 µl
H <sub>2</sub> O permutée		14,6 µl
Volume total :		20 µl

### 3-2-4- Réaction de polymérisation

Les tubes de PCR (V=0,2 ml) contenant le mélange réactionnel sont introduit dans un thermocycleur, préalablement programmé avec les paramètres suivants : Dénaturation initiale à 95°C pendant 5 minutes, suivi de 35 cycles comprenant la dénaturation à 95°C pendant 30 secondes, l'hybridation à 56°C pendant 30 secondes et l'extension à 72 °C pendant 30 secondes. Le tout est suivi par une extension finale de 72°C pendant 10 minutes, puis la conservation des échantillons à 4°C (Tableau 11).

**Tableau 11** : Programme PCR spécifique aux microsatellites de type SSR

<b>Étape</b>	<b>Nombre de cycle</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Temps</b>
<b>Dénaturation initiale</b>	1	95	5 min
<b>Dénaturalisation</b>		95	30 s
<b>Hybridation</b>	35	56	30 s
<b>Extension</b>		72	30 s
<b>Extension finale</b>	1	72	10 min
<b>Conservation</b>	1	4	Infini

### 3-2-5-Électrophorèse vertical sur gel d'acrylamide

Après l'amplification, le dépôt est réalisé à l'aide d'une micropipette. Les produits SSR (10µl de 8 amplifias) ainsi qu'un marqueur de poids moléculaire (HyperLadder V) ont été séparés par électrophorèse (cuve verticale DASG-400-50, C.B.S. Scientific Co), en présence du tampon 1x TBE sur un gel d'acrylamide à 6% non dénaturant avec 50 µl de bromure d'éthidium. La migration se fait pendant 3 h. et à 250 V. Les 128 amplifias obtenus (8 échantillons x 16 SSR) ont été déposés sur plusieurs gels.

Afin de révéler les fragments d'ADN générés lors de la PCR, les gels sont exposés aux UV placés dans une chambre noire. Cette dernière est munie d'un appareil photo de type Polaroid, placé au-dessus de la lampe UV. L'analyse des données a été effectuée à partir des gels photographiés.

## 4-Diversité génétique des souches de Bayoud isolées

### 4-1. Echantillonnage

Une prospection au niveau des palmeraies de la wilaya d'Adrar a été effectuée afin d'identifier les localités atteintes par la maladie du Bayoud et repérer également les palmeraies hébergeant les différentes accessions de Tagerbucht. La quasi-totalité des régions à savoir le Touat, Gourara et Tidikelt est touchée par la maladie du Bayoud (Fig.10).

Le prélèvement des rachis atteints par la maladie du Bayoud a été effectué au niveau des pieds malades à partir de la couronne moyenne. Les prélèvements ont été effectués en respectant les conditions aseptiques. Chaque échantillon est mis dans un sachet en papier, portant les indications nécessaires à savoir (date et lieu de prélèvement, cultivar, etc...). Cinq échantillons de rachis ont été prélevés de chaque région, puis acheminés vers le laboratoire pour isolement et identification des formes sauvages susceptibles d'être utilisées dans les inoculations artificielles qui auront lieu ultérieurement (Tableau 12).

**Tableau 12** : Code, région, année, cultivar et localité de prélèvement de rachis atteints (*F.o.a*)

Code	Région	Année d'isolement	Cultivar	Localité
Tti19	Touat	2019	Tgaza	INRAA Adrar
Ttb19			Timokor	Bouda
Tbt19			Bamekhlouf	Tinilane
Tcm19			Cheikh mhamed	Mahdia
Ttn19			Tindukken	OuledAroussa
Gct19	Gourara	2019	Cheikh	Talmine
Gah19			Abaad	Hiha
Gty19			Tadmam	yakou
Gat19			Achuur	Naâma Talmine
Gas19			Aukech	Ouled saïd
Tta18	Tidikelt	2018	Tinasser	Aoulef
Ttf18			Tinasser	Fogaret laareb
Ttg18			Tgaza	Gasbet djena
Tah18			Achedak	Zaouit hainoun
Tazt18			Aggaz	Timokten

### 4-2- Isolement des souches de *Fusarium*

L'isolement des souches à partir des rachis présentant les symptômes typiques (strie unilatéral brunâtre) du Bayoud a été réalisé au laboratoire de phytopathologie de l'INRAA d'Adrar. Ces échantillons sont défoliés et passés sur la flamme d'un bec benzène afin d'éliminer

les formes saprophytes. Ces fragments sont réduits en petits morceaux à l'aide d'un sécateur stérile. Les fragments sont ensuite déposés dans des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture Potato-Dextrose-Agar (PDA) (Fig.19). Les boîtes sont mises dans une étuve réglée à  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24 heures, puis sont placées dans une chambre de culture du laboratoire sous une lumière fluorescente. Lorsque les filaments surgissent tout autour des fragments, des repiquages successifs sont réalisés sur le milieu PDA afin d'atteindre la purification des souches. Néanmoins, l'obtention d'un matériel fongique, génétiquement homogène doit subir la technique de la culture monospore (Ait-Kettout, 2011).



**Figure 20** : Isolement de Bayoud à partir de fragments de rachis sur milieu P.D.A (Photo Boudeffeur)

#### **4-3- Technique de la culture monospore**

On prélève des hyphes à partir d'une boîte de pétri contenant une culture âgée de rachis atteint de Bayoud, que l'on repique sous hotte dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture PDA à pH 5,4 additionné de 100 mg de streptomycine par litre de milieu afin de défavoriser d'éventuelles contaminations bactériennes. La purification des souches est faite par des repiquages successifs. Les souches sauvages de *F.o.a* ont une grande variabilité du pouvoir pathogène et des caractéristiques culturelles. Pour cela, on a eu recours à leur régénération par la culture monospore (Benlarbi, 2019 ; Sedra et Djerbi, 1985).

Pour ce faire, on prélève à partir d'une culture âgée un petit aligote, qui est placé dans un tube à essai contenant 10 ml d'eau distillée stérile. Le tube est agité à l'aide d'un vortex. La suspension ainsi obtenue est diluée jusqu'à l'obtention d'une concentration de 1 à 10 spores/ml.

Un demi millilitre de cette dernière est coulé dans des boîtes de Pétri contenant un milieu à base d'eau gélosée à 2%. Les cultures sont placées dans une étuve pendant 48 heures à la température de 27°C et sous une lumière fluorescente. Les spores germées sont observées à l'aide d'un stéréomicroscope ; puis prélevées avec une aiguille fine et repiquées dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture PDA. Les cultures monospores sont ensuite mises à incuber pendant 7 jours dans une chambre de culture.

#### **4-4- Conservation des souches de *Fusarium* sp.**

Après purification par la culture monospore, nos souches sont conservées dans un tube à essai incliné sur un milieu gélosé à 2%, maintenu à 25°C pendant une semaine, puis conservé à 4°C pour les maintenir vivantes jusqu'à une nouvelle utilisation.

#### **4-5- Test du pouvoir pathogène et inoculation des plantules**

Le test du pouvoir pathogène des souches agressives isolées à partir des palmeraies des régions de Touat, Gourara et Tidikelt a été réalisé sur des plantules du cultivar Tegaza, très sensible à la maladie du Bayoud, obtenues à partir de semis de graines. Le choix des souches a été effectué en fonction de la vitesse de croissance des mycéliums à envahir la boîte de pétri ainsi que leur bonne sporulation. Les caractéristiques des 15 isolats choisis sont décrites sur le tableau (29). Nous avons supposé lors de cet essai que le matériel végétal utilisé est homogène.

L'inoculation artificielle sous serre est effectuée à partir du stade d'une feuille et demi (Djerbi, 1990 ; Dubost et Kada, 1974). Ce stade correspond à la phase réceptive de la plantule, car les tissus conducteurs sont mieux différenciés (Fig.21). Les tests rapides de virulence sont réalisés avec des plantules cultivées en conditions non aseptiques. On injecte à l'aide d'une seringue 10 ml de la suspension conidienne dans le fond du sachet, tout en localisant des jeunes racines (Fig.22). Cette opération est effectuée sans blesser les racines.



**Figure 21** : Plantules de palmier dattier âgées de 6 mois au stade de 2 feuilles juste avant leur inoculation artificielle par le *F.o.a*



**Figure 22** : Inoculation artificielle de plantule de palmier dattier au stade 2 folioles par une suspension titrant  $1.10^6$  conidies/ml de *F.o.a*

Dans ce travail, nous avons utilisé 25 plantules avec 4 répétitions pour chaque isolat, soit 100 plantules au total. Nous avons fait appel à un lot témoin de 100 plantules qui était irrigué uniquement avec de l'eau de robinet (Fig.23).

La lecture des résultats a débuté à partir de la 3<sup>ème</sup> semaine d'inoculation. Les symptômes sur plantules se manifestent par un dessèchement, un enroulement des folioles petit à petit sur elles-mêmes en hélice, qui finissent par un flétrissement total.

La souche est dite pathogène si le taux de mortalité des plantules dépasse les 20% de mortalité en comparaison avec les plantules témoins, qui ne devraient présenter aucun symptômes (Karkachi *et al.*, 2014 ; Djerbi, 1990).



**Figure 23** : Jeunes plantules témoins irriguées en eau de robinet

## **5- Analyse des données**

### **5-1- Analyse de la variance**

Le but de cette analyse est de savoir s'il existe des effets significatifs des traitements appliqués. L'outil utilisé pour ces tests est Xlstat Version 10.

On souligne que la désignation des groupes homogènes ne tient compte que des différences significatives, c.-à-d. Les PPDS à 5% (ni la PPDS à 1%, ni celle de 0,1 %).

### **5-2- Analyse en composantes principales 'ACP'**

Elle sert à connaître la relation existante entre les descripteurs morphologiques considérés et les similitudes entre les accessions.

### **5-3- Analyse en composantes multiples 'ACM'**

L'analyse en composantes multiples 'ACM' a été utilisée pour analyser et comparer les caractères qualitatifs.

### **5-4- Matrice de corrélation**

La matrice des corrélations est la matrice des coefficients de corrélation statistiques ou de coefficients de corrélation stochastique calculés sur plusieurs variables prises deux à deux. En général, il s'agit des coefficients de Pearson.

### **5-5- Classification ascendante hiérarchique 'CAH'**

Elle sert à regrouper les différents cultivars, selon leurs caractéristiques végétatives et reproductrices, traitées séparément, dans des classes bien particulières. La classification ascendante hiérarchique a été utilisée.

### **5-6- Analyse factorielle des correspondances (AFC)**

Pour apprécier les relations phylogénétiques entre les 4 accessions de palmier dattier étudiées du cultivar 'Taquerbucht', les résultats du génotypage des 16 microsatellites ont été utilisés pour l'analyse Factorielle des Correspondances (AFC).

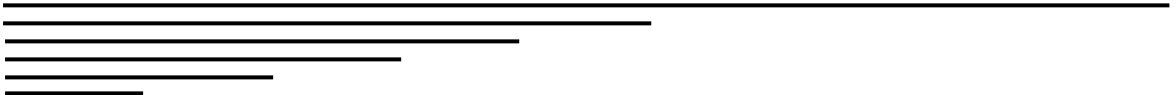
Pour toutes ces analyses morphologiques, nous avons utilisé le logiciel Xlstat, version 2014. Les analyses moléculaires ( $F_{IT}$ ,  $F_{IS}$ ,  $F_{ST}$ ) ont été calculées par le logiciel POPGENE (Yeh et al., 1997).

### **5-7- Mesure de la diversité génétique**

L'évaluation des distances génétiques entre les populations nécessite, d'abord l'étude de leurs polymorphismes. Ainsi, l'étude de la variabilité intra population précède toujours l'étude de la variation inter population. Cette diversité sera d'autant plus grande si :

- Le nombre d'allèles par gène est grand (c'est le polymorphisme).
- Les fréquences de chaque allèle seront proches l'une de l'autre : il n'y a pas un allèle majoritaire.
- Les fréquences des individus hétérozygotes et homozygotes seront équilibrées.

## ***RESULTATS ET DISCUSSIONS***



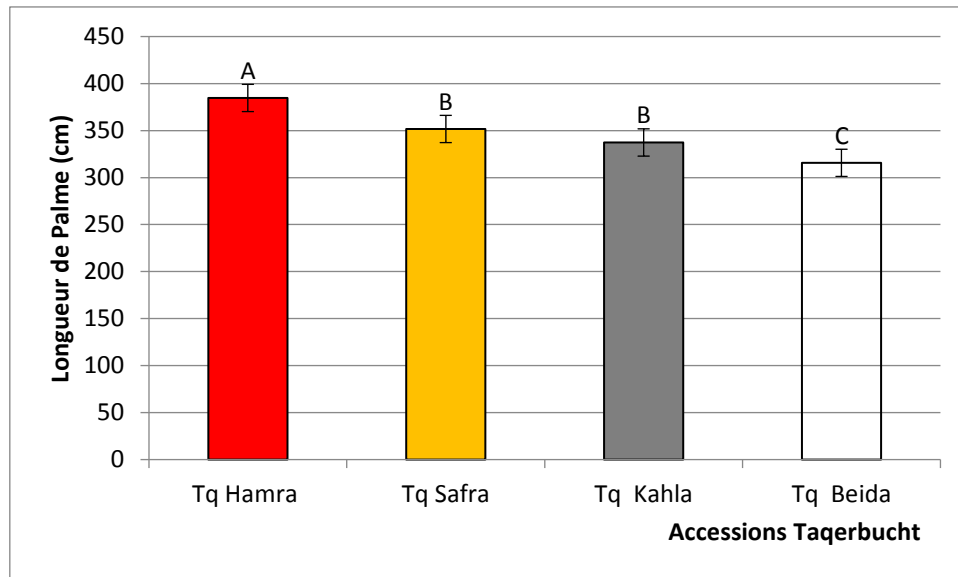
## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 1-Description morphologique des accessions du cultivar Taqerbucht

#### 1-1- LA PALME

##### Longueur totale de la palme ‘LTP’

L’analyse de variance par ANOVA de la longueur totale de la palme a révélé un effet cultivar très hautement significatif avec un coefficient de variation de 1,45 %. La moyenne des longueurs totales des palmes des accessions est de 347,3 cm (Fig.24). La PPDS montre que ces différences sont entre toutes les accessions, excepté entre Tq.Kahla et Tq.Safra. C’est-à-dire, il existe une différence entre Tq.Hamra et les trois autres: Tq.Safra, Tq.Kahla et Tq.Beida; et aussi entre Tq.Safra et Tq.Beida et de même entre Tq.Kahla et Tq.Beida. Tandis que Tq.Safra et Tq.Kahla constituent un groupe homogène (Tableau 13).



**Figure 24** : Longueur moyenne des palmes des 4 accessions

$F_{ddl\ 3-6} = 99,617$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

##### Largeur maximale de la palme ‘Lp’

Nous avons enregistré une différence inter accessions hautement significative pour la largeur maximale de la palme. Le coefficient de variation est estimé à 3,71 %. Les moyennes des largeurs des palmes varient entre 68,3 cm (Tq.Safra) et 86,7 cm (Tq.Beïda) avec une moyenne générale pour toutes les accessions de 77,33 cm (Fig.25). La PPDS montre que des différences significatives

sont situées entre Tq.Kahla et Tq.Safra d'une part et Tq.Hamra et Tq.Beïda d'autre part. Aussi, Tq.Beïda est différente de Tq.Kahla et de Tq.Safra ; de même, Tq.Hamra est différente de Tq.Kahla et de Tq.Safra. Cela a constitué deux groupes homogènes ; Tq.Kahla et Tq.Safra appartiennent au premier groupe et Tq.Hamra et Tq.Beïda appartiennent au deuxième groupe (Tableau 13).

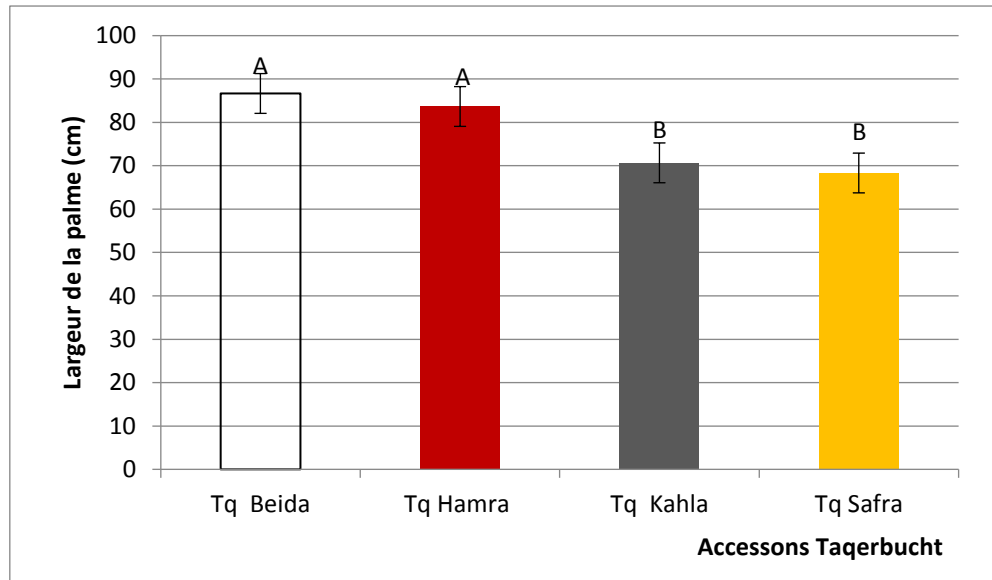


Figure 25 : Largeur moyenne des palmes des 4 accessions

$F_{ddl\ 3-6} = 30,626 ; P < 0,01, **$

### Épaisseur du rachis 'ER'

L'analyse de la variance pour les épaisseurs du rachis a montré un effet hautement significatif entre les accessions. Ces épaisseurs varient de 2 cm pour Tq.Beïda à 2,3 cm pour Tq.Hamra avec une moyenne générale de 2,16 cm (Fig.26). Le coefficient de variation et E-type ont respectivement des valeurs 3,18 % et 0,12 cm. La PPDS a révélé qu'une différence significative est enregistrée entre Tq.Beïda et Tq.Hamra (Tableau 13). Alors que l'épaisseur du rachis de Tq.Hamra est identique à celle de Tq.Kahla, qui est différente à celles de Tq.Safra et de Tq.Beïda. Aussi, la Tq.Kahla est identique simultanément à Tq.Hamra et Tq.Safra. De même, l'épaisseur du rachis de Tq.Safra est similaire à Tq.Beïda.

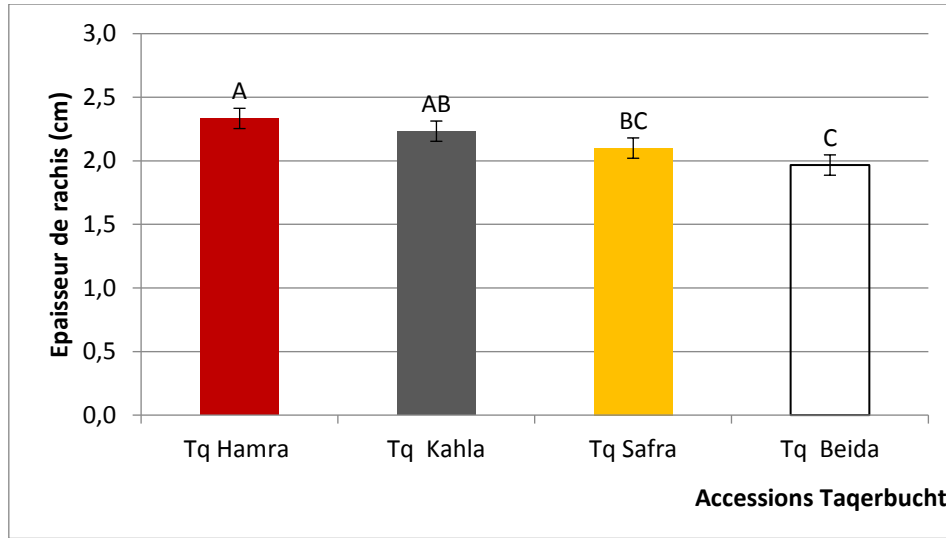


Figure 26 : Epaisseur moyenne de rachis des 4 accessions.  $F_{ddl\ 3-6} = 16,176$  ;  $P < 0,01$ , \*\*

### **Largeur de la palme à la base du pétiole ‘LPBP’**

La moyenne générale de la largeur des palmes à la base du pétiole des différentes accessions est de 11,70 cm (Fig.27). Selon les résultats de l’ANOVA, des effets significatifs ont été enregistrés entre les largeurs des palmes à la base des pétioles des accessions. Le coefficient de variation est évalué à 8,47 % (Tableau 13). La valeur de la PPDS qui est de 1,98 montre que cette différence est située entre Tq.Hamra et toutes les autres accessions. Elle montre aussi que, la Largeur de la palme à la base du pétiole de Tq.Kahla est identique à celle de Tq.Beïda, mais différente à celle de Tq.Safra. D’autant plus, la Tq.Beïda est similaire à celle de Tq.Safra, ce qui constitue un groupe homogène.

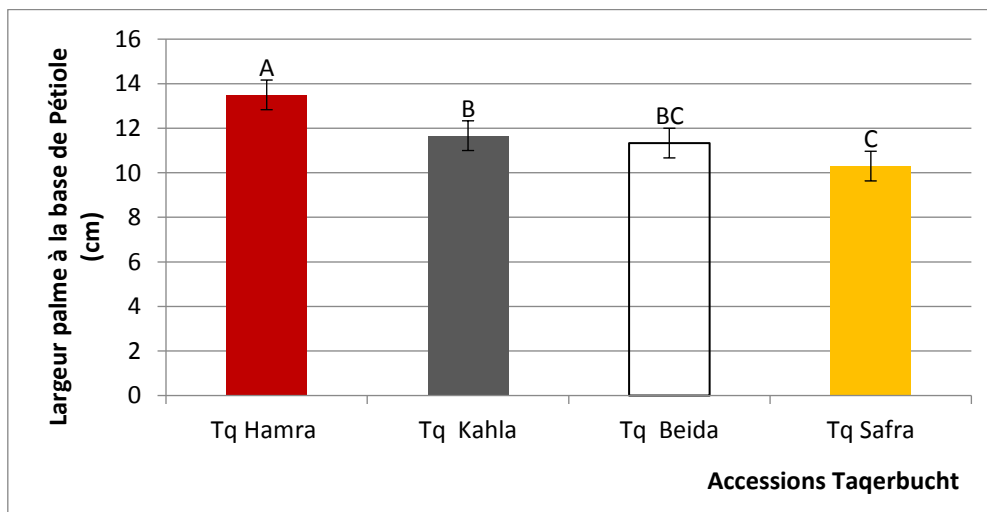


Figure 27 : Largeur des palmes à la base du pétiole des différentes accessions.  $F_{ddl\ 3-6} = 5,437$  ;  $P < 0,05$ , \*

### Nombre des épines ‘NEP’

La moyenne générale des épines des quatre accessions est de 42,25 (Fig.28). Aucune différence intra-accessions n’a été enregistrée. L’ANOVA montre des effets hautement significatifs entre le nombre des épines de différentes accessions. L’écart type et le coefficient de variation sont respectivement 3,17 cm et 5,74 % (Tableau 13). La PPDS ( $P < 0,05$ ) montre qu’il existe 3 groupes homogènes. La Tq.Kahla et Tq.Hamra constituent ainsi un groupe homogène. De même, la Tq.Hamra forme un groupe homogène avec Tq.Safra. Aussi, le nombre des épines chez Tq.Safra est similaire à celle de Tq.Beïda. Alors que, le nombre des épines chez Tq.Hamra est différent à celle de Tq.Beïda.

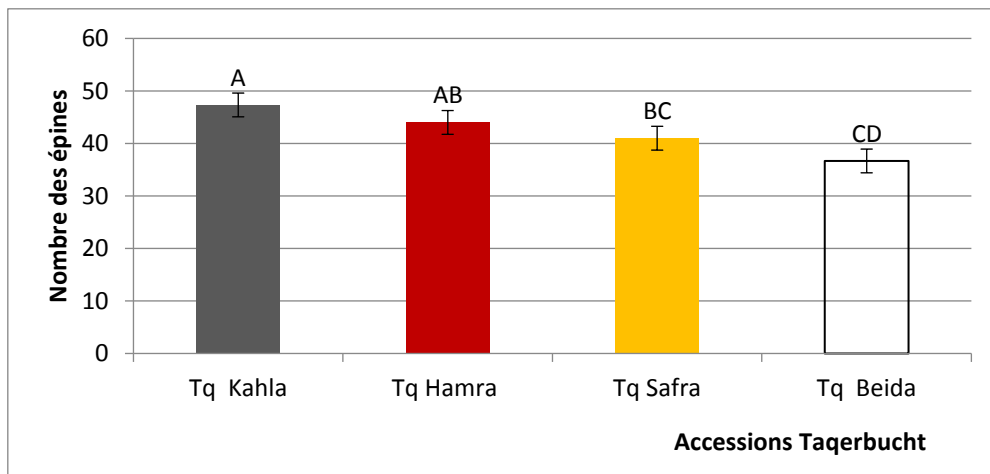


Figure 28: Nombre des épines de palmes des différentes accessions.  $F_{ddl\ 3-6} = 10,467$  ;  $P < 0,01$ , \*\*

### Longueur de la partie épineuse ‘LPE’

La moyenne des longueurs de la partie épineuse des palmes est évaluée à 96,58 cm (Fig.29). L’ANOVA montre des effets très hautement significative sur ce paramètre. Le coefficient de variation et l’écart type sont respectivement 3,03 % et 13,43 cm (Tableau 13). La valeur de la PPDS (5,85 cm) montre des différences significatives. Ces dernières sont situées entre toutes les accessions à l’exception entre Tq.Kahla et Tq.Hamra, qui constituent un groupe homogène. C’est-à-dire, il existe une différence entre Tq.Safra et toutes les Taqerbucht et aussi entre Tq.Beïda et les autres accessions, à savoir Tq.Kahla et Tq.Hamra.

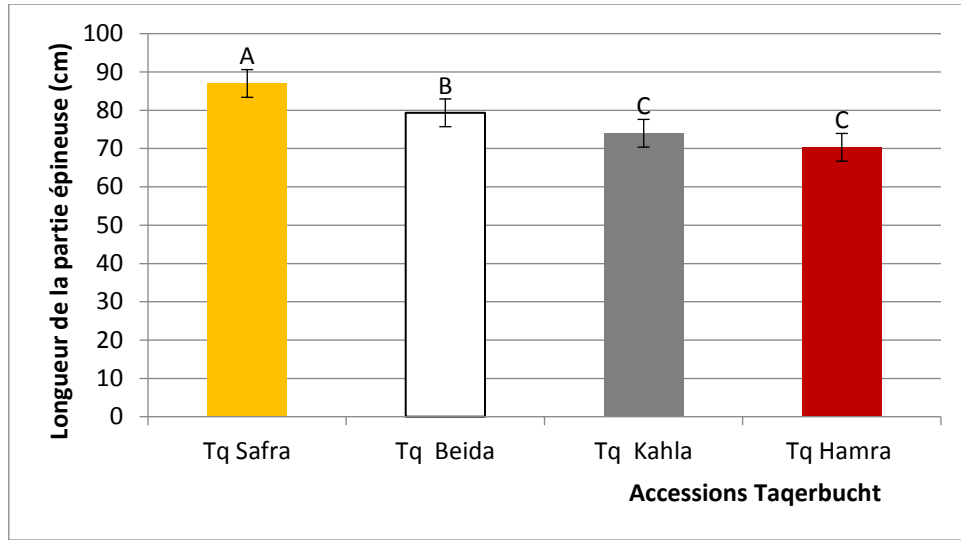


Figure 29 : Longueur de la partie épineuse des palmes des accessions.  $F_{ddl\ 3-6} = 45,524$  ;  $P < 0,001$  \*\*\*

### Nombre de pennes ‘NP’

Le nombre de pennes varie d’une accession à une autre avec une moyenne pour toutes les accessions évaluée à 171,75 (Fig.30). L’ANOVA indique des effets très hautement significatifs ( $p < 0,001$ ) entre accessions. Le coefficient de variation est faible, il ne dépasse pas 2,62 %. La PPDS ( $P < 0,05$ ) est égale à 4,55 pennes (Tableau 13). Les différences significatives sont situées entre toutes les accessions. C’est-à-dire, il existe une différence entre Tq.Hamra et toutes les autres accessions, puis Tq.Kahla et les autres. Enfin, Tq.Safra est différente de Tq.Beïda ainsi que les autres. Donc, chaque accession diffère des autres et dispose d’un nombre de pennes différent.

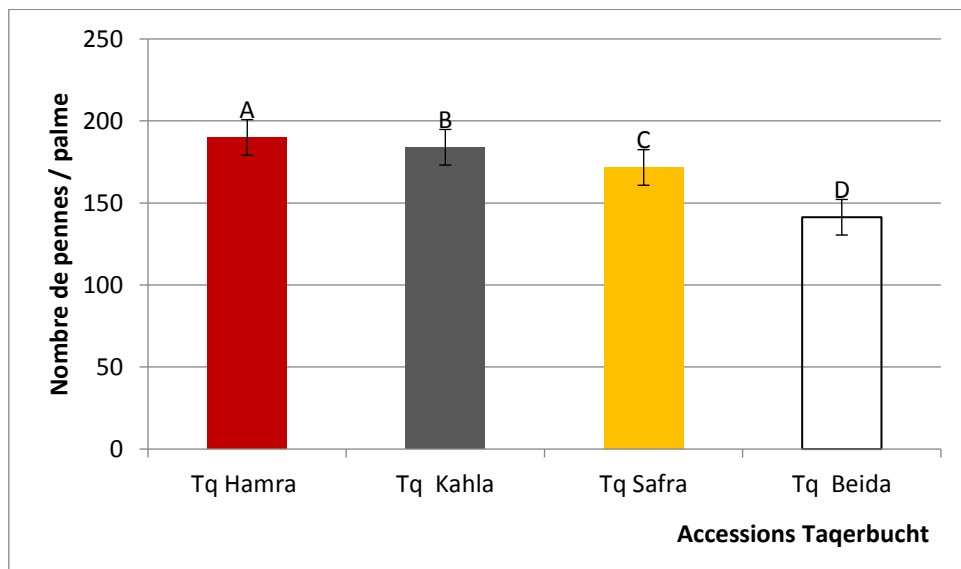
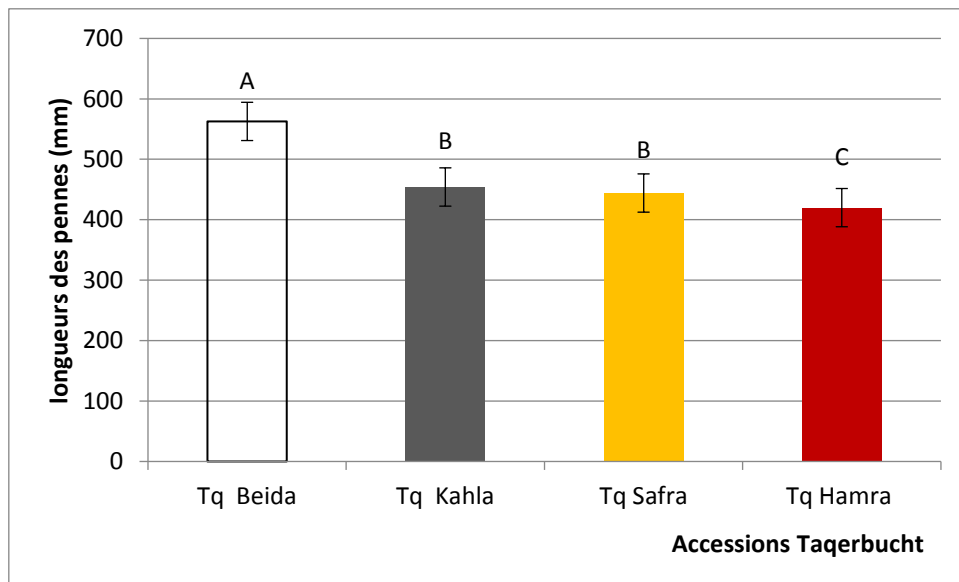


Figure 30 : Nombre de pennes par palme des différentes accessions.  $F_{ddl\ 3-6} = 69,641$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

### Longueur des pennes ‘LP’

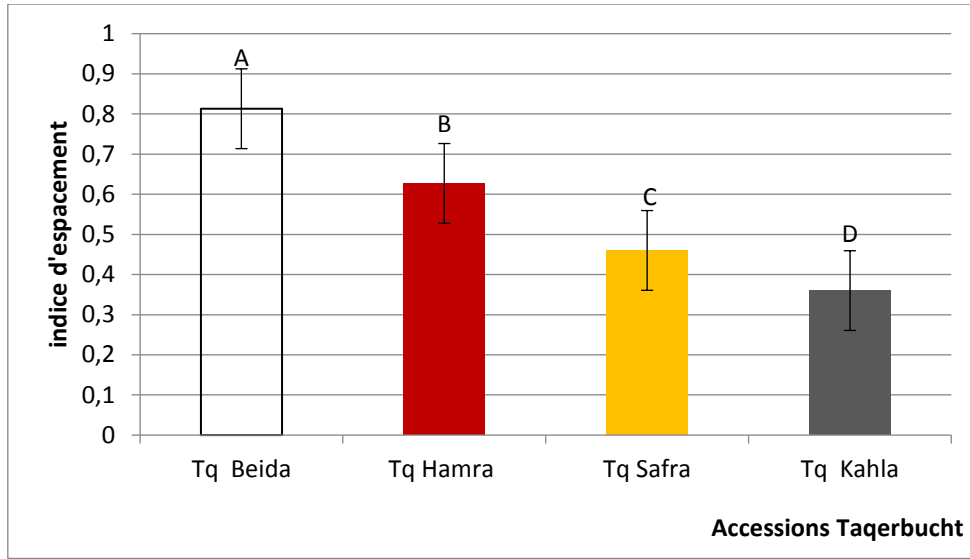
Les longueurs des pennes varient largement entre les quatre accessions avec une moyenne générale de l'ordre de 470,25 mm (Fig.31). L'écart type et le coefficient de variation sont respectivement de 17,57 mm et 3,65 %. L'analyse de la variance montre des effets très hautement significatives ( $p < 0,01$ ) entre les accessions, et la PPDS indique que les différences sont situées notamment entre Tq.Beïda et les autres accessions et aussi entre Tq.Hamra et les autres accessions. C'est-à-dire, il existe une différence entre Tq.Beïda et les trois autres : Tq.Kahla, Tq.Safra et Tq.Hamra; et aussi entre Tq.Kahla et Tq.Hamra et de même entre Tq.Safra et Tq.Hamra (Tableau 13).



**Figure 31** : Longueur de pennes des différentes accessions.  $F_{ddl\ 3-6} = 40,686$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

### Indice d'espacement 'IE'

L'indice d'espacement varie de 0,36 pour Tq.Kahla à 0,81 pour Tq.Beïda. La moyenne générale pour toutes les accessions est de l'ordre de 0,57. L'ANOVA montre des effets très hautement significative entre les accessions. Selon la PPDS, des différences significatives sont situées entre toutes les accessions. A fortiori, il existe une différence significative entre Tq.Beïda et toutes les autres accessions, et aussi entre Tq.Hamra et les autres. D'autant plus, l'indice d'espacement de Tq.Safra est différent de Tq.Kahla. Donc, chaque accession diffère des autres et dispose d'un L'indice d'espacement à part (Fig.32).



**Figure 32** : Indice d'espacement de palmes des 4 accessions

$F_{ddl\ 3-6} = 223,494$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

Les résultats récapitulatifs des analyses statistiques (Tableau 13) pour quelques paramètres de la palme ont montré que la plupart de ces paramètres présentent des différences très hautement significatives entre les accessions étudiées.

La comparaison des résultats morphométriques obtenus dans ce travail vis-à-vis des travaux des chercheurs dans ce domaine a révélé que la longueur totale moyenne de la palme, qui est de 347,3 cm, est nettement inférieure à 450 cm obtenue par Amari (2017) sur le cultivar Timliha à Adrar et 409,03 cm obtenue par Retima (2015) sur Mokh L'beghri et 580 cm obtenue par Idder et al. (2009) sur le cultivar Tamsrit à Ouargla.

La moyenne des largeurs des palmes est de 77,33 cm pour toutes les accessions. Cette valeur est supérieure à 64,33 cm chez Deglet El-oued et inférieure à 87,6 cm relative au cultivar Madani (Djoudi, 2013).

L'épaisseur du rachis a une moyenne générale de 2,16 cm. Ce résultat corrobore avec 2,6 et 2,56 cm sur les cultivars Tchitat et Deglet à El-Oued respectivement, alors qu'il est inférieur à 4,8 cm pour le cultivar Madani (Djoudi, 2013).

La moyenne générale de la largeur des palmes à la base du pétiole est de 11,70 cm. Celle-ci est nettement inférieure à 22,90 cm; 20,4 cm et 16,5 cm trouvés par Djoudi (2013) sur les cultivars Madani, Mokh L'beghri et Tichtat respectivement, alors qu'elle est supérieure à 7,2 cm chez Deglet L'mbarek obtenue par Retima (2015).

Le nombre des épines des quatre accessions a une moyenne générale de 42,25 épines. Celui-ci est largement supérieur à 32,3 épines trouvées par Hannachi (2012) et inférieur à 58 et 50 épines trouvés respectivement par Khettache (2003) et Rekis et Laiadi (2020) sur le cultivar Deglet Nour. La longueur moyenne de la partie épineuse des palmes est évaluée à 96,58 cm. Cette dernière est nettement supérieure à 84,8 cm obtenue par Badriani et Hamani (2019) chez le cultivar Bamekhlouf à Adrar et Mokh L'beghri avec 76,10 cm par Retima (2015) à Biskra.

La moyenne du nombre de pennes est de 171,75. Ce résultat est compatible avec celui de Hannachi (2012), qui est de 172,35 pennes, mais il est supérieur à 160, 161 et 165 pennes obtenus chez Deglet nour par Ayachi (2002), Khenfar (2004) et Debabache (2010) respectivement.

La longueur moyenne des pennes est de l'ordre de 470,25mm. Cette valeur est inférieure à 501,9 mm obtenue par Amari (2017), alors elle est largement supérieure à 120 pennes obtenues par Douib et Douba (2012) dans la région de Oued Souf.

La moyenne de l'indice d'espacement pour toutes les accessions est de l'ordre de 0,57. Cette valeur est supérieure à 0,36; 0,47; 0,41 obtenues par Djoudi (2013) sur Les cultivars Madani, Tichtat et Deglet à El-oued respectivement et surtout à 0.26 du cultivar L'mbarek.

**Tableau 13** : Résultats des analyses statistiques ayant porté sur les caractères de la palme

Paramètres	F obs	Ddl 1 & 2	Degré signification	Moyenne	Ecart type	CV	PPDS
Longueur de la palme	99,617	3 et 6	***	347,333	24,27	1,45	10,04
Largeur de la palme (cm)	30,626		***	77,33	8,26	3,71	5,74
épaisseur rachis (cm)	16,176		***	2,16	0,12	3,18	0,14
Largeur palme base pétiole (cm)	5,437		*	11,70	1,61	8,47	1,98
Nombre d'épine	10,667		*	42,25	3,17	5,74	4,85
Longueur partie épineuse	45,524		***	96,58	13,43	3,03	5,85
Epaisseur épine (mm)	18,945		***	7,88	0,59	4,40	0,69
Longueur d'épine (cm)	71,162		***	13,80	4,38	5,43	1,5
Nombre de pennes	69,641		***	171,75	9,35	2,62	8,98
Largeur de penne apicale	108,545		***	15,50	6,25	6,18	1,71
Longueur de penne apicale	15,858		***	21,67	0,59	5,00	8,16
Largeur de pennes (mm)	43,118		***	29,77	7,33	5,92	3,52
Longueur de pennes (mm)	40,686		***	470,25	17,57	3,65	34,32
Indice espacement	223,495		***	0,57	0,13	3,84	0,04

### 1-1-1-Matrice de corrélation

La matrice de corrélation a montré l'existence de corrélations positives entre certains paramètres et des corrélations négatives (Tableau 14). Selon le test de Pearson, cette matrice a révélé des corrélations significatives ( $P < 0,05$ ) et des corrélations hautement significatives ( $P < 0,01$ , chiffre gras). Les corrélations significatives ( $P < 0,05$ ) sont peu nombreuses. Elles ne dépassent pas 10 corrélations dont 06 sont de signes positifs.

**Tableau 14 :** Matrice de corrélation des résultats obtenus sur la palme

	LP	IP	LPBP	NEP	LPE	LE	NPE	IPA	LPA	IPE	LPN	IES
LP	1,000											
IP	-0,037	1,000										
LPBP	<u>0,655</u>	0,467	1,000									
NEP	0,472	-0,477	0,514	1,000								
LPE	0,394	<b>0,897</b>	<b>0,774</b>	-0,145	1,000							
LE	<u>0,643</u>	<u>0,634</u>	<b>0,969</b>	0,295	<b>0,899</b>	1,000						
NPE	<b>0,803</b>	-0,415	0,597	<b>0,898</b>	0,018	0,440	1,000					
IPA	-0,332	<b>-0,807</b>	-0,353	<u>0,572</u>	-0,823	<u>-0,571</u>	0,262	1,000				
LPA	<b>-0,810</b>	0,611	-0,287	<u>-0,705</u>	0,202	-0,167	<b>-0,908</b>	-0,241	1,000			
IPE	-0,224	<b>-0,966</b>	<u>-0,619</u>	0,352	<b>-0,975</b>	<b>-0,781</b>	0,202	<b>0,879</b>	-0,387	1,000		
LPN	<b>-0,846</b>	0,533	-0,411	<b>-0,766</b>	0,103	-0,284	<b>-0,955</b>	-0,215	<b>0,990</b>	-0,302	1,000	
IES	-0,204	<b>0,908</b>	0,091	<b>-0,798</b>	<u>0,696</u>	0,313	<u>-0,685</u>	<b>-0,849</b>	<b>0,717</b>	<b>-0,838</b>	<u>0,694</u>	1,000

**Chiffres gras:** Corrélation hautement significative ( $P < 0,01$ ), **Chiffres soulignés:** Corrélation significative ( $P < 0,05$ )

D'après la matrice de corrélation (Tableau 14), il existe des paramètres qui sont corrélés positivement et d'autres corrélés négativement, soit d'une manière significative ou hautement significative. Les paramètres corrélés positivement d'une manière significative sont : La longueur de la palme (LP) est corrélée à la fois avec la longueur de la palme à la base du pétiole (LPBP) et avec la longueur des épines (LE). La largeur de la palme (IP) est corrélée avec la longueur des épines (LE). De même, le nombre des épines (NEP) est corrélé avec la largeur de la penna apicale (IPA). La longueur de la partie épineuse (LPE) et la longueur des penes (LPN) sont corrélées avec l'indice d'espacement (IES). Les paramètres corrélés négativement sont : La longueur de la palme

à la base de pétiole (LPBP) et la largeur des pennes (IPE), le nombre des épines (NEP) et la longueur de la penne apicale (LPA), la longueur des épines (LE) et la largeur de la penne apicale (IPA), et en dernier lieu le nombre de pennes (NPE) et l'indice d'espacement (IES).

En outre, cette matrice a donné 22 corrélations hautement significatives dont 10 sont corrélées positivement. Ils sont la longueur de la palme (LP) et le nombre de pennes (NPE), la largeur de la palme (IP) est corrélée simultanément avec la Longueur de la partie épineuse (LPE) et l'indice d'espacement (IES). De même, La longueur de la palme à la base du pétiole (LPBP) est corrélée à la fois avec la longueur de la partie épineuse (LPE) et la longueur des épines (LE). Aussi, le nombre des épines (NEP) et le nombre de pennes (NPE), La longueur de la partie épineuse (LPE) et la longueur des épines (LE), la Largeur de la penne apicale (IPA) et la largeur des pennes (IPE). Enfin, la longueur des pennes (LPN) et l'indice d'espacement (IES) sont corrélés avec la longueur de la penne apicale (LPA).

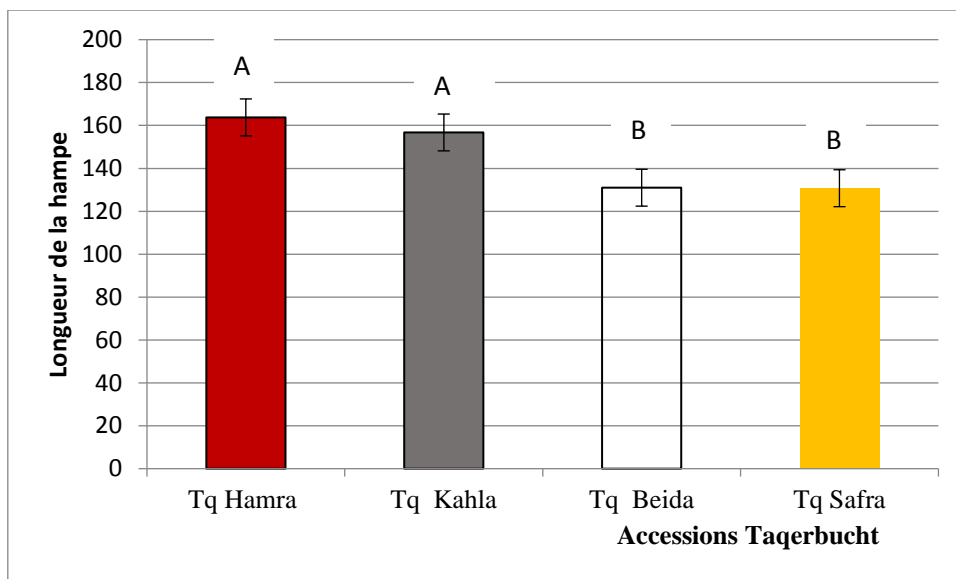
Les paramètres corrélés négativement sont : la longueur de la palme (LP) est corrélée simultanément avec la longueur de la penne apicale (LPA) et la longueur des pennes (LPN). Aussi, la largeur de la palme (IP) est corrélée à la fois avec la largeur de la penne apicale (IPA) et la largeur des pennes (IPE). De même, le nombre des épines (NEP) est corrélée à la fois avec la longueur des pennes (LPN) et l'indice d'espacement (IES). De même, pour le nombre de pennes (NPE) avec la longueur de la penne apicale (LPA) et la longueur des pennes (LPN).

En outre, cette matrice a révélé des corrélations individuelles telles que la longueur de la partie épineuse (LPE) et la largeur des pennes (IPE), la longueur des épines (LE) et la largeur des pennes (IPE), la largeur de la penne apicale (IPA) avec l'indice d'espacement (IES) et enfin la largeur des pennes (IPE) avec l'indice d'espacement (IES).

## **1-2-LES INFLORESCENCES**

### **Longueur de la hampe 'LHP'**

La longueur de la hampe varie de 130,8 cm pour Tq.Kahla à 163,8 cm pour Tq.Hamra avec une moyenne générale pour toutes les accessions estimée à 145,56 cm. Le coefficient de variation et l'écart type sont respectivement 7,89 % et 17,39 cm (Tableau 33). La différence entre accessions est significative. Selon la PPDS, des différences significatives sont situées entre Tq.Hamra et Tq.Kahla d'une part et les deux autres accessions à savoir, Tq.Beïda et Tq.Safra d'autre part. Mais, La longueur de la hampe chez Tq.Hamra est similaire à celle de Tq.Kahla et aussi Tq.Beïda et Tq.Safra, ce qui forme deux groupes homogènes (Fig.33).

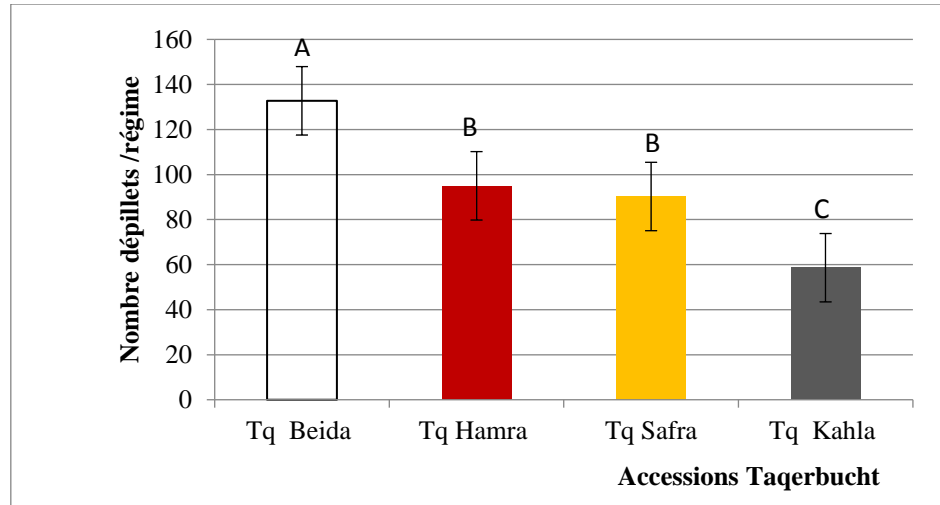


**Figure 33** : Longueur des hampes florales des différentes accessions

$F_{ddl\ 3-9}=3,183$  ;  $P<0,05$ , \*

#### Nombre d'épillets/régime 'NERG'

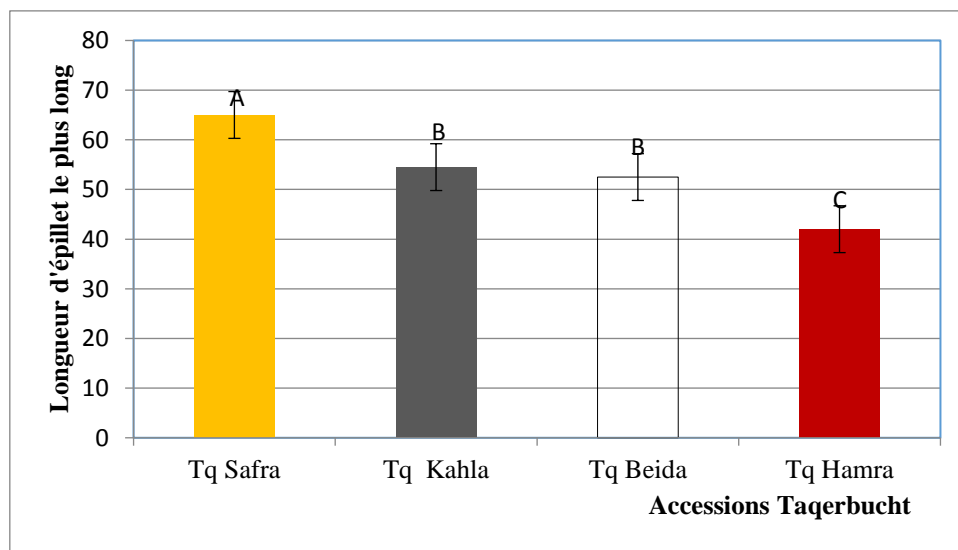
Nous avons noté une variabilité importante entre les accessions. Elle varie de 58,62 épillets par régime pour Tq.Kahla à 137,75 pour Tq.Beïda (Fig.34). Le coefficient de variation et l'écart type sont respectivement 8,35 % et 19,77 épillets. L'analyse de la variance pour ce paramètre a révélé un effet cultivar très hautement significatif. La comparaison des différences entre les moyennes du nombre d'épillets par régime pour les différentes accessions avec la PPDS montre que ces différences, sont situées parmi toutes les accessions, à l'exception de Tq.Safra et Tq.Hamra. En d'autre terme, la Tq.Beïda est différente de Tq.Hamra et Tq.Safra et aussi de Tq.Kahla. La Tq.Hamra et Tq.Safra sont simultanément différentes de Tq.Beïda et Tq.Kahla, et constituent un groupe homogène entre elles. En outre, le nombre d'épillets par régime chez Tq.Kahla est totalement différent par rapport à toutes les accessions (Tableau 15).



**Figure 34** : Nombre d'épillets/régime des différentes accessions  $F_{ddl\ 3-9} = 59,683$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

### Longueur d'épillet le plus long 'LEPL'

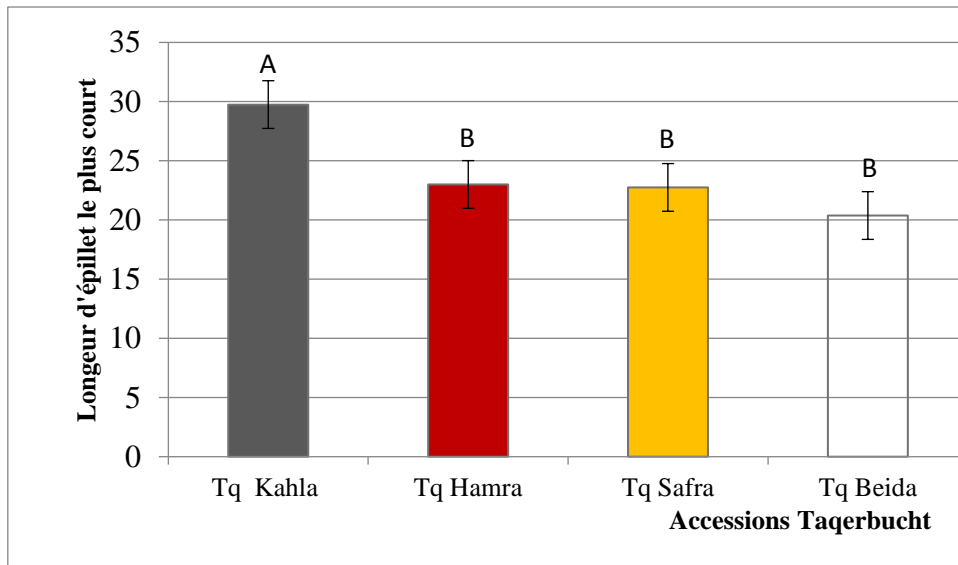
Une variabilité importante est enregistrée chez les longueurs d'épillet le plus long, allant de 42 cm pour Tq.Hamra, à 65 cm pour Tq.Safra, avec une longueur moyenne de 53,5 cm. Ceci a conduit à des différences très hautement significatives entre les cultivars étudiés, relatif à ce paramètre, à l'exception entre Tq.Kahla et Tq.Beida. En d'autre terme, la longueur d'épillet le plus long chez Tq.Safra est différente à celles de Tq.Kahla et Tq.Beida, et aussi de Tq.Hamra. La Tq.Kahla et Tq.Beida sont simultanément différentes de Tq.Safra et Tq.Hamra, et constituent un groupe homogène. Alors que, la Tq.Hamra est différente de toutes les accessions (Fig.35). Le coefficient de variation et l'écart type sont respectivement de 7,07 % et 11,51 cm (Tableau 15).



**Figure 35** : Longueur d'épillet le plus long des différentes accessions  $F_{ddl\ 3-9} = 24,887$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

**Longueur de l'épillet le plus court 'LEPC'**

Les longueurs des épillets les plus courts varient d'une accession à une autre. La plus petite valeur enregistrée est de 20,37 cm chez Tq.Beïda, alors que Tq.Kahla a eu la valeur la plus importante de 30 cm (Fig.36). Les longueurs de Tq.Safra et Tq.Hamra sont respectivement de 22,66 cm et 23 cm. Des différences très hautement significatives sont enregistrées pour la longueur d'épillet le plus court. La PPDS est de 2,75 cm, alors, il existe des différences significatives entre Tq.Kahla et les autres accessions. Les trois accessions, à savoir Tq.Kahla et Tq.Beïda ainsi que Tq.Hamra ont statistiquement les mêmes longueurs d'épillet le plus court et forment un seul groupe homogène. Le coefficient de variation, l'écart type et la moyenne sont respectivement de 7,18 %, 3,97 cm et 23,96 cm (Tableau 15). Il n'y a pas de différence significative intra accessions.



**Figure 36 :** Longueur de l'épillet le plus court des différentes accessions.  $F_{ddl\ 3-9}=21,964$  ;  $P<0,001$ , \*\*\*

**Longueur d'épillet avec fleur à la base 'LEAFB'**

La moyenne des longueurs des épillets avec fleur à la base de l'ensemble des accessions est de 31,04 cm (Fig. 37). La Tq.Hamra a enregistré la longueur la plus importante de l'épillet avec fleur à la base (36 cm). La longueur la plus courte est enregistrée chez la Tq.Safra avec 25,8 cm. La valeur de la PPDS est de 6,06 cm. Ceci montre qu'il existe des différences significatives entre Tq.Hamra et Tq.Beïda et Tq.Safra d'une part, et entre Tq.Kahla et Tq.Safra d'autre part. Le coefficient de variation et l'écart type sont respectivement 12,06 % et 5,43 cm (Tableau 15). La

Tq.Kahla est très proche de Tq.Beïda, celle-ci constitue un groupe homogène avec Tq.safra. La Tq.Hamra et Tq.Kahla forment aussi un autre groupe homogène.

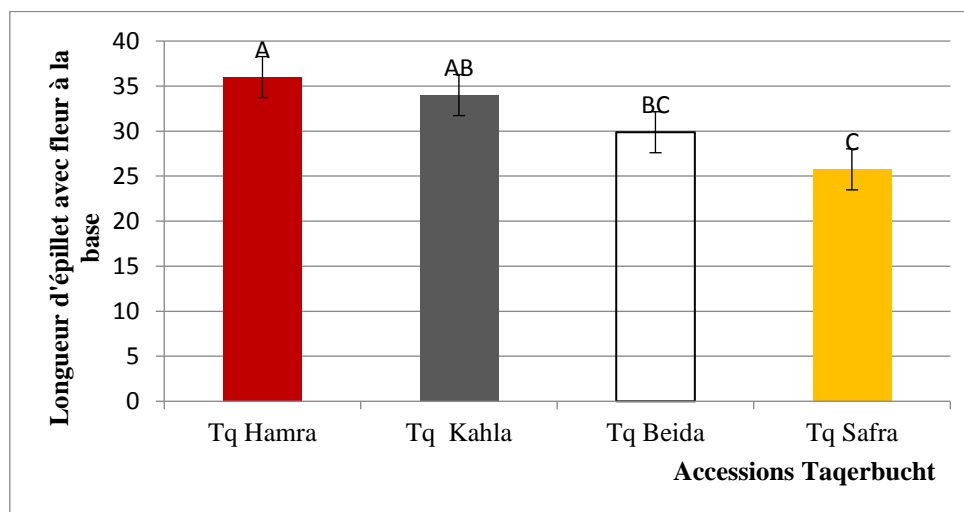


Figure 37 : Longueur d'épillet avec fleur à la base.  $F_{ddl\ 3-9}=5,7767$  ;  $P<0,05$ , \*

#### Longueur de l'épillet avec fleur au milieu 'LEAFM'

Il existe une variabilité sensible entre les différentes accessions, relatif à ce paramètre, allant de 22,6 à 27,5 cm (Fig.38). L'analyse de la variance indique qu'il n'y a pas d'effet significatif. Ceci montre que Tq.Kahla, Tq.Beïda et Tq.Hamra ainsi que Tq.Safra forment tous un groupe homogène. Le coefficient de variation et l'écart-type sont respectivement de 9,93 % et 2,46 cm et la moyenne des accessions est de 25 cm (Tableau 15).

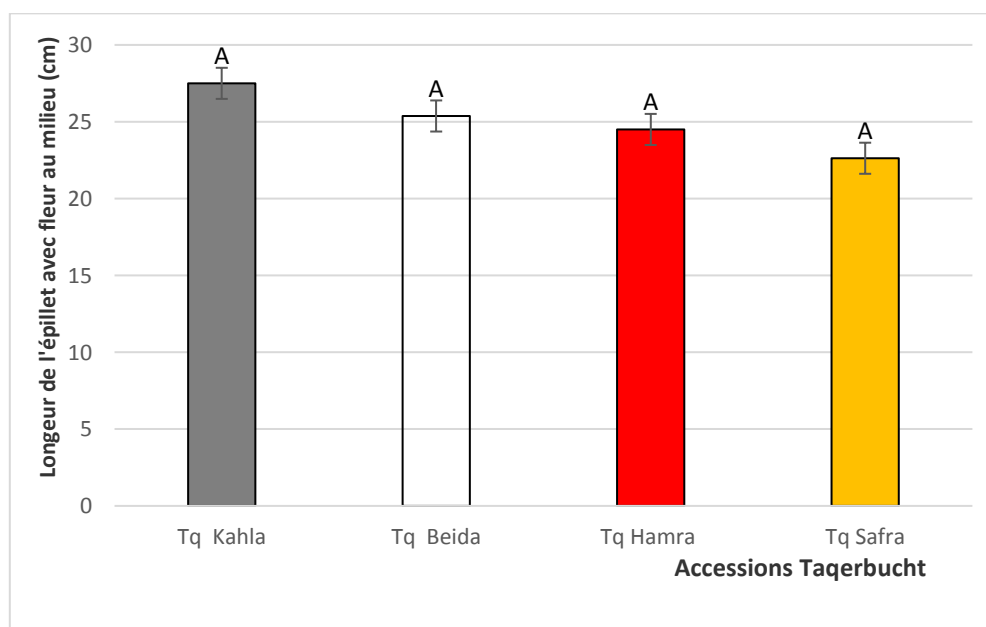


Figure 38 : Longueur de l'épillet avec fleur au milieu des inflorescences.  $F_{ddl\ 3-9}= 2,655$  ;  $P> 0,05$

### Longueur de l'épillet avec fleur au sommet 'LEFS'

La longueur de l'épillet avec fleur au sommet fluctue entre 16 à 20 cm (Fig.39). L'analyse de la variance indique qu'il n'y a pas d'effet significatif entre les longueurs de l'épillet avec fleur au sommet, et ce, malgré l'existence d'une variabilité claire entre les différentes accessions. Ceci indique qu'il n'y a pas de différence significative entre Tq.Kahla, Tq.Beïda et Tq.Hamra, ainsi que Tq.Safra, et forment tous un groupe homogène. Le coefficient de variation et l'écart-type sont respectivement de 14,41 % et 1,46 cm. La moyenne des quatre accessions est de 18,09 cm. (Tableau 15).

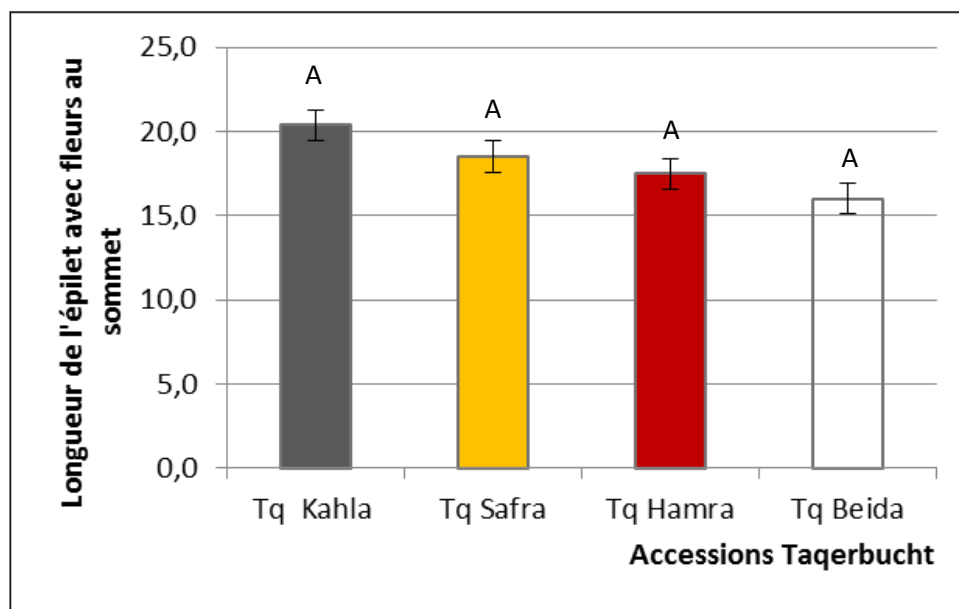
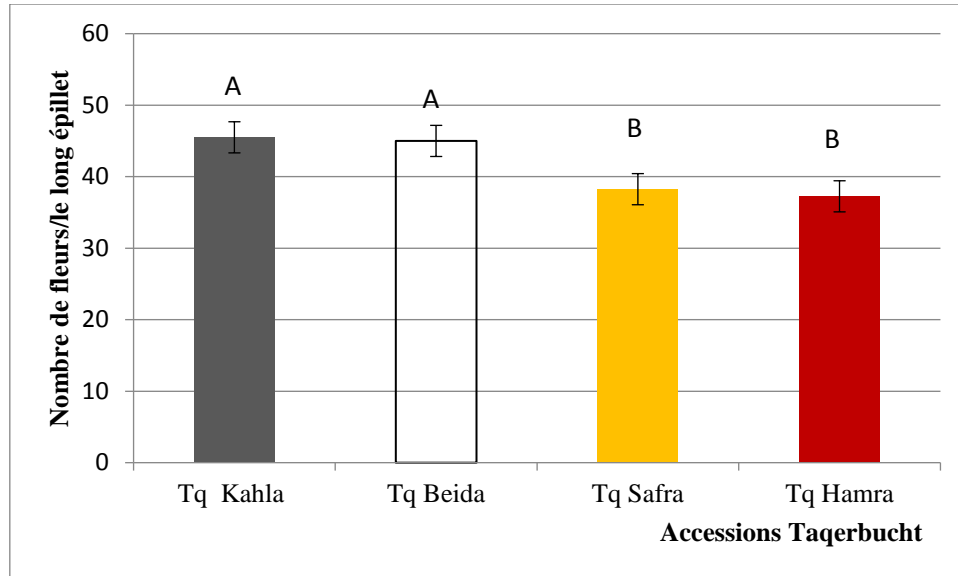


Figure 39 : Longueur de l'épillet avec fleur au sommet des accessions.  $F_{ddl\ 3-9} = 1,983$  ;  $P > 0,05$

### Nombre de fleurs par épillet le plus long 'NFEL'

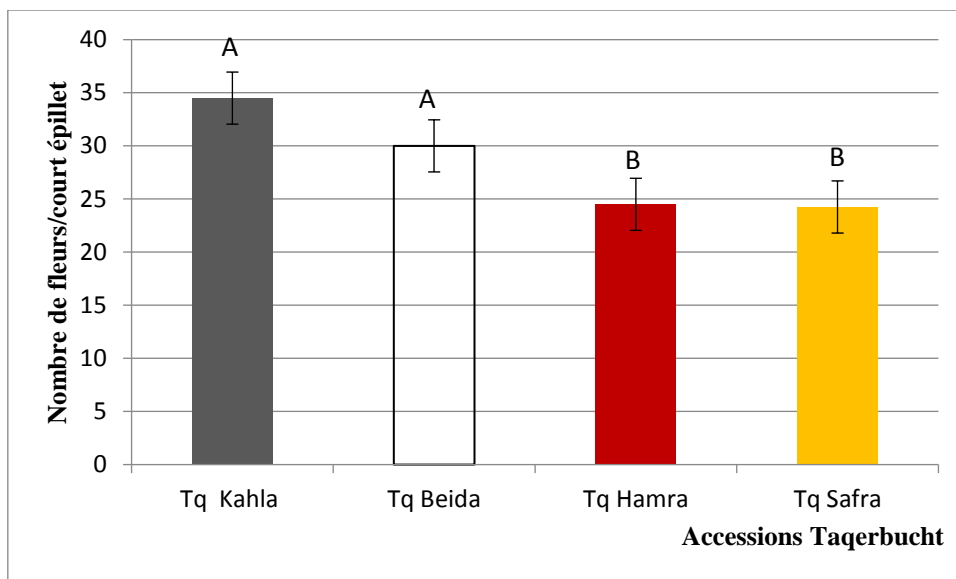
Le nombre moyen de fleurs par épillet le plus long est 41,5 fleurs avec une variabilité importante entre les différentes accessions (Fig.40). A cet effet, l'ANOVA a révélé un effet hautement significatif. La valeur de la PPDS ( $< 0,05$ ) montre qu'il y a des différences significatives entre Tq.Kahla et Tq.Beïda d'un côté et Tq.Safra et Tq.Hamra de l'autre côté. Nous pouvons dire aussi que la Tq.Kahla est différente de Tq.Hamra et de Tq.Safra ; de même, Tq.Beïda est différente de Tq.Safra et de Tq.Hamra. Alors que, Tq.Kahla et Tq.Beïda constituent un groupe homogène d'une part et Tq.Safra et Tq.Hamra constituent un groupe homogène d'autre part. Le coefficient de variation et l'écart-type sont respectivement de 6,67 % et 5,5 fleurs (Tableau 15).



**Figure 40** : Nombre de fleurs par épillet le plus long.  $F_{ddl\ 3-9} = 9,891$  ;  $P < 0,01$ , \*\*

#### Nombre de fleurs par épillet le plus court 'NFEC'

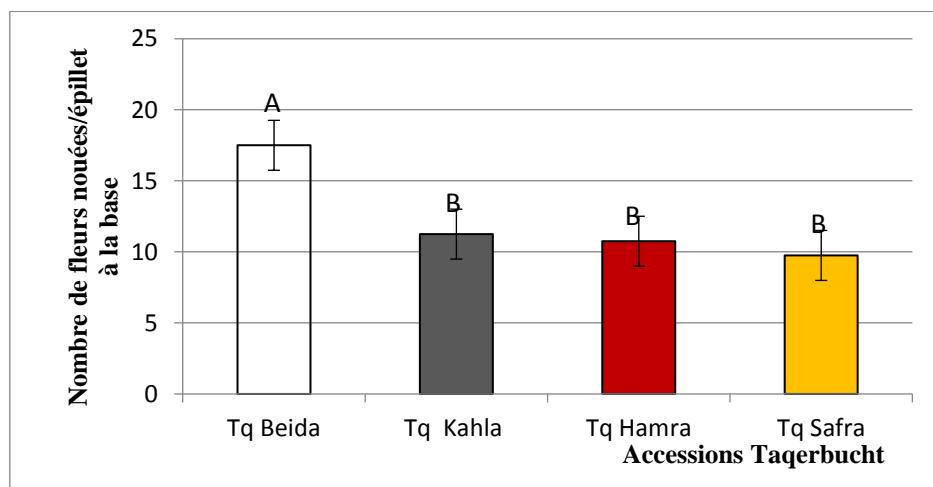
Une variabilité importante est enregistrée chez le nombre de fleurs par épillet le plus court, allant de 24,3 fleurs (Tq.Safra) à 34,5 fleurs (Tq.Kahla) et des différences hautement significatives sont signalées (Fig.41). La valeur de la PPDS est de 6,4 fleurs. Cette valeur montre des différences significatives entre Tq.Kahla et Tq.Beïda d'une part et les deux autres accessions : Tq.Hamra et Tq.Safra d'autre part. C'est-à-dire, le nombre de fleurs par épillet le plus court de Tq.Kahla est différent de Tq.Safra et de Tq.Hamra; de même, Tq.Beïda est différente de Tq.Safra et de Tq.Hamra. Donc, la Tq.Kahla et la Tq.Beïda forment un groupe homogène d'une part, alors que Tq.Safra et Tq.Hamra constituent un autre groupe homogène d'autre part. Le nombre moyen de fleurs par épillet le plus court est de 28,31 fleurs. Le coefficient de variation et l'écart type sont respectivement de 14,13 % et 5,85 fleurs (Tableau 15).



**Figure 41** : Nombre de fleurs par épillet le plus court des différentes accessions.  $F_{ddl\ 3-9}=6,012$  ;  $P<0,05$ , \*

#### Nombre de fleurs nouées par épillet à la base ‘NFN/EB’

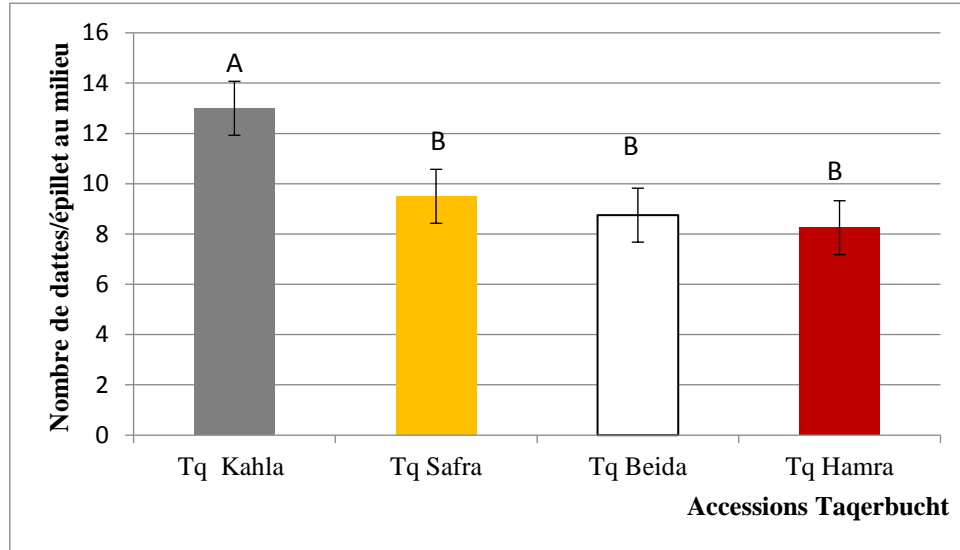
Le nombre le plus élevé de fleurs nouées par épillet à la base est observé sur la Tq.Beïda (Fig.42). Selon l’ANOVA, des différences hautement significatives sont signalées. La valeur de la PPDS ( $<0,05$ ) est 2,65 fleurs, ceci montre qu’il y a une différence significative, notamment entre Tq.Beïda et les autres accessions, alors que Tq.Kahla et Tq.Hamra ainsi que Tq.Safra forment tous un groupe homogène. Les valeurs de l’écart-type et le coefficient de variation sont respectivement de 0,76 % et 13 fleurs, avec un nombre moyen de fleurs nouées par épillet à la base est de 12,31 fleurs (Tableau 15).



**Figure 42** : Nombre de fleurs nouées/épillet à la base des différentes accessions.  $F_{ddl\ 3-9}= 19,276$  ;  $P<0,001$ , \*\*\*

**Nombre de dattes par épillet au milieu ‘ND/EM’**

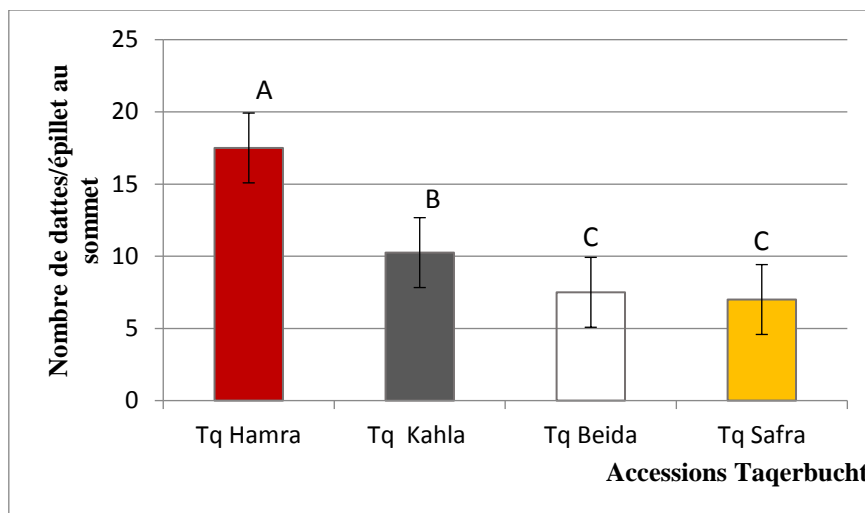
Selon ANOVA, des effets hautement significatifs sont soulignés par rapport à ce paramètre. Selon la valeur de la PPDS (3,04 dattes), il y a une différence entre Tq.Kahla et les autres accessions, alors que Tq.Safra et Tq.Beïda ainsi que Tq.Hamra forment un seul groupe homogène (Tableau 15). Les valeurs du nombre moyen de dattes par épillet au milieu, l'écart type et le coefficient de variation sont respectivement 2,46 %, 13,4 et 9,87 dattes (Fig.43).



**Figure 43** : Nombre de dattes/épillet au milieu des accessions.  $F_{ddl\ 3-9}=10,523$  ;  $P<0,01$ , \*\*

**Nombre de dattes par épillet au sommet ‘ND/ES’**

Le nombre de dattes par épillet au sommet enregistré est très variable. Il fluctue entre 07 chez Tq.Safra à 17,5 dattes chez Tq.Hamra (Fig.44). Des effets très hautement significatifs sont soulignés par rapport à ce paramètre. Selon la valeur de la PPDS (1,47 dattes), des différences significatives sont situées notamment entre Tq.Hamra et les autres accessions (Tableau 15). La Tq.Kahla est différente de Tq.Hamra et Tq.Beïda puis Tq.Safra. Alors que, la Tq.Beïda et Tq.Safra constituent un groupe homogène. Les valeurs de l'écart type et le coefficient de variation sont respectivement 1,75 % et 8,68 dattes, avec un nombre moyen de dattes par épillet au sommet de 10,56 dattes.



**Figure 44** : Nombre de dattes par épiillet au sommet des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=111,545$  ;  $P<0,001$ , \*\*\*

La comparaison des résultats des paramètres des inflorescences des accessions étudiées avec ceux trouvés par d'autres chercheurs a révélé des ressemblances, mais aussi des divergences importantes. Dans cette étude, la longueur moyenne de la hampe des accessions, qui est de l'ordre de 145,56 cm est inférieure à 195 cm chez Deglet nour et 183cm chez Litima (Atallaoui et *al.* 2015).

Le nombre moyen d'épillets par régime est évalué à 94,15 épillets par régime. Cette valeur est située entre 34,33 épillets et 108 épillets trouvées par Bedjaoui (2019) chez les cultivars Halwa et Tichtat respectivement.

La longueur moyenne d'épiillet le plus long est de 53,5 cm. Tandis que Atallaoui et *al.* (2015) ont trouvé des épillets de 69 cm chez le cultivar Deglet nour et de 50 cm chez Litima. La longueur moyenne des épillets les plus courts est de 24,0075 cm. Cette valeur est très proche à 25,98 cm de Deglet Nour obtenue par Retima (2015).

La Longueur moyenne de l'épiillet avec fleur à la base est de 31,04 cm. Ce résultat avoisine les 30 cm obtenu par Difli et Fattouche (2019) sur les cultivars Deglet Nour, Mech Degla et Ghars de Biskra.

La Longueur moyenne d'épiillet avec fleur au milieu est de 25,05 cm. Ce résultat est supérieur à ce, obtenu par Difli et Fattouche (2019), qui est de l'ordre de 20 cm sur les cultivars Deglet Nour, Mech Degla et Ghars au Sud-Est Algérien.

La longueur de l'épiillet avec fleur au sommet est de 18 cm. Celui-ci est supérieur à 15 cm trouvé par Difli et Fattouche (2019) sur les cultivars Deglet Nour, Mech Degla et Ghars.

Le nombre moyen de fleurs par épillet le plus long est de 41,5 fleurs. Ce résultat ne concorde pas avec ceux de Zaid et Wet (1999b). Ces derniers ont constaté que le nombre de fleurs observé chez les cultivars de palmier dattier n'est pas moins de 50 à 60 fleurs par épillets.

Le nombre moyen de fleurs nouées par épillet à la base est de 12,31 fleurs. Cette valeur est très proche à celle trouvée par Retima (2015) qui est 12,33 fleurs.

En ce qui concerne le nombre moyen de dattes par épillet au milieu, Debabache (2010) a compté 7,03 dattes/épillet. Cette valeur se rapproche, dans une certaine mesure à nos résultats (9,87 dattes) relevée sur les accessions de Taqerbucht. Alors que, le nombre moyen de dattes par épillet au sommet, qui est de 10,56 dattes est inférieur à ce enregistré par Retima (2015) sur les cultivars : Deglet M'barek avec 24,75 suivie par Ksebet Mira (21,25) et Mokh L'beghri (20).

**Tableau 15.** Récapitulation des résultats de l'ANOVA des inflorescences

	Paramètres	F obs	ddl 1et 2	PPD S 5%	Moyenne	Ecart- type	CV	Signification	PPDS
01	Largeur de spathe	17,3	3 - 9	0,8	9,57	0,55	5,27	***	1,16
02	Longueur de hampe				145,56	17,39	7,89	***	26,39
03	Largeur de hampe	32,397		11,65	57,43	25,28	12,68	***	7,74
04	Epaisseur de hampe	18,394		3,36	23,03	5,51	8,82	***	4,67
05	Nombre d'épillet/régime	59,684		12,54	94,15	19,77	8,35	***	18,07
06	Longueur d'épillet plus long	24,887		6,04	53,5	11,51	7,07	***	8,68
07	Longueur d'épillet plus court	21,964		2,75	23,96	3,97	7,18	***	3,95
08	Longueur épillet sans fruit à base	17,101		4,47	20,59	5,48	10,52	***	4,98
09	Longueur épillet sans fruit milieu	8,647		3,70	14,03	4,89	20,93	***	6,75
10	Longueur épillet sans fruit sommet	9,142		2,13	6,96	2,46	19,07	***	3,05
11	Longueur épillet avec fleur à base	5,777		6,1	31,40	5,43	12,06	**	6,06
12	Longueur épillet avec fleur au milieu	2,655			25,00	2,46	9,93	NS	
13	Longueur épillet avec fleur sommet	1,983			18,09	1,46	14,41	NS	
14	Nombre fleurs/épillets plus long	9,891		4,43	41,5	5,5	6,67	***	6,36
15	Nombre fleurs/épillet plus court	6,012		6,4	28,31	5,85	14,13	**	6,4
16	Nombre fleur nouées/épillet à base	19,276		2,65	12,31	0,76	13	***	3,68
17	Nombre dattes/épillet au milieu	10,524		2,12	9,87	2,46	13,4	***	3,04
18	Nombre dattes/épillet au sommet	111,54		1,47	10,56	1,75	8,68	***	2,11
19	Nombre de fleur/épillet au milieu	7,840		2,72	38,31	6,08	9,33	***	8,22

### 1-2-1-Matrice de corrélation

Le test de Pearson a révélé des corrélations significatives et des corrélations hautement significatives. Certaines d'entre elles sont de signes positifs alors que d'autres sont de signes négatifs (Tableau 16).

**Tableau 16 :** Matrice de corrélation des résultats obtenus sur les inflorescences

Pr	LSH	ISH	LHP	IHP	EHP	LRHP	NE/RG	LEPL	LEPC	LESFB	LEAFM	LESFS	LEAF	LEFM	LEAFS	NF/EL	NF/E	NFN/EB	ND/EM	NF/E	NF/EM
LSH	<b>1,00</b>																				
ISH	<u>-0,35</u>	<b>1,00</b>																			
LHP	<b>-0,62</b>	<b>0,61</b>	<b>1,00</b>																		
IHP	0,20	<u>0,45</u>	<b>0,65</b>	<b>1,00</b>																	
EHP	-0,01	0,27	<b>0,77</b>	<b>0,93</b>	<b>1,00</b>																
LRHP	<u>0,51</u>	0,16	0,36	<b>0,93</b>	<b>0,84</b>	<b>1,00</b>															
NE/RG	<b>0,95</b>	<b>-0,56</b>	<b>-0,57</b>	0,20	0,09	<b>0,54</b>	<b>1,00</b>														
LEPL	-0,14	0,29	<b>0,83</b>	<b>0,88</b>	<b>0,99</b>	<b>0,77</b>	-0,02	<b>1,00</b>													
LEPC	<b>-0,99</b>	0,26	<b>0,56</b>	-0,26	-0,02	<b>-0,55</b>	<b>-0,93</b>	0,11	<b>1,00</b>												
LESFB	0,12	0,27	<b>0,69</b>	<b>0,96</b>	<b>0,99</b>	<b>0,91</b>	0,20	<b>0,96</b>	-0,16	<b>1,00</b>											
LEAFM	0,43	-0,03	0,39	<b>0,88</b>	<b>0,89</b>	<b>0,96</b>	<u>0,54</u>	<b>0,83</b>	-0,45	<b>0,93</b>	<b>1,00</b>										
LESFS	<u>-0,49</u>	-0,09	<b>0,74</b>	0,41	<b>0,72</b>	0,29	-0,25	<b>0,79</b>	0,51	<b>0,62</b>	0,49	<b>1,00</b>									
LEAFB	<u>-0,44</u>	0,31	<b>0,93</b>	<b>0,71</b>	<b>0,90</b>	<u>0,52</u>	-0,30	<b>0,95</b>	0,42	<b>0,83</b>	<b>0,62</b>	<b>0,90</b>	<b>1,00</b>								
LEFM	<b>-0,62</b>	-0,34	<u>0,47</u>	-0,06	0,32	-0,15	-0,36	0,41	<b>0,67</b>	0,19	0,10	<b>0,89</b>	<b>0,62</b>	<b>1,00</b>							
LEAFS	<b>-0,95</b>	0,42	0,41	-0,39	-0,26	-0,69	<b>-0,98</b>	-0,14	<b>0,94</b>	-0,37	<b>-0,67</b>	0,18	0,16	0,38	<b>1,00</b>						
NF/EL	-0,26	<b>-0,80</b>	-0,16	<u>-0,49</u>	-0,15	-0,39	0,01	-0,09	0,35	-0,23	-0,13	<u>0,50</u>	0,07	<b>0,80</b>	0,13	<b>1,00</b>					
NF/EC	<b>-0,57</b>	<b>-0,55</b>	0,14	-0,42	-0,04	-0,44	-0,32	0,05	<b>0,65</b>	-0,16	-0,19	<b>0,66</b>	0,28	<b>0,93</b>	0,41	<b>0,94</b>	<b>1,00</b>				
NFN/EB	<b>0,55</b>	<b>-0,91</b>	-0,43	-0,05	0,10	0,27	<b>0,77</b>	0,05	<u>-0,47</u>	0,13	<u>0,44</u>	0,23	-0,07	0,29	<b>-0,69</b>	<b>0,63</b>	0,36	<b>1,00</b>			
ND/EM	<b>-0,89</b>	-0,06	0,25	<b>-0,57</b>	-0,30	<b>-0,76</b>	<b>-0,79</b>	-0,17	<b>0,93</b>	-0,43	<b>-0,61</b>	0,39	0,15	<b>0,70</b>	<b>0,87</b>	<b>0,60</b>	<b>0,80</b>	-0,25	<b>1,00</b>		
NF/ES	<b>0,73</b>	<b>-0,89</b>	<b>-0,78</b>	-0,29	-0,27	0,07	<b>0,85</b>	-0,35	<b>-0,66</b>	-0,21	0,16	-0,23	<u>-0,50</u>	-0,09	<b>-0,73</b>	<b>0,45</b>	0,11	<b>0,89</b>	-0,37	<b>1,00</b>	
NF/EM	-0,28	-0,04	<b>0,74</b>	<b>0,62</b>	<b>0,87</b>	<u>0,54</u>	-0,06	<b>0,91</b>	0,29	<b>0,80</b>	<b>0,70</b>	<b>0,96</b>	<b>0,93</b>	<b>0,74</b>	-0,04	0,34	0,46	0,28	0,13	-0,17	<b>1,00</b>

**Chiffres gras :** Corrélations hautement significatives (P<0,0 1) **Chiffres soulignés :** Corrélations significatives P<0,0 5)

Les paramètres corrélés significativement à signes positifs sont la longueur de la spathe (LSH) et la longueur ramifiée de la hampe (LRHP), la largeur de la hampe (IPH), la longueur de la hampe (LHP) et la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM). Aussi, la longueur ramifiée de la hampe (LRHP) est corrélée à la fois avec la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) et le nombre de dattes/épillet au milieu (ND/EM). Le nombre d'épillet par régime (NE/RG) et la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM) et le nombre de fleurs nouées/épillet à base (NFN/EB). La longueur d'épillet sans fleur au sommet (LESFS) et le nombre de fleurs par épillet le plus long (NF/EL).

Les paramètres corrélés significativement à signes négatifs sont : la longueur de la spathe (LSH) est corrélée à la fois avec la largeur de spathe (ISH). La longueur ramifiée de la hampe (LRHP) et la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB). Aussi, la largeur de la hampe (IHP) et le nombre de fleurs par épillet le plus long (NF/EL). Ainsi, la longueur d'épillet le plus court (LEPC) et le nombre de fleurs nouées/épillet à la base (NFN/EB). De même la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) et le nombre de dattes par épillet au sommet (NF/ES).

**Les corrélations hautement significatives à signes positifs sont :**

La longueur de la spathe (LSH) est corrélée à la fois avec le nombre d'épillet/régime (NE/RG), le nombre de fleurs nouées par épillet à la base (NFN/EB) et le nombre de dattes par épillet au sommet (NF/ES). De même, la longueur de la hampe (LHP) est corrélée respectivement avec la largeur de la hampe (IHP), l'épaisseur de la hampe (EHP), la longueur d'épillet le plus long (LEPL), la longueur d'épillet le plus court (LEPC), la longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB), la longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS) et le nombre de fleurs/épillet au milieu (ND/EM).

La largeur de la hampe (IHP) est corrélée consécutivement avec l'épaisseur de la hampe (EHP), la longueur ramifiée de la hampe (LRHP), la longueur d'épillet le plus long (LEPL), la longueur d'épillet le plus court (LEPC), la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM), la longueur d'épillet avec fleur à la base (LEAFB) et le nombre de fleurs/épillet au milieu (NF/EM).

L'épaisseur de la hampe (EHP) est corrélée simultanément avec la longueur ramifiée de la hampe (LRHP), la longueur d'épillet le plus long (LEPL), la longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB), la longueur d'épillet avec fleur au milieu (LEAFM), la longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS), la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) ainsi que le nombre de fleurs par épillet au milieu (NF/EM).

La longueur ramifiée de la hampe (LRHP) est corrélée simultanément avec le nombre d'épillet par régime (NE/RG), la longueur d'épillet le plus long (LEPL), la longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB) et la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM).

Le nombre d'épillet par régime (NE/RG) est corrélée avec le nombre de fleurs nouées par épillet à la base (NFN/EB) et le nombre de dattes par épillet au sommet (NF/ES).

La longueur d'épillet le plus long (LEPL) est corrélée en même temps avec la longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB), la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM), la longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS), la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) et le nombre de fleurs/épillet au milieu (NF/EM).

La longueur d'épillet le plus court (LEPC) est corrélée à la fois avec la longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB), la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM), la longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS), le nombre de fleurs par épillet le plus court (NF/EC) et le nombre de fleurs par épillet au milieu (ND/EM).

La longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB) est corrélée en même temps avec la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM), la longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS), la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) et le nombre de fleurs par épillet au milieu (NF/EM).

La largeur de la spathe (ISH) est corrélée avec longueur de la hampe (LHP). La longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM) est corrélée à la fois avec la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) et le nombre de fleurs par épillet au milieu (NF/EM).

La longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS) est corrélée en même temps avec la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB), la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM), le nombre de fleurs par épillet le plus court (NF/EC) et le nombre de fleurs par épillet au milieu (NF/EM).

La longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) est corrélée avec la longueur de la hampe (LHP), la largeur de la hampe (IHP), l'épaisseur de la hampe (EHP), la longueur d'épillet le plus long (LEPL), la longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB) et nombre de fleurs par épillets au milieu (NF/EM).

La longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM) est corrélée avec la longueur d'épillet le plus court (LEPC), la longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS), la longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS) et le nombre de fleurs par épillets au milieu (NF/EM).

La longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS) est corrélée avec la longueur d'épillet le plus court (LEPC) et le nombre de dattes par épillet au milieu (ND/EM).

Le nombre de fleurs par épillets le plus long (NF/EL) est corrélé avec le nombre de fleurs par épillet le plus court (NF/EC), le nombre de dattes par épillet au milieu (ND/EM), le nombre de fleurs nouées par épillet à la base (NFN/EB) et le nombre de fleurs par épillet au milieu (NF/ES).

Le nombre de fleurs par épillet le plus court (NF/EC) est corrélé avec la longueur d'épillet le plus court (LEPC), la longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS), la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM) et le nombre de fleurs par épillet le plus long (NF/EL)

Le nombre de fleurs nouées par épillet à la base (NFN/EB) est corrélé à la fois avec la longueur de la spathe (LSH), le nombre d'épillet par régime (NE/RG), le nombre de fleurs par épillet le plus court (NF/EC) et le nombre de fleurs dattes par épillet au milieu (ND/EM).

Le nombre de dattes par épillet au milieu (ND/EM) est corrélé avec la longueur d'épillet le plus court (LEPC), la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM), la longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS), le nombre de fleurs par épillet le plus long (NF/EL), le nombre de fleurs par épillet le plus court (NF/EC), le nombre de fleurs nouées par épillet à la base (NFN/EB) et le nombre de fleurs par épillet au sommet (NF/ES).

Le nombre de fleurs par épillet au sommet (NF/ES) est corrélé avec la longueur de la spathe (LSH), le nombre d'épillet par régime (NE/RG), le nombre de fleurs par épillet le plus long (NF/EL) et le nombre de dattes par épillet au milieu (ND/EM).

Le nombre de fleurs par épillet au milieu (NF/EM) est corrélé à la fois avec la longueur de la hampe (LHP), la largeur de la hampe (IHP), l'épaisseur de la hampe (EHP), la longueur d'épillet le plus long (LEPL), la longueur d'épillet sans fleurs à la base (LESFB), la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM), la longueur d'épillet sans fleurs au sommet (LESFS), la longueur d'épillet avec fleurs à la base (LEAFB) et la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM).

Les corrélations hautement significatives à signes négatifs sont les suivantes :

La longueur de la spathe (LSH) est corrélée simultanément avec la longueur de la hampe (LHP). La longueur d'épillet le plus court, la longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEFM), la longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS), le nombre de fleurs par épillet le plus court (NF/EC), la longueur d'épillet le plus court (LEPC) ainsi que le nombre de fleurs par épillet au milieu (NF/EM). La largeur de la spathe (ISH) est corrélée simultanément avec le nombre d'épillet par régime (NE/RG), le nombre de fleurs par épillets le plus long (NF/EL), le nombre de fleurs par

épillet le plus court (NF/EC), le nombre de fleurs nouées par épillet à la base (NFN/EB) ainsi que le nombre de dattes par épillet au sommet (NF/ES).

La longueur de la hampe (LHP) est corrélée à la fois avec le nombre d'épillet par régime (NE/RG) et le nombre de dattes/épillet au sommet (NF/ES).

La longueur ramifiée de la hampe (LRHP) est corrélée en même temps avec la longueur d'épillet le plus court (LEPC) et le nombre de dattes par épillet au milieu (ND/EM).

Le nombre d'épillet par régime (NE/RG) est corrélé simultanément avec la longueur d'épillet le plus court (LEPC), la longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS) ainsi que le nombre de dattes par épillet au milieu (ND/EM).

La longueur d'épillet le plus court (LEPC) est corrélée avec le nombre de dattes par épillet au sommet (NF/ES).

La longueur d'épillet avec fleurs au milieu (LEAFM) est corrélée à la fois avec la longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS) et le nombre de dattes par épillet au milieu (ND/EM).

La longueur d'épillet avec fleurs au sommet (LEAFS) est corrélée en même temps avec le nombre de fleurs nouées par épillet à la base (NFN/EB) et le nombre de dattes par épillet au sommet (NF/ES).

### **1-3- LES FRUITS (Dattes)**

#### **Poids du fruit 'PF'**

Le poids du fruit le plus important enregistré est de 15,44 g chez la datte de Tq.Hamra, suivi de Tq.Kahla avec 12,23 g. (Fig.45). La moyenne du Poids des fruits des accessions est de 12,4 g. L'ANOVA a révélé un effet hautement significatif sur le poids de fruits des différentes accessions. La valeur de la PPDS est de 1,83 g. Par conséquent, des différences significatives sont enregistrées entre Tq.Hamra et les autres accessions, ainsi que entre Tq.Beida et Tq.Kahla. La Tq.kahla et la Tq.safra peuvent constituer un groupe homogène d'une part, d'autant plus la Tq.Beida et la Tq.Safra peuvent également faire un groupe homogène d'autre part. Le coefficient de variation et l'écart-type sont respectivement 2,46 % et 2,26 g. (Tableau 17). La Tq.Kahla et Tq.Safra semblent avoir le même sort. De même, Tq.Safra et Tq.Beida ont des poids similaires.

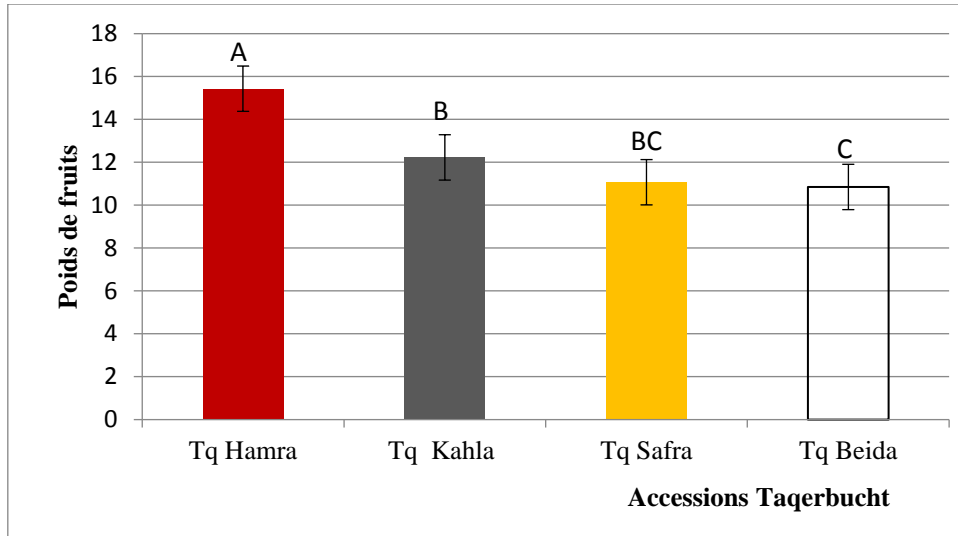


Figure 45 : Poids des fruits des accessions de Tagerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=28,27$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

### Épaisseur de la chair ‘EC’

L'épaisseur de la chair des 4 accessions varie de 8 mm pour Tq.Kahla à 5,12 mm pour Tq.Hamra. La moyenne de l'épaisseur de la chair des accessions étudiées est de 6,45 mm (Fig.46). L'ANOVA a révélé un effet cultivar hautement significatif. Selon la PPDS, des différences sont situées particulièrement entre Tq.Kahla et les autres accessions. Ainsi, l'épaisseur de la chair de Tq.Safra est différente à celles de Tq.Beïda et Tq.Hamra. Tandis que, la Tq.Beïda et Tq.Hamra forment un groupe homogène. Le coefficient de variation et l'écart-type sont respectivement de 1,44 % et 9,64 mm (Tableau 17).

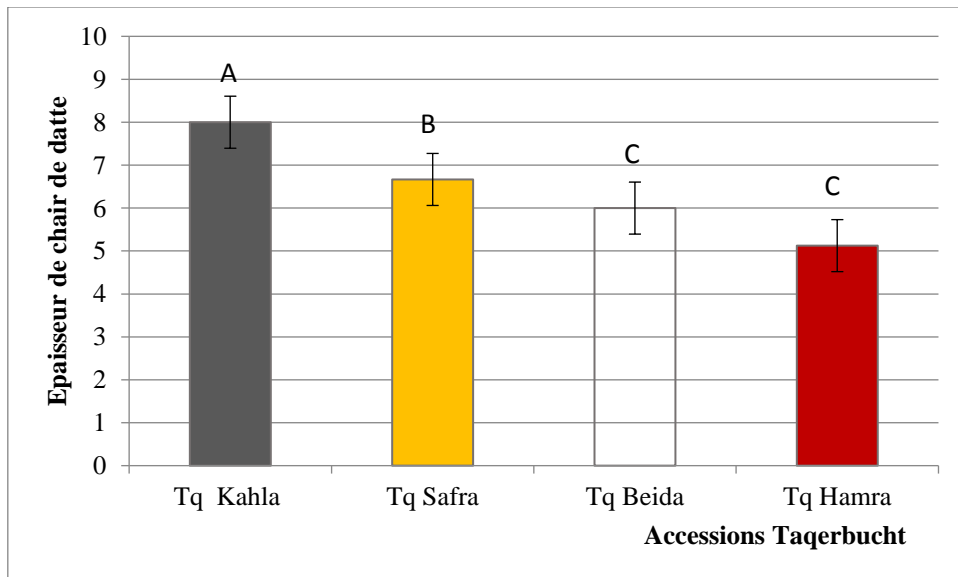


Figure 46 : Épaisseur de la chair des différentes accessions de Tagerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=15,225$  ;  $P < 0,001$ , \*\*\*

**Longueur de cavité ‘LCF’**

La moyenne la plus importante des longueurs de cavités des dattes est enregistrée chez Tq.Hamra avec 30,5 mm, suivi de Tq.Beïda avec 29,33 mm (Fig.47). Cependant, l’ANOVA n’a révélé d’effet significatif entre les longueurs des cavités de différentes accessions. Le coefficient de variation, l’écart type et la moyenne des longueurs de cavité sont respectivement 7,09 ; 2,17 mm et 28.33 mm (Tableau 17).

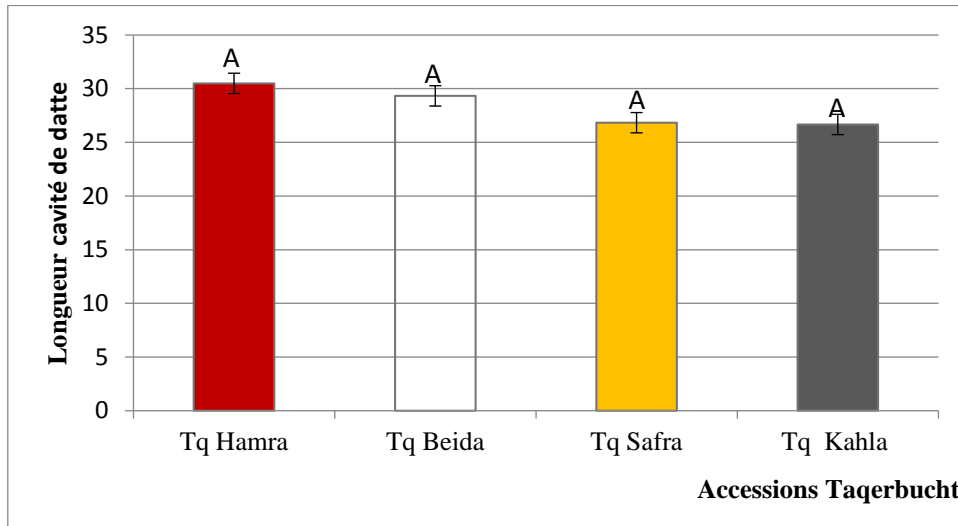


Figure 47 : Longueur de cavités de dattes des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=3,54$  ;  $P>0,05$

**Largeur de la cavité ‘ICF’**

La cavité la plus large est de 16,37mm chez Tq.Kahla, suivi de 13,33 mm chez Tq.Safra (Fig. 48), avec une moyenne générale des cavités pour les 4 accessions de 13,86 mm. L’ANOVA a révélé un effet hautement significatif sur les largeurs de cavité de différentes accessions. La valeur de la PPDS est de 2,46 mm. Des différences sont enregistrées entre Tq.Kahla et les autres accessions, tandis que la Tq.Safra et la Tq.Hamra puis la Tq.Beïda disposent statistiquement de la même largeur de cavité et constituent un groupe homogène. L’écart-type et le coefficient de variation sont respectivement de 1,99 mm et 7,72 % (Tableau 17).

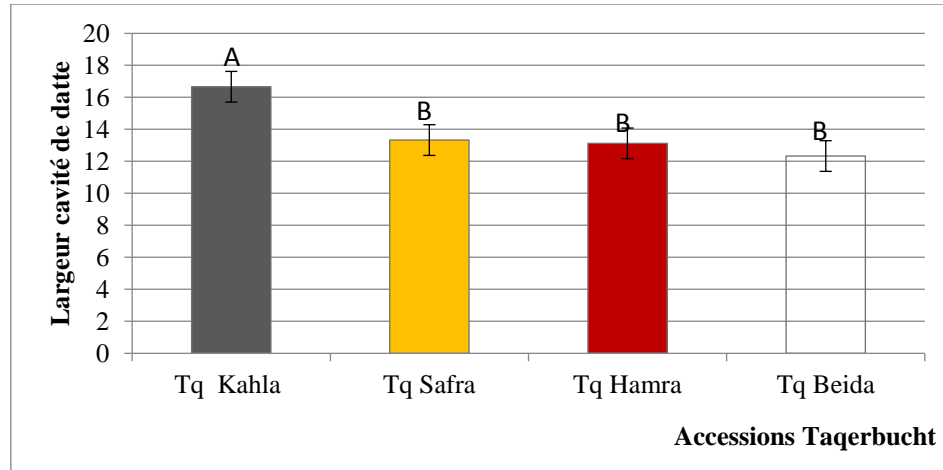


Figure 48 : Largueur de cavité de dattes des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=12,836$  ;  $P<0,001$ , \*\*\*

### Diamètre du calice (Périanthe) ‘DCF’

Une variabilité sensible est enregistrée entre les 4 accessions pour le diamètre des calices. Le diamètre le plus important mesure 11,87 mm chez Tq.Safra, suivi de 11,33 mm pour Tq.Beïda (Fig.49), avec une moyenne générale de 11,03 mm. L’ANOVA a révélé un effet hautement significatif. La valeur de la PPDS est de 0,99 mm. Des différences sont enregistrées entre Tq.Kahla et toutes les autres accessions, alors que la Tq.Safra et Tq.Beïda puis Tq.Hamra ont presque le même diamètre de calice, et forment un seul groupe homogène. Le coefficient de variation et l’écart-type sont respectivement de 5,58 % et de 1,09 mm (Tableau 17).

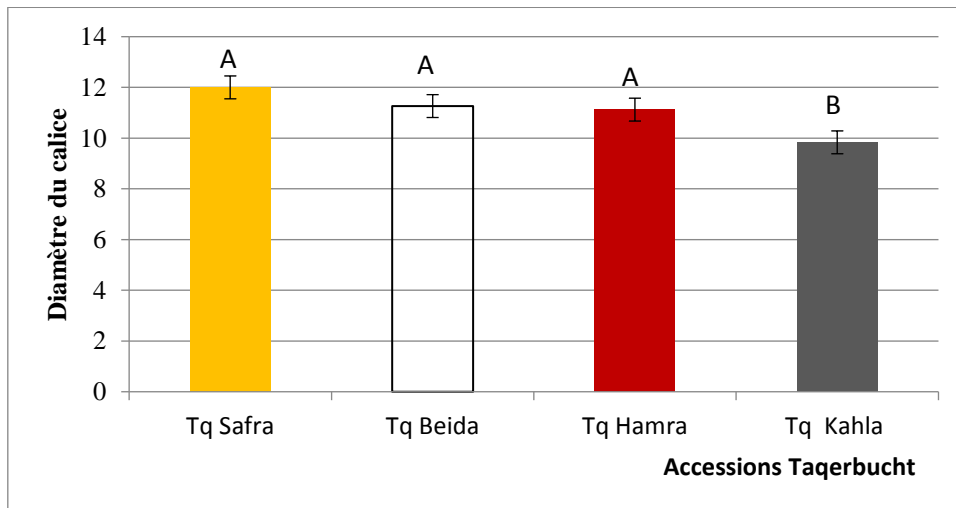


Figure 49 : Diamètre du calice des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=8,514$  ;  $P<0,001$ , \*\*

Quant au poids moyen des fruits que nous avons eu, il est de 12,4 g., inférieure à celui du cultivar Saïdi de la Libye (15,22 g.) obtenue par Abdullah *et al.* (2001), alors que le fruit du cultivar Sheshi, qui est bien sollicité en Arabie saoudite a une valeur de 11,60 g. (Al-Abdoulhadi *et al.*, 2011).

La moyenne de l'épaisseur de la chair des accessions étudiées est de 6,45 mm. Cette mesure tourne autour des résultats obtenus par Retima (2015), qui a enregistré l'épaisseur de 6,57 mm sur le cultivar Mokh L'beghri. Néanmoins, Islam *et al.* (2015) ont relevé au Soudan une épaisseur de 19,3 mm sur le cultivar Medjhoul, suivi de 10,5cm sur le cultivar Ambra, tandis que Mishrig wad Khateeb et Mishrig wad lagai ont enregistré la valeur la plus minimale de 0,5 cm.

La moyenne de la longueur de cavité pour les 4 accessions de Taqerbucht est de 28.33 mm, alors que Retima (2015) a enregistré une longueur plus considérable de 41,81mm chez le cultivar Mokh L'beghri.

La valeur de la moyenne générale la plus large des cavités pour les 4 accessions est de 13,86 mm, mais Debabache (2010) a enregistré une largeur de 11,59 mm chez le cultivar Mokh L'beghri. En définitive, la moyenne du diamètre du calice (Périanthe) de ces accessions est de 11,03 mm. Ce résultat ne concorde pas avec ceux trouvés par Debabache (2010) chez Deglet nour et par Retima (2015) chez Mokh L'beghri, qui sont respectivement de 9,91 mm et 7,45 mm

**Tableau 17** : Analyse de la variance des fruits 'dattes'

Paramètres	F obs	Ddl 1-2	Moyenne	Ecart.Type	CV %	Signification	PPDS 5%
Poids fruit	28 ,27	3-9	12,40	2,26	2,46	***	1,27
Epaisseur chair	15,22		6,45	9,64	1,44	***	0,99
Longueur cavité	1,54		28,33	2,17	7,09	NS	
largeur cavité	12,83		13,86	1,99	7,72	***	1,71
Diamètre calice	5,51		11,06	1,09	5,58	***	0,99

### 1-3-1-Matrice de corrélation

Les paramètres corrélés significativement à signes négatifs sont :

Epaisseur de la chair (ECF) avec la longueur de la cavité (LCF) (Tableau 18).

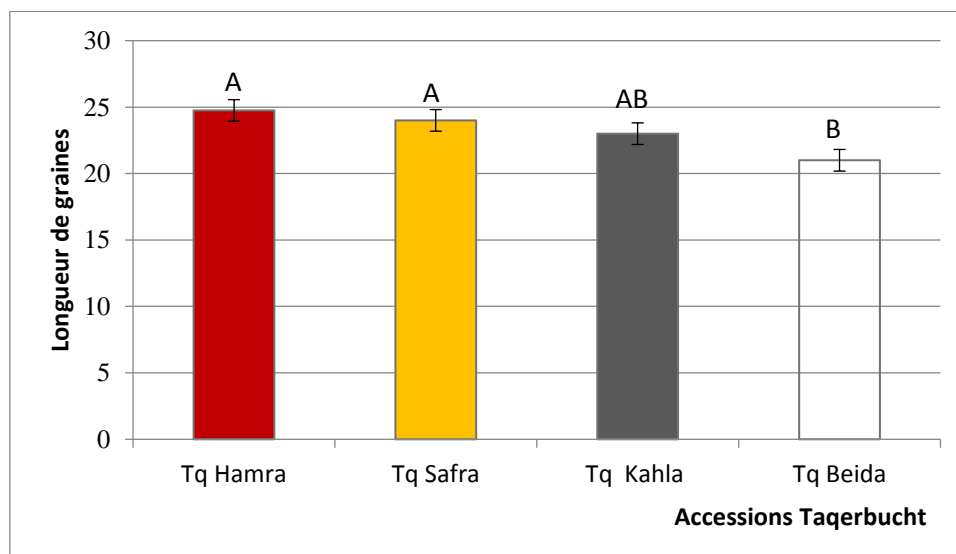
**Tableau 18** : Matrice de corrélation des fruits ‘dattes’

Fruit	Poids fruit	Epaisseur chair	Longueur cavité	Largeur cavité	Diamètre calice
Poids fruit	1				
Epaisseur chair	-0,50	1,00			
Longueur cavité	0,61	<u>-0,91</u>	1,00		
Largeur cavité	0,03	0,85	-0,64	1,00	
Diamètre calice	-0,20	-0,57	0,19	-0,83	1

#### 1-4-LA GRAINE (Noyau)

##### Longueur de la graine ‘LG’

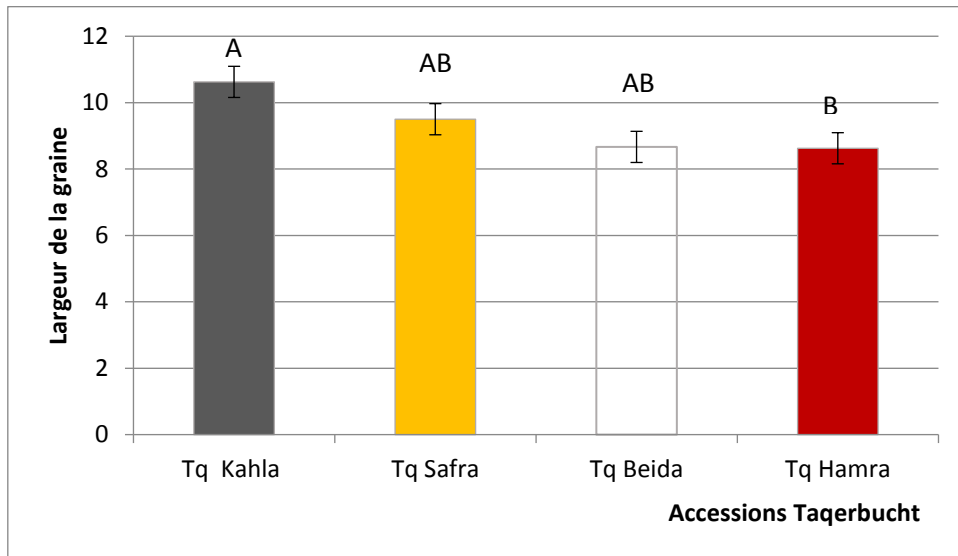
Nous avons noté une variabilité importante des longueurs de graines entre les différentes accessions. Elle varie de 24,75 mm pour Tq.Hamra à 21 mm pour Tq.Beïda (Fig.50). La moyenne des longueurs de graines pour les 4 accessions de Taqerbucht est de 23,19 mm. L’analyse de variance pour ce paramètre a révélé un effet cultivar significatif. Le coefficient de variation et l’écart-type sont respectivement de 5,67 % et 0,88 mm. La comparaison des moyennes pour les différentes accessions avec la PPDS montre que ces différences sont situées entre Tq.Hamra et Tq.Beïda, et aussi, entre Tq.Safra et Tq.Beïda (Tableau 19), tandis que la Tq.Hamra et Tq.Safra puis la Tq.Kahla disposent de la même longueur de graine pour toutes les accessions.



**Figure 50** : Longueur de la graine des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3;9}=6,108$  ;  $P < 0,05$ , \*

### **Largeur de la graine ‘IG’**

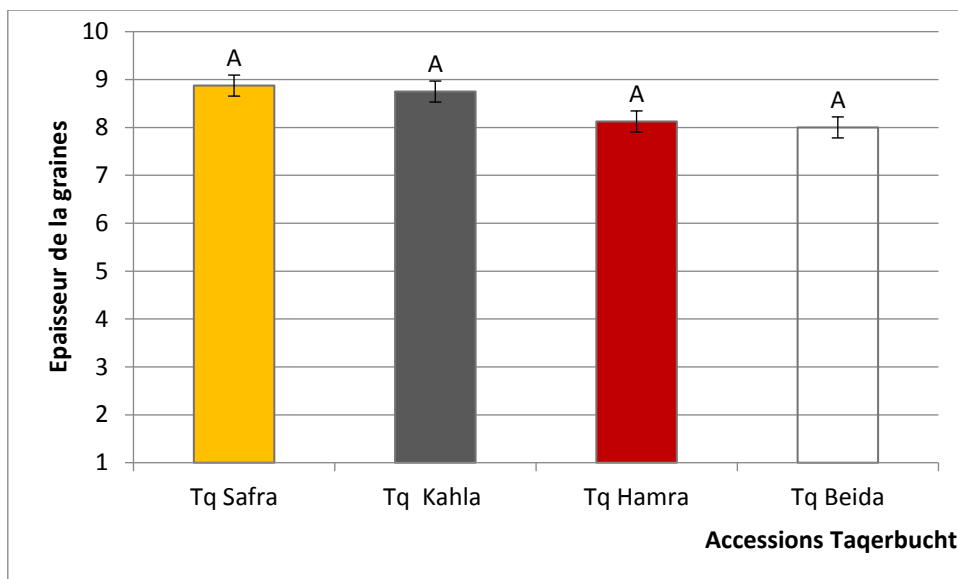
La largeur de la graine la plus importante est de 10,63 mm chez Tq.Kahla, suivi de 9,5mm chez Tq.Beïda (Fig.51), avec une moyenne globale de 9,35 mm (Tableau 19). L’ANOVA a révélé un effet significatif sur les largeurs des graines de différentes accessions. Selon la valeur de la PPDS (1,26 mm), une différence significative est enregistrée surtout entre Tq.Kahla et Tq.Hamra. La Largeur de la graine de Tq.Kahla a enregistré une similarité avec celle de Tq.Safra et Tq.Beïda. Donc, on peut dire que Tq.Safra et Tq.Beïda constituent un groupe homogène avec Tq.Kahla, en même temps, ces deux accessions constituent un groupe homogène avec Tq.Hamra.



**Figure 51** : Largeur de la graine des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=5,657$  ;  $P<0,05$ , \*

### **Epaisseur de la graine ‘EG’**

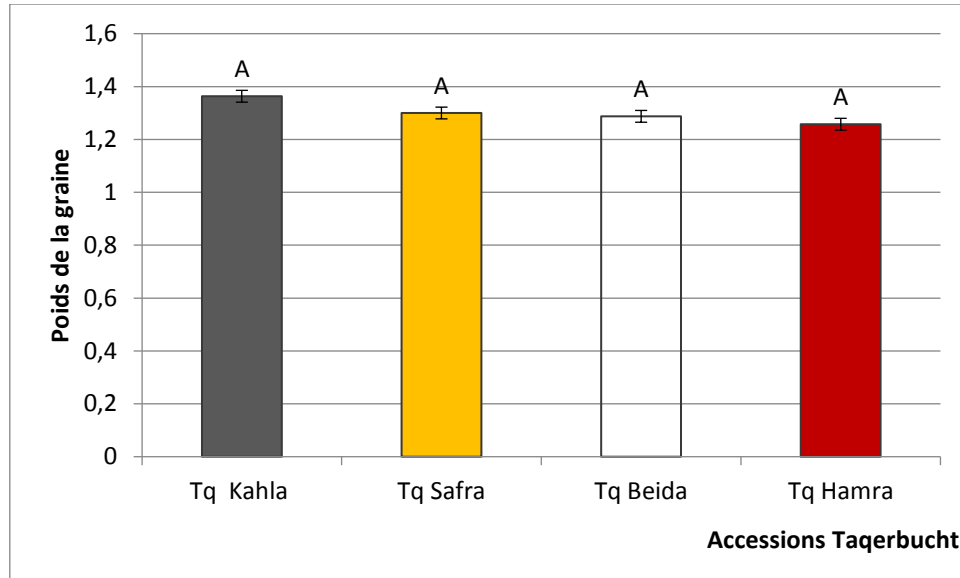
Les épaisseurs des graines des différentes accessions sont proches les unes des autres. Elles varient de 8 mm pour Tq.Beïda à 8,88 mm pour Tq.Safra (Fig.52). Aucune différence significative n’a été relevée. C’est-à-dire, qu’il y a une similarité entre toutes les accessions et forment tous un groupe homogène. L’écart-type, le coefficient de variation et la moyenne sont respectivement 0,40 mm et 9,21 % et 8,44 mm (Tableau 19).



**Figure 52 :** Epaisseur de la graine des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=1,276$  ;  $P> 0,05$ , NS

### Poids de la graine 'PG'

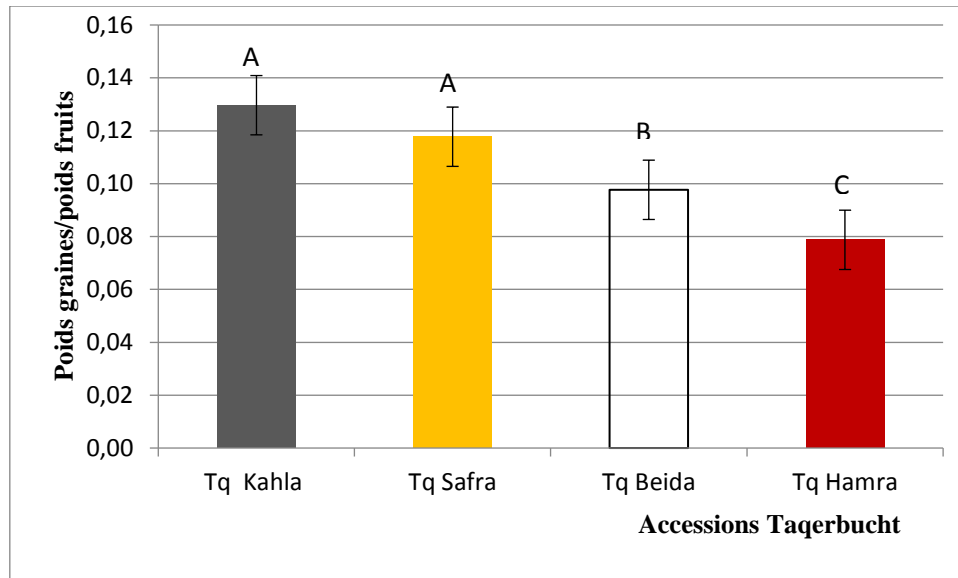
Malgré l'existence d'une variabilité apparente sur le poids des graines, allant de 1,36 g. pour Tq.Kahla à 1,26 g. pour Tq.Hamra (Fig.53). Il n'y a pas de différence significative, entre les accessions pour ce paramètre, c'est-à-dire que le poids des graines des accessions étudiées sont proches les unes des autres, et constituent tous un groupe homogène. L'écart-type, le coefficient de variation et la moyenne sont respectivement de 0,05 g., 7,85 % et 1,3 g. (Tableau 19).



**Figure 53 :** Poids de la graine des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=0,761$  ;  $P>0,05$ , NS

### Poids des graines/poids des fruits

Une variabilité importante est enregistrée pour le poids des graines par rapport aux poids des fruits (Fig.54) qui fluctuent de 0,13 (Tq.Kahla) à 0,08 g. (Tq.Hamra). L'analyse de la variance a montré l'existence d'une différence hautement significative (Tableau 19). Ces différences sont situées entre Tq.Kahla, Tq.Beida et Tq.Hamra d'une part et entre Tq.Safra et Tq.Beida et Tq.Hamra d'autre part. La Tq.Kahla et Tq.Safra forment un groupe homogène. La Tq.Beida est différente de Tq.Hamra, alors que Tq.Hamra est différente de toutes les autres accessions. L'écart type, le coefficient de variation et la moyenne sont respectivement 0,03 g, 10,59 % et 0,11 g.



**Figure 54** : Poids de la graine/poids du fruit des accessions de Taqerbucht.  $F_{ddl\ 3-9}=16,005$  ;  $P<0,001$ , \*\*\*

La moyenne générale de la longueur de la graine est de 22,875 mm de nos accessions. Bouhlali et *al.* (2017) ont enregistré au Maroc des valeurs de 27,5 mm sur le cultivar Medjhouli et 17,1 mm sur le cultivar Boustammi. Sallon et *al.* (2020) ont obtenu 27,62 mm pour les longueurs des graines des cultivars les plus anciennes des Emirats Arabes-unis, alors que uniquement 20,60 mm ont été enregistrés chez les cultivars récents.

La moyenne de la largeur de la graine est de 9,35 mm chez les accessions de Taqerbucht. Dans ce contexte, Gros-Balthazard et *al.* (2016) ont enregistré une largeur maximale chez 14 cultivars de provenance de l'Afrique du nord et le moyen orient, allant de 9,3 à 11,5 mm. De même, Simozrag et *al.* (2016) ont relevé à Biskra une valeur de 9,10 mm sur le cultivar Jaouzia, ce qui corrobore avec les résultats trouvés dans cette étude.

La moyenne de l'épaisseur des graines des différentes accessions est égale à 8,44 mm. Cette valeur est largement supérieure à 5,2 mm chez Deglet nour en Tunisie (Ferchichi et *al.*, 2012). Pour l'ensemble des accessions, la moyenne des poids des graines est de 1,31 g. Ce résultat est similaire avec ceux trouvés par Metwallay et *al.* (2019) et Abd-El-Hamed et *al.*, (2017) sur le cultivar Zaghloul mais inférieur au cultivar Masoud avec 3 g. en Egypte.

Quant à la moyenne du poids des graines par rapport aux poids des fruits qui est de 0,10 g. Ce résultat ne concorde pas réellement avec ce trouvé par Retima (2015), qui a révélé un rapport minimal de 0,64 g. pour le cultivar Mokh L'beghri et maximal de 1,12 g. pour le cultivar Deglet L'mbarek.

**Tableau 19** : Récapitulatif de l'analyse de la variance des résultats obtenus sur les graines

Paramètres	Fobs	Ddl 1-2	Moyenne	Ecart. Type	CV	Signification	PPDS 5%
Longueur	6,10	3-9	23,19	0,88	5,67	*	2,10
Largeur	5,69		9,35	1,00	8,40	*	1,26
Epaisseur	1,27		8,44	0,40	9,21	NS	
Poids graine	0,76		1,30	0,05	7,85	NS	
Poids graine/fruit	16		0,11	0,03	10,59	***	0,02

#### 1-4-2- Matrice de corrélation

Les paramètres corrélés significativement à signes positifs sont :

La largeur de la graine (IG) est corrélée à la fois avec l'épaisseur (EG) et le poids de la graine (PG). (Tableau 20)

**Tableau 20** : Matrice de corrélation de la graine

Graine	Longueur	Largeur	Epaisseur	Poids graine	Poids graine/fruit
Longueur	1,00				
Largeur	0,05	1,00			
Epaisseur	0,36	<u>0,80</u>	1,00		
Poids graine	-0,23	<u>0,96</u>	0,66	1,00	
Poids graine/fruit	-0,18	0,91	0,84	0,92	1,00

#### 1-5- Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) à l'aide de 33 caractères quantitatifs a identifié 4 groupes, un pour chaque accession (Fig.55). Ces groupes partagent des caractéristiques morphologiques quantitatives bien définies. En revanche, le groupe de caractères qui montre une instabilité par rapport aux différentes accessions concerne les inflorescences et les graines, ceux-ci sont probablement sous contrôle génétique. Les comparaisons inter-accessions ont montré qu'environ 11 caractères qualitatifs, principalement ceux de la palme, sont relativement conservés ou similaires pour les quatre accessions.

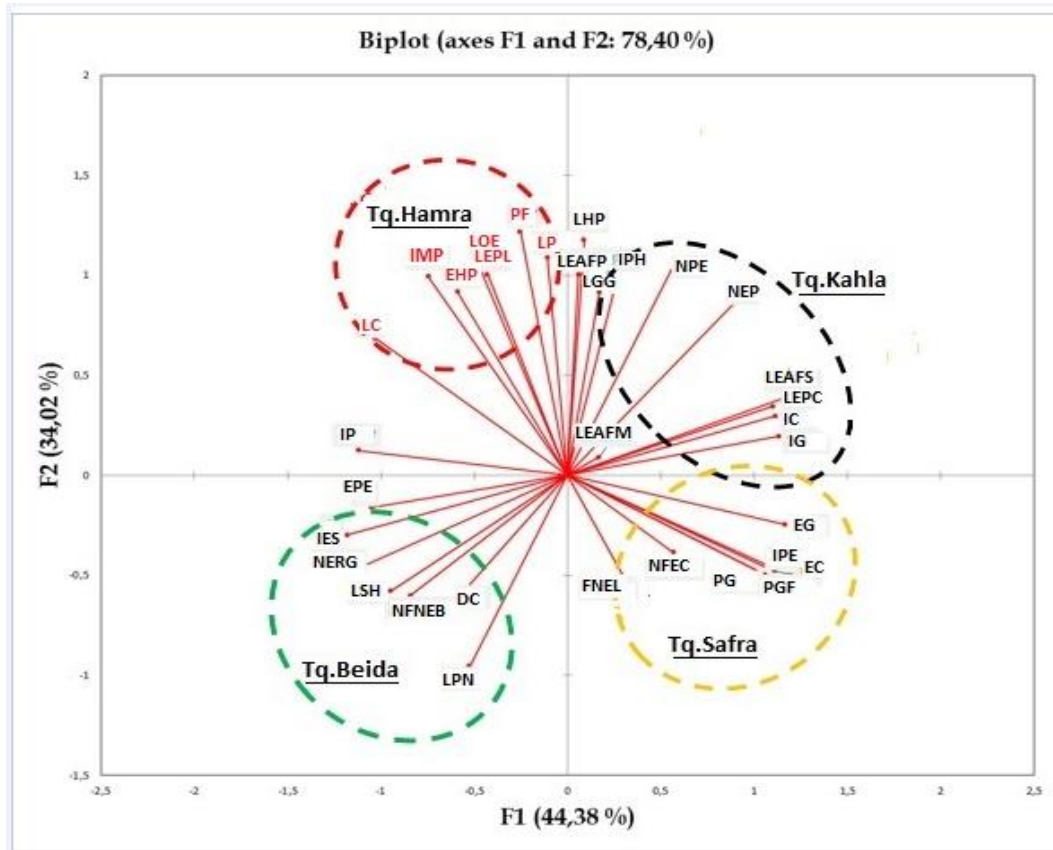


Figure 55. ACP des accessions et caractéristiques morphologiques quantitatives (Biplot.)

### 1-6- Analyse de correspondance multiple ‘ACM’

En général, les caractéristiques qualitatives appartenant à la palme et à l'inflorescence sont faibles ou moins caractéristiques (Fig.56). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (Benkhalifa, 1989). En outre, les autres caractéristiques de la graine et du fruit ont permis de différencier sur le plan phénotypique les 4 accessions de Taqerbucht, ce qui confirme les résultats obtenus par (Hannachi, 2012). L'ACM a montré que les 4 accessions sont réparties en 3 groupes (Tq.Safra + Tq.Beida; Tq.Hamra et enfin Tq.Kahla). Cette étude a montré un large spectre de variation morphologique entre les accessions étudiées.

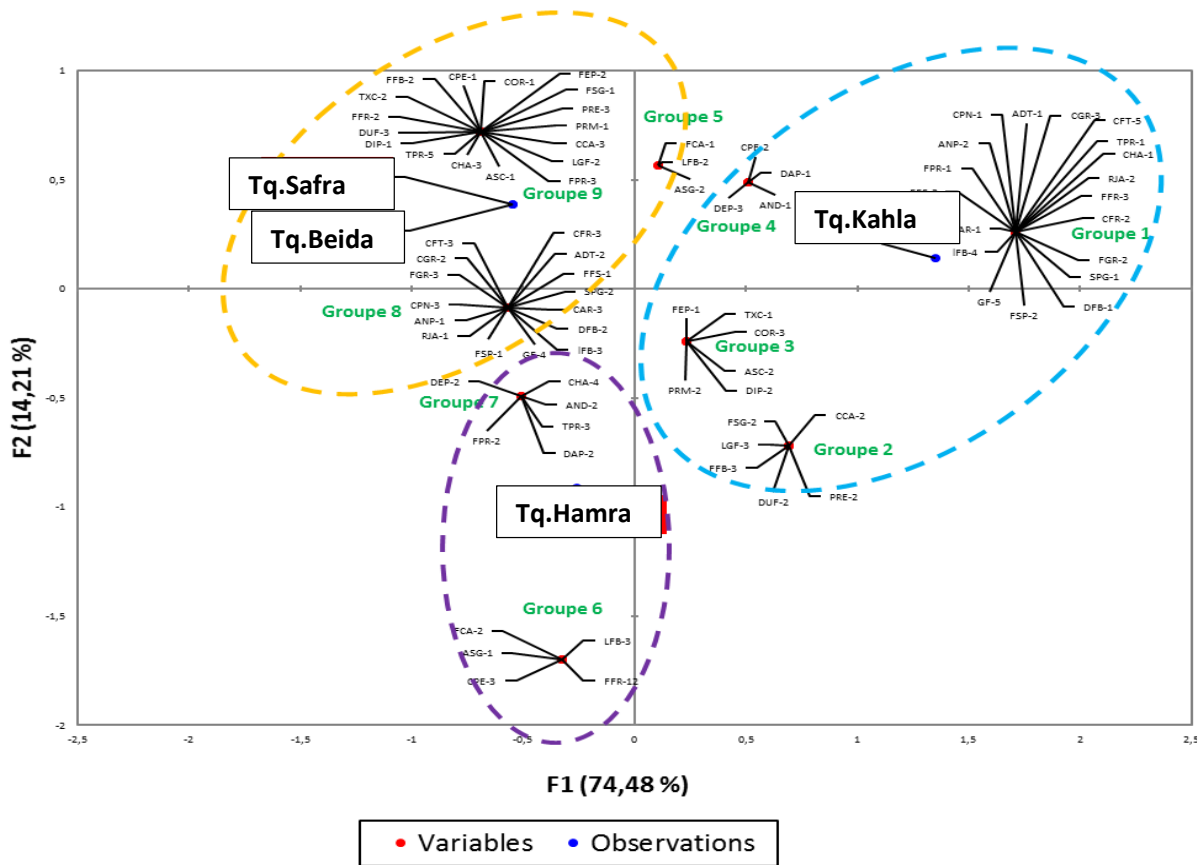


Figure 56. Représentation ‘ACM ’ des accessions et des caractères morphologiques qualitatifs

Cette étude morphologique, nous a permis aussi de refléter par l’aspect phénotypique, l’état actuel de la diversité génétique du palmier dattier pour les 4 accessions étudiées.

Nos résultats ont mis aussi l’accent sur les variations d’ordre phénotypique liées aussi bien à la partie végétative qu’à la partie reproductrice. Ces variations résulteraient d’une hétérogénéité génotypique qui existe parmi ces accessions d’une part, et les conditions environnementales entre les sites d’autre part.

Plusieurs auteurs ont souligné l’influence de l’environnement sur la croissance et le développement du palmier dattier, surtout lorsqu’il s’agit des caractéristiques du fruit (Hussain et *al.*, 2020; Djoudi, 2013; Djoudi et Belhamra, 2013; Absi, 2013; Chao and Krueger, 2007). D’autres études antérieures ont été effectuées moyennant les marqueurs morphologiques quantitatifs et qualitatifs (Bedjaoui et Benbouza, 2018 ; Simozrag et *al.*, 2016; Mason, 1915; Hannachi, 2012; Ould Mohamed Ahmed et *al.*, 2011; Sakr et *al.*, 2010 et Rhouma et *al.*, 2010). Enfin, l’étude

morphologique est indispensable quant aux programmes de screening et l'amélioration du palmier dattier (El-Houmaïzi et *al.*, 2002).

### **1-7- Conclusion**

L'étude de la variabilité morphologique des 4 accessions de Taqerbucht de la région d'Adrar a révélé une diversité phénotypique basée sur les caractères végétatifs et reproducteurs. L'utilisation des descripteurs de l'IPGRI a révélé un polymorphisme génétique parmi ces accessions. La distinction entre les accessions a obéi à la caractérisation morphologique, ceci a nécessité le recueil d'un grand nombre de données morphologiques. Celle-ci a décrit les caractères végétatifs et reproducteurs des palmes, des inflorescences, des fruits et des graines. Cette étude a révélé une diversité phénotypique, qui s'est manifestée par des groupes et des sous-groupes, qui se sont distingués les uns des autres par des caractéristiques fruitières bien définies, à savoir : le poids des fruits et des graines, les longueurs des fruits et des graines, les largeurs des fruits et des graines et ainsi de suite.

Les analyses statistiques ont révélé des variations intra-variétales importantes qui peuvent être regroupées en deux types distincts. Celles qui sont communes entre les quatre accessions, et celles qui varient d'une accession à une autre.

Le premier type de caractère est lié aux organes végétatifs (la palme), tandis que le deuxième type est lié aux organes reproducteurs l'inflorescence, le fruit et la graine.

L'analyse en composantes principales (ACP) a révélé 4 groupes, qui ont partagé des caractéristiques quantitatives bien définies. A vrai dire, la Tq.Kahla est caractérisée par la richesse des paramètres: la longueur de l'épillet avec des fleurs au sommet, l'épillet le plus court, la largeur de la cavité, la largeur de la graine et le nombre d'épines. La Tq.Hamra est caractérisée par l'importance des caractères quantitatifs suivants: poids du fruit, longueur de la palme, longueur de l'épillet le plus long, longueur de l'épine, l'épaisseur du rachis et la largeur du rachis.

Quant à la Tq.Safra, elle est caractérisée par les caractères suivants: épaisseur de la graine, poids de la graine, poids de la graine par rapport au fruit, largeur de la palme, largeur de penne et épaisseur de la chair. Ces paramètres contribuent à la formation d'une baie fruitière considérable. Enfin, la Tq.Beïda est caractérisée par l'épaisseur de l'épine, l'épaisseur de la chair, le nombre d'épillet/régime et la longueur de la spathe. Ceci montre que ce cultivar présente des pennes développées, et très caractéristiques par rapport aux autres accessions.

L'analyse des correspondances multiples (ACM) des caractères qualitatifs montre 3 grands groupes et 9 sous-groupes de caractère. Les caractères qualitatifs de Tq.Kahla avec fruits noirs se répartissent en quatre groupes mineurs, le plus représentatif était caractérisé par une palme vert-olive, des fruits ellipsoïdaux noirs foncés et des graines brunes bien développées. Les deux accessions, Tq.Safra dont les fruits sont jaunes et Tq.Beïda avec des fruits blancs appartiennent à un groupe caractérisé par de gros fruits ellipsoïdaux, à fond plat-oblique et des graines fusiformes. La Tq.Hamra se divise en deux groupes, caractérisée par des morphologies phénotypiques distinctes, telles que des fruits cylindriques allongés et une texture farineuse avec une bonne adhérence du calice et des graines beiges.

Les marqueurs morphologiques, en particulier ceux des fruits, sont importants dans le processus de la caractérisation, et le screening des cultivars de palmier dattier. Plusieurs cultivars peuvent avoir le même phénotype alors qu'ils sont génotypiquement différents.

En général, les traits qualitatifs des inflorescences ont moins de pouvoir distinctif que les traits qualitatifs des graines et des fruits, pour reconnaître et différencier facilement les accessions de Taqerbucht. Alors, les 84 caractères morphologiques de l'IPGRI, utilisés dans notre étude, ont permis de montrer une variabilité génétique parmi les quatre accessions avec un degré de polymorphisme.

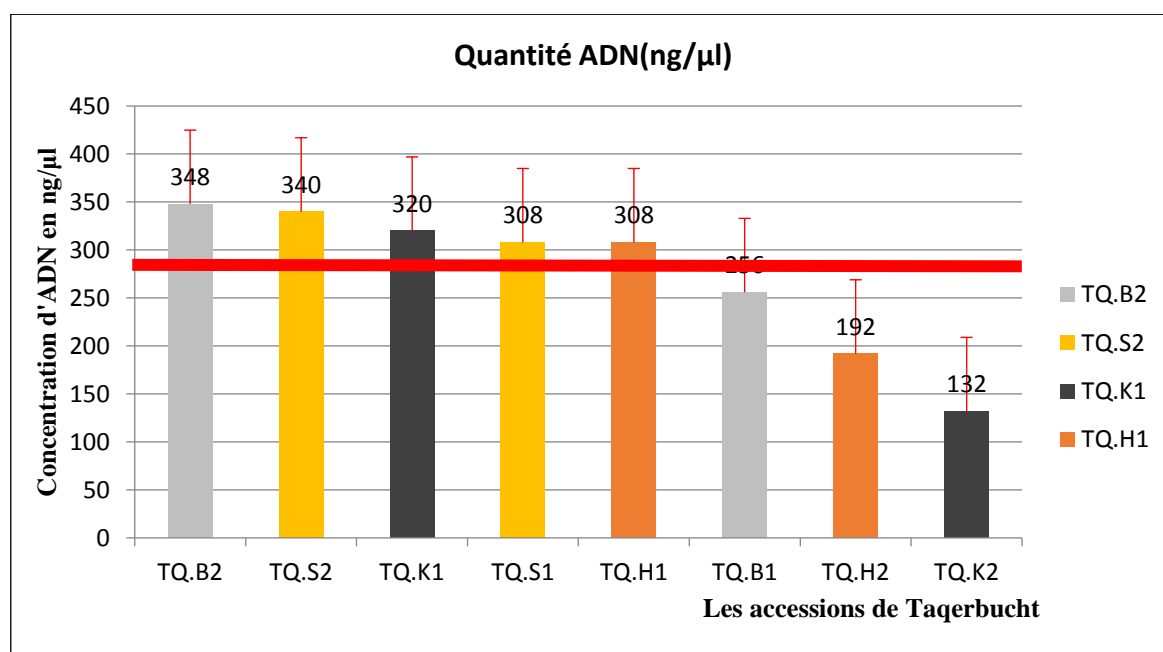
En dernier ressort, l'analyse de la variabilité des accessions d'une même région a permis de mettre en évidence l'efficacité de l'utilisation des descripteurs de palmiers dattiers. Nous notons également que les caractéristiques liées à la surface de la graine, au type de protubérance, au rapport taille du fruit/graine, se sont révélées les plus discriminantes.

## 2- Diversité moléculaire des accessions du cultivar Taqerbucht (SSR)

### 2-1- Résultats de l'extraction de l'ADN génomique

#### 2-1-1-Quantité des ADN extraites

La méthode d'extraction de l'ADN adoptée avec le kit Nucleospin est fiable. Les concentrations en ADN sont calculées en ng/μl à partir des DO (densité optique) pour toutes les accessions. La concentration la plus élevée est enregistrée par le pied Tq.B2 de l'accession Taqerbucht Beïda (348 ng/μl), suivi par Tq.S2 de l'accession Taqerbucht Safra (340 ng/μl) et Tq.K1 de l'accession Taqerbucht Kahla avec (320 ng/μl). La valeur la plus faible a été obtenue par Tq.K2 de l'accession Taqerbucht Kahla (132 ng/μl). La valeur de la concentration moyenne des accessions est estimée à 275,5 ng/μl (Fig. 57).



**Figure 57** : Quantités d'ADN (ng/μl) extraites par accession à l'aide du kit Nucleospin.

Le trait indique la quantité moyenne d'ADN extraite

#### 2-1-2-Qualité des ADN extraits

L'ADN est absorbé au maximum à 260nm et les protéines à 280nm avec le rapport DO260/DO280 qui mesure la pureté de l'ADN extraite.

En effet, Dans la présente étude, toutes les quantités enregistrées sont inférieures à 1μg/ml avec une valeur maximale de 0.350μg/ml enregistrée chez l'accession de Tq.Beïda<sub>2</sub> (Tableau 21). Toutefois, nos échantillons d'ADN montrent une bonne qualité du point de vue pureté, puis le ratio

est proche ou supérieur à 0,8. D'une façon générale, l'utilisation de la technique d'extraction d'ADN par le Kit NucleSpin à partir des jeunes folioles de la couronne moyenne a donné des résultats satisfaisants sur le plan quantité et qualité des ADNs extraits.

**Tableau 21** : Les ratios de Do260 / Do280 calculés sur les 4 accessions de Taqerbucht

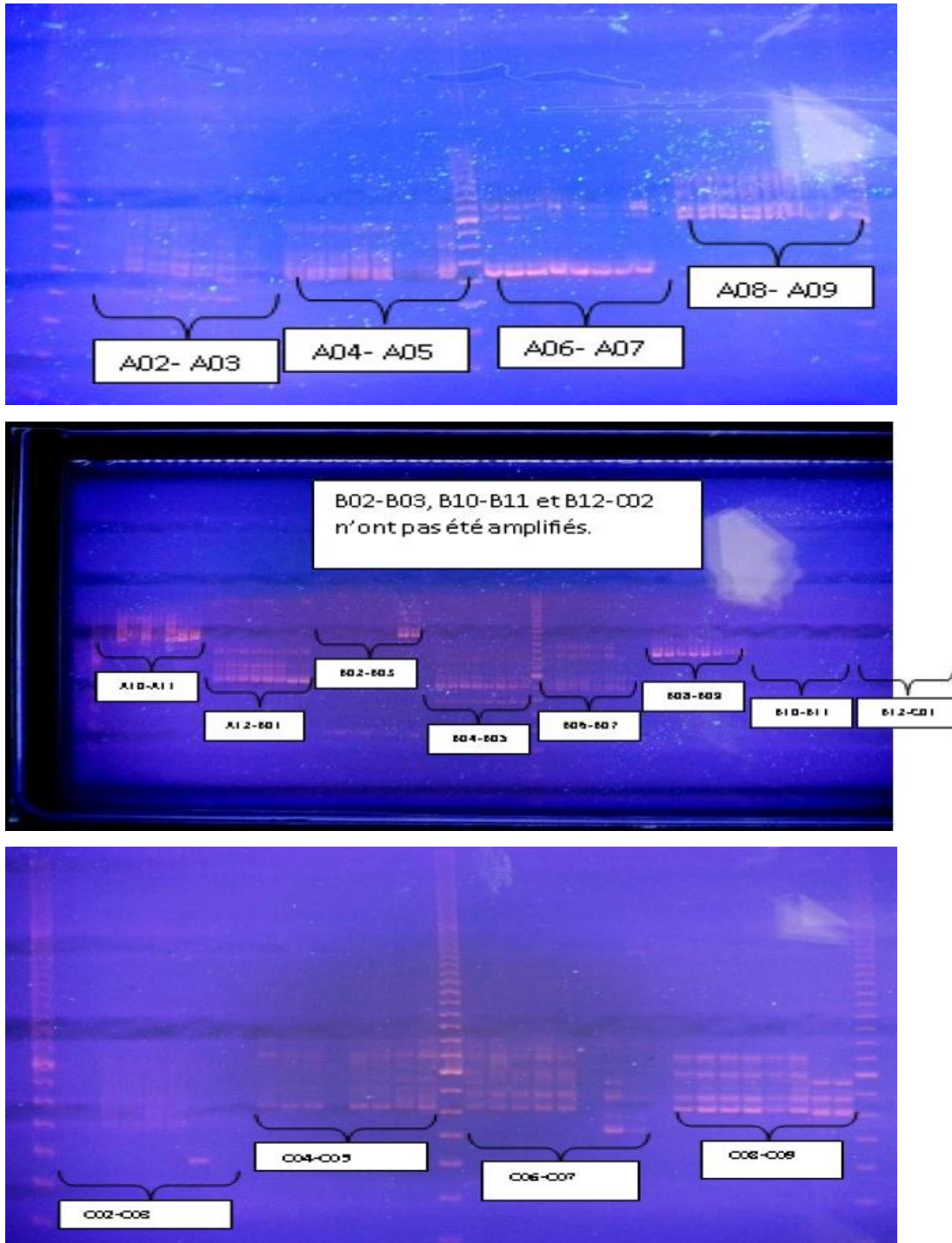
Accessions	Do260	Do280	Ratio	D
Tq.k2	0,033	0,043	0,77%	80
Tq.h1	0,077	0,094	0,82%	80
Tq.h2	0,048	0,056	0,86%	80
Tq.b1	0,074	0,077	0,96%	80
Tq.s1	0,077	0,08	0,96%	80
Tq.b2	0,087	0,082	1,06%	80
Tq.k1	0,08	0,071	1,13%	80
Tq.s2	0,085	0,065	1,31%	80

### 2-1-3. Réaction de polymérisation en chaîne PCR

Un total de 128 réactions de PCR (4 accessions x 16 marqueurs SSR x 2 répétitions (2 individus par accession)) sont réalisées dans des plaques de PCR en silicones constituées de 96 puits. Ainsi, 96 échantillons (96 réactions) sont amplifiés à la fois.

### 2-1-4. Electrophorèse

Tous les gels obtenus sont numérisés. Au total 12 clichés, à raison de cinq profils électrophorétiques pour chaque couple d'amorce (marqueur microsatellite) sont ainsi pris. Sur ces profils représentent les différents fragments (4 allèles au maximum) pour l'ensemble des 16 microsatellites et pour chaque individu de chacune des 4 accessions. Trois microsatellites sont retirés de l'interprétation, car ils n'ont pas pu amplifier nos ADN. Il s'agit de : *mPdCIR044*, *mPdCIR063*, *mPdCIR070* (Fig.58). Par conséquent, les 13 autres microsatellites sont retenus pour la réalisation de cette analyse. La Figure 58 illustre clairement les profils obtenus. Après la lecture de tous les profils, un tableau de données est constitué. Il regroupe l'ensemble des génotypes d'ADN amplifiés, soient 8 échantillons x 13 marqueurs microsatellite



**Figure 58** : Exemple de profils électrophorétiques obtenus ;(A2-A3 ; A4-A5 ; A6- A7 ; A8-A9 ; A10-A11; A12-B1; B2-B3 → Couple d'amorces pour les correspondant)(S1-S2 : H1-H2 ; B1-B2 ; K1-K2 → Les échantillons D'ADN pour chaque accession, la couleur correspond au type de l'accession)

## 2-2- Polymorphisme des marqueurs microsatellites

Les paramètres de la variabilité des loci étudiés sont présentés sur le Tableau 24. Dans cette étude, le génotypage de marqueurs de microsatellites (SSR) permet d'examiner la structure de la diversité génétique des cultivars de palmier dattier. Un total de 31 allèles a été détecté à partir de 13 loci SSR sélectionnés. Le nombre d'allèles par locus varie de 1 (mPdCIR057) à 4 (mPdCIR090) avec une moyenne de 2,38 allèles par locus (Fig.59), et le nombre effectif moyen d'allèles était de 1,86 (Tableau 22). Des observations similaires sont signalées sur l'absence d'amplification de trois échantillons d'ADN pour le SSR mPdCIR044 (Billotte *et al.*, 2004; Bodian *et al.*, 2012b; Zehdi *et al.*, 2004), mPdCIR063 (Bodian *et al.*, 2014) et aucun rapport sur l'amplification pour le SSR 'mPdCIR070'.

Les valeurs estimées de l'hétérozygotie ( $H_e$ ) varient de 0,375 (mPdCIR025 et mPdCIR078) à 0,5 (le reste de tous les loci). Les valeurs d'hétérozygotie observée ( $H_o$ ) les plus basses et les plus élevées varient de 0,750 (mPdCIR025 et mPdCIR078) et de 1.000 respectivement pour le reste de tous les loci. Tous les marqueurs, les valeurs d'hétérozygotie observées ( $H_o$ ) sont supérieures à celles d'hétérozygotie attendues ( $H_e$ ).

Les valeurs de  $F_{is}$ ,  $F_{it}$  et  $F_{st}$  décrivent le niveau de stabilité attendu de l'hétérozygotie dans la population. En effet, les valeurs de  $F_{is}$  obtenues sont négatives pour tous les marqueurs avec une moyenne de -1,000. Cependant, les valeurs de  $F_{st}$  varient entre 0 pour 6 marqueurs et 0,520 pour (mPdCIR078) avec une moyenne de 0,122 (Tableau 22). Tous les marqueurs présentent un déséquilibre significatif de *Hardy-Weinberg* à l'exception de 2 marqueurs (mPdCIR025) et (mPdCIR078) qui ne sont pas significatifs.

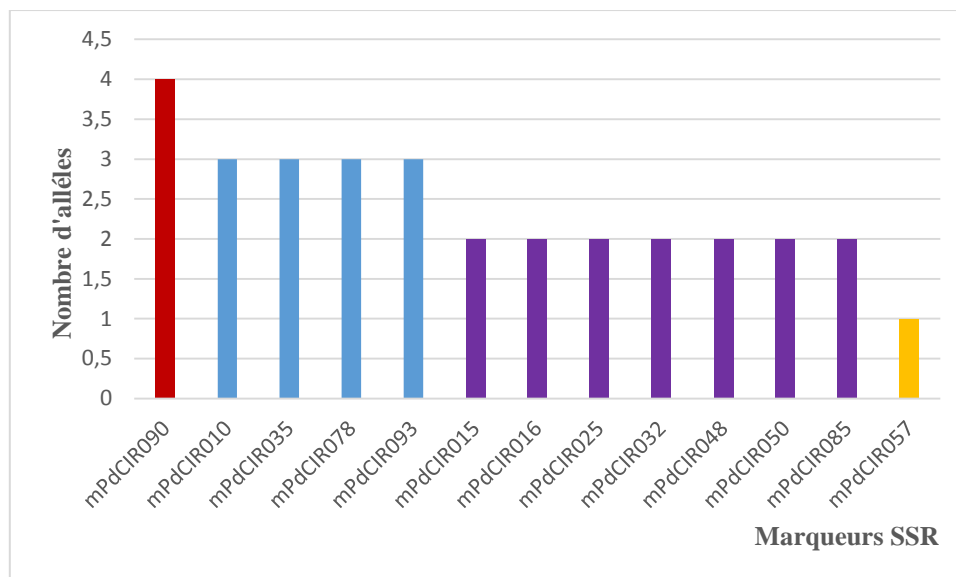


Figure 59 : Nombre moyen d'allèles mis en évidence pour chaque marqueur microsatellite sur les 4 accessions.

Tableau 22: Variables moyennes exprimant le polymorphisme de 13 microsatellites x 4 accessions x 2 répétitions

Loci	Na	Ne	Ho	Hatt	F	Fis	Fit	Fst	Nm	EHW
<i>mPdCIR010</i>	3	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-0,684	0,158	1,333	*
<i>mPdCIR015</i>	2	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-1	0	/	**
<i>mPdCIR016</i>	2	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-1	0	/	**
<i>mPdCIR025</i>	2	1,75	0,75	0,375	-1,000	-1,000	-0,6	0,2	1	ns
<i>mPdCIR032</i>	2	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-1	0	/	**
<i>mPdCIR035</i>	3	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-0,684	0,158	1,333	*
<i>mPdCIR048</i>	2	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-1	0	/	**
<i>mPdCIR050</i>	2	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-1	0	/	**
<i>mPdCIR057</i>	1	1	0	0	/	/	/	/	/	<b>Mono morphic</b>
<i>mPdCIR078</i>	3	1,5	0,75	0,375	-1,000	-1,000	0,04	0,52	0,231	ns
<i>mPdCIR085</i>	2	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-1	0	/	**
<i>mPdCIR090</i>	4	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-0,455	0,273	0,667	**
<i>mPdCIR093</i>	3	2	1	0,5	-1,000	-1,000	-0,684	0,158	1,333	*
<b>Moyenne</b>	2,385	1,865	0,885	0,442	-1,000	-1,000	-0,756	0,122	0,454	

[ Na = nombre d'allèles différents; Ne = nombre d'allèles effectifs =  $1 / (\sum pi^2)$ ; **I** = Indice d'information de Shannon =  $-1 * \sum (pi * \ln(pi))$ ; Ho = Hétérozygotie observée = Nb de jets / N, **He** = Hétérozygotie attendue =  $1 - \sum pi^2$ ; F = indice de fixation =  $(He - Ho) / He = 1 - (Ho / He)$ ; Fis, Fst, Fit (Fstatistic); Nm =  $[(1 / Fst) - 1] / 4$ ; ns = non significatif, \* P < 0,05, \*\* P < 0,01, \*\*\* P < 0,001 ]

### 2-3-Analyse de la diversité génétique

Les paramètres de la diversité génétique intra-accession touchent deux niveaux :

- La diversité génétique dans les sous accessions (statistiques descriptives pour les accessions)
- La diversité génétique dans l'accession globale (les statistiques descriptives des loci)

### 2-3-1-Diversité génétique intra-accession

L'identification des cultivars de palmier dattier s'impose d'une manière urgente vue la situation inquiétante engendrée par l'épidémie due à la maladie du Bayoud, qui provoque des pertes considérables de nos ressources phoenicicoles. L'identification génétique sur la base des marqueurs moléculaire est un outil complémentaire de l'identification faite sur la base des descripteurs morphologiques. L'étude de la variabilité intra-accession est réalisée en utilisant les résultats du génotypage de 8 arbres appartenant à 4 accessions, analysées avec les 13 microsattellites.

#### ▪ Loci ou marqueurs SSR actifs

Parmi les 16 marqueurs SSR étudiés, seulement 13 sont actifs. Il s'agit de : mPdCIR010, mPdCIR015, mPdCIR016, mPdCIR025, mPdCIR032, mPdCIR035, mPdCIR048, mPdCIR050, mPdCIR057, mPdCIR078, mPdCIR085, mPdCIR090 et mPdCIR093.

#### ▪ Diversité allélique

L'analyse de l'ensemble des fréquences alléliques pour chaque accession donne une idée sur la variabilité génétique au sein de chacune d'entre elles, mais cette information reste assez vague et ne donne pas une idée précise sur la différenciation des accessions. L'analyse des autres indicateurs de la variabilité permettra de révéler plus d'informations sur la diversité génétique intra populations (Tableau 23).

**Tableau 23** : Mesure de la diversité génétique des 4 accessions de Taqerbucht

Accessions	Na*	MNa**	Ae <sup>+</sup>	Pa <sup>++</sup> =50%
<b>Tq.Safra</b>	23	1,76±0,16	1,76±0,16	/
<b>Tq.Hamra</b>	26	1,92±0,07	1,92±0,07	/
<b>Tq.Beïda</b>	25	1,92±0,07	1,92±0,07	/
<b>Tq.Kahla</b>	24	1,84±0,10	1,84±0,10	07
<b>Mean</b>	24,5	1,88 ±0,09	1,87±0.11	

\* = nombre total d'allèles, \*\* = nombre moyen d'allèles, + = nombre d'allèles efficaces, ++ = Allèles privés

Le nombre total d'allèles (Na) pour un locus donné peut être sous-estimé si le nombre d'individus types est faible et le marqueur est aussi très polymorphe. De même, pour les allèles rares qui ont peu de chance d'être échantillonnés (Rognon et Verrier, 2007).

D'après les résultats obtenus pour les 4 accessions, on remarque que le nombre d'allèles par accession varie de 23 à 26 avec une moyenne de 24,5. Le nombre moyen d'allèles par locus (MNa) est plus élevé chez les deux accessions Tq.Hamra et Tq.Beïda avec 1,92±0,07, le plus faible nombre

moyen d'allèles a été enregistré chez l'accession Tq.Safra avec  $1,76 \pm 0,16$  (Fig.60), ceci peut être expliqué par la taille des échantillons qui est limité et qui sont uniquement deux individus par accessions.

Le nombre d'allèles efficace ( $N_e$ ) est défini comme l'inverse de la probabilité que deux marqueurs, pris au hasard, présentent le même allèle (Rognon et Verrier, 2007). Le nombre moyen d'allèles efficaces ( $A_e$ ) pour nos 4 accessions de palmier dattier est de  $1,87 \pm 0,11$ .

Les allèles privés sont une source de diversité génétique (Petit et al., 1998). Seul l'accession Tq.Kahla a montré 7 allèles privés (> 50 %), qui a prouvé réellement son originalité par rapport aux trois autres accessions.

Le nombre d'allèles révélés par nos marqueurs SSR dans cette étude est très faible par rapport au nombre d'allèles annoncés par Hamza et al., en 2012 sur 26 cultivars Tunisiens et avec 9 SSR. Bodian et al., (2012) ont pu identifier 221 allèles pour 6 cultivars mauritaniens combinés avec 14 marqueurs, soit une moyenne de 2,63 allèles par locus.

Cependant, nos résultats indiquent la présence d'une diversité génétique assez élevée chez nos accessions par rapport à certaines accessions de dattiers Tunisiens (Hamza et al., 2011), mais moins que chez d'autres accessions de palmiers dattiers Soudanaise (Elshebli et Koplainen, 2008) avec 9 et 16 locus microsattellites (SSR) respectivement.

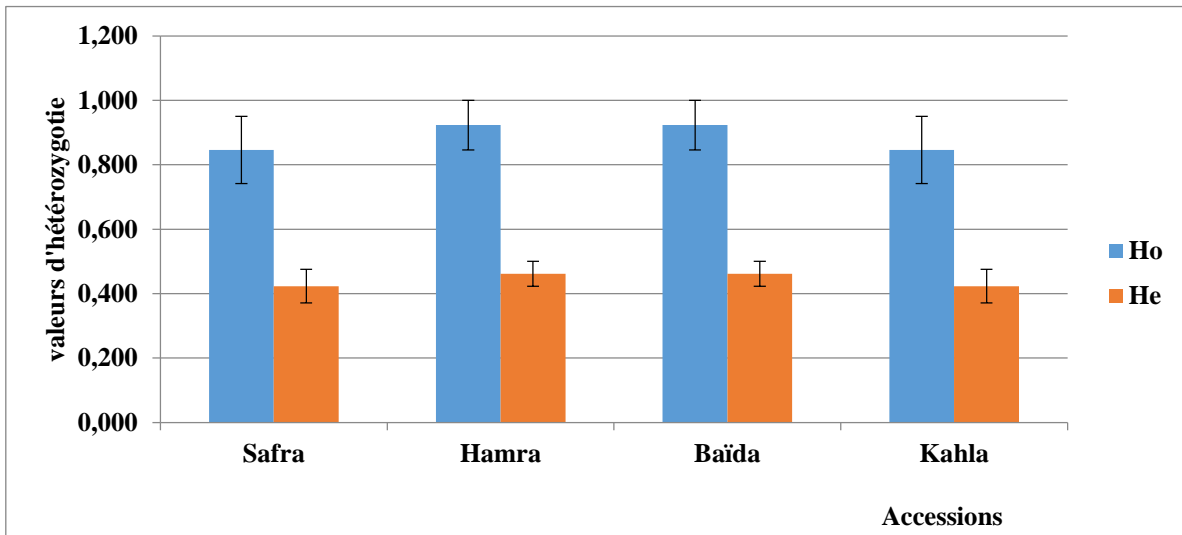
Nos résultats concordent avec ceux d'autres travaux similaires ayant porté sur les palmiers dattiers en Algérie en utilisant 18 SSR pour identifier 114 cultivars (Moussouni et al., 2017), puis avec 7 marqueurs isoenzymes sur 31 cultivars (Bennaceur et al., 1991).

**Tableau 24:** Fréquence allélique des locus

LOCUS	Tq. Kahla			Tq. Beida				Tq. Hamra				Tq. Safra			
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
mPdCIR035	0,5		0,5		0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5	
mPdCIR015	0,5	0,5		0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5		
mPdCIR010	0,5		0,5		0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5	
mPdCIR016					0,5			0,5	0,5			0,5	0,5		
mPdCIR025	0,5	0,5		0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5		
mPdCIR032	1			0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5		
mPdCIR048	0,5	0,5		0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5		
mPdCIR050	0,5	0,5		0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5		
mPdCIR057	0,5	0,5		0,5				1,0				1,0			
mPdCIR078	1			1	0,5	0,5			0,5	0,5					
mPdCIR085	0,5		0,5		0,5			0,5	0,5			0,5	0,5		
mPdCIR090	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
mPdCIR093	0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5			0,5	0,5	

- **Hétérozygotie attendue et hétérozygotie observée**

Les taux d'hétérozygotie observées ( $H_o$ ) et attendue ( $H_e$ ) sont calculés pour chaque accession sous l'hypothèse d'équilibre de *Hardy-Weinberg*. La moyenne de  $H_e$  pour tous les loci est un estimateur de l'étendue de la variabilité génétique de la population globale. Ainsi, dans le but d'estimer l'importance du polymorphisme génétique, les 2 taux d'hétérozygotie sont comparés. Dans notre cas, les moyennes de  $H_o$  et  $H_e$  pour les sous populations (les 4 accessions) sont, respectivement, de 0,885 et 0,442 (Fig.60). Les deux paires d'accessions (Tq.Safra-Tq.Kahla) et (Tq.Beïda-Tq.Hamra) enregistrent les taux d'hétérozygotie attendue respectifs de 0,846 et 0,923. Les quatre accessions de dattiers étudiés présentent une grande diversité génétique et un niveau élevé d'hétérozygotie observée ( $H_o$ ) par rapport aux 26 cultivars Tunisiens combinés avec 5 SSR et 46 cultivars et aussi avec 14 SSR (Hamza et *al.*, 2011; Zehdi et *al.*, 2004).

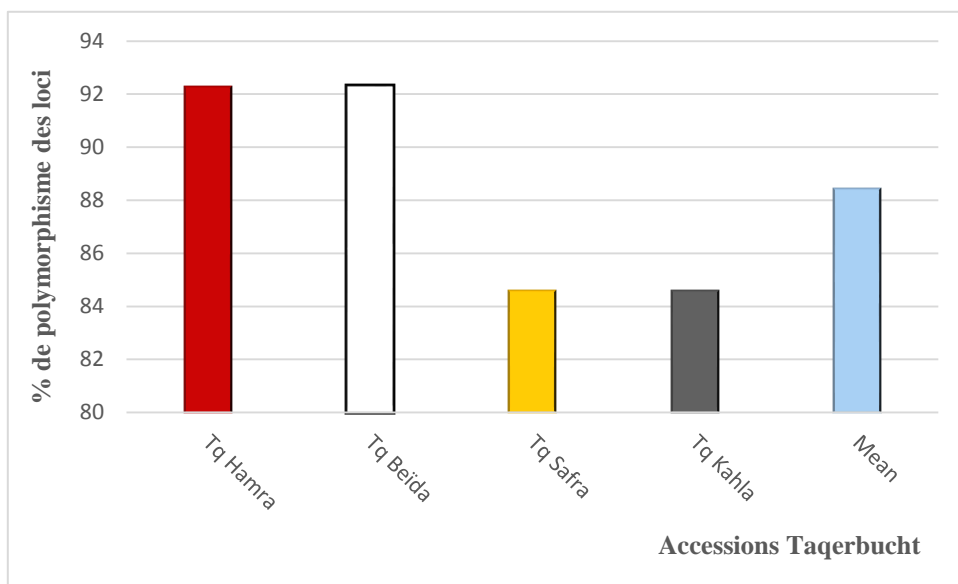


**Figure 60** : Variation de l'hétérozygotie observée ( $H_o$ ) et de l'hétérozygotie attendue ( $H_e$ ) en fonction des accessions du cv Taqerbucht.

- **Proportion de loci polymorphes et nombre d'allèles par locus polymorphe**

La proportion de loci polymorphes rend compte de la proportion des SSR variables par rapport à l'ensemble des SSR étudiés. La proportion moyenne de loci polymorphes ( $P$ ) au niveau des 4 accessions est de 88,46 %. Les accessions Tq.Hamra et Tq.Beïda sont celles qui présentent les plus fortes valeurs de loci polymorphes, avec une valeur de 92,31 %. Les autres accessions 'Tq.Kahla et Tq.Safra' présentent la même valeur 84,62 % (Fig.61).

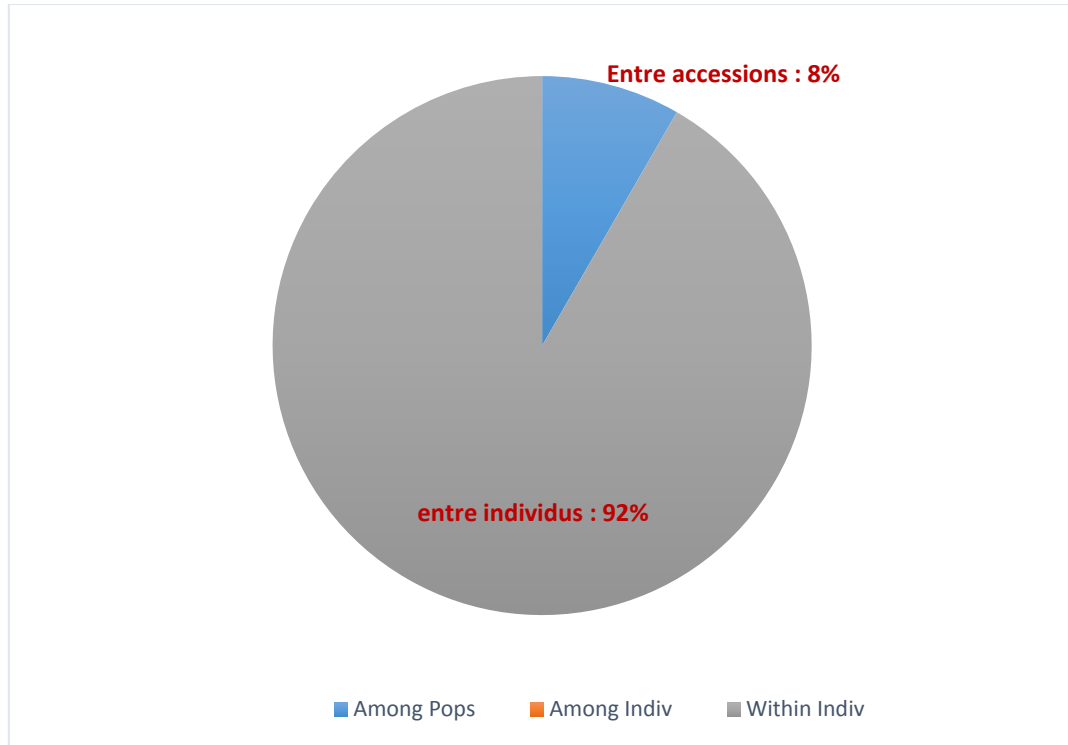
Le niveau de différenciation génétique entre les différentes accessions est calculé par l'AMOVA (Tableau 25). Les pourcentages de variabilité moléculaire sur les quatre accessions étudiées sont de 92 % parmi les individus et de 8 % parmi les populations (Fig.62). Cela confirme que nos accessions sont très homogènes et que la différenciation est totale au niveau des individus et non entre les accessions. Ceci est probablement dû au fait qu'il n'y a pas un respect de notion variétal dans la plantation de ces accessions et que les agriculteurs pratiquent souvent le mélange entre les cultivars.



**Figure 61 :** Variation de la proportion de loci polymorphes (P) en fonction des accessions.

**Tableau 25 :** Pourcentage de variabilité moléculaire de la variance (AMOVA)

Variable	df	SS	MS	Est. Var.	%
Entre accessions	3	8,250	2,750	0,500	<b>8%</b>
Entre individus	1	3,000	0,750	0,000	<b>0%</b>
A l'intérieur des individus	8	44,000	5,500	5,500	<b>92%</b>
Total	12	55,250		6,000	<b>100%</b>



**Figure 62** : Pourcentage de variabilité moléculaire sur les 4 accessions de Taqerbucht

### 2-3-2-Diversité génétique inter-accessions

#### Paramètres de différenciation des populations

La méthode la plus classique de caractérisation des populations, et peut-être la plus ancienne, est celle des indices de fixation proposée par Wright (1969). En effet, les F-statistiques permettent de décrire la structure des populations, la répartition de la variabilité génétique entre et au sein des populations, en estimant la variance standardisée des fréquences alléliques entre les sous populations (Wright, 1978). Les F- statistiques de Wright permettent aussi de connaître la structure génétique d'une espèce grâce à l'estimation, d'une part, de la fixation des allèles dans l'ensemble des populations (*Fit*) et à l'intérieur des sous-populations (*Fis*) et d'autre part, de la différenciation génétique entre les sous populations (*Fst*)

- **Indice de fixation FIS**

Le *Fis* ou le coefficient de consanguinité est théoriquement compris entre  $[-1 ; +1]$ , un  $Fis < 0$  signifie que la sous-population présente un excès d'hétérozygotie, qui peut être dû à un régime de reproduction hétérogame (entre individus différents), ou à une sélection des hétérozygoties au locus considéré

Si par contre le  $F_{is} > 0$ , cela signifie que la sous population présente un déficit en hétérozygoties qui est dû à un régime de reproduction fermé (consanguinité ou homogamie) ou à une sous structuration lors de l'échantillonnage, à la présence d'allèles nuls ou à une sélection des individus homozygotes au locus considéré.

Le coefficient de consanguinité ou  $F_{is}$  reflète la différenciation des individus à l'intérieur des sous-populations. Un excès d'hétérozygotie se traduit par des valeurs de  $F_{is}$  négatives (-1.000) (Tableau 26) pour toutes les accessions et tous les locus SSR. Ceci serait dû à une longue pratique de sélection des mâles reproducteurs à base des caractéristiques de performance du cultivar Taqerbucht dans la région d'Adrar.

**Tableau 26 :** Valeurs des  $F_{is}$  par locus et par accession

<b>Loci SSR</b>	<b>Safra</b>	<b>Hamra</b>	<b>Beïda</b>	<b>Kahla</b>
mPdCIR010	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
mPdCIR015	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
mPdCIR016	-1.000	-1.000	-1.000	NA
mPdCIR025	-1.000	-1.000	-1.000	NA
mPdCIR032	NA	-1.000	-1.000	-1.000
mPdCIR035	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
mPdCIR048	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
mPdCIR050	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
mPdCIR057	NA	NA	NA	NA
mPdCIR078	NA	-1.000	-1.000	NA
mPdCIR085	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
mPdCIR090	-1.000	-1.000	NA	-1.000
mPdCIR093	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
<b>All</b>	<b>-1.000</b>	<b>-1.000</b>	<b>-1.000</b>	<b>-1.000</b>

▪ **Indice de différenciation  $F_{st}$**

Le tableau 27 donne les valeurs de  $F_{st}$  entre nos différentes accessions de palmier dattier. Il existe une différenciation moyenne entre les accessions de Taqerbucht. En effet, toutes les valeurs de  $F_{st}$  sont comprises entre 0,06 et 0,165. La plus grande valeur de  $F_{st}$  est de 0,165, qui a été observée entre les deux paires d'accession de Tq.Safra et Tq.Kahla. Par contre, la valeur minimale de  $F_{st}$  est de 0,06, qui a été enregistrée entre les accessions de Tq.Safra, Tq.Hamra et Tq.Beïda ; ceci indique une absence de divergence génétique entre ces trois accessions.

En général, les comparaisons par paires de population montrent qu'il existe des différences génétiques significatives entre Tq.Kahla et les autres accessions.

La différenciation des accessions ( $F_{st}$ ) correspond à la séparation génétique entre les sous-accessions (Tableau 27). Cet indice mesure la réduction relative des hétérozygotes, lié aux différences alléliques entre accessions. C'est un indice de diversification des accessions. Si les sous-accessions sont identiques,  $F_{st}=0$ . Wright (1978) a ainsi défini 4 niveaux de différenciation génétique en fonction de la valeur de  $F_{st}$  :

- $0 < F_{st} < 0,05$  : différenciation faible,
- $0,05 < F_{st} < 0,15$  : différenciation modérée
- $0,15 < F_{st} < 0,25$  : différenciation importante
- $F_{st} > 0,25$  : différenciation très importante

**Tableau 27.** Valeurs de  $F_{st}$  entre les paires des 4 accessions

	Tq.Safra	Tq.Hamra	Tq.Beïda	Tq.Kahla
Tq.Safra	<b>0</b>			
Tq.Hamra	0,06	<b>0</b>		
Tq.Beïda	0,06	0	<b>0</b>	
Tq.Kahla	0,165	0,122	0,122	0

### 2-3-3- Distances génétiques et établissement des relations phylogéniques

**Distances génétiques selon la méthode UPGMA de Nei :** Les fréquences alléliques, obtenues pour les 13 microsatellites, nous ont permis de calculer la distance standard de Nei (1972) avec le logiciel Popgene (Yeh et *al.*, 1997). Cette distance est fondée sur une théorie évolutive qui est un modèle mutation-dérive pour la distance standard de Nei. Cette matrice de la distance nous a permis ensuite de construire l'arbre phylogénétique (Fig.64).

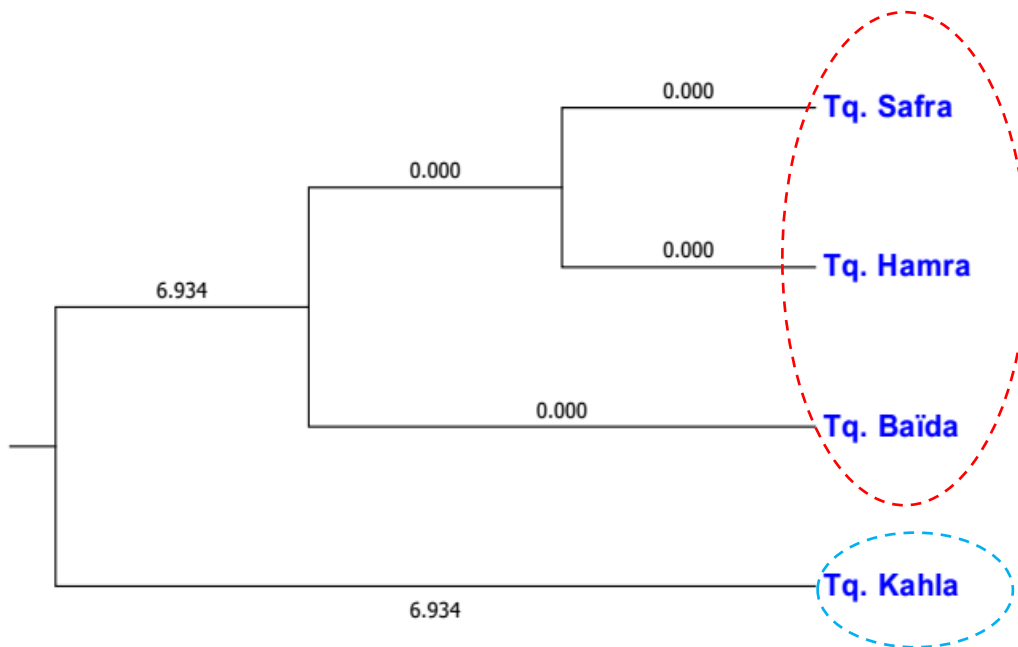
Le calcul de la distance génétique de Nei montre une valeur nulle, qui a été enregistrée entre les deux accessions Tq.Beïda et Tq.Safra (Tableau 28), tandis que l'accession Kq.Kahla montre une grande distance génétique d'ordre de 0.2851 avec l'accession Tq.Safra, suivi par une même valeur de distance de 0.2757 avec Tq.Hamra et Tq.Beïda.

**Tableau 28 :** Matrice des distances génétiques entre les 04 accessions de Taqerbucht

Accessions	Tq.Safra	Tq.Hamra	Tq.Beïda	Tq.Kahla
Tq.Safra	<b>0</b>	0.0371	<b>0.0000</b>	0.2851
Tq.Hamra		<b>0</b>	<b>0.0371</b>	0.2757
Tq.Beïda			<b>0</b>	0.2757
Tq.Kahla				<b>0</b>

L'arbre phylogénétique a été construit à partir des résultats obtenus par la distance génétique de Nei (1972) (Fig.63), en utilisant la méthode de classification automatique «UPGMA» et par le logiciel MEGA6 (Tamura et *al.*, 2013). Les valeurs de bootstrap indiquées à chaque nœud révèlent le pourcentage d'apparition de ce dernier parmi 1000 ré-échantillonnages.

Le premier groupe est composé de 3 accessions (Tq.Safra, Tq.Beïda et Tq.Hamra), tandis que le second groupe est formé uniquement par l'accession Tq.Kahla. Ce regroupement, à l'aide du dendrogramme est confirmé selon la classification automatique UPGMA de Nei. Ce résultat est confirmé par les études morphologiques qui montrent que cette accession se distingue des autres par l'aspect noir de sa datte.



**Figure 63 :** Discrimination des accessions selon la classification automatique UPGMA basée sur la distance génétique de Nei (1972).

Les études génétiques morphologiques et moléculaires montrent l'existence de variation au sein des 4 accessions de Taqerbucht. Cependant, au sein de chaque accession, il n'existe qu'un faible polymorphisme. La différenciation génétique inter-accessions reste assez élevée et un excès d'hétérozygotie a été observé. Quoi qu'il en soit, il existe une nette individualisation de l'accession Tq.kahla des 3 autres qui seraient issues d'un ancêtre commun. Deux groupes sont ainsi identifiés au sein des accessions de Taqerbucht (groupe 1 :Tq.Beïda, Tq.Hamra et Tq.Safra ; groupe 2 : Tq.Kahla).

## 2-4. Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les 13 marqueurs microsatellites parmi les 16 testés dans la présente étude permettent de révéler la diversité génétique au sein des 4 accessions du cv Taqerbucht. Néanmoins et d'une manière générale, un faible nombre d'allèles et un faible niveau d'hétérozygotie observée moyenne sont enregistrés, ce qui indique un niveau de diversité génétique moyen de ces accessions.

Un déficit en hétérozygotie est confirmé par les valeurs négatives enregistrées du coefficient de consanguinité (*F<sub>is</sub>*). En effet, un total de 31 allèles a été détecté à partir des 13 loci SSR avec un nombre d'allèles par locus qui varie de 1 à 4, et une moyenne de 2,38 allèles par locus, dont 7 allèles sont spécifiques à l'accension de Tq.Kahla.

Le dendrogramme basé sur la distance génétique minimale de Nei obtenue à partir de 4 accessions de Taqerbucht et selon la méthode de UPGMA, montre deux groupes distincts dont le premier comprend les trois accessions Tq.Safra, Tq.Beïda et Tq.Hamra, tandis que le deuxième est constitué par l'accension Tq.Kahla.

Par ailleurs, l'analyse de la variance moléculaire (AMOVA) montre que la variabilité inter-individus est très importante (92 %) par rapport à la variabilité inter-accessions (08 %). Globalement, une variabilité génétique faible a été relevée par cette étude pour les accessions de Taqerbucht.

### 3- Test du pouvoir pathogène des souches de *F.o.albedinis* et évaluation de la résistance des accessions de Taqerbucht

#### 3-1. Résultats de la prospection

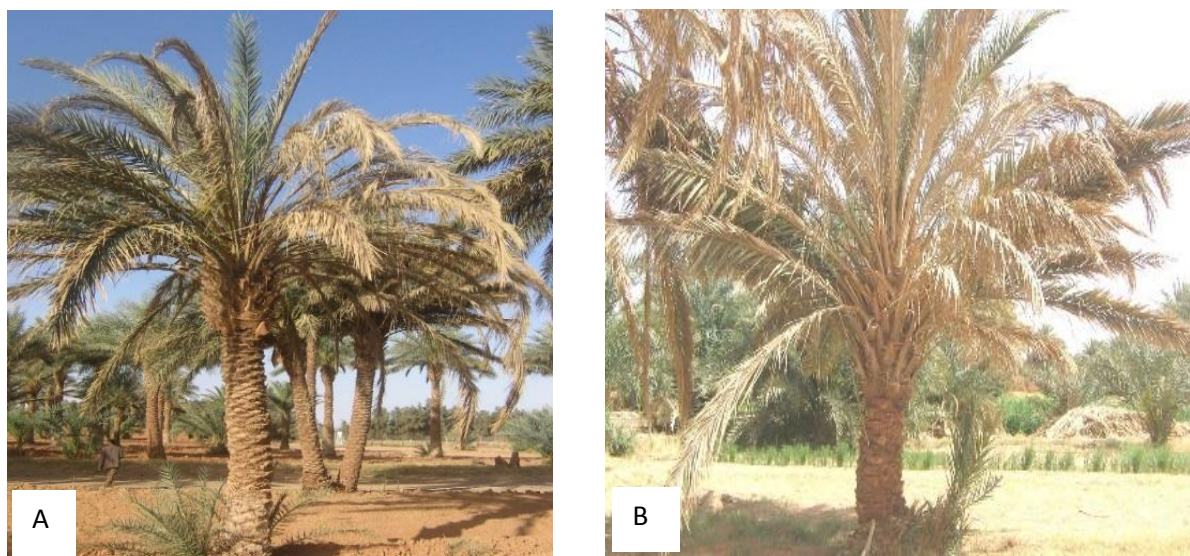
Les séries de prospections effectuées au niveau des palmeraies de la wilaya d'Adrar, à savoir, les régions de Touat, Gourara et Tidikelt ont permis de relever que la nature des symptômes du Bayoud observés sont de typique et atypique (Fig.64) (Boudeffeur, 2009). Les mêmes résultats ont été confirmés par Djerbi (1988) et Toutain (1965).



**Figure 64:** Symptômes de Bayoud typique (A) et atypique (B,C) sur des jeunes arbres de palmier dattier à Adrar

Ces symptômes apparaissent généralement sur une seule palme de la couronne moyenne, puis ils se généralisent au fur et à mesure sur le reste des palmes de la couronne moyenne. Les palmes desséchées deviennent blanchâtres et prennent un aspect de plumes mouillées, puis tombent sur le stipe.

Au niveau de certaines palmeraies mal entretenues, en particulier à la commune de Foggaret Ezzoua (In-Salah), les symptômes externes de Bayoud ne se présentent pas d'une façon unilatérale, ils sont souvent confondus avec ceux causés par le manque d'irrigation accrue ou la salinité (Fig.65A,B).

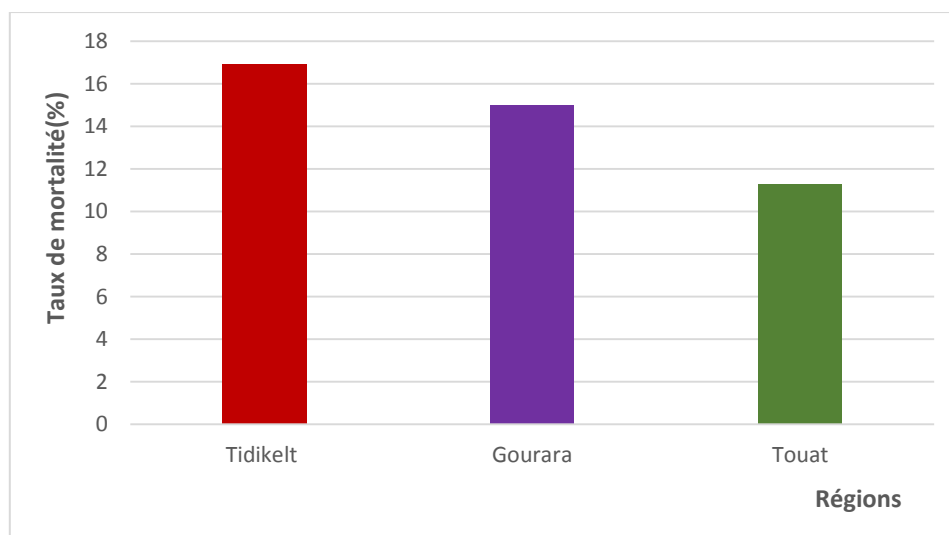


**Figure 65** : Confusion de symptômes de Bayoud avec la salinité et le manque d'irrigation

**A** : Symtôme dû au Bayoud

**B** : Symptôme dû à la salinité

Selon les enquêtes menées sur site, la mort de l'arbre survient de six mois à 2 ans, à partir de la date de son infection, tout en tenant compte des conditions culturales et édaphiques du jardin ainsi que la variété atteinte. En se basant sur ce type de symptômes, nous avons constaté que le taux d'infection varie d'une région à une autre. Au niveau de la région de Touat, nous avons enregistré 11.3 % de mortalité, Gourara (15 %) et Tidikelt (16,92 %) (Fig.66). Néanmoins, le taux d'attaque des palmiers le plus élevé a été observé au niveau des jardins les mieux irrigués et les mieux entretenus, car toutes les conditions qui favorisent le bon développement du palmier les sont pour une bonne dynamique de la fusariose. Certains cultivars sont dits très sensibles tels que Tgaza, Bamekhlouf, Tinakor, Cheikh M'hamed, Ferrana, Adekli et Bawaarif, etc, alors que d'autres sont dits tolérants tels que Tinujdelt, Timedwel et Tindukken (Tableau 29). Le cultivar Tinasser dispose d'une bonne tolérance vis-à-vis de la maladie du Bayoud.



**Figure 66:** Taux de mortalité enregistré par le Bayoud au sein des 3 régions distinctes d'Adrar

**Tableau 29 :** Sensibilité des cultivars de palmier dattier au niveau des régions de Touat – Gourara – Tidikelt vis-à-vis de la maladie du Bayoud

<b>Cultivars sensibles</b>	<b>Cultivars tolérants</b>	<b>Cultivars résistants</b>
Tegaza	Adam rob	Taqerbucht
Tazerzait	Adam boula	Aghares
Tinakour	Tinasser	Deglet Bouda
Hmira	Tilemsou	
Cheikh M'hamed	Adam Rob	
Bamekhlouf	Aouarif	
Ferana	Filal	
Aekli	Agellu Ntiji	
Admam	Agellou Minji	
Aabad	Tiouaddel	
Jihel	Bawaarif	
Laassiane	Aggaz	
Medjhoul	Ouarglia	
Mehdi	Tinourigh	
Aghamou		
Tinhoud		
Tinouali		
Cheikh m'hamed		
Timedouel		
Achour		
Deglet Ajdir		
Bent cherk		
Feggous		
Timliha		

Selon nos constatations sur le terrain, il existe une hétérogénéité de comportement vis-à-vis de la maladie du Bayoud de certains cultivars, et ce, d'une région à une autre. Par exemple, le cultivar Tinasser est considéré tolérant dans la région du Touat, alors qu'il est trop attaqué à In-Salah (Tidikelt). Le cultivar Timjohert est tolérant au Gourara, alors qu'il est sensible au Tidikelt. Nous avons constaté une multitude de pieds khalt (palmier issu de semis) au sein des foyers actifs de Bayoud, car les phéniculteurs font recours à ce genre de multiplication dans l'espoir de vaincre la maladie du Bayoud et d'être fixé ultérieurement par la multiplication végétative au sein de leur patrimoine. Ce matériel est souvent doté d'une grande hétérogénéité, car le palmier dattier est une espèce dioïque. De ce fait, la sensibilité au Bayoud diffère d'un pied à un autre ; toutefois la majorité de ses dattes se caractérise par une qualité organoleptique moyenne à faible.

### **3-2. Caractères macroscopiques des souches de *F.o.albedinis* isolées**

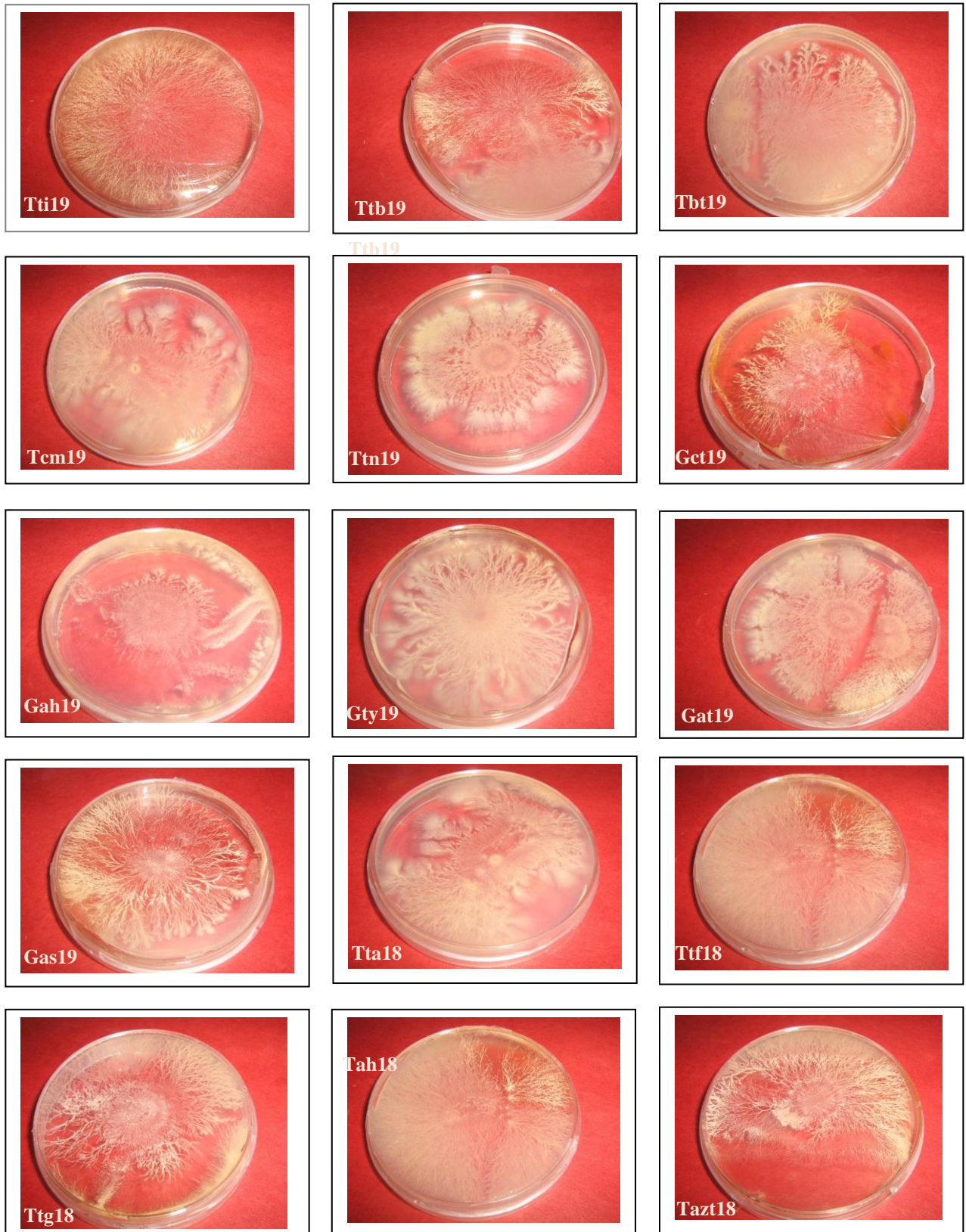
Les observations macroscopiques des différentes souches en culture permettent d'observer des mycéliums fins plus ou moins frisés, aériens tandis que d'autres possèdent des mycéliums cotonneux et aériens (Tableau 30). La couleur demeure instable entre les formes sauvages et mutées (Fig.67) (EPPO, 2003 ; Djekiref, 2021).

La description des souches a été faite sur la base des critères micro et macroscopiques. Nous avons ainsi noté des aspects variables de culture, notamment au niveau des thalles et leur morphologie en culture, dans les boîtes de pétri à base de PDA (Fig.67). Il en ressort une diversité de forme bien claire des souches de *F.o.albedinis*.

En fait, l'identification des champignons filamenteux est effectuée par la comparaison d'un grand nombre de critères (Guarro *et al.*, 1999). Dans le cas des *Fusarium*, les méthodes usuelles pour l'identification des espèces de *Fusarium* sont basées sur les caractéristiques morphologiques du thalle, la taille et la forme de macroconidies et microconidies ou l'absence de microconidies et les chlamydospores, la pigmentation des colonies et la structure des conidiophores (Leslie et Summerell, 2006). Certaines formes spéciales de *Fusarium oxysporum* peuvent être identifiées par l'aspect morphologique des cultures, c'est le cas de la forme spéciale *albedinis* qui se distingue par son aspect arbustif et sporodochial stable (Djerbi *et al.*, 1985b).

L'étude morphologique des 15 isolats de *Foa* prélevés de palmiers présentant les symptômes de Bayoud, a montré qu'ils produisent respectivement tous les micros et macroconidies ainsi que des chlamydospores (Fig.70 A, B, C). Ces isolats présentent une variabilité morphologique et pigmentaire selon les critères décrits par (Leslie et Summerell, 2006).

Les chlamydospores sont isolées ou en chaînes courtes regroupant 2 à 4 chlamydospores, qui sont souvent formés à partir des macroconidies. Ces dernières sont des formes de résistance vis-à-vis des conditions défavorables qui peuvent survivre pendant une longue période. Les mêmes résultats ont été rapportés par (Karkachi et *al.*, 2014 et Freeman et Maymon, 2000). Aussi, Akhter *et al.*, (2016) ont signalé que les isolats de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersic* produisent également des chlamydospores, microconidies et des macroconidies. Sidaoui (2017) et Sidaoui et *al.* (2019), ont rapporté que tous les isolats de *Fusarium oxysporum* présentent des caractéristiques typiques sur le milieu PSA et PDA avec une variation dans leurs croissances radiales et la pigmentation des colonies.



**Figure 67** : Aspects macroscopiques et morphologiques de Thalles d'isolats de *F.o.albedinis* prélevées dans les régions de Touat, Gourara et Tidikelt cultivés sur milieu P.D.A

**Tableau 30** : Aspect morphologique et macroscopique d'isolats de 15 souches de *F.o.a* prélevées des palmeraies de la Wilaya d'Adrar

Souches	Couleur	Type de Mycélium	Sclérotés	Observations
Tti19	Légèrement rose saumon	Mycélium très fin, plus ou moins rectiligne. Superficiel.	Absence de sclérotés	Type sauvage
Ttb19	Typiquement Rose saumon	Thalle boursouflée à l'apex, mycélium compact.		Type sauvage
Tbt19	Rose saumon	Mycélium superficiel très fin en arbuscule, compact.		Type sauvage
Tcm19	Rose saumon	Mycélium compact dense en arbuscule.		Type sauvage
Ttn19	Rose saumon à hyalin	Amas de mycélium bien distinct et épais, boursoufflé, extension étoilée		Type muté
Gct19	Typiquement Rose saumon	Mycélium très fin, plus ou moins dichotomique à l'apex		Typiquement sauvage
Gah19	Rose saumon à hyalin	Mycélium fin, rasant, dichotomique avec un thalle assez important, extension très faible		Type muté
Gty19	Typiquement Rose saumon	Mycélium très dense, compact, frisé, floconneux et clairsemé		Plus ou moins sauvage
Gat19	Rose saumon	Extension de mycélium en amas, mycélium plus ou moins rectiligne		Légèrement sauvage
Gas19	Typiquement Rose saumon	Mycélium dense, superficiel, ramification arbusculaire à l'apex		Typiquement sauvage
Tta18	Typiquement Rose saumon	Extension mycélium en amas et arbusculaire. Mycélium plus ou moins épais		Légèrement sauvage
Ttf18	Rose saumon à hyalin	Mycélien très fin, compact et dense		Typiquement sauvage
Ttg18	Rose saumon à hyalin	Thalle assez considérable. mycélium très épars, lâche, dispersion mycélienne très hétérogène.		Typiquement sauvage
Tah18	Couleur hyaline	Mycélium très fin, très dense et compact		Type Muté
Tazt18	Couleur légèrement hyaline	Mycélium légèrement dense, compact, superficiel, très enchevêtré en pourtour.		Légèrement sauvage

### 3-2-1-Analyse multivariée

La discrimination parmi les isolats étudiés est basée essentiellement sur la couleur et l'aspect des thalles. Les 2 composantes ( $F_1$  et  $F_2$ ) du graphique expliquent 75,63 % de l'information dont  $F_1$  a expliqué 42,70 % et  $F_2$  a expliqué 32,93 %.

En général, il existe des souches très proches les unes aux autres. Certaines d'entre elles sont bien corrélées positivement avec F<sub>1</sub> (Gat19 et Ttb19), d'autres sont bien corrélées avec F<sub>2</sub>; positivement (Ttf18 et Ttn19 et Tbt19) ou négativement (Tti19 et Tta18). Le reste des souches est faiblement corrélé avec F<sub>2</sub> positivement ou négativement (Fig.68).

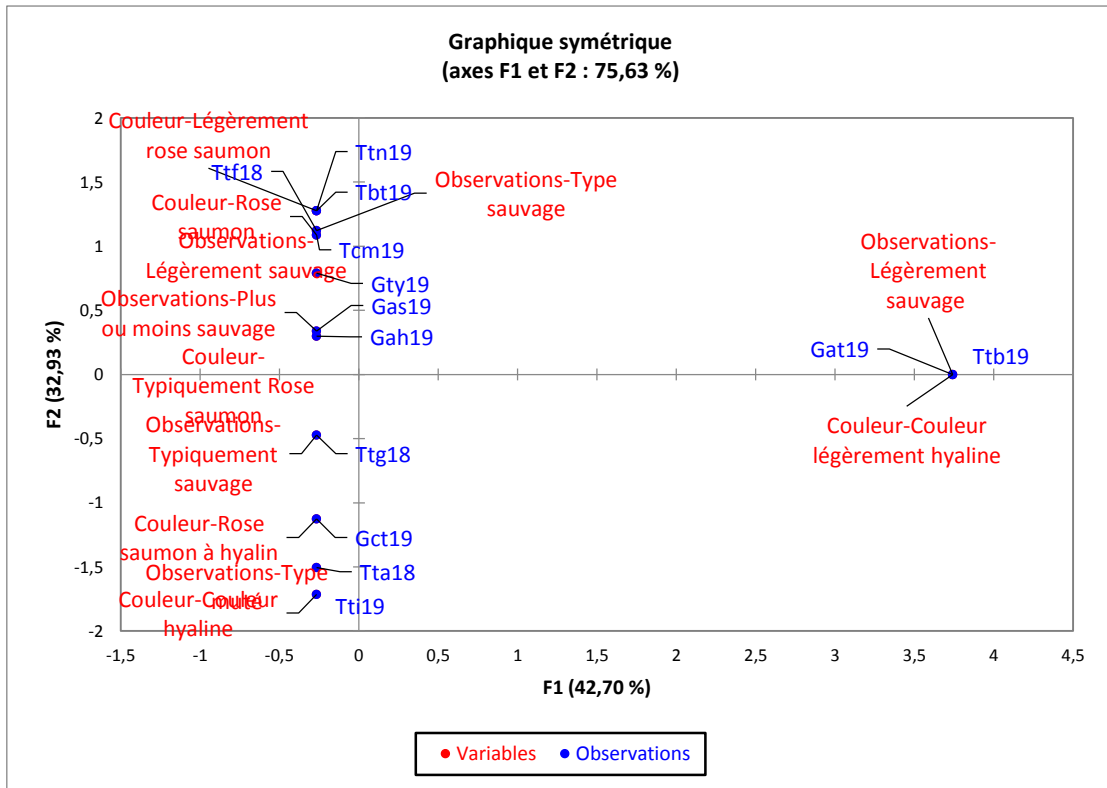
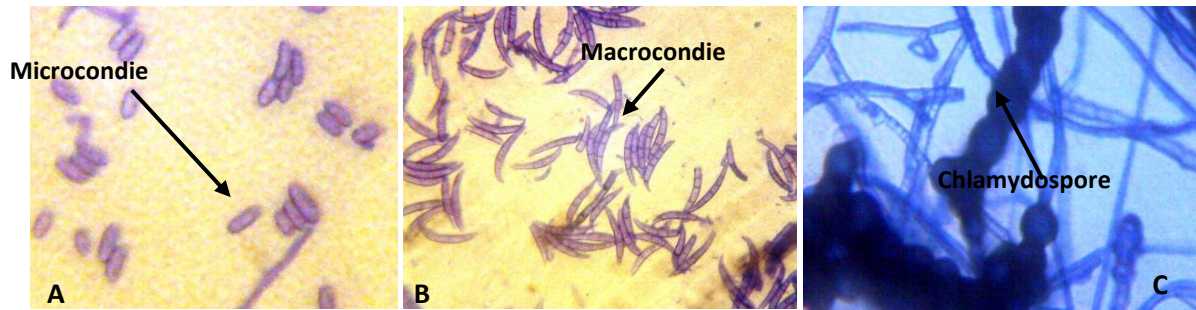


Figure 68 : Représentation 'ACM' des isolats de *F.o.albedinis* selon la couleur et le type de mycélium

### 3-3-Caractères microscopiques

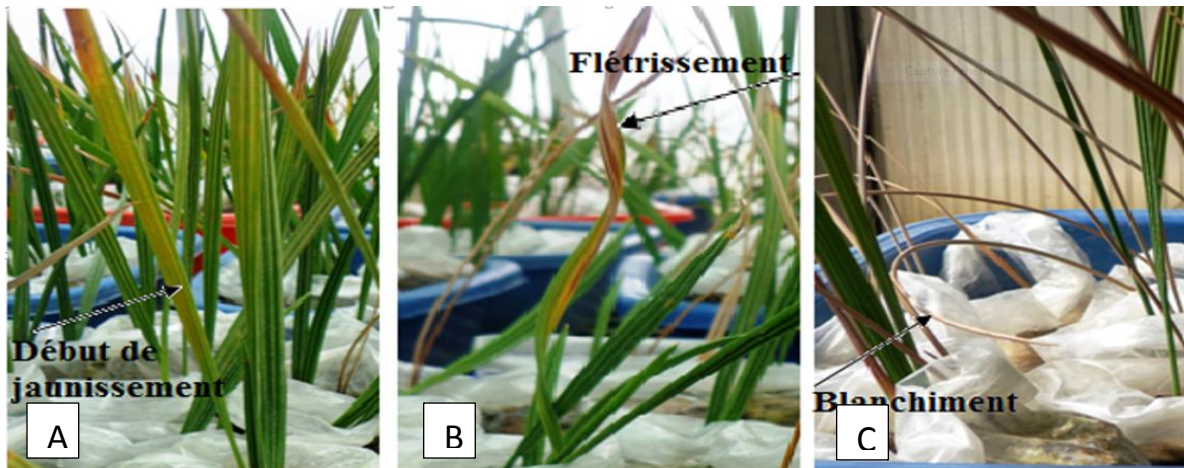
Pour l'ensemble des souches, le mycélium est cloisonné, ramifié et hyalin. De fausses têtes ont été observées sur les microphialides. Ces derniers sont portés par des monophialides courtes et non ramifiées, ce sont les microconidies (Fig.69A). Elles mesurent de 8 à 14µm de longueur. Elles proviennent des hyphes ou conidiophores. Elles sont ovales à ellipsoïdales. Les macroconidies sont issues de conidiophores peu ramifiés, parfois sont clairsemées (Fig.69B). Elles sont généralement munies de 3 à 5 cloisons, pédiformes à bout pointu, courbées et cloisonnées. Elles sont pointues aux deux extrémités, parfois fusiformes à falciformes. Nous avons noté la formation des chlamydospores qui étaient peu abondants au niveau des cultures âgées sur milieu PDA. Leur dimension est de 11 µm, généralement intercalaires (Fig.69 C).



**Figure 69** : Caractères microscopiques des isolats *F.o.albedinis* Gr : 40x  
 A : Microconidie                      B : Macroconidie                      C : Chlamydo-spore

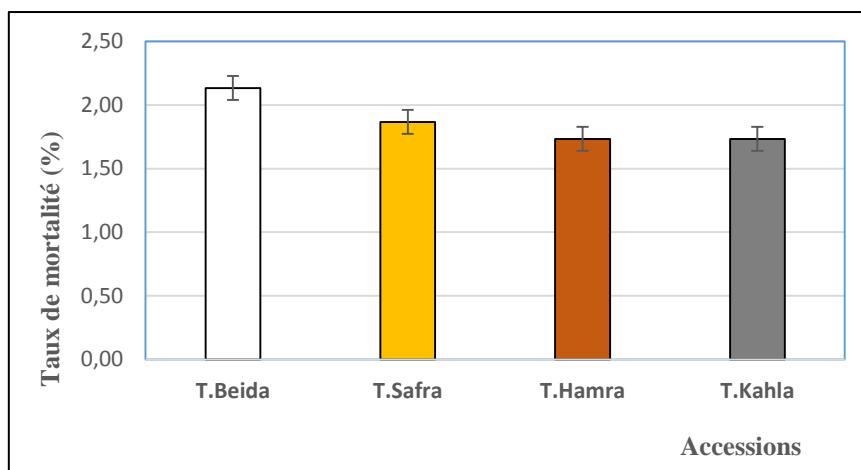
### 3-4-Test de pathogénicité des accessions et des souches de Bayoud

Après avoir procédé à la prégermination des graines des quatre accessions de palmier dattier dans une bassine contenant de la tourbe, nous avons obtenu un taux moyen de germination de l'ordre de 95 %. Après la 4<sup>ème</sup> semaine d'inoculation artificielle, nous avons remarqué que les 15 souches ont reproduit les symptômes de la maladie du Bayoud sur quelques jeunes plantules des différentes accessions mais à des degrés différents à savoir, le flétrissement, le jaunissement et le dépérissement (Fig.70 A, B,C).



**Figure 70** : Symptômes de Bayoud observés sur plantules des 4 accessions de Taqerbuht après leur inoculation artificielle. (A : témoin, B : début jaunissement, C : flétrissement, D : blanchiment)

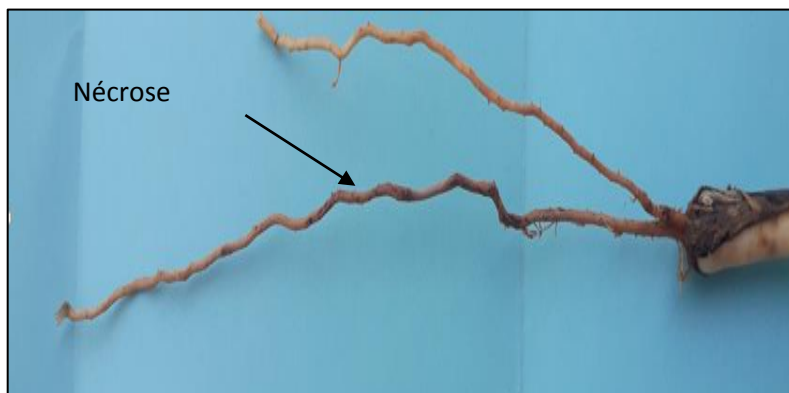
A cet effet, le taux de mortalité définitif induit par le *F.o.albedinis* sur l'ensemble des accessions est de l'ordre de 1,865%. Le taux de mortalité le plus important a été enregistré sur la Tq.beïda avec 2,13%, suivi de Tq.safra avec 1,87% alors que La Tq.hamra et Tq.Kahla ont eu simultanément 1,73% de morbidité (Fig.71). Dans l'ensemble, ce taux de morbidité est insignifiant par rapport au nombre total de plantules utilisé lors de notre expérimentation.



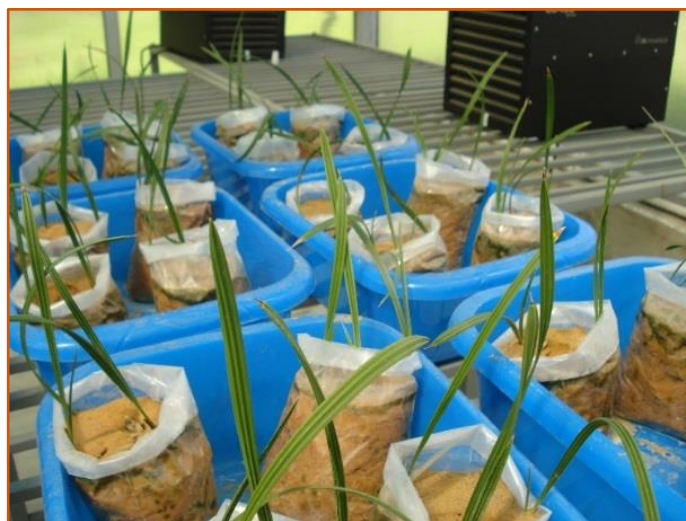
**Figure 71 :** Taux de mortalité induit par le *F.o.albedinis* sur chaque accession de Taqerbucht

L'examen du système racinaire des plantules atteintes, montre que les racines des plantules présentent un début de nécrose bien visible le long de toute la racine. La coloration brunâtre s'enfonce vers l'intérieur des tissus racinaires d'une façon horizontale sans qu'il y ait une apparition réelle des symptômes de Bayoud sur la partie foliaire de la plantule. Un examen exhaustif au laboratoire de phytopathologie montre aussi une production abondante de tannins et de gommés (polyphénols) surtout au niveau du sclérenchyme racinaires. Le cultivar Taqerbucht connu pour sa résistance totale vis-à-vis du Bayoud semble produire plus de polyphénols par rapport à d'autres variétés de palmier dattier, en présence de risque de maladie. Ce qui témoigne une réaction de défense mise en oeuvre par la plante infectée pour atténuer, voire stopper la progression du champignon (Fig.72). Les mêmes observations ont été effectuées par Boudeffeur (2010) lorsqu'il a comparé l'insinuation de *F.o.albedinis* à travers 3 variétés de palmier dattier à savoir résistante, tolérante et sensible.

Les plantules témoins irriguées à l'eau potable sont restées indemnes et sans apparition de coloration de tannins ou de gommés (Fig.73).



**Figure 72.** Une nécrose claire engendrée par *F.o.a* sur racine de plantule de Taqerbucht Kahla après inoculation

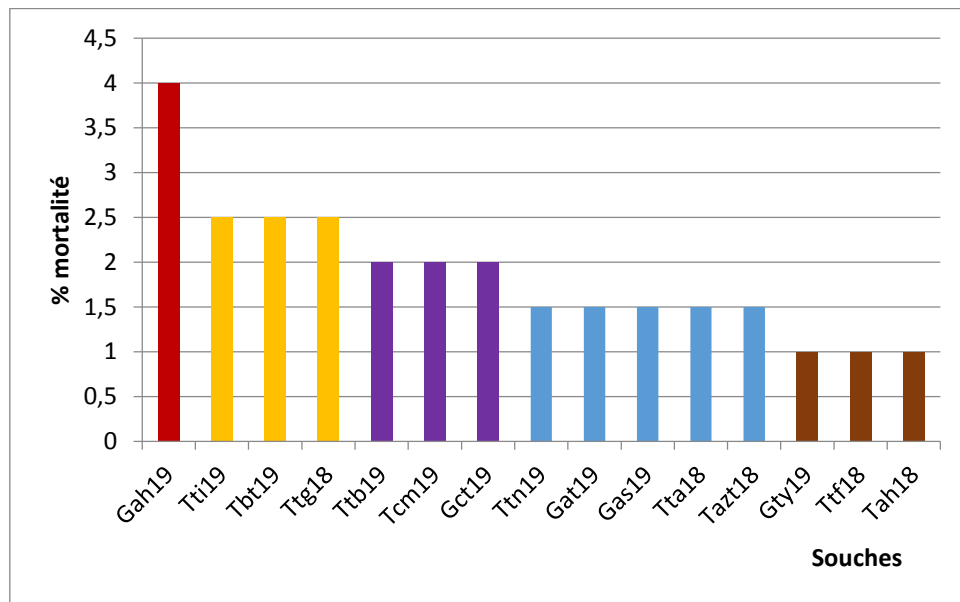


**Figure 73 :** Aucun symptôme de Bayoud sur les plantules des accessions irriguées à eau de robinet

L'identification des isolats de *Fusarium oxysporum* pathogène doit être basée au préalable sur des tests de pathogénicité (Lievens *et al.*, 2008). Les résultats de l'inoculation artificielle par une suspension conidienne titrant  $10^6/\text{ml}$  n'a pas pu reproduire les symptômes de Bayoud sur l'ensemble des plantules infectées. Ceci serait dû à l'utilisation d'un matériel hétérogène constitué de graines. Le taux de mortalité engendré par les différentes souches fluctue entre 1 et 4 %. Le taux global de mortalité engendré par l'ensemble des souches sur la totalité des accessions est de 1,86 %. La souche Gah19 a engendré le taux de mortalité le plus élevé (4 %), suivi des souches Tti19, Tbt19 et Ttg18 avec un taux de mortalité de 2,5 % pour chacune. Le taux le plus faible (1 %) est engendré par les souches Gty19, Ttf18 et Tah18 (Fig.74). Alors, la fréquence d'apparition des

symptômes sur ces plantules diffère légèrement d’une accession à une autre. Ces résultats coïncident avec ceux obtenus par plusieurs auteurs qui mentionnent la pathogénicité des isolats de *F.o.a* vis-à-vis des plantules de palmiers dattiers (Oubraim *et al.*, 2016 ; Karkachi *et al.*, 2014; Mathéron et Benbadis, 1994; Nelson *et al.*, 1981 ; El-Kazzaz *et al.*, 2008). Ceci dit que cette opération réalisée sur les quatre accessions a montré dans notre cas, que l’inoculation artificielle avec *F.o.albedinis* sur des plantules au stade d’une feuille et demi est fiable (Dubost et Kada, 1974). Ce test de pathogénicité, nous a permis aussi de mettre en évidence le caractère pathogène des 15 souches de *F.o.albedinis* étudiées, en y reproduisant les symptômes de la maladie sur certaines plantules sur les 4 quatre accessions étudiées.

La variabilité des taux très faible de mortalité enregistrée, pourrait être vraisemblablement liée à la variabilité de l’agressivité de chacune des isolats et à la diversité génétique des plantules issues de graines. Cet aspect a fait l’objet de nombreuses études (El-ghorfi, 1987). Chez *F.oxysporum*, il existe plusieurs isolats dont la pathogénicité n’a pas été prouvée et aucune reproduction de symptôme n’a été révélée sur certaines plantules de nos accessions. Ces isolats auraient probablement un comportement saprophytes [Toussoun, 1975], formes spéciales avirulentes [Damicone and Manning, 1982] ou encore non pathogènes [Schneider, 1984].



**Figure 74** : Taux de mortalité induit par les 15 souches de Bayoud sur les différentes accessions

L’analyse statistique (ANOVA) n’a révélé aucun effet significatif des souches étudiées sur les quatre accessions (Tableau 31).

**Tableau 31** : Résultats d'analyse statistique (Anova) des 15 souches de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*

Souches	F observé	Ddl 1-2	Degré de signification	Moyenne	Ecartype	CV (%)
Tti19	0,194	3-12	NS	9,75	0,12	5,21
Ttb19	0,000	3-12	NS	9,8	0,00	4,66
Tbt19	1,000	3-12	NS	9,75	0,12	2,29
Tcm19	0,762	3-12	NS	9,8	0,20	4,27
Ttn19	1,000	3-12	NS	9,85	0,12	2,27
Gct19	0,000	3-12	NS	9,8	0,00	3,61
Gah19	0,314	3-12	NS	9,6	0,12	6,79
Gty19	1,000	3-12	NS	9,9	0,12	2,61
Gat19	1,000	3-12	NS	9,85	0,12	2,27
Gas19	2,860	3-12	NS	9,85	0,00	4,25
Tta18	2,860	3-12	NS	9,85	0,12	4,25
Ttf18	1,000	3-12	NS	9,9	0,12	2,61
Ttg18	0,375	3-12	NS	9,75	0,00	3,75
Tah18	0,615	3-12	NS	9,9	0,12	3,32
Tazt18	0,375	3-12	NS	9,85	0,00	3,71

Les différentes souches utilisées ont reproduit les symptômes du Bayoud et ont induit une légère mortalité sur un faible pourcentage de plantules inoculées. L'impact engendré par ces souches sur l'ensemble des accessions de Taqerbucht n'a révélé statistiquement aucun effet significatif. Ceci peut être traduit par : soit les souches utilisées sont homogènes et génétiquement identiques, soit les plantules, ayant subi le test de pathogénicité par l'inoculation artificielle ont hérité une certaine résistance vis-à-vis du Bayoud à partir de leur pied-mère. Par ailleurs, les études menées sur le pouvoir pathogène n'ont pas permis de révéler l'existence de races physiologiques parmi la structure de ce parasite (Fernandez et *al.*, 1995). Ce résultat pourrait constituer un paramètre fondamental à prendre en considération dans d'éventuelles stratégies de lutte contre ce fléau dévastateur.

De même, Quinten (1996) a pu avoir une bonne similarité des profils d'hybridation des souches de *F.o.a* et a conclu qu'elles appartiennent à une seule lignée clonale et qu'il n'a pas révélé une différence significative du pouvoir pathogène parmi les génotypes étudiés. Néanmoins, une différence de comportement pathologique entre les isolats de provenance du sol de jardins Bayoudés a été mise en évidence (Tantaoui et Fernandez, 1993 ; Fernandez et Tantaoui, 1994).

Fernandez et *al.*, (1997) ont prélevé quatre-vingt-dix-huit isolats à partir des principales régions infestées, Touat, Gourara et Mzab, et 6 isolats du Maroc à des fins de comparaison, alors

tous les isolats étaient compatibles végétativement et appartenait à VCG 0170, ne montrant aucune variation dans l'ADNmt d'un sous-ensemble de 73 isolats. L'analyse RAPD a indiqué qu'elle était génétiquement proche.

### 3-5- Conclusion

L'inoculation artificielle par une suspension de conidie n'a pas pu reproduire les symptômes de Bayoud sur l'ensemble des plantules issues de noyaux des accessions de Taqerbucht, bien que les plantules inoculées soient issues d'un matériel hétérogène. Cette fréquence de mortalité diffère légèrement d'une accession à une autre selon les souches. Les analyses statistiques n'ont pas révélé de différence significative parmi les souches. Ceci indique que ces dernières sont génétiquement proches.

Par ailleurs, les travaux réalisés sur la caractérisation génétique par la biologie moléculaire sur plusieurs souches de *F.o.a* confirment l'homogénéité génétique de cette espèce, ceci témoigne l'existence d'une seule lignée génétique du parasite. Par ailleurs, les études menées sur le pouvoir pathogène n'ont pas permis de révéler l'existence de races physiologiques parmi la structure de ce parasite. Ces résultats nous donnent un grand espoir quant à la mise en œuvre d'une stratégie de lutte contre ce fléau dévastateur.

Néanmoins, une différence de comportement pathologique entre les isolats de provenance du sol de jardins Bayoudés a été mise en évidence. Cette différence génétique réside dans les profils RAPD (Restriction Fragment Length Polymorphisms) de l'ADN mitochondriale et les groupes de compatibilité végétative (GCV). Nous ne pouvons pas écarter définitivement la notion de variabilité pathogénique du moment qu'il existe une différence de sporulation et de colonisation *in vivo* et *in vitro* parmi les souches dans l'espace et le temps. Il est donc nécessaire de refaire nos expériences sur un matériel végétal homogène (*vitroplants*) pour pouvoir confirmer ou affirmer cette hypothèse.

Il a été aussi démontré par ailleurs que l'accumulation de polyphénols au niveau des tissus atteints par le Bayoud résulte de l'inoculation des racines des plantules par le *F.o.albedinis*. Alors que, l'interception du champignon au niveau des tissus conducteurs conduit également à l'apparition de nécroses au niveau des racines atteintes (El-Modafar et al., 2003). Il reste à savoir, d'une part, si la présence de ces polyphénols est réellement à l'origine de ce blocage chez les cultivars résistants, et d'autre part, si la nature des polyphénols diffère d'un cultivar à un autre chez le palmier dattier?

L'envahissement des tissus conducteurs induit également au déclenchement du mécanisme de défense. Ce mécanisme multifonctionnel comprend une biosynthèse de phytoalexines (El-Modafar et *al.*,2008 ; El-Modafar et *al.*,1999a ); l'accumulation de l'acide cafféoylshikimique (Ziouti et *al.*,1996) et l'induction de tylose (El-Modafar et *al.*, 2000). Ces mécanismes de défense peuvent agir en cascade et leur efficacité pourrait s'expliquer par des effets de synergie.

***CONCLUSION GENERALE***

---

---

---

---

---

## CONCLUSION GENERALE

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) possède un rôle socio-économique majeur pour les populations des régions Sahariennes. Il est en outre, une source de revenu très appréciable pour l'économie Algérienne. Le palmier dattier dispose d'une diversité génétique assez importante à travers le monde, notamment au sein de la zone d'étude qui recense plus de 220 cultivars (Brac de la Perrière et Benkhalifa, 1990).

La compréhension de la variabilité génétique et la bonne identification des cultivars constitue des étapes indispensables pour la mise en place des stratégies d'amélioration génétique.

Notre travail constitue une modeste contribution dans l'étude de la diversité génétique des accessions de Taqerbucht, basée sur la diversité morphologique à savoir, les palmes, les inflorescences, les fruits et les graines pour caractériser plusieurs accessions du cv Taqerbucht. D'une manière générale, la sélection et la caractérisation du palmier dattier par nos agriculteurs est pratiquement basée sur les observations à l'œil nu des fruits au stade de maturation.

Ce travail a permis d'effectuer une caractérisation des caractères liés aux fonctions végétative et reproductrice en faisant appel à 84 descripteurs. En effet, l'étude a montré une diversité morphologique considérable. En outre, cette étude a mis en évidence une diversité phénotypique, qui s'est manifestée par des groupes et sous-groupes différenciés l'un de l'autre par des caractéristiques fruitières bien définies : le poids des fruits et des graines, les longueurs des fruits et des graines, les largeurs des fruits et des graines, *etc.*

Le regroupement des cultivars sur la base de leurs caractéristiques reproductrices a montré des distances relativement plus importantes entre les cultivars, en comparaison avec ses traits végétatifs. Ceci donne un appui au choix des agriculteurs qui faisaient appel souvent aux dattes pour la distinction entre les cultivars plutôt qu'aux palmes.

L'exploitation des résultats de l'analyse statistique de cette étude a montré une diversité phénotypique chez les accessions de Taqerbucht. Ces analyses ont révélé des variations intra-variétales importantes qui peuvent être regroupées en deux types distincts. Celles qui sont communes entre les quatre accessions, alors que d'autres varient d'une accession à une autre.

Le premier type de caractère est lié aux organes végétatifs (la palme), tandis que le deuxième type est lié aux organes reproducteurs ; l'inflorescence, le fruit et la graine.

Les marqueurs morphologiques de l'IPGRI, utilisés ont permis de dévoiler une importante variabilité génétique entre les 4 accessions avec un degré de polymorphisme entre les caractères étudiés. Cette variation, remarquable, entre les accessions peut être expliquée, par la variation génotypique due surtout au mode de reproduction du palmier dattier.

Les analyses en composantes principales (ACP) ont révélé 4 groupes qui ont partagé des caractéristiques quantitatives bien définies.

En réalité :

- La Tq.Kahla est caractérisée par la longueur de l'épillet avec des fleurs au sommet, l'épillet le plus court, la largeur de la cavité, la largeur de la graine et le nombre d'épines.
- La Tq.Hamra est caractérisée par l'importance des caractères quantitatifs, à savoir le poids du fruit, la longueur de la palme, la longueur de l'épillet le plus long, la longueur de l'épine, l'épaisseur et la largeur du rachis.
- La Tq.Safra est caractérisée par l'épaisseur de la graine, le poids de la graine, le poids de la graine/fruit, la largeur de la palme, la largeur de penne et épaisseur de la chair. Ces paramètres contribuent à la formation d'une baie fruitière considérable.
- La Tq.Beïda est caractérisée par l'épaisseur de l'épine, l'épaisseur de la chair, le nombre d'épillet/régime et la longueur de la spathe. Ceux-ci rendent ce cultivar avec des penne développées, qui sont très caractéristiques par rapport aux autres accessions.

Les analyses des correspondances multiples (ACM) des caractéristiques qualitatives ont exprimé 3 grands groupes avec 9 sous-groupes distincts.

- Les caractères qualitatifs de Tq.Kahla se répartissent en quatre groupes mineurs, le plus représentatif est caractérisé par une palme vert-olive, des fruits ellipsoïdaux, noirs foncés et des graines brunes bien développées.
- Les deux accessions Tq.Safra et Tq.Beïda appartiennent à un groupe caractérisé par de gros fruits ellipsoïdaux, à fond plat oblique et des graines fusiformes.
- L'accession Tq.Hamra se divise en deux groupes, caractérisés par des morphologies phénotypiques distinctes, telles que des fruits cylindriques allongés et une texture farineuse avec une bonne adhérence du calice au fruit et des graines beiges.

Il faut signaler par ailleurs, que les marqueurs morphologiques, en particulier ceux des fruits, sont importants dans le processus de la caractérisation, et le screening des cultivars de palmier dattier. Plusieurs cultivars peuvent avoir le même phénotype alors qu'ils sont génotypiquement différents.

La variabilité entre les différentes accessions peut être expliquée par la variation génotypique due surtout au mode de reproduction du palmier dattier. Le facteur environnemental, en particulier l'interaction au milieu x génotype peut également avoir une influence directe sur le palmier. Alors que, le type de sol, les conduites culturales, diffèrent d'un agriculteur à un autre (éclaircissage, pollinisation, ciselage et récolte).

En général, les traits qualitatifs des inflorescences ont moins de pouvoir distinctif que les traits qualitatifs des graines et des fruits, pour reconnaître et différencier facilement les cultivars de Taqerbucht. Cependant, les caractères morphologiques de l'IPGRI, utilisés ont permis de montrer une variabilité génétique parmi les quatre accessions avec un certain degré de polymorphisme. L'analyse de la variabilité des cultivars d'une même région a permis de mettre en évidence l'efficacité de l'utilisation des descripteurs de palmiers dattiers. Nous notons également que les caractéristiques liées à la surface de la graine, au type de protubérance, au rapport taille/graine du fruit, se sont révélés les plus discriminantes.

Quant aux résultats de l'analyse moléculaire, ils ont permis de dévoiler le niveau de diversité et la structure génétique des accessions de Taqerbucht. En effet, une variabilité génétique très importante intra et inter accessions a été mise en évidence lors de cette étude. Les 16 microsatellites utilisés dans la présente étude ont montré un degré de confiance élevé dans la révélation de la diversité génétique chez ces accessions. Néanmoins, ces dernières ont enregistré un faible nombre d'allèles et une hétérozygotie observée moyenne, ce qui explique une diversité génétique moyenne chez ces accessions. En outre, un déficit d'hétérozygotie est confirmé par les valeurs négatives enregistrées du coefficient de consanguinité (*Fis*). Aussi, un total de 31 allèles a été enregistré à partir de 13 loci SSR dont le nombre d'allèles par locus qui variait de 1 à 4 avec une moyenne de 2,38 allèles par locus. L'accession Tq.kahla a montré 7 allèles privés. En outre, ces 13 marqueurs avec 24 amorces SSRs (F et R) ont montré des profils multi-loci et seulement un, est monomorphique dont la fréquence allélique la plus élevée a été enregistrée pour l'allèle 120bp au locus DP169, que toutes les accessions ont amplifié ; soit à l'état homozygote ou hétérozygote. Les

valeurs estimées d'hétérozygoties ( $H_e$ ) variaient de 0,375 à 0,500 tandis que les valeurs d'homozygotie ( $H_o$ ) sont échelonnées de 0,750 à 1000.

Le dendrogramme construit selon la distance génétique minimale de Nei des 4 accessions de Taqerbucht faisant appel à la méthode de UPGMA, a mis en évidence deux groupes distincts : le premier groupe comprend les trois accessions Tq.Safra, Tq.Beïda et Tq.Hamra, tandis que le deuxième groupe est constitué uniquement par la Tq.Kahla.

L'analyse de la variance moléculaire a montré que la variabilité entre les individus était importante par rapport à celle des populations, d'où une faible structure génétique a été relevée sur ces accessions.

L'analyse moléculaire faite par 'STRUCTURE' a permis de scinder les quatre accessions de Taqerbucht en deux catégories génétiques. Les dattes ayant une couleur de l'épicarpe jaunâtre à blanchâtre semblent avoir une affinité d'homogénéité alors que la noire étant bien distinctes par rapport aux autres.

En outre, les paires d'amorces SSR ont permis de détecter les polymorphismes parmi les génotypes de palmiers dattiers, et pourront également contribuer à sélectionner les marqueurs SSR les plus efficaces.

A la lumière des résultats obtenus, il serait possible d'identifier spécifiquement toutes les accessions analysées grâce à leur empreinte génétique. L'approche moléculaire nous rend plus optimiste pour compléter et affiner la description morphologique des cultivars traditionnels existants au sein de nos palmeraies.

De ce fait et par le biais du présent travail, nous montrons qu'il existe une diversité considérable du palmier dattier au sein de la wilaya d'Adrar. Un polymorphisme morphologique et moléculaire a été mis en évidence chez les accessions de Taqerbucht, permettant d'effectuer un screening et une base de données pour promouvoir cette importante culture dans le cadre de la lutte contre la maladie du Bayoud. En effet, le cultivar Taqerbucht et vu sa résistance totale au *F.o.albedinis* a déjà été utilisé comme géniteur dans des croisements dirigés au sein de l'institut national de la recherche agronomique d'Adrar et avec le concours du projet PNUD/FAO/RAB/88/024 pour induire la résistance chez sa descendance et atténuer la propagation de la maladie du Bayoud au sein de nos palmeraies.

De même, il serait impérieux d'intensifier et encourager la multiplication *in vitro* des variétés résistantes afin de reconvertir les jardins préalablement dégradés par la maladie dévastatrice du Bayoud et relancer la vie des ruraux ayant quitté leurs jardins.

Il serait aussi toujours utile de continuer à prospecter les palmeraies bayoudées dans l'espoir de mettre la main sur des accessions de palmier dattier *ex-situ* résistants au bayoud et disposant de dattes ayant une qualité organoleptique acceptable.

## ***REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

---

---

---

---

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abd-El Hamed K., Darwesh Rasmia S.S. and Eman Zayed M.M., 2017.** Evaluation Physical and Chemical Characteristics of Some Seedlings Date Palm Fruits (Maghal). In the North Delta Egypt. *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*, Vol. 4 Issue.7, p: 13-32
- Abdellaoui S., El Aissami A., Benkhemmar O., Touhami A., Benkirane R. et Douira A., 2017.** Study of the Differentiation of *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* Chlamydo-spores on Different. *Annual Research & Review in Biology*. 18(4): 1-9, 2017.
- 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.
- Abdullah M., El-Ammari S.S. and EL-Alwani AM., 2001.** Fruit physical characteristics of date palm cultivars grown in three Libyan oases. Dept. of Botany, Fac. of Science, Univ. of Garyounis P.O. Box (2757) Benghazi-Libya.
- Abeer H. I. Abdel-Karim, 2017.** Identifying and Controlling Contamination of Date Palm Tissue Cultures. *Date Palm Biotechnology Protocols*. Volume I pp : 165-174.
- Absi R., 2013.** Analyse de la diversité variétale du Palmier Dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : Cas des Ziban (Région de Sidi Okba). Mémoire. Magister. Univ. Med Khider Biskra. 105p.
- Abul-Soad A.A. and Al-Khayri J.M., 2018.** Date palm somatic embryogenesis from inflorescence explant. In: Jain S, Gupta P (eds.) *Stepwise protocols for somatic embryogenesis of important woody plants*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, pp: 329–347.
- Ahmad Nadia B., 2014.** "The Islamic Influence in (Pre-) Colonial and Early America: A Historico-Legal.Snapshot," *Seattle Journal for Social Justice*: Vol. 12: Iss. 3, Article 7. Available at: <https://digitalcommons.law.seattleu.edu/sjsj/vol12/iss3/7>
- Ait chitt M., Mantell S., Thangavelu M. and Ainsworth C., 1995.** Cloning Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) DNA and Characterization of Low, Medium and High Copy DNA Sequences. *Elaeis*, 7 (1): 57-63.
- Ait Kettout T., 2011.** Isolement et indentification des exométabolomes de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* (Killian et Maire) Gordon, agent causal de la maladie du Bayoud, fusariose du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). These doc. USTHB Alger.148 pages

- Akhter A., Hage-Ahmed K., Soja G. and Steinkellner S., 2016.** Potential of wilt- inducing chlamydospores, *in vitro* behaviour in root exudates and physiology of tomato in biochar and compost amended soil. *Plant and soil*. Vol. 406, pp: 425–440.
- Al-Abdoulhadi A., Al-Ali S., Khurshid K., Al-Shryda F., Al-Jabr A.M. and Ben Abdallah A., 2011.** Assessing fruit characteristics to standardize quality norms in date cultivars of Saudi Arabia. *Indian Journal of Science and Technology*. Vol. 4 N°10. <http://www.indjst.org>
- Al-Alawi R.A., Al-Mashiqri J., Al-Nadabi J.S.M., Al-Shihi B.I and Baqi Y., 2017.**Date Palm Tree (*Phoenix dactylifera* L.): Natural Products and Therapeutic Options. Review: *Frontiers in Plant Science*. Vol. 8 Article845. [Doi.org/10.3389/fpls.2017.00845](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00845)
- Al-Bakr., 1972.** The date palm, a review of its past and present status and its culture, industry and trade Iraq: Alain Press, 1405 pages. (en Arabe)
- Al-Khalifah N.S. and Askari E., 2003.** Molecular phylogeny of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Saudi Arabia by DNA fingerprinting. *Theor. Appl. Genet.* 107, 1266–1270.
- Al-Khayri J.M., Naik P.M., 2017.** Date palm micropropagation: Advances and applications. *Ciência e Agrotecnologia* 41 (4):347-358.
- Alquraini F., Khan S., Alhemaïd 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
- Amari I., 2017.** Etude de la variabilité génétique des cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et de leur agent causal *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Killian et Maire) Gordon dans les régions du Touat, Tidikelt et Gourara. Mémoire Master II ; ENSA Alger
- Amir H. et Amir A., 1988.** Influence de la désinfection et du type de sol sur l'antagonisme d'un actinomycète vis-à-vis d'une souche de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 26 : 57-74.
- Aoudah-Ibrahim 2011.** De l'histoire de Notre-Dame des Arbres. Symposium sur la vie et la civilisation des palmiers / Centre culturel Issa / novembre 2009. <https://iraqi-datepalms.net>
- APG II., 2003.** An update of the Angiosperm phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141, PP: 399 – 436.
- APG III., 2009.** An update of the Angiosperm phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, PP: 128–131.

- APG IV., 2016.** An update of the Angiosperm phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Volume 181, Issue 1, May 2016, P 1-20. Available at: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Aregawi L., Melkamu A. and Mossa E.S., 2018.** Date Palm Production Practices and Constraints in the Value Chain in Afar Regional State, Ethiopia. *Advances in Agriculture* Volume 2018, Article ID 6469104, 10 pages
- Atallaoui K., Benmehaia R. et Simozrag A., 2015.** Simulation de la production de deux cultivars de palmier dattier de l'Algérie : Deglet-Nour et Litima. Université Ferhat Abbas Sétif 1. *Revue Agriculture. 10 : 89 – 93.* Attribution 4.0. pp:01-21.  
Available at: <https://www.F.A.O.org/faostat/en/#home>
- Ayachi N., 2002.** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologiques et biochimiques de huit cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région d'Ouled Djellal (Biskra). Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur. Batna : université Hadj lakhdar, 66 p.
- Baaziz M., 2000.** Date palm culture in the Maghreb countries: constraints and scientific research. Paper presented at the date palm international symposium, Namibia, 22–25 February 2000, pp 306–311
- Babahani S., 1991.** Caractérisation et évaluation des palmiers mâles (Dokkars) de la collection de Hassi Ben Abdallah (wilaya Ouargla) Mémoire ingénieur d'agro, INFS/AS Ouargla, 48p.
- Babahani S., 2011.** Analyses biologique et agronomique de palmiers mâles et conduite de l'éclaircissage des fruits chez les cultivars Ghars et Deglet Nour. Thèse Doc, ENSA, Alger. 197p.
- Badriani S. et Hamani A., 2019.** Caractérisation morphologique de quelque variété de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans les régions d'Aougrou (Gourara). Mémoire master. Univ. Ahmed Draïa. 60pages.
- Bahiani M., 2009.** Le palmier dattier «*Phoenix dactylifera* L.» du Touat. Séminaire International sur la Protection et Préservation des Ecosystèmes Sahariens, les 13,14 et 15déc. Univ. Kasdi Merbah. Ouargla
- Barre Philippe P., 2020.** Les marqueurs moléculaires. Hal Open science. INRA Centre Poitou-Charentes UR4 : Unité de Recherche Pluridisciplinaire, Prairies et Plantes Fourragères .Biologie Ecologie.50 p.
- Bautista-Salas A. M., 2009.** Caractérisation agro-morphologique et moléculaire d'une collection de landraces péruviennes de pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) pour l'analyse

de sa diversité. Thèse de doctorat. Faculté universitaire Notre Dame de la paix. Namur, Belgique, 224 P.

**Beal J. M., 1937.** Cytological studies in the *genus Phoenix*. Bot. Gaz. 99: 400-407.

**Bedjaoui H. and Benbouza H., 2018.** Assessment of phenotypic diversity of local Algerian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Xxx () xxx–xxx. Available at: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Bedjaoui H., 2019.** 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. Thèse Doctorat En Sciences Agronomiques. Univ. Biskra. 182p.

**Belguedj M., 2002.** Les ressources génétiques du palmier dattier : caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est algérien. Dossiers Documents Débats - N° 1. INRA Alger.

**Belguedj, M. et Tirichine A. 2011.** Caractéristiques des cultivars de Ghardaia. Algérien, INRA, Algérie. 175 pp.

**Benchabane M., Bakour R., Toua D. et Boutekrabt A., 2000.** Mise en évidence de l'effet antagoniste de *Pseudomonas fluorescens* vis-à-vis de la fusariose vasculaire de la tomate. EPPO Bulletin, 30: 243–246.

**Benhamida F., 2011.** La filière des dattes communes dans les oasis de Gabès dans le contexte des aléas climatiques et économiques : fonctionnement, atouts et contraintes. Institut National Agronomique de Tunisie.

**Benkhalifa A., 1989.** Ressources génétiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et lutte contre la fusariose. Organisation de la variabilité des cultivars du dattier des palmeraies du sud-ouest algérien. Mém. Magister. Alger : E.N.S., 103p.

**Benkhalifa A., Benmalek S., Brac de Ia Perriere R.A., Hannachi S. et Khitri D., 1992.** Ressources génétiques du palmier-dattier ; prospection, inventaire et structure des palmeraies algériennes. Complexes d'espèces, flux de gènes et ressources génétiques des plantes. Actes du colloque international en hommage à Jean Pernes, Paris XI, 8-10 janvier.

**Benlarbi L., 2019.** Contribution à l'étude de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*, agent causal de la fusariose vasculaire du palmier dattier et moyens de lutte. Thèse Doctorat. Université Mostaganem. 175 pages.

**Benlarbi L., Bellahcene M., Mebarki L., Vander Wauven C., Cornu R. and Moussaoui A., 2018.** Pathogenic and molecular detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* isolates from

different areas in southwest Algeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*; 17(8):1629-1635

**Bennaceur M., Lanaud C., Chevalier M.H. and Bounaga N., 1991** - Genetic diversity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) from Algeria revealed by enzyme markers, *Plan Breed.* 107. pp. 56-89.

**Bensaada K., 2015.** Etude du développement et architecture racinaire de plantules de palmier dattier sous stress salin. Mémoire Magister. Université d'Oran1 Ahmed Ben Bella. 85pages.

**Benzaza H.B., Brochard P., Dubost D. et Hethener P., 1970.** Progression du Bayoud en Algérie et résultats des prospections entreprises. In : Travaux sur le Bayoud, 1969-70, MARRA-PV, Congrès Maghrébin d'Agronomie Saharienne.

**Benziouche S., 2012.** Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. *New MEDIT N.* 4. pp : 49-57.

**Benziouche S.E., 2017.** L'agriculture biologique, un outil de développement de la filière dattes dans la région des Ziban en Algérie. *Cah. Agric.* 26: 35008.

**Benzohra B.E., Megateli M. and Berdja R., 2015.** Bayoud disease of date palm in Algeria: History, epidemiology and integrated disease management. *African Journal of Biotechnology.* Vol.14 (7), pp. 542-550.

**Benzohra I.E, Belaidi H., Mégateli M., Djillali K., Boumaaza B., Makhloufi S. et Benouis S. 2023.** Essai de lutte biologique *in situ* contre le Bayoud (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*) du palmier dattier en utilisant l'antagoniste *Trichoderma harzianum*. *Journal Algérien des Régions Arides.* 16 (1) : 59–67.

**Berg, E.E. and Hamrick J.L., 1997.** Quantification of genetic diversity at allozyme loci. *Canadian Journal of Forest.* 415-424. <http://dx.doi.org/10.1139/x96-195>

**Bessaoud O., Pellissier J.P., Rolland J.P. et Khechimi 2019.** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [Rapport de recherche] *CIHEAM-IAMM.* Available at : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02137632>.

**Billotte N., Marseillac N., Brottier P., Noyer J.L., Jacques moud-Collet J.P., Moreau C., Couvreur T., Chevalier M.H., Pintaud J.C. and Risterucci., 2004.** Nuclear microsatellite markers for the date palm (*Phoenix dactylifera* L.): characterization, utility across the genus *Phoenix* and in other palm genera. – *Mol. Ecol. Notes.* 4:256-258

**Billotte, N., Lagoda P.J.L., Risterucci A. M., and Baurens F.C.1999.** Microsatellite-enriched libraries: Applied methodology for the development of SSR markers in tropical crops. *Fruits* 54: 277 – 288.

- Bodian A., El-Houmaizi M.A., Ndoye-Ndir K., Hasnaoui A., Nachtigall M. et al., 2012b.** Genetic diversity analysis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Figuig oasis (Morocco) using SSR markers. *International Journal of Science and Advanced Technology* 2: 96-104.
- Bodian A., Nachtigall M., Frese L., Elhoumaizi M.A., Hasnaoui A., Ndir K.N. and Sané D. 2014.** Genetic Diversity Analysis of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Cultivars from Morocco Using SSR Markers. *Genetic Diversity and Molecular Evolution.J.Biodiversity Bioprospecting Development*, 1:3. <http://dx.doi.org/10.4172/ijbbd.1000126>
- Boisson C., 1991.** Variabilité de la morphologie et du pouvoir pathogène des champignons appartenant au genre *Fusarium*. Mise au point bibliographique.Doc. *ORSTOM* Montpellier, N°2. 24p.
- Booth C., 1971.**The genus *Fusarium*. *Commonwealth Agricultural Bureaux*. England
- Boudeffeur S., 2007.** Selection of the South-West Algerian varieties and clones of the date palms against Bayoud disease. *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* "The first International conference on date palm. Integrated crop management of date palm their impacts for producing clean and safety dates. September 2-4 Giza, Egypt.
- Boudeffeur S., 2013.** A new varieties of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) to resist to Bayoud disease (*Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*). International symposium biotechnology of species from arid regions. Muscat. Sultanat of Oman
- Boudeffeur S., Reffis M., Khelafi H. et Khersi M., 2000.** Aperçu sur la région du Tidikelt. Rapport de mission ACSAD 3008. [In-Salah, In-Ghar, et Gourara [Charouine]. 30p.
- Boudeffeur., 2009.** La fusariose du palmier dattier (*Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*) et ses impacts redoutables sur la dégradation de la biodiversité du palmier dattier dans la région d'Adrar. Université "Kasdi merbah du13 au 15 Dec. Sous thème. La protection et réservation des écosystèmes Saharien.
- Boudeffeur., 2010.** Etude histologique de la pénétration de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (Hansen et Snyder) Gordon à travers les racines de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Mémoire Magister. ENSA El-Harrach. 87p.
- Boughediri L., 1994.** Le pollen de palmier (*Phœnix dactyliféra* L.). Approche multidisciplinaire et modélisation des différents paramètres en vue de créer une banque de pollen. Thèse de Doctorat de l'université de Paris, 158 p.
- Bouguedoura N., 1979.** Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : étude des productions axillaires, thèse, USTHB. Alger.

- Bouguedoura N., 1991.** Connaissance de la morphologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*L). Étude in situ et in vitro du développement morphologique des appareils végétatifs et reproducteur. Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle USTHB, Alger.201 pages.
- Bouguedoura N., Bennaceur M. et Benkhalifa A., 2008.** Le palmier dattier en Algérie : situation, contraintes et apports de la recherche. In book : Biotechnologies du palmier dattier. Chapitre : Le palmier dattier en Algérie : situation, contraintes et apports de la recherche, Editors : *Edition IRD*, pp.p15-22
- Bouguedoura N., Bennaceur M. et Benkhalifa A., 2010.** Etat des lieux de la culture du palmier dattier. Le palmier dattier en Algérie. Situation, contraintes et apports de la recherche. Actes du 3<sup>ème</sup> Séminaire du réseau AUF-BIOVEG. « Biotechnologies du palmier dattier » Montpellier (France), 18-20 nov.
- Bouguedoura N., Bennaceur M., Babahani S. and Benziouche S.E., 2015.** Date Palm Status and Perspective in Algeria. 4: 125–168. In Al-Khayri JM, Jain SM, Johnson DV: *Date Palm Genetic Resources and Utilization*. Volume 1: Africa and the America.
- Bouguedoura N., 2012.** Le palmier dattier : développement morphogénétique des appareils végétatif et reproducteur. Ouvrage Editions *universitaires et internationales*- ISBN; 978-3-8417-8124-6 (ouvrage)
- Bouhlali E.T., Alem C., Ennassir J., Benlyas M., Mbark A.N., Filali Y. and Zegzouti Z., 2017.** Phytochemical compositions and antioxidant capacity of three date (*Phoenix dactylifera* L.) seeds varieties grown in the South East Morocco
- Bouhot D. et Billote J.M., 1964.** Recherches sur l'écologie des champignons parasites dans le sol. Choix d'un milieu nutritif pour l'isolement sélectif de *Fusarium solani* et *Fusarium oxysporum*. *Ann. Epiphyties*, 15, 45-56.
- Boulenouar A., 2015.** Bio écologie de l'entomofaune des différentes palmeraies de la région de la Saoura(Béchar) : Application a quelques espèces fréquentant la plante-hôte *Phoenix dactylifera* L. Thèse Doc. Univ. Tlemcen. Algérie.
- Boulenouar N., 2011.** Substances Naturelles a visées antifongiques : Cas particulières des polyphénols. Thèse Doc. Univ. Oran Algérie.
- Bounaga N., 1970.** Quelques aspects de la physiologie d'une souche de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*, agent de la maladie du Bayoud, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 60: 137 –163.
- Bounaga N., 1980.** Le palmier dattier et la fusariose. VII-Action de quelque Mercapto2-Azoles Ribosylés sur la croissance in vitro de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis* (Killian et Maire) Gordon. *European journal of phytopathology* 98 :210-217.

- Bounaga N., 1985.** Contribution à l'étude de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis* (Killian et Maire) Gordon. Agent de la fusariose de palmier dattier. Thèse doctorat ès-sciences. Université Houari Boumediene. 159p.
- Bounaga N., 1991.** Le Palmier Dattier, rappels biologiques et problèmes physiologique. In: Riedcker A., Dreyer E., Pafadnam C., Joly H. and Bory G., (Eds). *Physiologie des Arbres et Arbustes en Zone Arides et Semi-Arides*, Groupe d'Etude de l'Arbre, John Libbey Eurotext, Paris, France, pp. 323-336.
- 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 de cultivars les plus connus de la région du Mzab, classification et évaluation de la qualité. Thèse Mag. Dép. Technologie alimentaire. Univ. Boumerdès. 186p.
- Brac de la Perriere R.A. et Benkhalifa A., 1989.** Identification des cultivars de dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) du Sud-Ouest Algérien. FAO/IBPGR. *Plant genetic Resources Newsletter* June/september 1989.
- Brac De la Perrière R.A., Benkhalifa A., 1990.** Identification des cultivars de dattier (*Phoenix dactylifera* L.) du Sud- ouest algérien. *I.B.P.G.R.* 78 /79. PP.13-20.
- Brochard P. et Dubost D., 1970a.** Progression de la maladie du bayoud dans la palmeraie d'in-Salah (Tidikelt Algérie). *Al-awamia* 35 :143-153.
- Brochard P., 1974.** La sélection génétique du palmier dattier. *Bulletin d'Agronomie saharienne* ; 1 : 1-20.
- Cauvet S., 1914.** La culture du palmier dattier au Souf. Note prise à El-oued en 1900-1901. *Revue Afrique* 1958. Alger pp. 29-87.
- Céard L. et Raynaud R., 1930.** La palmeraie de Colomb-Béchar. 1 broch. (Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, in-8°, t. VIII, fasc. 3-4, p. 396-465.
- Champault D., 1969.** Une oasis du Sahara Nord occidental, Tabelbala, CNRS, Paris, France.
- Chao C. et Krueger R., 2007.** The Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.): *Overview of Biology, Uses, and Cultivation. Hort.science.* Vol. 42(5).
- Chehrite F., 1995.** Caractérisation et étude de la diversité génétique de Taqerbucht, cultivar de palmier dattier résistant à la fusariose vasculaire. Université de Tizi-ouzou. 150p.
- Cheikh-Aissa A., 1991.** Etude de l'efficacité du bromure de méthyle et de la chloropicrine sur *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Bulletin du Réseau Maghrébin de Recherche sur la Phoeniciculture et la Protection du Palmier Dattier 1(3), 17-24.

- Chelli A., 1996.** Etude bioécologique de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardii* Targ (Hom. Diaspididae) à Biskra et ses ennemis naturels. Mémoire. Ing. INA. El-Harrach, 101 p.
- Condit R. and Hubbell S.P., 1991.** Abundance and DNA sequence of two-base repeat regions in tropical tree genomes. – *Genome* 34: 66-71.
- Cronquist A., 1981.** An Integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York, PP: 268- 279.
- Damicone J.P. and Manning W.J., 1982.** Avirulent strains of *Fusarium oxysporum* protect asparagus seedlings from crown rot. *Canadian-Journal-of-Plant-Pathology* (Canada). v. 4(2) p. 143-146.
- De meeûs T., 2017.** Initiation à la génétique des populations naturelles. Application aux parasites et à leurs vecteurs. *IRD éditions*. 335 pages.
- Debabache K., 2010.** Contribution à l'étude de la diversité génétique de trois accessions du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) moyennant une caractérisation morphologique de la région de Tolga. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur. Biskra : université de Mohamed Kheider, 94p.
- Demarly Y., 1977.** Génétique et amélioration des plantes, *Edition Masson*, pp 1 - 287.
- Difli F. et Fattouche S., 2019.** Caractérisation morphologique des palmiers dattiers mâles et femelles (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Biskra. Mémoire Master II. Université Biskra. 77 pages.
- Djekiref L. 2021.** Contribution à l'étude de l'interaction hôte-pathogène dans la maladie du Bayoud chez le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans le sud-ouest algérien. Université mohamed khider – Biskra. 212 pages.
- Djekiref L., Belhamra M. et Cilas C., 2018.** Analyse de la structure génétique de différentes populations de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, en lien avec les risques épidémiologiques. *Courrier du Savoir – N°26*, Université Med Khider – Biskra, Algérie, pp : 213-222.
- Djerbi M. and Sedra M.H., 1986:** Résistance to *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*. In *Phoenix dactylifera* L. Evaluation of new screening method and performance of American high quality backcrossed males. Second symposium on date palm, Saudia Arabia, 3-6 March pp: 367-373.
- Djerbi M., 1982.** Bayoud diseases in North Africa. History, distribution, diagnosis and control. *Date palm journal*.2. pp :153-197.
- Djerbi M., 1988 -** Les maladies du palmier dattier, *FAO*, 39 pages.

- Djerbi M., 1990.** Méthodes de diagnostic du bayoud. Bulletin OEPP.20. pp: 607-613.
- Djerbi M., 1994.** *Précis de phoeniciculture. Edition FAO* : 191 pages.
- Djerbi M., Aouad L., Filali H., Saaidi M., Chtioui A., Sedra M.H., Allaoui M., Hamdaoui T. and Oubrich M., 1986.** Preliminary results of selection of high-quality bayoud-resistant clones among natural date palm population in Morocco. In: Proceedings of the Second Symposium on the Date Palm, Saudi Arabia, and pp: 383-399.
- Djerbi M., Frederix M. J. J., Den Braber K., Chikh Aissa A., et Skouti S., 1991** : Mise au point sur l'éradication du Bayoud : efficacité du bromure de méthyle seul ou associé à la chloropicrine, *Bulletin du Réseau Maghrébin de Recherche sur la Phoeniciculture et la Protection du Palmier Dattier* (PNUD/FAO), Vol. 1, n° 3, pp : 25.
- Djerbi M., Sedra M.H., El Idrissi Ammari M.A., 1985b.** Caractéristiques culturales et identification du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*; agent causal du bayoud. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie.*, 58: 1-8.
- Djoudi A.M. et Belhamra M., 2013.** Etat phytosanitaire et diversité variétale du palmier dattier de bas Sahara, Algérie, *journal Algérien des Régions Arides*, pp 5-16
- 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. Univ. Med Kheider Biskra. Mém. magister. 141 pages. DOI: 10.1079/9781800620209.0001
- Douib S. et Douba A. 2012.** Recherche sur la diversité variétale de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et des fruits des 36 variétés cultivés dans la région d'Oued Souf. Master. Dép. des sciences de la nature et de la vie, Univ, Biskra. 38 pages.
- Douira A., Sghir F., Touati J., Mouria B., Ouazzani A., Filali-Maltouf A., El-Modafar C., Moukhli A.R. and Benkirane R., 2016.** Variation in pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis* on two cultures associated with date palm of Moroccan oasis. *wjpls*, Vol. 2, Issue 3:56-68.
- Dransfield J., Uhl N.W., Asmussen C.B., Baker W.J., Harley M.M. and Lewis C.E., 2008.** Genera Palmarum. The evolution and classification of palms. *Royal Botanic Gardens*, Kew, Richmond, U.K, 732 pages.
- Dubost D. et Kada A., 1974.** Etude expérimentale de l'inoculation des jeunes Palmiers-dattiers issus de semis par *F.o.albedinis*. *Bull. Agronomie Saharienne.*, El-Harrach, Algérie, 1 : 2 - 19.
- Dubost D. et Kada A., 1975.** Le Bayoud à Ghardaïa. *Bul. Agronomie Saharienne* 3:29-61.
- Dubost D., 1972.** The Bayoud disease in Algeria, history and diagnosis. In: Proceedings of the First International Seminar and Workshop on Bayoud, Algiers, Algeria, pp : 83-92.

- El Modafar C., Tantaoui A. and El Boustani E.1999.** Time course accumulation and fungitoxicity of date palm phytoalexins towards *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *J. Phytopathol.*147, 477-484.
- El-Ghorfi A., 1987.** Contribution à l'étude des porteurs sains du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, agent causal du Bayoud; fusariose vasculaire du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) thèse de 3ème cycle, phytopathologie, faculté des sciences. Université cadi ayyad Marrakech, 97p.
- El-Hadrami A., El Idrissi-tourane A., El-Hassni M., Daayf F. and El Hadrami I., 2005.** Toxin-based in-vitro selection and its potential application to date palm for resistance to the bayoud *Fusarium wilt*. *Plant biology and pathology*, Elsevier. 328(8), 732–744. [https:// doi:10.1016/j.crv.2005.05.007](https://doi.org/10.1016/j.crv.2005.05.007).
- EL-Hassni M., EL Hadrami A., Daayf F., Ait-Barka E., and EL-Hadrami I., 2004.** Chitosan, antifungal product against *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* and elicitor of defense reactions in date palm roots. *Phytopathol. Mediterr.* 43, 195–204.
- El-Houmaizi M.A., Saaidi M., Oihabi A. and Cilas C., 2002.** Phenotypic diversity of date-palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Morocco. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49 (5), 483-490.
- El-Kazzaz M.K., El-Fadly G.B., Hassan M.A.A. and El-Kot G.A.N., 2008.** Identification of some *Fusarium* spp. using Molecular Biology Technique *Egy.J. Phytopathol*, 36: 57 - 69.
- El-Modafar C., Tantaoui A. and El-Boustani E., 2008.** Cinétique accumulation et Fongitoxicité des Phytoalexines du Palmier Dattier vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Journal of Phytopathology*. Volume 147, Issue 7-8. P: 477-484.
- El-Modafar C., Tantaoui A. and El-Boustani E.2000.** Changes in Cell Wall.bound Phenolic Compounds and Lignin in Roots of Date Palm Cultivars Differing in Susceptibility to *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*. *J. Phytopathology* 148, 405-411.
- EL-Modafar C., Tantaoui A., et EL-Boustani E., 2003.** Effet de l'acide Cafféoyshikimique des racines du palmier dattier sur l'activité et la production des enzymes hydrolytiques de *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*. *J. Phytopatho.*V.148 101p. PP: 1-3.
- Elshibli S. and Korpelainen H., 2008.** Microsatellite markers reveal high genetic diversity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) germplasm from Sudan. *Genetica* 134:251–260
- Elshibli S. and Korpelainen H., 2011.**Biodiversity in Date Palm: Molecular Markers as Indicators. Chapter from book *Date Palm Biotechnology* pp: 371-406.

- Eltayeb E.A., Alhasani A.S. and Farooq S.A., 1999.** Changes in soluble sugar content during development of fruits in some varieties of Oman date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Pakistan J. of Biological Sciences*. 2(1): 255-258.
- ESPIRAD E. 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits. *Ed. Tec et Doc-Lavoisier*, 147 – 155.
- Fadlaoui S., 2017.** Application de la technique de modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) pour la caractérisation des cultivars. Université mohamed khider Biskra. 140 pages.
- FAOSTAT 2018.** <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- FAO 2022. FAOSTAT.** Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (accessed 15 July 2022).
- Ferchichi H.O., Walker D.J. and Khouja M.L., 2012.** Phenotypic and nuclear DNA variation in Tunisian cultivars of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(22), pp : 6034-6042.
- Fernandez D., Lourd M., Ouinten M., Tantaoui A. et Geiger J.P., 1995.** Le Bayoud du palmier dattier. Une maladie qui menace la phoeniciculture. *Phytoma*. La défense des végétaux. N° 469.
- Fernandez D., Ouinten M., Tantaoui A. et Geiger J.P., 1997.** Molecular records of micro-evolution within the Algerian population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* during its spread to new oases. *European Journal of Plant Pathology* vol.103, pp: 485–490
- Fernandez D. et Tantaoui A., 1994.** Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) analysis: a tool for rapid characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis* isolates. *Phytopathologia Mediterranea*. Vol. 33, N°3, pp : 223-229.
- Ferry M., Bouguedoura N. et El-Hadrami I., 1998.** Patrimoine génétique et techniques de propagation *in vitro* pour le développement de la culture du palmier dattier. Science et changements planétaires / *Sécheresse* Vol.9, N°2.
- Field D. and Wills C., 1996.** Long, polymorphic microsatellites in simple organisms. *Proc. R. Soc. Lond. B* 263: 209-215.
- Foix E. et Vayssiere P.1919.** Les maladies du dattier au Maroc. *Journ. Agric. Tropicale*, XIX, p. 336 -339,

- Frankham R., 1997.** Do island populations have less genetic variation than mainland populations? *Heredity* vol. 78, pp: 311–327.
- Freeland J.R., 2005.** Molecular ecology. *John Wiley & Sons Limited*. WestSussex, pp: 299–310.
- Freeman S. et Maymon M, 2000.** Reliable Detection of the Fungal Pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, Causal Agent of Bayoud Disease of Date Palm, Using Molecular Techniques. *Phytoparasitica* 28: 341–348.
- Gattouchi A., 2011.** Oasis of Boussaada: Study of current status and survey of date palm. The first scientific conference for the development of the date palm and dates sector in the Arab world, 4-7 December 2011, Riyadh, KSA.
- Girard P., 1962.** Le palmier dattier. MARA, Direction Départementale de l’agriculture des oasis. CFPA. Sidi –Mahdi Touggourt (oasis). p : 136.
- Gonzales-Candelas F. et Palacios C., 1995.** Analysing molecular data for studies of genetic diversity. *In* : Caractérisation agro-morphologique et moléculaire d’une collection de landraces péruviennes de pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) pour l’analyse de sa diversité. Bautista-Salas, 2009. Thèse de doctorat. Faculté universitaire Notre Dame de la paix. Namur, Belgique, 224 pages.
- Goodfellow M., 1992.** The family *Nocardiaceae*. In: *The Prokaryotes*, 2nd edn (Balows A, HG Trüper, M Dworkin, W Harder and KH Schleifer, eds), pp:1188–1213, Springer-Verlag, New York.
- Gordon R., 1965.** The Concept of Protective Identification. *Journal of Analytical Psychology* Volume 10, Issue 2. pp: 127-149 .
- Gotor E., Alercia A., Rao V.R., Watts and Caracciolo. 2008.** The scientific information activity of bioversity international the descriptor lists. *Genetic res. Crop Evolution*. 55:757-772.
- Govaerts R. and Dransfield J., 2005.** World checklist of palms. Kew, *Royal Botanic Gardens*, 240 pages.
- Gros-Balthazard M., 2013.** Sur les origines, l’histoire évolutive et biogéographique du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.): l’apport de la génétique et de la morphométrie. Thèse de doctorat. Montpellier II. 375pages
- Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Tengberg M., Pintaud J.C. et Jean-Frédéric Terral., 2013b.** Origines et domestication du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Revue d’ethnoécologie*, 4.

- Gros-Balthazard, M., Galimberti, M., Kousathanas, A., Newton, C., Ivorra, S., Paradis, L., Vigouroux, Y., Carter, R., Tengberg, M., Battesti, V., Santoni, S., Falquet, L., Pintaud, J.-C., Terral, J.-F., Wegmann, D. 2017.** The Discovery of Wild Date Palms in Oman Reveals a Complex Domestication History Involving Centers in the Middle East and Africa. *Curr. Biol.* 27 : 2211–2218.e8
- Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Pierre M.H., Pintaud J.C., et Terral J.F., 2016.** The Domestication Syndrome in *Phoenix dactylifera* Seeds: Toward the Identification of Wild Date Palm Populations. *PLOS ONE*. Available at: DOI:10.1371/journal.pone.0152394.
- Guarro J., Gene J. and Stchigel, A.M., 1999.** Developments in Fungal Taxonomy. American society for microbiology. *Clinical microbiology Reviews*. Volume 12, Issue 3, Pages 454-500. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.3.454>.
- Guettouchi A., ELshibli S., Haider N., Nabulsi I. and Ykhlef N. 2017.** Molecular diversity in date palm (*P. dactylifera* L.) cultivars from Algeria indicated by RAPD and ISSR polymorphism. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 18(1-2):76-89.
- Guettouchi A., Haider N., Nabulsi I. and Ykhlef N., 2017.** Molecular characterization of Algerian date palm cultivars using circular plasmid-like DNAs A. *Indian Journal. Genet.* 77(1): 170 -172.
- Hamza H., Benabderrahim M.A., Elbekkay M., Ferdaous G., Triki T. and 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 Journal of Biology*. Vol. 36 Number 4. Article 10. <https://doi.org/10.3906/biy-1107-12>.
- Hamza H., Elbekkay M., Ben Abderrahim M.A. et Ferchichi A., 2011.** Molecular and morphological analyses of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) subpopulations in southern Tunisia. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 9(2), 484-493. Available at: DOI: 10.5424/sjar/20110902-271-10.
- Hancock J.M., 1997.** Microsatellites and other simple sequences: genomic context and mutational mechanisms. In Goldstein D.B., Schlöttern C. eds *Microsatellites: Evolution and Applications*. Oxford, UK: Oxford University Press, pp: 1-9.
- Hannachi S., 2012.** Ressources génétiques du palmier dattier (*Phoenix Dactylifera* L.) en Algérie : Analyse de la variabilité inter et intra des principaux cultivars. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister. Alger : Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 106 pages.

- Hannachi S., 2015.** Ressources génétiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : Analyse de la variabilité inter et intra des principaux cultivars dans les palmeraies algériennes. Salon International des dattes. Biskra, 23 Mars, 45 pages.
- Hannachi S., Khitri D., Benkhalifa A. et Brac de la perriere R. A., 1998.** Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. Edition. Anep, Rouïba (Algérie), 225 pages.
- Hartl D.L., 1988.** Génétique des populations. Médecine-Science Flammarion, Paris : pp : 305.
- Heit S., 2015.** Identification de *Fusarium* et détection des mycotoxines associées par Maldi-Tof. Docteur en pharmacie. Université de Lorraine. France, 129 pages.
- Henderson A., 2009.** Palms of Southern Asia. Princeton, Princeton University Press. 200 pages. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017414000217>
- Hussain M.I., Farooq M. and Syed Q.A., 2020.** Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Bioscience*. Volume 34, 100509.
- Idder M.A., Idder H.I. Saggou H et Pintureau S.B., 2009.** Taux d'infestation et morphologie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae*(Zeller) sur différentes variétés du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Cahiers Agricultures*. 18 (1), 63-71 (1).
- INRF., 2011.** Programme relative à la valorisation des ressources végétales sahariennes. 10 pages
- IPGRI., 2005.** Descripteur du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) Ed. *IPGRI*, 2005, 69 pages.
- Islam k.S., El-Raouf F.A. et Dawoud H., 2015.** Physico-chemical evaluation of some introduced date fruits cultivars grown under sudanese conditions. *Int J. Appl Sci Biotechnol*, Vol 3(4): 731-736.
- Jaiti F., Kassami M., Meddich A. and El-Hadrami I., 2008.** Effect of arbuscular mycorrhization on the accumulation of hydroxycinnamic acid derivatives in date palm seedlings challenged with *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Journal of phytopathology*. 156: 641647. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01411.x>
- Jameel M., Al-Khayri Shri Mohan Jain and Dennis V. Johnson 2015.** Date palm genetic resources and utilization. Vol 1: Africa and the Americas. *Springer Dordrecht Heidelberg*. New York. London. 545 pages
- Jaradat A.A., 2011.** Biodiversity of date palm, Land Use, Land Cover and Soil Sciences, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, and Oxford, UK. Link: Available at:<http://www.ars.usda.gov/>

- Jarne P. and Lagoda P.J.L., 1996.** Microsatellites, from molecules to populations and back Trends in Ecology and Evolution, 11: 424-429.
- Johnson D.V., Rivera D., Alcaraz F., Carreño E., Delgadillo J., Carrillo M.H. Obón C., Krueger R. and Ríos S., 2013.** Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) dispersal to the Americas: Historical evidence of the Spanish introduction. *Acta Hort.* 994: 99-104 DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.994.8> .
- Kalinowski ST, Taper ML and Marshall TC, 2007.** Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment, *Molecular Ecology* 16:1099-1106.
- Karkachi N., Gharbi S., Kihal M. and Henni J.K., 2014.** Study of pectinolytic activity of *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*, agent responsible for bayoud in Algeria. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*.Vol. 5, N°. 2, pp: 40-45. <http://www.innspub.net>
- Khanam S., Sham A., Bennetzen J.L. and Mohammed A.M.A., 2012.** Analysis of molecular-based characterization and genetic variation in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Australian journal of crop sciences*. 6(8): 1236-1244.
- Khene B. et Senoussi. 2013.** Menaces sur la diversité génétique du palmier dattier dans la vallée de m'zab. Univ. Ghardaïa. *Revue des BioRessources* Vol. 3 N° 1.
- Khenfar B. 2004.** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologiques de quatre cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région Droh (Biskra). Mém. en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur. Batna : université de Hadj Lakhdar, 78 pages.
- Khettache H., 2003.** Contribution à l'étude de quelques paramètres morphologiques du pied et du fruit de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région d'Outaya (Wilaya de Biskra). Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur. Batna : université de Hadj lakhdar, 86 pages.
- Khierallah H.S., Bader S.M., Baum M. and Hamwieh A., 2011.** Assessment of genetic diversity for some Iraqi date palms (*Phoenix dactylifera* L.) using AFLP markers. *Afr. J. Biotechnol.* 10: 9670 – 9676.
- Killian C. et Maire R., 1930.** Le Bayoud, maladie du dattier. *Bulletin. Soc. Histoire. Nat. Agr.*, 21: 89-101.
- Kistler H.C., 1997.** Genetic diversity in the plant-pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *The American Phytopathological Society*. 87:0131 - 0143.

- Konate I., 2007.** Diversité phénotypique et moléculaire du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des bactéries qui lui sont Associées. Thèse de doctorat en Biotechnologie et biologie moléculaire. Université Mohammed V-AGDAL, Rabat, Maroc, 196 pages.
- Krueger R.R., Al-Khayri J.M., Jain S.M. and Johnson D.V. 2023.** Introduction: The Date palm legacy. Chapter1 is distributed under the terms of the creative commons attribution. 4.0. pp: 01-21. DOI: 1071/9781800620209.0001.
- Lanteri S. and Barcaccia G., 2005.** Molecular markers based analysis for crop germplasm preservation. The role of biotechnology villa. Gualino, Turin, Italy 5-7 march.
- Lazrek-Ben Friha F., 2008.** Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* L. et recherche de QTLs liés au stress salin. Thèse de doctorat en Biologie. Université de Toulouse III, France, 254 pages.
- Lecoustre R., Griffon S., Jaeger M. et El-Houmaizi M. A., 2008.** Modélisation de l'architecture et de la croissance des Arecaceae. Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques. XIe Journées scientifiques. Rennes. France. pp : 157-160.
- Leslie J.F. and Summerell B.A., 2006.** The *Fusarium*. Laboratory Manual (*Blackwell Publishing*). DOI: 10.1002/9780470278376.
- Lievens B., Rep M. and Thomma B.P.H.J., 2008.** Recent developments in the molecular discrimination of formae speciales of *Fusarium oxysporum*. *Pest Management Science*. Vol. 64, Issue 8. pp: 781-788.
- Linné 1734. In Keaney, T.H., 1906.** Date varieties and Date Culture in Tunis. Washington, U.S.D.A; *Bureau of Plant Industry*, Bulletin N°. 92.
- Loutfi K. and El-Hadrami. 2005.** *Phoenix dactylifera* L., Date Palm: *Biology of Fruit nut* Chapter 04: 144-157.
- Louvet J. et Bulit J., 1964.** Recherches sur l'ecologie des champignons parasites dans le sol. I. Action du gaz carbonique sur la croissance et l'activite parasitaire de *Sclerotinia minor* L. et *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Ann. Epiphyties* 15(1) : 21-44.
- Louvet J. et Toutain G., 1973.** Recherches sur les fusarioses vii. Nouvelles observations sur les fusarioses du palmier dattier et précisions concernant la lutte. *Ann. Phytopathol.* 5 :35-52.
- Louvet J. et Bulit J., 1972.** Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier : Symptômes et nature de la maladie. In : Le palmier dattier et sa fusariose vasculaire (Bayoud), DRA-Maroc, INRA-France.
- Lunde P., 1978.** A History of Dates, Saudi Aramco World, 29(2), March/April.

- Maatallah A., 1969.** Note sur les variétés de dattiers cultivés en Algérie. *Rapport INRA*. Alger : Institut national de la recherche agronomique d'Algérie
- MADRP 2019.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Statistique agricole : Superficie et production. Série B. 87 pages.
- Mahdi N. 2012.** Essai de lutte biologique contre la Fusariose vasculaire du Palmier Dattier (*Phoenix dactylifera* L.).Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 103pages
- Maire R., 1935.** La défense des palmeraies contre le Bayoud et le Belaât, pp : 82-93. In: *Comp. Rend. Gen., Journeys Dattier*, 13-17 November 1933, Biskra –Touggourt.
- Majourhat K., Medraoui K.B.L. and Baaziz M., 2002.** Diversity of leaf peroxidases in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as revealed in an example of marginal (seedling derived) palm groves. *Sci. Hort.* 95 : 31–38.
- Malençon G., 1934.** La question du bayoud au Maroc. *Ann. Cryptgam. Exotique.*, Paris
- Malençon G., 1936.** Données nouvelles sur le Bayoud. *Rev. Mycol. N.S.* 1: 191-206. (*Abstr.Rev. Appl. Mycol.* 16: 34-35).
- Malençon G., 1947.** Mission d'étude dans les oasis du terri to ire d'Ain-Sefra et l'annexe de Tidikelt concernant une maladie du palmier dattier. *Annis Inst. Agric. Alger.* 3: 139-158.
- Malençon G., 1950.** Maladie fusarienne du palmier dattier en Afrique du Nord. *Fruits* 5:279-289.
- Marshall T.C., 2006.** CERVUS, 3,0, Cervus is a computer program for assignment of parents to their offspring using genetic markers, Cervus, a Windows package for parentage analysis using likelihood approach, CERVUS was written by Tristan Marshall (1998/2006) <http://www.fieldgenetics.com> (*Erişimtarihi*: 02,07,2008).
- Martin A. G. P., 1908.** À la frontière du Maroc : les oasis sahariennes (Gourara-Touat-Tidikelt). Paris. *Challamel.* 406 pages.
- Mason Silas C., 1915.** Botanical Characters of the Leaves of the Date Palm Used In Distinguishing Cultivated Varieties. *Bulletin of the U.S. Department of Agriculture*; N°. 223. Washington D. C. 28p. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.64873>.
- Mathéron, B. et Benbadis, A. 1994.** Etude comparée de l'infection par le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albediniis*, de trois variétés de palmier dattier, l'une sensible Deglet-Nour), les deux autres résistantes (Takerboucht et Tantabouchet). *Acta bot. Gallica*, 141: 719 - 730.
- Mebarki L., 2016.** Recherche d'activité biologique de molécules végétales pour la lutte contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Thèse doctorat. Univ. Sciences et Tech. Oran Mohamed Boudiaf. 191 pages.

- Mebarki L., Kaid Harche M., Benlarbi L., Rahmani A. and Sarhani A., 2013.** Phytochemical analysis and antifungal activity of *Anvillea Radiata* L. *World Applied Sciences Journal*. 26 (2): 165-171.
- Mebrouki A. et Arabi A., 2019.** Etude de l'activité antifongique in vitro des extraits éthanoïques de quelques plantes spontanées de la région d'Adrar sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Université Ahmed Draia – ADRAR.
- Messar E.M., 1996.** Le secteur phoenicicole algérien ; situation et perspectives à l'horizon 2010, *Options méditerranéennes*, 2.
- Metwally H.A.A., El-Bana A. A., Tahany Y., Saber and Diab Y.M., 2019.** Evaluation of Some Selected Seeded Date Palms and Determination of its Fruit Characteristics under Dakhla Oasis Conditions -New Valley- Egypt. Vol.: 9. Issue: 03. pp: 711-726.
- Moulet O., Fossati D., Mascher F. et Schori A., 2008.** Les marqueurs moléculaires comme outils de la sélection de céréales. *Suisse Agric*, vol. 40, n. 3, p.p.: 133-138.
- Moussouni S., Pintaud J.C., Vigouroux Y. and 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175232>.
- Munier P. 1973.** Le palmier dattier, Techniques agricoles et production SGP Tropical. Edition GP. *Maisonneuve et Larousse*. Paris 209 pages.
- Nei M. 1978.** Estimation of Average Heterozygosity and Genetic Distance from a Small Number of Individuals. *Genetics*, 89(3), 583–590.
- Nei M., 1972.** Genetic distance between populations, *Am Nat*, 106: 283–292.
- Nei M., 1973.** Analysis of Gene Diversity in Subdivided Populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 70(12 Pt 1-2), 3321–3323.
- Nei M., 1987.** Molecular evolutionary genetics, *Colombia University Press*, New York, USA 70: 3321-3323.
- Nelson P.E., Horst R.K. and Woltz S.S., 1981.** *Fusarium* diseases of ornamental plants, p. 121-128. In P. E. Nelson, T. A. Toussoun, and R. J. Cook (eds.), *Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy*. *Pennsylvania State University Press*, University Park, Pennsylvania.
- 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).
- OEPP/EPPO 2003.** Bulletin OEPP/EPPO *Bulletin* 33, 245–247

- OEPP/EPPO 2020.** *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (FUSAAL) [Datasheet] EPPO Global Database
- Oubraim S., Sedra M.H. and Lazrek H.B., 2016.** A relationship between Bayoud disease severity and toxin susceptibility of date palm cultivars. *Emirats Journal of Food and Agriculture*, 28(1): 45 - 51.
- Ouinten M., 1996.** Diversité et structure génétique des populations algériennes de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis*, agent de la fusariose vasculaire (Bayoud) du palmier dattier. Mémoire doctorat. Université Montpellier II, 153 pages.
- Ould Ahmed M., 2009.** Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelus dromedarius*) en Tunisie. Thèse de doctorat. Inat.172 pages.
- Ould Mohamed Ahmed M.V.O., Bouna Z.E., Mohamed Lemine F.M., Djeh T.K.O., Mokhtar T. and 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.
- Ourdani L., 2002.** Etude de quelques équilibres hormonaux influençant l'embryogenèse somatique chez le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) variété Deglet Nour. Mémoire d'ingénieur I.N.A El-Harrach. Alger, 76 pages.
- Peakall R. and Smouse P.E. 2012.** GenAlEx 6, 5: genetic analysis in Excel, Population genetic software for teaching and research – an update, *Bioinformatics* 28: 2537-2539.
- Peakall R. and Smouse P.E., 2006.** GENALEX 6: Genetic Analysis in Excel, Population genetic software for teaching and research, *Mol.Eco Notes*, 6: 288–295.
- Pereau-Leroy P., 1958.** Le palmier dattier au Maroc. Royaume du Maroc, Ministère de l'Agriculture, Institut Français de Recherches Fruitières Outre-mer, *Abstr, Rev. Appl. Mycol.* 40: 236.
- Petit R.J., EL-Mousadik A. and Pons O., 1998.** Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers. *Conservation. Biol.*, 12 : 844-855.
- Peyron G., 2000.** Guide illustré de formation : Cultiver le Palmier Dattier. Éd. CIRAD. Montpellier. 109 pages.
- Pintaud J.C., Zehdi S., Couvreur T.L.P., Barrow S., Henderson S., Aberlenc-Berossi F., Tregear J. and 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.). Diversity, phylogeny and evolution in the monocotyledons (ed. by O. Seberg, G. Petersen, A.S. Barfod and J.I. Davis), pp. 267–286. *Aarhus University Press*, Denmark.

- Popenoe P.B., 1973.** The Date Palm. Field Research Projects, Coconut Grove. Miami. Florida, USA.
- Queller D.C., Strassmann J.E. and Hughes C.R., 1993.** Microsatellites and kinship Trends in *Ecology and Evolution*, 8: 285-288.
- Rahmania F., 1982.** Contribution à la connaissance de palmier dattier *Phoenixdactylifera* L. et l'agent causal de la maladie de Bayoud : *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* (killian et Maire) Gordon – aspects ultra structuraux de relation hôteparasite. Doc 3<sup>ème</sup> cycle USTHB Alger. 122 pages.
- Rahmania F., 2000.** Contribution à la connaissance des relations histo-cytophysiologique des relations parasitaires entre le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L. et le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*), agent causal du Bayoud, thèse de doctorat d'état.
- Ramírez-Suero M., 2009.** Etude de l'interaction de *Medicago truncatula* L. avec *Fusarium oxysporum* et du rôle de l'acide salicylique dans les interactions de la plante avec différents agents pathogènes et symbiotiques. Thèse de doctorat, université de Toulouse.
- Rekis Z. and Laiadi. 2020.** Interrelationships between some vegetative components and fruit quality of Algerian date palm. *agricultural science and Technology*, vol. 12, N°1, pp 77-81, Published by Faculty of Agriculture, Trakia University, Bulgaria. ISSN 1313-8820 (print)ISSN 1314-412X (online)<http://www.agriscitech.eu>.
- Retima L., 2015.** Caractérisation morphologique et biochimique de quelque cultivar de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Foughala (Wilaya de Biskra). Mémoire de Magister. Université EL Hadj Lakhdar - Batna 135 pages.
- Rhouma C. S., Baraket G., Dakhlaoui D. S., Zehdi A. S. and Trifi M., 2011.** Molecular research on the genetic diversity of Tunisian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) using the random amplified microsatellite polymorphism (RAMPO) and amplified fragment length polymorphism (AFLP) methods. *African J.of Biotechnology* Vol. 10(51), pp: 10352-10365.
- Rhouma S., Zehdi-Azouzi S., Dakhlaoui-Dkhil S., Ould Mohamed Salem A.,Othmani, A., Cherif E. and Marrakchi, M., Tri□, 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.
- Roder M. S., Korzun V. and Wendehake K., 1998.** A microsatellite map of wheat. *Genetics* 149: 2007-2023.
- Roder M. S., Plaschke J. and Konig S.U., 1995.** Abundance, variability and chromosomal location of microsatellites in wheat. – *Mol. Gen. Genet.* 246: 327-333.

- Rognon X. et Verrier E., 2007.** Caractérisation et gestion des ressources génétiques. Les outils et méthodes de la génétique pour la caractérisation, le suivi et la gestion de la variabilité génétique des populations animales. UMR INRA/Agro. Paris Tech «*Génétique et Diversité Animales*», Rabat, 12-15 mars.
- Roldan-Ruiz L., De Riek J., Muylle H., Baaert J., Ghesquière A. and Vandewalle M., 2005.** Les marqueurs : quelles utilisations possibles en cultures fourragères ? *Fourrages*, vol. 183, pp: 419-438.
- Saaidi M. et Rodet J., 1974:** Lutte contre le Bayoud. Efficacité de deux fongicides sur *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* in vitro agent du Bayoud 3<sup>rd</sup> FAO Tech. Conference on imp date prod. *Proc and mktg. Paper N°*.B 12.
- Saaidi M., 1979.** Contribution à la lutte contre le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier. Ph.D. Thèse université de Dijon, France.
- Saaidi M., 1992.** Comportement au champ de 32 cultivars de palmier dattier vis-à-vis du Bayoud; 25 ans d'observations, *Agronomie* 12 : 259-210.
- Sabaou N., Amir H. et Bounaga D., 1980.** Le palmier dattier et la fusariose. X- Dénombrement des actinomycètes de rhizosphère; leur antagonisme vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Ann. Phytopathol*, 12: 253-257.
- Sakr M.M., Abu Zeid I.M., Hassan A.E., Baz A-G.I.O. and Hassan W.M., 2010.** Identification of some Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars by fruit characters). *Indian Journal of Science and Technology*. Vol. 3 N°3.
- Salem A.O.M., Rouma S., Zehdi S., Marrakchi M. and Trifi M., 2008.** Morphological variability of Mauritanian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars revealed by vegetative traits. *Acta Bot. Croat.* 67(1), 81-90.
- Salem A.O.M., Trifi M., Rhouma A. and Marrakchi M., 2001.** Genetic inheritance analyses of four enzymes in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Genet. Resour. Crop Evol.* 48: 361–368.
- Sallon S., Emira Cherif E., Nathalie Chabrilange N., Elaine Solowey E., Gros-Balthazard M., Ivorra S., Terra J.F., Egli M. and Aberlenc F. 2020.** Origins and insights into the historic Judean date palm based on genetic analysis of germinated ancient seeds and morphometric studies. *Sci. Adv.*; 6: eaax0384. *Science Advances* (ISSN 2375-2548) the American Association for the Advancement of Science. Available at: <http://advances.sciencemag.org/>
- Santoni S., Faivre-Rampant P., Prado E. et Prat D., 2000.** Marqueurs moléculaires pour l'analyse et l'amélioration des plantes. *Cahiers Agricultures*, vol. 9, N°4, pp: 311-327.

- Schneider R.W., 1984.** Effects of nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum* on celery root infection by *F.oxysporum* f.sp.*apii* and novel use of the Lineweaver - Burk double reciprocal plot technique. *Phytopathology* 74: 646-653.
- Schug M.D., Hutter C.M. and Wetterstrand K.A., 1998.** The mutation rates of di-, tri- and tetra-nucleotide repeats in *Drosophila melanogaster*. *Mol.Biol.Evol.*15:1751- 1760.
- Sedra M.H., 1995.** Résistance de quelques sols de palmeraies marocaines au Bayoud : nature, caractérisation et perspectives. Journées Internationales sur le palmier dattier et l'Agriculture oasienne des pays Méditerranées. 25-26 Avril ; Elche. Espagne.
- Sedra MH., 2003.** Le Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord. FAO, RNE/SNEA-Tunis. *Edit. FAO sur la protection des plantes.* Tunisie.
- Sedra My. H., 1993.** Remarque sur le pouvoir pathogène des isolats de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, agent de la fusariose vasculaire (bayoud) de palmier dattier. *Al-awamia* – N° 83.
- Sedra MyH., Lashermes P., Trouslot P., Combes M. and Hamon S., 1998.** Identification and genetic diversity analysis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) varieties of Morocco using RAPD markers. *Euphytica.* 103: 75-82.
- Sedra, M.H et M. Djerbi. 1985.** Mise au point d'une méthode rapide et précise d'identification «*in vitro*» du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal du bayoud. Annales de l'institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie.
- Si Moussa L., Belabid L., Tadjeddine A., Bellahcene M. and Bayaa B., 2010.** Effect of Some Botanical Extracts on the Population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, the causal agent of bayoud disease in Algeria. *Arab. J. Pl. Prot.* 28:71-79
- Sidabtech 2017.** La transformation de la datté en point de mire. 3<sup>ème</sup> salon de la datté Biskra. 2-4 Déc. Available at:www.sidab.caci.dz
- Sidaoui A., 2019.** Biodiversité morphologique et moléculaire des isolats *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Doctorat LMD. Université Ahmed ben bella. 138 pages
- Sidaoui A., Karkachi N., Bertella A., Boudeffeur S., Chhiba M., Tebyaoui A., El Goumi Y. and Kihal M. 2017.** Morphological study and Characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis* by Isozymes systems. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 8, Issue 1.
- Sigwarth G., 1951.** Le palmier à Djanet, IRS Univ. Alger, Imp. Imbert-Alger, 90 pages.
- Simoussa L., Belabid L., and Bayaa B., 2010.** Effect of some plant extracts on the population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*, the causal organism of lentil wilt. *Advances in Environmental Biology.* 4(1): 95-100.

- Simozrag A., Chala A., Djerouni A. and Bentchikou M.M., 2016.** Phenotypic diversity of date palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Algeria. *Guyana Bot.* 73(1): 42-53.
- Surico G., 1976.** On the possible use of benomyl to control "bayoud" of date palm. I-Absorption and distribution of benomyl in young plants. *Phyto. Mediter.*15:129-132.
- Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., and Kumar S., 2013.** Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0.Oxford journal. *Mol. Biol. Evol.*30(12): 2725–2729.
- Tantaoui A. et Boisson C., 1991.** Compatibilité végétative d'isolats du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* et de *Fusarium oxysporum* de la rhizosphère du palmier dattier et des sols de palmeraies. *Phytopathologie Mediteranea*, 30,155-163.  
[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/b\\_fdi\\_55-56/010022209.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_55-56/010022209.pdf)
- Tantaoui A. et Fernandez D., 1993.** Comparaison entre *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et *Fusarium oxysporum* des sols de palmeraies par Etude du polymorphisme de longueur des fragments de restriction (RFLP). *Phytopathologia mediterranea*, 32: 235-244
- Tautz D. and Renz M., 1984.** Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. *Nucleic Acid Res.* 12:4127-4138.
- Tengberg M., 2003.** Research into the origins of date palm domestication. Dans: The date palm: from traditional resource to green wealth, The Emirates Center for Strategic Studies and Research, Abu Dhabi.
- Tengberg M., 2012.** Beginnings and early history of date palm garden cultivation in the Middle East. *Journal of Arid Environments* 86: 139-147.
- Teramino G. and Tingey S., 1996.** Simple sequence repeats for germplasm analysis and mapping in maize. – *Genome* 39: 277-287.
- Tiwari B., Kurtz P., Jones A.E., Wylie A., Amatruda J.F., Boggupalli D.P., Gonsalvez G.B, and Abrams J.M., 2017.** Retrotransposons Mimic Germ Plasm Determinants to Promote Transgenerational Inheritance. *Current Biology* 27, 3010–3016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.036>.
- Touati F.Z.B., 2019.** Etat des lieux des ressources phytogénétiques (*Phoenix dactylifera* L.) Dans la commune d'Ouled Djellal (W.Biskra). Mémoire de master. Univ. Biskra. 75 pages
- Toussoun T.A., 1975.** *Fusarium* suppressive-soils. Pages 145-151 in: Biology and control of soil Borne Plant Pathogens G.W. Bruehl. Ed. *American Phytopathological Society*, St Paul, MN, 216 pages.
- Toutain G., 1965.**Note sur l'épidémiologie du Bayoud en Afrique du Nord. - *Al Awamia*, 15 :37-45

- Toutain G., 1967.** Note sur la reprise végétative des rejets de Palmier dattier. *Al Awamia*, Rabat.
- Toutain G., 1972.** Le palmier dattier et sa fusariose (Bayoud). Publication sur les travaux réalisés en coopération avec la direction de la recherche, Maroc et l'Institut National de la Recherche Agronomique, France pp : 1- 69
- Toutain G., 1996.** Rapport de synthèse de l'atelier "Techniques culturales du palmier dattier". In Options méditerranéennes, série, N° 28. Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens. Ed. IAM, Zaragoza, Spain. pp: 201-205
- Trochet A., Etienne R., Chevalier., Joubin T. and Riberon A., 2014.** Structuration génétique des populations de tritons palmés. Laboratoire Evolution & Diversité Biologique. Université Toulouse III Paul Sabatier (*Lissotriton helveticus* L.) en Alsace *Turkish J.Biol.* 36: 449-458.
- Waite B.M. et Stover R.H., 1960.** Studies on *Fusarium* wilt of bananas Variability and the cultivar concept in *F. oxysprum* f.sp. *cubense*. *Can. J. Bot.*, Vol.38: 985-994.
- Wake D.B., Wake M.H. and Specht C.D., 2011.** Homoplasy: From Detecting Pattern to Determining Process and Mechanism of Evolution. *Science*. Vol. 331, Issue 6020. pp: 1032-1035. DOI: 10.1126/.1188545
- Weir B. and Cockerham C., 1984.** Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*. 38: 1358-1370.
- Wertheimer M., 1956.** Recherche et observations sur la plantation des palmiers dattiers dans le Ziban (région de Biskra). *Fruits*. Vol 11. pp: 481-487.
- Wright S., 1931.** Evolution in Mendelian populations, *Genetics*, 16: 0097–0159.
- Wright S., 1969.** Evolution and the genetics of populations. University of Chicago press, Chicago, USA.
- Wright S., 1978.** Evolution and the Genetics of populations. Variability within and Among Natural Population. University of Chicago.
- Yeh F.C., Yang R.C., Boyle T.B.J., Ye Z.H. and Mao J.X., 1997.** Popgene: The User-Friendly Shareware for Population Genetic Analysis, Edmonton, AB, Canada: University of Alberta.
- Yeh T. C., Wetherald R. T., and Manabe S., 1984:** The effect of soil moisture on the short-term climate and hydrology change a numerical experiment. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 474–490.
- Zaid A. and Arias-Jimenez E.J., 2002.** Date Palm Cultivation. FAO *Plant Production and Protection*. N°. 156, Rev. 1. Rome: FAO, 110 pages.

- Zaid A. and de Wet P.F., 1999b.** Pollination and bunch management. In: Zaid, A., Arias, E.J.(Eds.), Date Palm Cultivation, FAO *Plant Production and Protection* Paper, N°.156, pp:144-174.
- Zaid, A. and P. F. de Wet. 2002b.** Botanical and systematic description of the date palm. In: A. Zaid and E. J. Arias-Jiménez (eds.), Date Palm Cultivation. FAO *Plant Production and Protection* Paper 156 Rev. 1. Rome, Italy.
- Zehdi S., Pintaud J.C., Billotte N., Ould Mohamed Salem A., Sakka H., Rhouma A., Marrakchi M. and Trifi M., 2004a.** Analysis of Tunisian date palm germplasm using simple sequence repeat primers. *African Journal of Biotechnology* 3: 215 – 219.
- Zehdi S., Trifi M., Billotte N., Marrakchti M. and Pintaud J.C., 2004.** Genetic diversity of Tunisian date palms (*Phoenix dactylifera* L.) revealed by nuclear microsatellite polymorphism. *Hereditas* 141: 278-287.
- Zhao Y., Williams R., Prakash C. S. and He G., 2013.** Identification and characterization of gene-based SSR markers in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *BMC Plant Biology*, 12:237.
- Ziouti A., El Modafar C., El Mandili A., El Boustani E. et Macheix J.1996.** Identification des acides caffeylshikimiques des racines du palmier dattier. Principaux composés fongitoxiques vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *J.Phytopathol.* 144: 197-202.