

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA-

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET
DE LA VIE

N°:.....



DOMAINE: SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE: BIOTECHNOLOGIES

OPTION: BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par:

Zoubiri Halima Saadia, Khaouni Chaima et Ghalem Ouisssem

Intitulé

**La culture *in vitro* de palmier dattier *Phoenix dactylifera* L.:
Avantages et Inconvénients.**

Soutenu devant le jury composé de:

Dr HADJI Abbas	MAA	Université M.B de M'Sila	Président.
Dr. GUETTOUCHI Ahlem	MCA	Université M.B de M'Sila	Encadreur.
Dr. BELKASSAM Abdelouahab	MCA	Université M.B de M'Sila	Examineur.

Année universitaire: 2021/2022.

Remerciement

Dans le cadre de la réalisation de ce modeste travail; nous remercions avant tout Allah tout puissant, de nous avoir accordé la santé, guidée vers le bon chemin et de nous avoir permis d'accomplir ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos gratitudees à notre directrice de thèse **Dr. GUETTOUCHI Ahlem** pour son encadrement, qui a bien dirigé ce travail. Ses qualités scientifiques et humaines, sa disponibilité, et ses directives avisées nous ont permis de mener à terme cette recherche. Elle a été notre précieuse guide avec une patience jamais prise en défaut tout au long de la réalisation de ce travail, nous a consacré le temps nécessaire à l'aboutissement de nos travaux. Toute au long de ce travail elle n'a été pas seulement une enseignante pour nous mais une deuxième mère avec le sens propre de mot. Merci infiniment Madame.

Nous tenons à remercier le **Dr. HADJI Abbas** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire,

Nous remercions également le **Dr. BELKASSAM Abdelouahab** qui ont bien voulu examiner et juger ce mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous nos collègues et amis au sein de la filière biotechnologie végétale, qui nous ont beaucoup encouragés au cours de la réalisation de ce modeste travail.

Enfin , nous voudrions exprimer toute notre gratitude envers notre entourage et à toutes les personnes qui ont pris part directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce mémoire avec mes vœux de réussite:

*A mes très chers parents, pour tous leurs sacrifices,
leur amour, leur tendresse, leur soutien, je vous aime,
que dieu vous procure bonne santé et longue vie.*

*A ma très chère famille petits et grands pour leur
encouragement.*

A mon mari, et mes copines, Chaima ,Salsabil.

Merci d'être à mes côtés.

ZOUBIRI HALIMA SAADIA

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à ma chère mère et à mon
cher père qui ont consacré toute leur vie pour
m'éduquer et m'élever dans le confort. Que leur
sacrifice ne soit jamais oublié.*

A mon cher frère ADEL.

*A mes chères sœurs et leurs enfants. Je ne sais comment
vous remercie pour ce que vous avez fait pour moi.*

*A celle qu'était ma petite amie et devenue plus qu'une
amie Halima. A tous mes proches.*

A tous mes amis et à tous ceux qui m'aiment.

CHAIMA KHAOUNI

Dédicace

À ma Mère et à mon Père,

J'exprime mes sincères remerciements et toute ma reconnaissance pour leurs efforts, sans lesquels je n'aurai jamais pu achever mes études.

À mes adorables sœurs Afafe, Abir, Amina, Hiba et Rahma Qui m'ont encouragé tout au long de mon parcours universitaire.

À tous (toutes) mes amis (es)

Je dédie ce travail

OUISSEM GHALEM

Table des matières

Chapitre I :Généralités sur le palmier dattier	2
I.1. Origine du palmier dattier	4
I.1.1 Historique et actuelle du dattier	4
I.1.2 . L’ancêtre sauvage du dattier cultivé	4
I.2. Description botanique du palmier dattier	5
I.2.1 L’appareil végétatif.....	7
I.2.1.1 Le stipe.....	7
I.2.1.2 . Les palmes	7
I.2.1.3 Les bourgeons	8
I.2.2 L’appareil reproducteur.....	9
I.2.2.1 Les Inflorescences.....	9
I.2.2.2 Le fruit	11
I.2.3 Le système racinaire.....	12
I.3. Taxonomie.....	13
I.4. Importance du palmier dattier	14
I.4.1 Répartition du palmier dattier et les principaux cultivars en Algérie	14
I.4.2 Importance socio-économique	18
I.4.3 Importance écologique.....	19
Chapitre II : Modes de multiplication du palmier dattier	20
II.1. Les techniques conventionnelles de multiplication du palmier	21
II.1.1. Semis des graines.....	21
II.1.2. Multiplication par rejets.....	21
II.1.2.1. Le sevrage des rejets.....	22
II.2. Applications des vitro méthodes à la multiplication végétative du palmier dattier.....	22
II.2.1. Historique de la culture <i>in vitro</i>	22
II.2.2. Les méthodes de multiplication du palmier dattier par culture <i>in vitro</i>	23
II.2.2.1. Organogenèse	24
II.2.2.1.1 Multiplication par bourgeonnement axillaire	24
II.2.2.1.2 Multiplication par bourgeonnement adventice	25
II.2.2.1.3 Les étapes de la technique d’organogenèses sont.....	25
II.2.2.2. Embryogenèse somatique	27

II.2.2.2.1 Embryogenèse directe.....	28
II.2.2.2.2 Embryogenèse indirecte	28
II.2.2.2.3 Les différentes étapes d'embryogenèse somatique sont:	28
II.2.3. Les facteurs de maîtrise	31
Chapitre III : Les avantages et Les inconvénients des techniques de multiplication	33
III.1. Multiplication sexuée (par semis).....	34
III.2. Propagation végétative (par rejet).....	35
III.2.1 Les limites de propagation végétative	35
III.2.2 Les avantages de propagation végétative	35
III.3. Micropropagation	36
III.3.1 Les avantages de micropropagation	36
III.3.2 Micropropagation par organogenèse	37
III.3.2.1 Les obstacles et les avantages d'organogenèse	37
III.3.3 Micropropagation par embryogenèse somatique	38
III.3.3.1 Les inconvénients d'embryogenèse somatique	38
III.3.3.2 Avantages d'embryogenèse somatique.....	38
III.3.4 Les inconvénients de micropropagation.....	39
III.3.5 Comparaison entre les différentes voies de multiplication de palmier dattier ...	39
III.4. Principaux problèmes et facteurs affectant micropropagation de palmier dattier	41
III.4.1 Brunissement des tissus	42
III.4.2 Vitrification	43
III.4.3 Contaminations endophytiques.....	43
III.5. Les avantages de multiplication <i>in vitro</i> par rapport à la multiplication classique ...	45
III.6. Comparaison entre les différentes voies de multiplication de palmier dattier	46
Conclusion.....	49
IV. Références	52

Résumé

Résumé:

Le principal intérêt de la multiplication *in vitro* du palmier dattier est de répondre aux besoins en plants beaucoup plus rapidement que par le recours aux rejets. Deux méthodes de micropropagation du palmier dattier sont actuellement en cours:

La micropropagation du palmier dattier par la technique d'organogénèse s'adresse aux potentialités méristématiques préexistantes chez les explants mis en culture et qui permettent la néoformation directe de bourgeons.

Et l'embryogénèse somatique qui utilise la différenciation et la dédifférenciation cellulaires pour la formation d'embryons à partir de cellules somatiques.

Mots clés: culture *in vitro*, palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L., organogénèse, embryogénèse somatique, avantages, inconvénient.

Abstract:

The main advantage of *in vitro* propagation of the date palm is that it responds to the needs for plants much more quickly than by resorting to suckers. Two methods of micro propagation of the date palm are currently underway:

The micro propagation of the date palm by the organogenesis technique addresses the meristematic potentialities pre-existing in explants placed in culture and which allow the direct neoformation of buds.

And somatic embryogenesis which uses cell differentiation and dedifferentiation for the formation of embryos from somatic cells.

Key words: *In vitro* cultivation, date palm, *Phoenix dactylifera* L., organogenesis, embryogenesis, benefits, disadvantages.

الملخص:

أهم هدف من التكاثر عن طريق الزراعة النسيجية هو تغطية الحاجة لنخيل التمر بطريقة سريعة لا عن طريق زراعة الفسائل. هناك حاليا طريقتين لإكثار نخيل التمر عن طريق زراعة الأنسجة:

طريقة تشكل الأعضاء وهي استعمال المريسيم الموجود في القطع المزروعة التي تسمح بالتشكيل المباشر للبراعم.

الثانية هي تشكل الأجنة التي تستعمل التمايز وإعادة التمايز الخلوي لتشكيل أجنة انطلاقا من الخلايا الجسمية.

الكلمات المفتاحية: الزراعة النسيجية، نخيل التمر، *Phoenix dactylifera* L، تشكل الأعضاء، تشكل الأجنة، الايجابيات، السلبيات.

Liste des abréviations

%	Pourcentage
ANA	Acide Naphtalène Acétique
F1	La génération F1 est la génération de progéniture issue de la génération parentale (P) lors de leur croisement.
FAO	Food and Agriculture Organism.
INATAA	Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires
INRA	Institut Nationale de la Recherche Agronomique.
MS	Murashige&Skoog.

Liste des figures

Figure 1: Figure schématique des différentes parties d'un palmier dattier adulte (Munier 1973).....	6
Figure 2: Schéma d'une palme (Djoudi, 2013).....	8
Figure 3: Inflorescence mâle et femelle (Munier, 1973).....	
Figure 4: Stades d'évolution du fruit et ses appellations en Algérie (Ghobrini, 2010)	11
Figure 5: Carte de répartition du genre Phoenix: La distribution de <i>P. dactylifera</i> correspond à l'aire de culture traditionnelle (Zango, 2016)	13
Figure 6: Production de dattes dans le monde (A): Part de la production de dattes par région, (B): les dix principaux producteurs de dattes https://www.fao.org/3/nd415fr/nd415fr.pdf	15
Figure 7: Carte de l'Algérie indiquant les différentes zones de culture du palmier dattier (Bouguedoura et <i>al.</i> , 2015).....	16
Figure 8: Culture de tissus de palmiers dattiers https://www.takween.com/biotechnologies/palmier-dattier-culture.html	24
Figure 9: L'initiation de la micropropagation par organogénèse <i>in vitro</i> http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_initiation.html	26
Figure 10: Différentes étapes de multiplication <i>in vitro</i> du palmier dattier par organogénèse	27
Figure 11: Les explants à partir de rejets et d'inflorescences. http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_introvitro.html	29
Figure 12: Acclimatation du palmier dattier en conditions contrôlées des vitroplants produits et enracinés au laboratoire http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_acclimatation.html	31
Figure 13: Problème de brunissement des tissus à l'intérieur des tubes (Nasser, 2011).....	42
Figure 14: Problème de vitrification de surface des initiateurs implantés dans les tubes (Nasser, 2011)	43
Figure 15: Problème de pollution dans les tubes (Nasser, 2011)	43

Liste des tableaux

Tableau 1: Inventaire variétal dans les trois régions phoenicoles d'Algérie (Aberlenc-Bertossi, 2008)	17
Tableau 2: Les méthodes de culture <i>in vitro</i> du palmier dattier (Fredj, H., 2007).....	39
Tableau 3: Comparaison entre les trois voies de multiplication du palmier dattier (Oumane et Lahmadi, 2006)	46

Introduction

Le palmier dattier est quelque chose de plus qu'un arbre fruitier, il est considéré comme un "arbre béni" ayant une signification religieuse prééminente. Il est fréquemment cité dans le Coran et a été consacré par le prophète Mahomet (**Reilly and al., 2010**).

En Algérie, la culture du palmier dattier constitue sans aucun doute une spéculation importante sur le plan socio-économique dans l'agriculture saharienne. Il représente la principale ressource de vie des populations de ces régions et le pivot de système oasien

En effet, il procure, grâce à la commercialisation aux échelles nationale et internationale de son fruit, un revenu régulier pour les phœniciculteurs et une deuxième source de devise après les hydrocarbures. Malgré la grande importance de cette culture, elle est menacée par certains ravageurs tels que le Bayoud (maladie causée par *Fusariumoxysporum*) et la désertification. En effet, les dégâts enregistrés sont importants en termes de réduction de l'effectif de palmiers dattiers (environ 10 millions d'arbres décimés par la maladie du Bayoud), d'érosion génétique (disparition totale des variétés, exemple de Berni et Idrar), de désertification et d'exode des populations rurales (**Azeqour et al., 2002**).

Pour repeupler la palmeraie dévastée, la propagation traditionnelle par culture de rejets et les graines ne peut répondre aux énormes besoins en plants nécessaires pour la reconstitution de la palmeraie, vu le nombre limité de rejets que peut produire un palmier au cours de sa vie, de plus il n'est pas possible de prédire le rendement des graines plantées avant plusieurs années de la culture. Le recours aux techniques de culture *in vitro* offre la seule alternative permettant la multiplication en masse et la diffusion rapide des cultivars aux phœniciculteurs.

Nous visions dans ce travail à trouver des solutions efficaces qui nous permettent de multiplier le palmier dattier, en particulier les variétés à haute valeur nutritionnelle et économique. Dans ce cadre nous avons abordé dans le premier chapitre les généralités sur le palmier dattier, quant au deuxième chapitre nous avons traité des méthodes traditionnelles et modernes qui permettent de le multiplier.

Enfin, dans le troisième chapitre nous avons comparé les avantages et les inconvénients des méthodes de multiplication.

Chapitre I:

Généralités sur le palmier dattier

I.1. Origine du palmier dattier

I.1.1 Historique et actuelle du dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) a longtemps été l'une des plus importantes cultures fruitières dans les régions arides de la péninsule Arabique, l'Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Au cours des trois derniers siècles, des dates ont été également introduites dans de nouvelles zones de production en Australie, en Inde/Pakistan, au Mexique, en Afrique australe, en Amérique du Sud et aux États-Unis. Les dattes sont une principale source de revenus et un aliment de base pour les populations locales dans de nombreux pays où elles sont cultivées et jouent un rôle important dans l'économie, la société et l'environnement de ces pays (**Chao et kruger, 2007**).

La datte est l'une des plus anciennes cultures fruitières connues et a été cultivé en Afrique du Nord et au Moyen-Orient depuis au moins 5000 ans (**Zohary et Hopf, 2000**). Des anciennes archives trouvées en Irak (Mésopotamie) montrent que la culture de la datte a probablement été établie dès 3000 ans avant notre ère. En raison de la longue histoire de la culture des dattes et de la large distribution et des échanges de cultivars, l'origine exacte de la datte reste inconnue, mais elle provient très probablement de l'ancienne région de Mésopotamie (sud de l'Irak) ou l'ouest de l'Inde (**Munier, 1953**).

De son centre d'origine, la culture des dattes s'est répandue à travers la péninsule Arabique, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient. Elle s'est apparemment rependue par la suite en Egypte au milieu du deuxième millénaire avant notre ère. La propagation de la culture des dattes a ensuite accompagné l'expansion de l'islam et a atteint le sud de l'Espagne et le Pakistan. Les espagnols ont été les premiers à introduire des palmiers dattiers en dehors de la péninsule arabique, de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient/Asie du Sud, en les transportant en Amérique (**Nixon, 1951**).

I.1.2. L'ancêtre sauvage du dattier cultivé

Les difficultés à distinguer les espèces de Phoenix et à identifier les parents proches du dattier ont longtemps entravé les recherches sur son origine. De nombreuses hypothèses ont été avancées pour lui attribuer un ancêtre sauvage (**Gros-Balthazard, 2012**). Certains auteurs affirment que le dattier cultivé proviendrait d'une ou plusieurs formes sauvages de la même espèce (**Zohary et Spiegel-Roy, 1975**). D'autres stipulent qu'il dériverait d'une autre espèce du genre *Phoenix*: *P. sylvestris*, *P. canariensis*, *P. atlantica* et *P. reclinata* ont été proposées (**Gros-Balthazard, 2012**). Enfin, une dernière hypothèse associe les deux précédentes: le

dattier proviendrait d'une hybridation entre des dattiers sauvages et une autre espèce du genre *Phoenix* (Gros-Balthazard, 2012). Une analyse génétique basée sur des marqueurs microsatellites nucléaires et un minisatellite chloroplastique a récemment réfuté les deux dernières hypothèses (Pintaud et al., 2010). En effet, le profil allélique du dattier apparaît fortement divergent des autres *Phoenix* indiquant que *P. dactylifera* est une espèce distincte qui a été domestiquée indépendamment des autres (Pintaud et al., 2010).

I.2. Description botanique du palmier dattier

Le palmier dattier est une plante monocotylédone à croissance apicale dominante. Le diamètre du tronc de l'arbre demeure généralement stable sous les mêmes conditions à partir de l'âge adulte. (Sedra, 2003). On distingue 3 parties: un système racinaire, un organe végétatif composé du tronc et de feuilles et un organe reproductif composé d'inflorescences mâles ou femelles (figure 1).

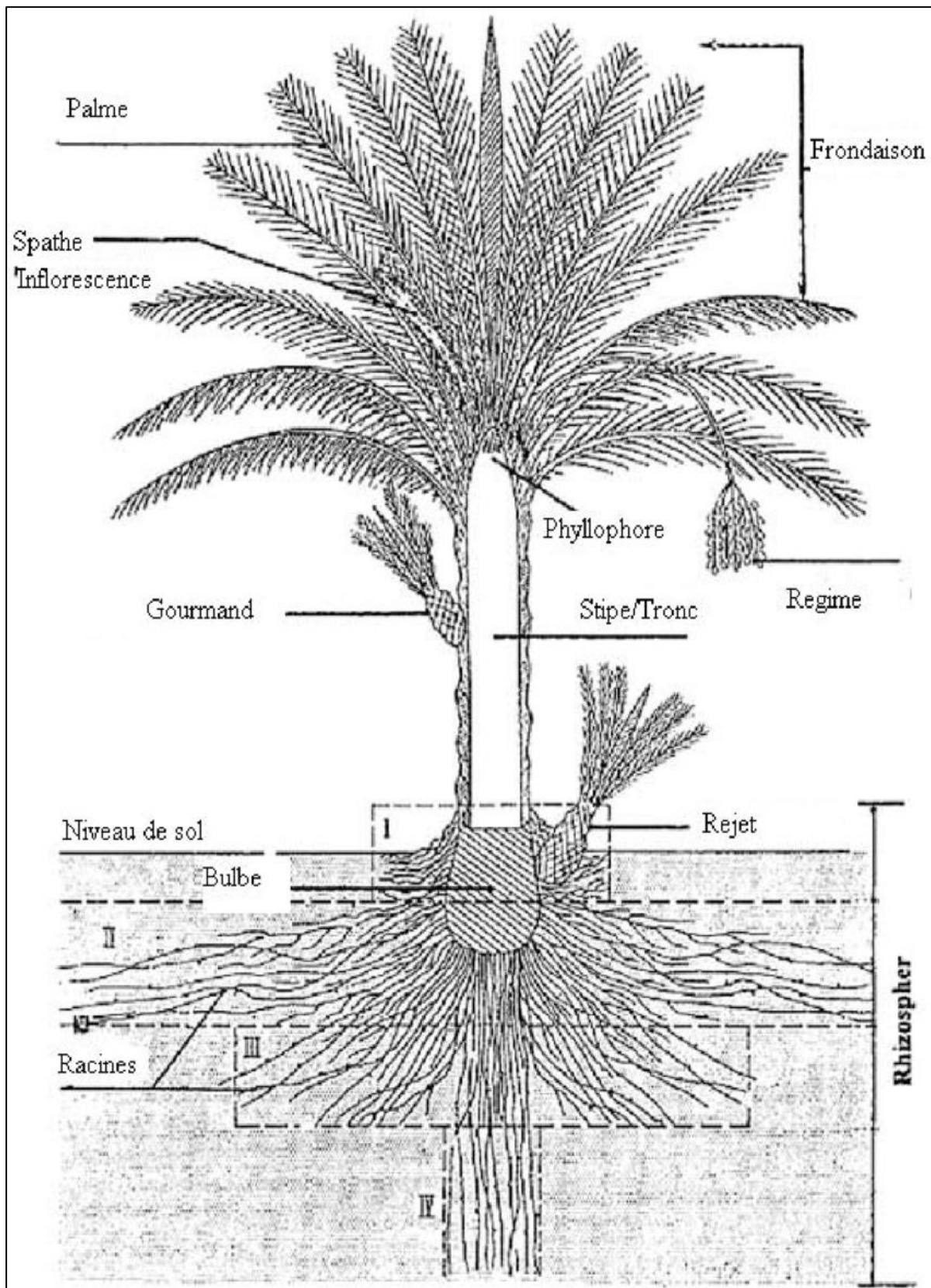


Figure 1: Figure schématique des différentes parties d'un palmier dattier adulte (Munier, 1973)

I.2.1 L'appareil végétatif

I.2.1.1 Le stipe

Le tronc est monopodique de forme généralement cylindrique c'est-à-dire d'un même diamètre de base en haut, unique (stipe) non ramifié, la longueur peut dépasser 20 mètres. Il est revêtu par les bases des palmes (cornafs) qui sont elles-mêmes imbriquées dans des fibrilles appelées fibrillum. Ces fibrillums sont des excroissances de la base des palmes qui entourent complètement le tronc (**Belaroussi, 2019**). Il reste couvert pendant de nombreuses années, des bases foliaires des anciennes feuilles desséchées. Les bases foliaires finissent par tomber dégageant le stipe proprement dit sur lequel les cicatrices des feuilles restent visibles. Le développement du stipe est assuré par un méristème terminal dont l'activité végétative est indéfinie durant toute la vie de la plante. Durant la croissance du stipe, des zones de rétrécissement du diamètre sont observées. Elles sont souvent dues aux dysfonctionnements physiologiques liés à un manque d'eau, à l'âge ou à des maladies et des insectes (**Thomas, 2013**). Le tronc est constitué par un parenchyme amylofère dans lequel les faisceaux vasculaires sont distribués de façon dense dans la région corticale et plus lâche dans la région centrale. La concentration des faisceaux dans la zone corticale correspond à l'arrivée des faisceaux de la base des palmes et ces tissus constituent le cortex du tronc (**Elhoumaizi, 2002**). Le stipe ne se ramifie pas, mais le développement des gourmands ou rejets aériens, en arabe (R'kebs) peut donner naissance à des ramifications.

I.2.1.2. Les palmes

L'ensemble des palmes vertes forme la couronne du palmier. On dénombre de 50 à 200 palmes chez un arbre adulte (**Peyron, 2000**). Les palmes peuvent atteindre une longueur de 6m (**Retima, 2015**) et vivent de 3 à 7 ans, selon les variétés et le mode de culture. Elles sont émises par le bourgeon terminal ou «Phyllophore» (**Peyron, 2000**). Au cours de sa vie, un dattier issu de semis produit trois sortes de feuilles: juvéniles, semi-juvéniles et adultes (**Elhoumaizi, 2002**).

- Des feuilles juvéniles: observées sur les jeunes plants de moins de 2 ans au nombre de 10 à 12 feuilles, constituées d'un limbe entier et plissé. Elles sont pétiolées, engainantes, à nervation pennée et sont appelées épiphylls (**Tomilinson, 1960**).
- Des feuilles semi-juvéniles: Dès la troisième année les feuilles forment un limbe plus au moins découpé vers la base. Les plis de la base se séparent pour donner les folioles de base

tandis que le reste du limbe reste entier et plissé. Les folioles de la base ont déjà l'aspect d'épines.

- Des feuilles de type adulte sont appelées palmes. Un palmier adulte peut porter entre 100 à 125 palmes. Une palme comporte un rachis sur lequel sont insérés des folioles. Chaque foliole est pliée longitudinalement en gouttière. La gouttière est tournée vers le haut. La section transversale de foliole est en forme de V. Les palmes sont disposées en spirale sur le tronc.(**Manickavasagan and al., 2012**). La base du rachis est ou pétiole est large et engainante. La gaine, constituée d'un tissu fibreux (tissage végétale), recouvre le tronc du palmier (**Figure 2**).

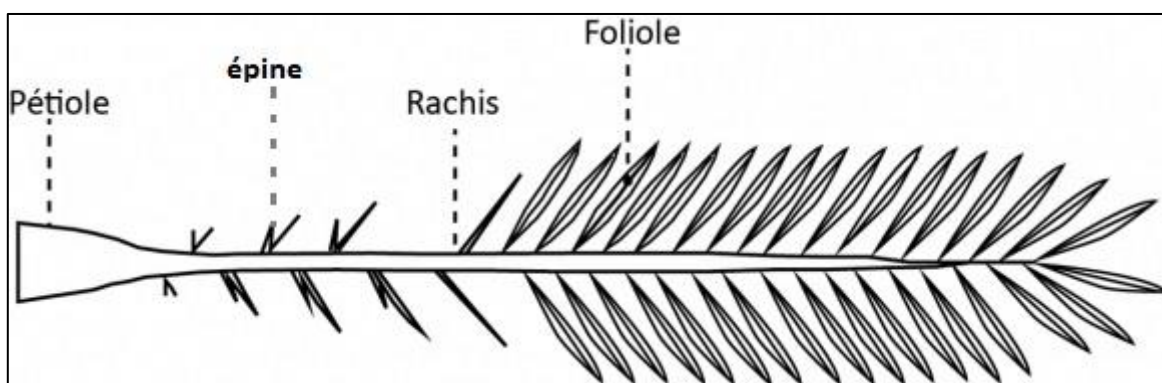


Figure 2: Schéma d'une palme (**Djouidi, 2013**)

I.2.1.3 Les bourgeons

A l'aisselle de chaque palme, se trouve un bourgeon axillaire qui peut se développer pour donner naissance à un rejet, à la base du stipe ou aérien attaché au tronc, dénommé vulgairement "rkeb" dans la partie basale de l'arbre ou une inflorescence dans la partie supérieure (**Sedra, 2003**). Ces rejets sont utilisés pour la multiplication végétative des cultivars sélectionnés. Au cours de la première période de sa vie un jeune rejet produit davantage de bourgeons inflorescentiels que des bourgeons végétatifs. Ces bourgeons avortent très tôt, c'est la période juvénile stérile. Les bourgeons axillaires sont initiés tout au long de la vie du dattier, leur fréquence relative varie avec l'âge de la plante. Le bourgeon apical ou terminal est responsable de la croissance en hauteur du palmier et du développement des feuilles et de bourgeons axillaires. La vie du dattier serait donc divisée en deux phases bien distinctes: au jeune âge c'est la période végétative, à l'état adulte c'est la phase reproductrice (**Bouguedouraet al., 1990**).

I.2.2 L'appareil reproducteur

I.2.2.1 Les Inflorescences

Le palmier dattier commence à fleurir après une longue phase juvénile, entre 5 et 8 ans après la germination des graines dans des conditions de culture favorables. La floraison est généralement annuelle et dure durant toute la vie de la plante. C'est une espèce dioïque, composée par les pieds mâles (Dokkars) portants des inflorescences mâles et les pieds femelles portants des inflorescences femelles. Chaque pied mâle donne en moyenne 30 à 40 spathes mâles par an, alors que le pied femelle produit de 12 à 20 spathes femelles chaque année (**Meraneh, 2010**). Le dattier est une espèce pléonanthique où les inflorescences sont produites de façon latérale à l'aisselle des palmes. Les organes reproducteurs ou les inflorescences naissent du développement des bourgeons axillaires situés à l'aisselle des palmes adultes. Ces inflorescences mâles et femelles dont la longueur peut atteindre plus de 1m, sont composées d'un axe, la hampe ou (d'un point de vue botanique) le rachis, sur lequel sont insérés de nombreux épillets (rachillae) portant des fleurs sessiles (sans pédoncules). L'ensemble est enveloppé dans une grande bractée ligneuse ou spathe qui s'ouvre d'elle-même à maturité, suivant, la ligne médiane du dos (**Figure 3**). La fleur femelle est globulaire, d'un diamètre de 3 à 4 mm; elle est constituée d'un calice court, de trois sépales soudés et d'une corolle, formée de trois pétales ovales et de six étamines avortées ou staminoïdes (**Figure 3**). Le gynécée comprend trois carpelles, indépendants à un seul ovule anatrope. Au moment de la pollinisation, un seul ovule est fécondé, ce qui aboutit au développement d'un seul carpelle qui, à son tour, évolue pour donner à maturité, le fruit appelé datte. Les autres ovules avortent et tombent après la pollinisation. La fleur mâle a une forme légèrement allongée et est constituée d'un calice court, de trois sépales soudés et d'une corolle formée de trois pétales et de six étamines (**Figure 3**).

Les fleurs mâles sont généralement, de couleur blanc crème, à odeur caractéristique de pâte de pain. Les phénomènes de changement de sexe chez le palmier ou de l'existence d'inflorescences des deux sexes à la fois, sont très rares.

La floraison du dattier ne se déclenche généralement qu'une seule fois par an. Elle se divise en plusieurs phases successives régies par différents facteurs endogènes et exogènes (**Meraneh, 2010**). D'après **Munier (1973)** l'émergence des inflorescences serait liée à un processus faisant intervenir les facteurs climatiques, en particulier la température et se déroule en deux phases dans les régions sahariennes:

- Une phase d'initiation qui se fait pendant la période où la température moyenne journalière est au-dessous du zéro de floraison. Elle correspond au repos végétatif du dattier. Le zéro de floraison, est de l'ordre de 18°C. Dans les pays du Sahel, il est de l'ordre de 24°C alors qu'à Elche (Espagne) elle est à 17°C (Chao et Krueger, 2007).
- Une phase d'élongation qui est initiée par une augmentation de la température au-dessus du zéro de floraison. Selon Peyron (2000), les inflorescences mâles et femelles se différencient par les caractères suivants:
 - l'inflorescence mâle est plus trapue que l'inflorescence femelle.
 - les fleurs sont très denses sur les épis mâles alors qu'elles sont éparées sur les épis femelles.
 - les épis sont nombreux et sont de même longueur chez les inflorescences mâles.
 - les fleurs mâles sont légèrement plus allongées et plus nombreuses. Elles émettent une forte odeur caractéristique attirant ainsi les abeilles, alors que les fleurs femelles sont globuleuses, moins denses et sans odeur.

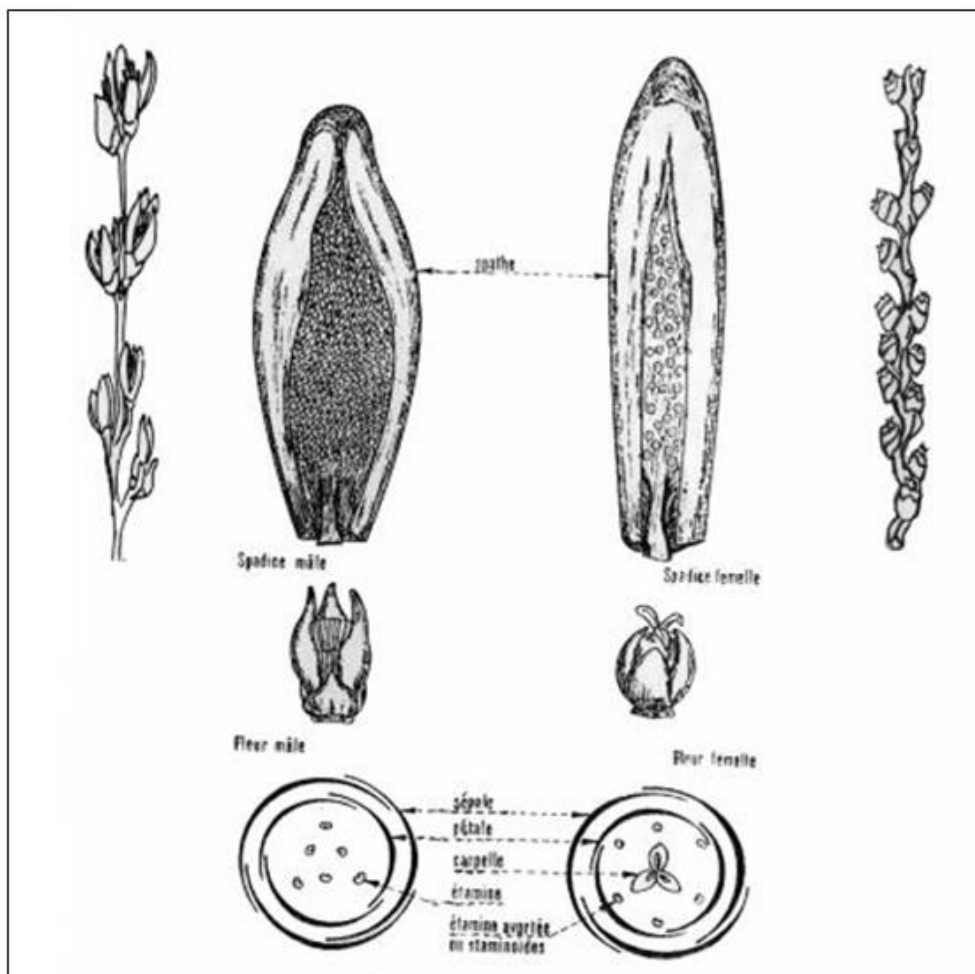


Figure 3: Inflorescence mâle et femelle (Munier, 1973)

I.2.2.2 Le fruit

Le fruit est une baie contenant une graine appelée communément, noyau. Après fécondation (anémogame), un seul carpelle sur les trois se développe; l'ovule évolue pour donner un fruit de couleur verte (taille d'un pois puis d'un fruit de raisin jusqu'à la taille normale de la datte). En effet, cinq stades d'évolution du fruit sont connus et prennent des appellations locales différentes (**Figure 4**) en fonction des pays et des régions (**Sedra, 2003**). La durée de fructification est variable selon les cultivars et les conditions climatiques.

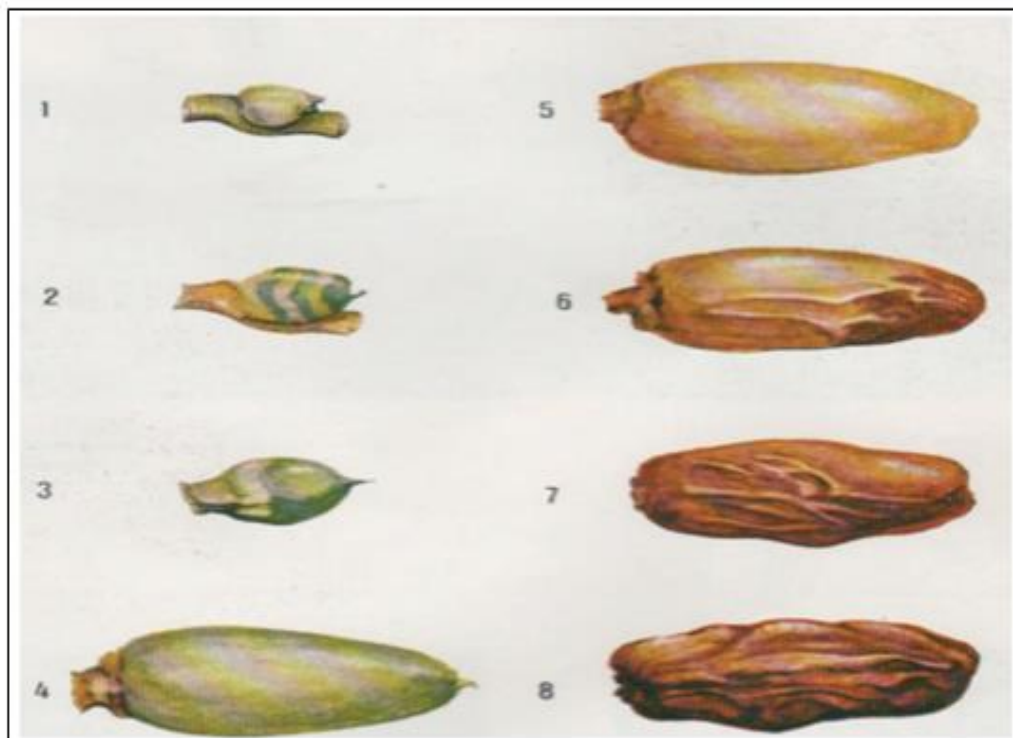


Figure 4: Stades d'évolution du fruit et ses appellations en Algérie (**Ghobrini, 2010**)

1-2- 'altalaa'; 3-4- 'Kimri'; 5-6- 'Khalal'; 7- 'Rutab'; 8- 'Tamr'

La datte est constituée d'une partie charnue comestible riche en sucre (mésocarpe) protégée par un épicarpe fin. La graine est entourée d'un endocarpe parcheminé. La graine est appelée vulgairement et erronément "Noyau". Elle est fusiforme, atténuée aux bouts et présente chez certains cultivars des protubérances. La face dorsale présente un sillon de forme variable. La face ventrale est convexe avec une faible dépression circulaire refermant le pore germinatif (**Elhoumaizi, 2002**).

Les caractères du fruit sont fluctuants selon les conditions du milieu, l'âge des arbres et les techniques culturales (**Elhoumaizi, 2002**). La datte est composée essentiellement d'eau, de sucres non réducteurs (saccharose) ; de sucres réducteurs (glucose, fructose), de protéides, de

lipides, de cellulose, de pectines, de sels minéraux, de vitamines et d'enzymes (Booij et al., 1992). Chimiquement Belguedj (2014) avait distingué deux catégories de dattes: celles à saccharose et celles à sucres réducteurs (glucose et fructose).

- Des dattes molles dont la chair est très aqueuse lorsqu'elles sont fraîches.
- Des dattes demi-molles dont la teneur en eau de la chair est moins élevée que celle de la catégorie molle. Elles sont relativement sèches au stade Tamar.
- Des dattes sèches dont la pulpe est naturellement sèche Du développement à la maturation, la datte passe par plusieurs étapes caractérisées par des variations de la couleur, de la forme et des caractères chimiques (Elhoumaizi, 2002).

I.2.3 Le système racinaire

Le système racinaire du dattier est de type fasciculé. La densité des racines dans le sol est décroissante en profondeur et dont le diamètre ne dépasse pas 1.5 cm et qui émergent partiellement au-dessus du niveau du sol à une hauteur allant jusqu'à 50 cm de la base du tronc (<https://sites.google.com/site/palmierdattierens/description-generale/le-systeme-racinaire>). Dans des conditions normales, le système racinaire d'un palmier dattier ayant une hauteur de 8 à 10m peut s'étendre latéralement à plus de 7m du tronc et atteindre une profondeur supérieure à 6 mètres (<http://palmierdattier.canalblog.com/archives/2013/10/22/28267412.html>).

Ces racines, dépourvues de poils absorbants, sont structurées comme suit: d'abord les racines du premier ordre (auxirhyzes), qui émettent des racines du deuxième ordre (mésorhyzes), donnant naissance à leur tour à des racines de troisième ordre (brachyrhyzes). Munier (1973) puis Mehaoua (2006) distinguent quatre zones du sol (I, II, III et IV) occupées par les racines:

- Zone I: racines respiratoires, elles sont superficielles ne dépassent pas 0.25 m de profondeur, Ces racines jouent un rôle respiratoire grâce aux aérifères ou lenticelles qui permettent des échanges gazeux avec l'air de l'atmosphère du sol.
- Zone II: racines de nutrition, elles contiennent la plus forte proportion de racines du système. Elles se trouvent entre 0.20 et 1m de profondeur.
- Zone III: racines d'absorption, elles se développent selon le mode de culture et la profondeur de la nappe phréatique. Elles peuvent atteindre une profondeur de 17 m.
- Zone IV: racines d'absorption de profondeur, Cette zone peut être très réduite et se confondre avec la précédente lorsque le niveau phréatique se trouve à faible profondeur,

mais lorsque celui-ci est très profond, les racines de cette zone peuvent atteindre 20 m de profondeur.

I.3. Taxonomie

La première description du palmier dattier a été signalée par le botaniste Linné qui, en 1734 lui attribue le nom botanique de *Phoenix dactylifera*. Le terme *Phoenix* proviendrait de *phoinix*, nom du dattier chez les Grecs de l'Antiquité qui le considéraient comme l'arbre des Phéniciens (Munier, 1973). Une autre hypothèse veut que les Grecs aient appelé *Phoenix* l'oiseau renaissant de ses cendres et qu'il ait été attribué au dattier en raison de sa capacité à survivre après avoir été partiellement brûlé (Gros-Balthazard et al., 2013). Le terme *dactylifera* fait référence au doigt en raison de la forme des fruits et à *fero*, «qui porte» en latin. Le dattier est une monocotylédone, arborescente et diploïde ($2n=36$) de l'ordre des *Arecales*, de la famille des *Aracaceae* (anciennement des *Palmae*) et de la sous famille des *Coryphoideae*, caractérisé par la morphologie des feuilles et par le mode de floraison (Peyron, 1988). Le genre *Phoenix* comprend 14 espèces réparties dans les régions tropicales et subtropicales de l'Ancien Monde (Henderson, 2009) (Figure 6). Le dattier est la seule espèce du genre à être cultivée pour ses fruits.

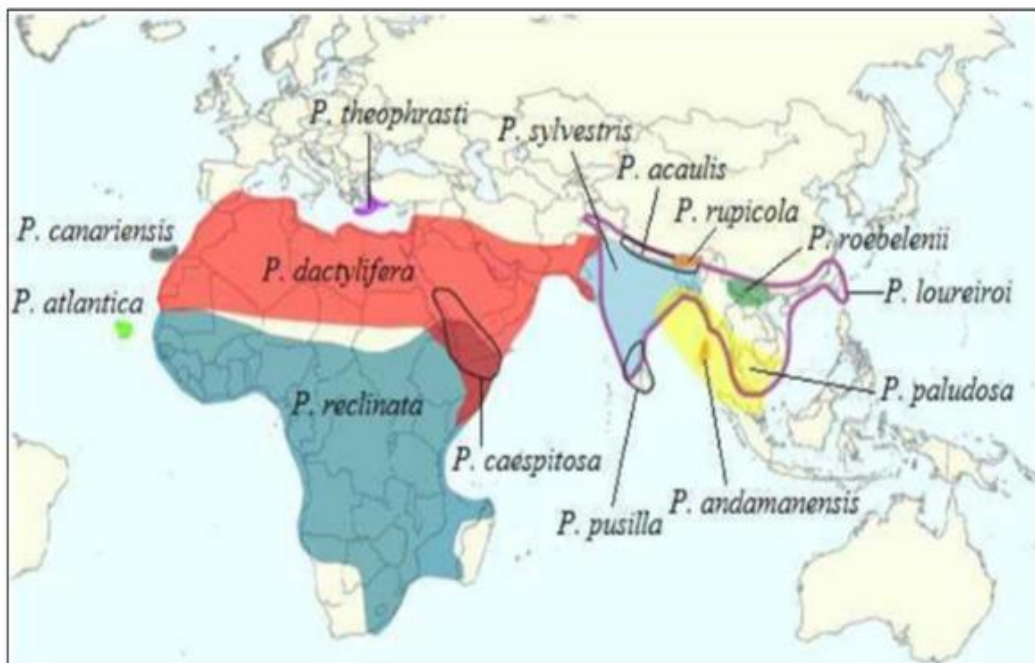


Figure 5: Carte de répartition du genre *Phoenix*: La distribution de *P. dactylifera* correspond à l'aire de culture traditionnelle (Zango, 2016)

Voici sa position systématique actuelle, basée sur des données récentes de l'International Code of Botanical Nomenclature (Thomas, 2011 et Mahdi, 2011).

Domaine:	Eukarya.(Eucaroytes)
Règne:	Plantae. (Plantes)
Sous règne:	Tracheobionta. (Trachéophytes)
Phylum:	Spermatophytes.
Sous phylum:	Magnoliophyta. (Angiospermes)
Classe:	Liliopsida. (Monocots ou Monocotylédones)
Sous classe:	Arecidae.
Ordre:	Arecales.
Famille:	Arecaceae ou Palmae.
Sous famille:	Coryphoideae.
Tribu:	Phoeniceae.
Genre:	Phoenix.
Espèce:	<i>Phoenix dactylifera</i> L.

I.4. Importance du palmier dattier

I.4.1 Répartition du palmier dattier et les principaux cultivars en Algérie

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (<https://www.fao.org/3/nd415fr/nd415fr.pdf>), la superficie cultivée en palmier dattier dans le monde est estimée à 1,1 millions ha répartie dans plus de 30 pays. L'analyse de la répartition régionale indique qu'environ 60 millions de palmiers dattiers se trouvent en Asie (l'Arabie saoudite, Bahreïn, les Émirates arabes unis, Iran, Iraq, Koweït, Oman, Pakistan, Turkménistan et Yémen) et environ 32,5 millions d'arbres se trouvent en Afrique (**Shafik et al., 2018**). Ces effectifs ont produit 8 526 218 tonnes de dattes en 2018 au niveau mondial dont 55.5% sont produites par l'Asie (**Figure 7-A**). Les statistiques actuelles indiquent que l'Égypte occupe la première place quant à la production de dattes suivie de l'Arabie Saoudite puis l'Iran (**Figure 7-B**). L'Algérie se trouve actuellement en 4ème rang mondial avec une production estimée à 1 076 629 5 tonnes (<https://www.fao.org/3/nd415fr/nd415fr.pdf>).

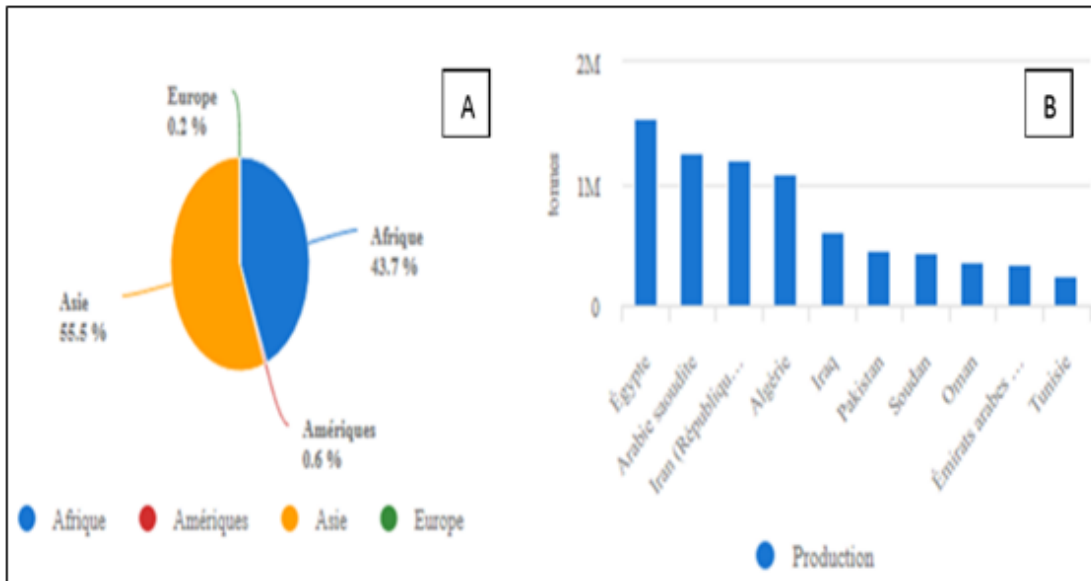


Figure 6: Production de dattes dans le monde (A): Part de la production de dattes par région, (B): les dix principaux producteurs de dattes <https://www.fao.org/3/nd415fr/nd415fr.pdf>

Avec 18 201 640 palmiers dattiers éparpillés sur une surface globale de 163 985 ha et une production de 7 893 570 de quintaux par an, l'Algérie figure parmi les grands pays à fort potentiel phoenicicole. La variété Deglet Nour (datte fine), très réputée mondialement, est produite grâce aux 6 998 143 arbres qui existent seulement au niveau de douze wilayas du pays. Mais d'autres variétés comme Ghers (dattes molles) ou Degla Beida (datte sèche), autant riches les unes que les autres, sont produites par 11 203 497 de palmiers existant dans les wilayas phoenicicoles de l'Algérie (Blama Merzaia, 2014).

Actuellement, la culture des palmiers dattiers dans les oasis occupe les régions situées au sud des montagnes de l'Atlas saharien. Elle commence à la frontière marocaine, à l'ouest, et se termine à l'est de la frontière est tuniso-libyenne. Du nord au sud de l'Algérie, elle s'étend des contreforts du sud de l'Atlas saharien à Reggane à l'ouest, Tamanrasset au centre et Djanet à l'est (Figure 8) (Bouguedoura et al., 2015).

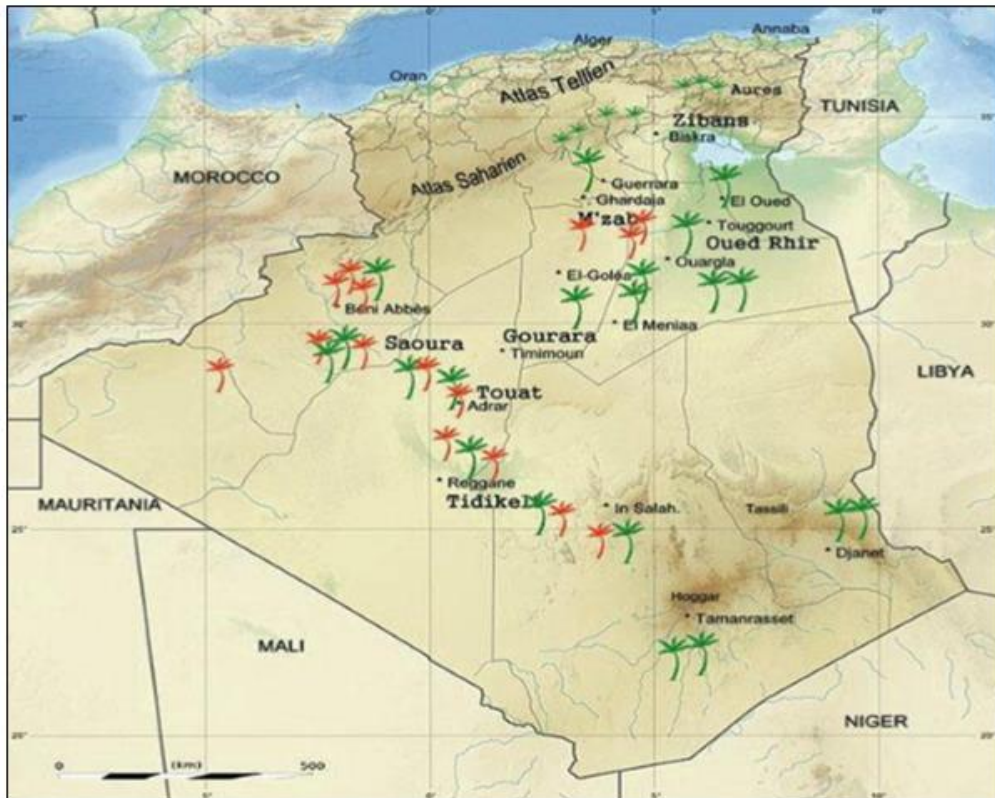


Figure 7: Carte de l'Algérie indiquant les différentes zones de culture du palmier dattier (Bouguedoura et al., 2015)

Le palmier dattier est cultivé dans de nombreuses oasis réparties dans le sud du pays, où le climat est chaud et sec. Les oasis sont des espaces de vie artificiellement implantés au milieu d'une grande zone aride où l'eau est présente. À ces endroits, un ksar (un village fait d'argile) a été construit et des palmiers dattiers ont été plantés autour de lui. Ces systèmes d'oasis de production intensive et complexe sont maintenus avec un équilibre très fragile. (Bouguedoura et al., 2015). Compte tenu de la géographie de l'Algérie, il est possible de décrire plusieurs régions de culture du palmier dattier:

- (a) Dans les contreforts des montagnes de l'Atlas (Ksour Ouled Naïl, les Zibans et Autres), il existe une chaîne d'oasis qui marque la porte d'entrée du Sahara.
- (b) A l'est, les Zibans (Biskra), Oued Ghir, Oued Souf (El Oued), et le bassin de Ouargla notamment avec le cultivar Deglet Noor à haute valeur commerciale.
- (c) À l'ouest, Saoura (Beni Abbès), le Touat (Adrar), le Gourara (Timimoun) et le Tidikelt (Reggane) où les palmeraies comprennent des cultivars de qualité commerciale relativement faible. C'est dans cette zone que le seul cultivar véritablement résistant au bayoud, «Taqerbucht», existe.

(d) Au centre. El Golea, le M'zab (Ghardaïa) et Laghouat.

Il existe différents types d'oasis en fonction de la nature et de l'exploitation des ressources en eau, du type de sol et de la topographie:

(a) Oasis dans les dépressions de l'erg (champ de dunes), où l'eau d'irrigation provient des eaux souterraines par puits et forage (oasis de Ouargla).

(b) Oasis dans les Ghouts où l'eau d'irrigation est aspirée par capillarité (oasis de Souf).

(c) Oasis fluviales, alimentées en eau de rivières (Oued de Ghoufi, Oued M'zab, Oued Saoura).

(d) Oasis des dépressions, alimentées en eau par des foggaras (Touat, Gourara et Tidikelt).

Près d'un millier de cultivars a été inventorié et les trois régions principales de culture se distinguent sur le plan de la diversité génétique (**tableau 1**). A cette catégorie, il faut ajouter un grand nombre de pieds francs ou «Khalts» qui poussent au hasard dans les oasis et qui représentent une source pour de nouvelles sélections de cultivars appréciables pour leur datte et pour leur résistance au bayoud (**Aberlenc-Bertossi, 2008**).

La distribution des cultivars principaux montre une répartition est-ouest très marquée. Une cinquantaine de cultivars se retrouvent dans deux ou trois régions mais la majorité des cultivars reste endémique à leur région ou à leur zone d'origine.

A l'est, le cultivar «DegletNour», dont les dattes sont destinées 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.

Tableau 1: Inventaire variétal dans les trois régions phoenicicoles d'Algérie (**Aberlenc-Bertossi, 2008**)

Région	Cultivars les plus courants
Ouest	Ghars, Asyan, Feggus, Feggus, Hartan, Cherka, Hmira, DegletTalmine Hmira, Tinnaser, Taqerbuch Tgazza, Aghamu, Taqerbuch
Atlas	
Saoura	
Gourara	
Touat	

Tidiklet	Tgazza, Taqerbuch, Cheddakh, Aggaz
Centre	Timjuhart, Ghars, Timedwel Azerza, Ghars, DegeltNour, Taddela
El-Ménia	
M'zab	
Est	Ghars, DegeltNour, Degla Beida Ghars, DegeltNour, Degla Beida Ghars, DegeltNour, Degla Beida, MichDegla Ghars, DegeltNour, Degla Beida, MichDegla Buzrur, 'Alig, Buhles, MichDegla Tanghimen, Tabanist, Khadaji
Ouargla	
Oued Righ	
Souf	
Zibans	
Aures	
Tassili	

I.4.2 Importance socio-économique

L'économie des wilayas du sud repose principalement sur la culture du palmier dattier et l'utilisation de ses fruits dans des produits tels que la pâte, la farine, le sirop, le vinaigre, l'alcool, la levure et la confiserie. Cela constitue une source majeure de revenus pour les habitants des oasis (**Bouguedoura et al., 2015**). Toutes les parties du palmier dattier sont exploitées, y compris les feuilles et les troncs qui sont utilisés pour la vannerie et la construction de maisons. Le fruit est consommé sous forme fraîche et sèche, transformé pour produire du sirop (**Mimouni et Siboukeur, 2011**), ou fermenté pour produire du vin et du vinaigre (**Ould El Hadj et al., 2012**). Les feuilles et les graines sont utilisées dans l'alimentation animale.

Le Bas Sahara qui couvre les Ziban, le Souf, l'Oued Righ et le pays d'Ouargla, abrite les pôles économiques des plus célèbres (Ziban, Souf et Oued Righ) comptabilisant à eux seuls 67% du potentiel de la production dattière (**Messar, 1993**). Le Bas Sahara constitue aussi l'aire privilégiée et représentative de la palmeraie algérienne pour la culture de la variété DegletNour, hautement prisée tant sur le marché national qu'international. La province de

Biskra arrive en tête avec près de 31% de la production nationale suivie par El Oued (27%) et Ouargla avec 18%. Les spécificités édaphiques et pédoclimatiques, ainsi que la gestion des cultures et la valeur marchande des cultivars, justifient l'importance de la production dans ces régions (**Bouguedoura et al., 2015**).

I.4.3 Importance écologique

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est « l'arbre » fruitier par excellence du désert où il constitue le pivot de l'agriculture oasienne caractérisée par une stratification et une association de plusieurs cultures sous-jacentes (**Aberlenc-Bertossi, 2008**).

Dans une oasis, les palmiers dattiers ont plusieurs avantages en améliorant la qualité du sol avec de la matière organique et en minimisant le dessèchement du sol, créant un microclimat favorable qui aide les populations à supporter les conditions climatiques difficiles du désert (**Faci, 2019**). Aussi, le dattier présente l'immense bénéfice de lutter contre la désertification par l'interception du rayonnement solaire intense et la mise en place d'un «barrage vert et productif», l'oasis. La présence de cet «arbre» fruitier dans ces zones lui confère un rôle écologique indéniable en y limitant la progression des espaces steppiques et l'ensablement des terres agricoles (**Aberlenc-Bertossi, 2008**).

Chapitre II:
Modes de multiplication du
palmier dattier

II.1. Les techniques conventionnelles de multiplication du palmier

Le palmier dattier est une plante dioïque fortement hétérozygote par son caryotype élevé $2n = 36$. Il comporte des pieds mâles (dokkar) et des pieds femelles (nakhla). Il se multiplie aussi bien par semis de graines (noyaux) que par plantations des rejets (djebbars).

II.1.1. Semis des graines

La méthode de semis par graine est le moyen le plus ancien pour la propagation du palmier dattier. Son principal avantage est la simplicité de son application et permet d'élargir la diversité génétique du palmier. Par conséquent, cette technique se révèle très pratique dans les programmes de reproduction et de sélection parmi la descendance ce qui peut conduire au développement de meilleurs palmiers à traits intéressants (**Abahmane, 2011**). Dans certains pays, le nombre de palmiers d'origine hybride est très important : l'Égypte par exemple contient 3.5 millions de pieds. Le Maroc lui contient plus que 2 millions de pieds. Dans d'autres pays (l'Émirat arabe unis, Kuwait, Pakistan, Yémen, etc...), la propagation par graine est toujours pratiquée (**Ferry et al., 1998**). Cependant, cette méthode ne peut pas être utilisée pour propager des palmiers portant des caractères d'élite ou des génotypes sélectionnés puisque la descendance sera très variable à cause du caractère hétérozygote élevé du palmier dattier (**Tisserat, 1982**). Plus que ça, la moitié de la descendance sera composée des pieds mâles qui ne peuvent pas être distingués avant la floraison. Les plantes femelles des graines dérivées vont produire une variété de fruits qui sont généralement de qualité inférieure (**Abahmane, 2011**).

II.1.2. Multiplication par rejets

C'est une multiplication végétative du palmier, qui permet une reproduction pratiquement conforme et une transmission génétique fidèle des caractères des parents (**Sedra, 2003**), c'est la technique de multiplication végétative la plus conventionnelle. Cependant, il y a des contraintes qui limitent son utilisation à grande échelle, un seul arbre ne peut produire dans toute sa vie plus de 40 rejets d'une façon irrégulière qui dépend de l'environnement, de la variété et de l'âge de la plante. Cette méthode est aussi très lente, il nous faut au moins 30 années pour obtenir quelques milliers de palmiers à partir d'une plantation de rejets, et en plus que ça les rejets constituent un moyen de dissémination de la maladie du Bayoud et d'autres maladies infectieuses (**El Hadrami et al., 1998**). Un autre inconvénient est que les rejets sont

difficile à arracher et les taux de reprise et de réussite de ses plantations est généralement inférieure à 60% (Abahmane, 2011).

II.1.2.1. Le sevrage des rejets

Le palmier produit pour plusieurs générations d'hommes. Il est donc indispensable de bien choisir le rejet qui formera l'arbre. On distingue trois sortes d'organes de propagation chez le palmier dattier: les gourmands, les rejets aériens et les rejets proprement dits, ou djebars.

- **Gourmands:** Les gourmands se développent haut sur le tronc, ou stipe. Ils s'enracinent moins vite, ont un taux de reprise plus faible, mais surtout ils ont une très fâcheuse tendance à dégénérer et à changer de sexe.
- **Rejets aériens:** Un rejet aérien, ou rkeb, ou encore rtib, n'a pas d'enracinement. On le distingue du djebbar, qui est situé à la base du stipe, au niveau du sol ou dans le sol, de la manière suivante sur le djebbar, on trouve des embryons de racines sous les kornafs, bases pétiolaires; sur le rkeb, il n'y en a pas. On utilise cette distinction pour signaler rkebs et djebars lors d'un agrégage de rejets, c'est-à-dire lors du rassemblement de rejets pour la vente ou la plantation.
- **Djebars:** Les rejets proprement dits, ou djebars, développent des racines. Il est préférable de choisir des djebars situés à la base du stipe du pied mère et plus ou moins enterrés. En cas de pénurie de rejets dans la variété choisie, utiliser des individus aux racines émises artificiellement, par buttage, ajout de sacs de sciure, par exemple, plutôt que des rkebs.

II.2. Applications des vitro méthodes à la multiplication végétative du palmier dattier

II.2.1. Historique de la culture *in vitro*

La technique de culture *in vitro* regroupe l'ensemble de méthodes impliquant la mise en place des environnements parfaitement contrôlés (composition des milieux et conditions de culture) et faisant intervenir des éléments d'asepsies. Ces méthodes qui se basent sur la totipotence cellulaire s'appliquent à des plantes entières, des fragments de plantes (tissus ou organes) ou des cellules plus ou moins isolées (Margara, 1984).

C'est en 1912 que la technique de culture *in vitro* est née grâce aux travaux de Carrel qui a réussi la multiplication indéfinie des tissus embryonnaires de poulet, alors qu'il a fallu attendre 1934 (White, 1934) aux USA et 1940 (Gautheret, 1940) en France pour voir naître les premières cultures de tissus végétaux.

Ce n'est qu'avec la découverte des phytohormones et des substances de croissance végétales que les cultures de tissus puis des cellules furent étendues à plusieurs espèces végétales.

En jouant sur la concentration et la nature de ces hormones végétales il est devenu possible de cultiver à l'état isolé, en conditions aseptiques et sur milieux favorables, n'importe quel type de fragment d'une plante (**Quorin et Lepoivre, 1977**). Il est possible aussi de régénérer des plantes entières à partir de ces cultures, à condition de maîtriser les différents facteurs intervenants (**Ranjchapel, 1989**).

II.2.2. Les méthodes de multiplication du palmier dattier par culture *in vitro*

Les techniques de cultures *in vitro* représentent la solution idéale pour pallier aux insuffisances des méthodes de multiplication traditionnelles. Ces techniques reposent sur le fait que les cellules végétales sont totipotentes. Cette propriété fondamentale signifie que des cellules d'un tissu déjà spécialisées, donc différenciées, peuvent d'abord perdre cette spécialisation en revenant à un état méristématique, observé au niveau d'un cal (amas de cellules dédifférenciées) puis se différencient de nouveau pour redonner des cellules spécialisées d'un autre tissu. vue de la résistance contre le Bayoud.

Les cultures *in vitro* consistent par conséquent à faire pousser en milieu aseptique des plantes entières, des fragments, des organes voire des cellules dans des milieux liquides ou solides et dans des conditions environnementales (température et photopériode contrôlées. Tout cela en présence de régulateurs de croissance (phytohormones) naturels et/ou de synthèse qui permettent d'orienter le programme cellulaire vers les cals, les racines ou même la régénération de plantes entières (**Laberche, 1999**).

Etant donné que les méthodes conventionnelles de propagation sont limitées en terme de fournir un nombre insuffisant de plantes de palmier dattier, la culture *in vitro* a fourni une alternative prometteuse pour répondre à la demande croissante de plantes au cours des dernières décennies. Elle permet la production rapide de plusieurs milliers de vitroplants conformes aux plantes mères (**Sedra, 2003**).

L'utilisation de l'outil biotechnologique fondé sur les techniques de culture de tissus, constitue sans doute le moyen le plus prometteur pour la reconstitution des palmeraies dévastées via une multiplication à grande échelle du palmier dattier. Deux méthodes de micropropagation sont en cours de recherche et de développement: l'organogenèse et l'embryogenèse somatique. (**El Hadrami et al., 1998**).

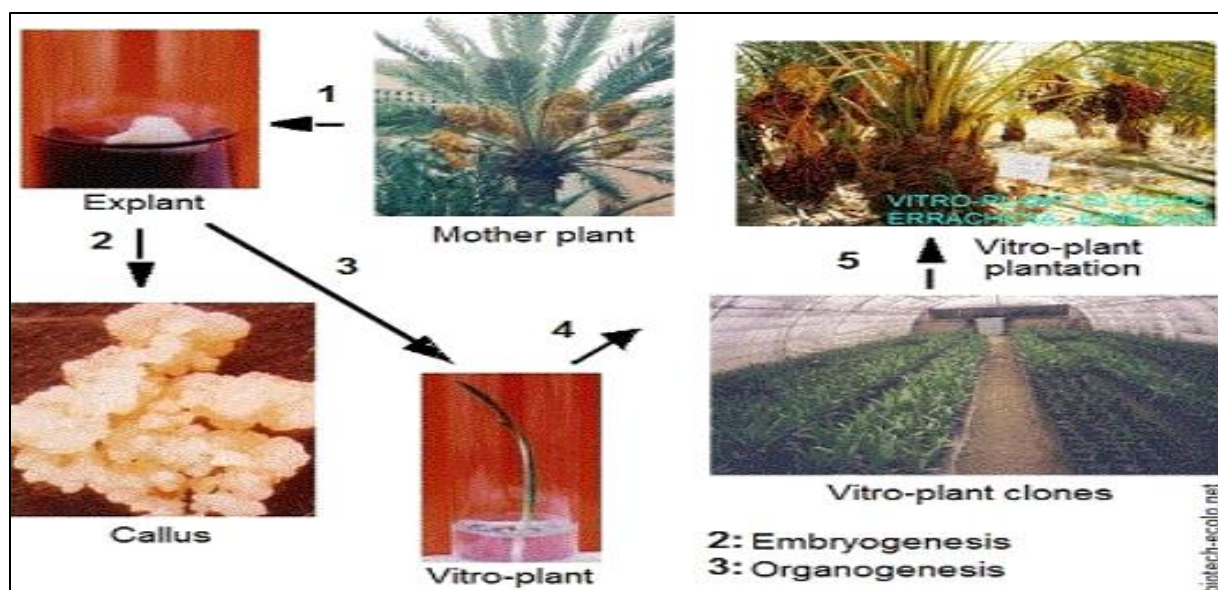


Figure 8: Culture de tissus de palmiers dattiers <https://www.takween.com/biotechnologies/palmier-dattier-culture.html>

II.2.2.1. Organogenèse

L'organogenèse fournit des bourgeons et des pousses à partir de tissus de plusieurs types d'explants (bourgeons axillaires, jeunes bases de feuilles de l'extrémité de la pousse, jeunes inflorescences, etc.) Elle peut être directe (multiplication par bourgeonnement axillaire) ou indirectement via un stade de cals (multiplication par bourgeonnement adventice) (**Abohatem et Baaziz, 2019**).

II.2.2.1.1 Multiplication par bourgeonnement axillaire

Les bourgeons axillaires sont des bourgeons situés à la base des feuilles. La culture d'un tel bourgeon sur un support approprié permettra son développement en une pousse feuillue.

À leur tour, les bourgeons existant à la base des feuilles et les feuilles primordiales produites in vitro peuvent donner naissance à d'autres bourgeons. C'est l'utilisation d'un milieu de culture avec un équilibre hormonal approprié qui permet le maintien de la capacité de régénération et la formation de jeunes pousses à chaque cycle de multiplication. Ainsi, la multiplication peut se poursuivre de manière parfois indéfinie.

Après avoir obtenu le nombre de bourgeons souhaité, les cultures sont transférées sur le milieu de culture qui favorise l'élongation et le développement des bourgeons; les plantules complètes. Cependant, la multiplication par bourgeons axillaires permet de produire des *vitroplants* conformes aux variétés d'origine. Cependant, le séjour prolongé des souches sur le

milieu de culture augmente le risque de produire des plantes non conformes. (Loutfi, 1999; Hakoomat et Anjum, 2004).

II.2.2.1.2 Multiplication par bourgeonnement adventice

Les bourgeons adventifs sont des bourgeons qui se forment sur les endroits inhabituels de la plante; leur introduction peut en principe être induite sur n'importe quel organe ou tissu végétal. Lors de la culture d'explants constitués de nœuds, les cellules initiales des explants se différencient et se divisent rapidement pour former un cal. Une fois transféré sur un milieu favorable, le cal donne naissance soit à une pousse constituée principalement de bourgeons adventifs, soit à des embryons somatiques.

Il est important de noter que la multiplication par bourgeonnement adventice peut donner un pourcentage de plantes génétiquement non conformes à la plante mère. Ce pourcentage est beaucoup plus élevé que celui obtenu dans le cas du bourgeon axillaire (Abohatem et Baaziz, 2019)

II.2.2.1.3 Les étapes de la technique d'organogénèse sont

Le cycle de production comprend cinq (05) phases:

a) Initiation de bourgeons:

L'initiation de tissus organogènes se fait à partir de sites potentiellement méristématiques préexistants au niveau de l'épiderme interne de la base des jeunes feuilles du bourgeon terminal ou du cœur du rejet (Aissam, 1990); ces cellules préméristématiques commencent à fonctionner par suite de la levée d'inhibition exercée par le bourgeon axillaire; cette levée peut être mécanique par élimination du bourgeon ou chimique sous l'action des hormones à dominance auxinique. Cette phase se déroule à l'obscurité et aboutit à la formation de souches réactives. Nécessitant l'action d'hormones à dominance auxinique (Djerbi, 1991; AL kaabi et al., 2001).

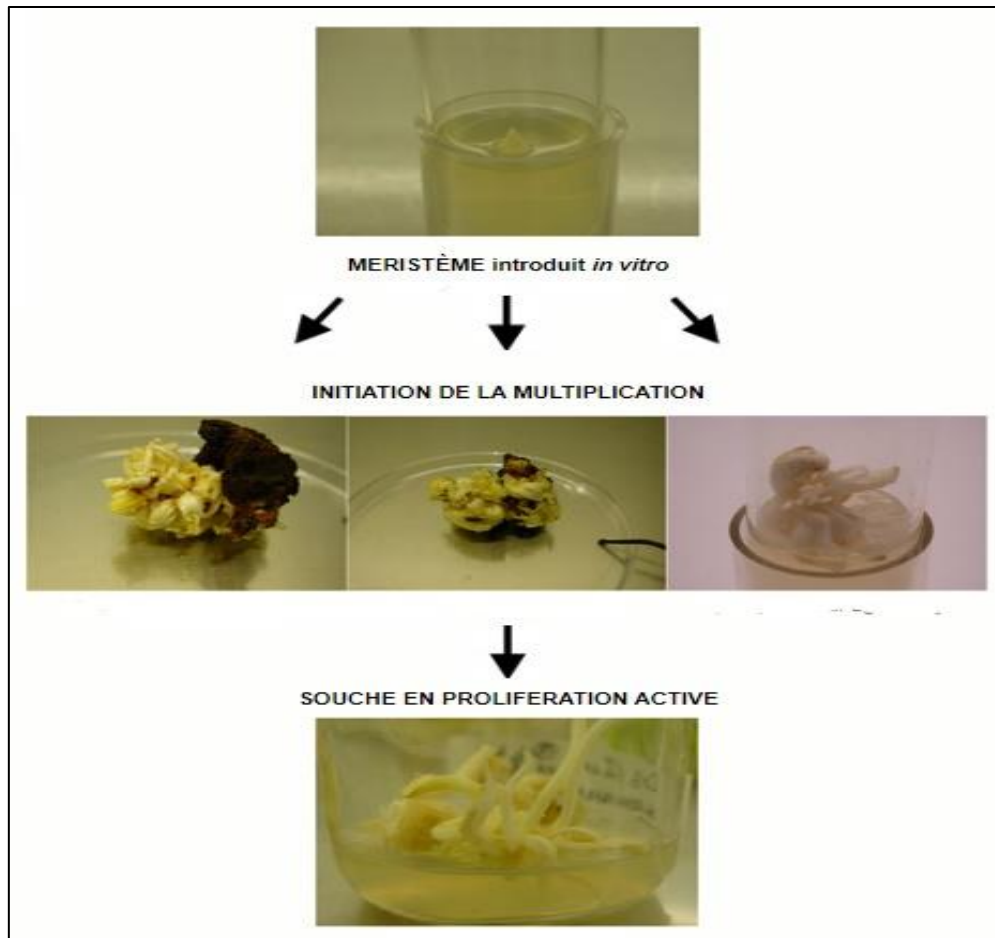


Figure 9: L'initiation de la micropropagation par organogénèse *in vitro*
http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_initiation.html

b) Multiplication de bourgeons:

La multiplication des bourgeons se fait autant de fois qu'il faut pour atteindre le nombre de bourgeons désirés. Elle s'effectue à la lumière dans un milieu où la teneur en Cytokinines est élevée. On assiste durant cette phase à une initiation de bourgeons qui, après formation, seront repiqués pour être multipliés (**Benabdalah, 1989**). Cette étape est répétée autant de fois qu'il faut pour atteindre le nombre de bourgeons désirés (**Djerbi, 1991**).

c) Elongation de bourgeons:

Cette étape consiste à cultiver les plantules dans un milieu ayant des concentrations en hormones (Cytokinines) qui favorisent leur allongement.

d) Enracinement de plantules:

Pour obtenir des plantes complètes, on transfère les tiges sur un milieu frais habituellement enrichi en auxines, c'est le principe du bouturage. Des cellules de la tige vont former un méristème qui va développer des racines.

e) **Acclimatation de plantules:** C'est l'étape la plus importante, elle consiste à transférer les plantules sous serre pour s'adapter à la vie à l'air libre. Chaque échec à cette étape veut dire échec à tous les stades précédents, et perte du temps, des efforts, et des coûts.



Figure 10: Différentes étapes de multiplication *in vitro* du palmier dattier par organogénèse

a: rejet nettoyé et prêt à être utilisé. **b:** prélèvement des explants (feuilles, bases des feuilles, bourgeons axillaires) à mettre en culture. **c:** production de souches bourgeonnantes. **d:** phase d'élongation puis d'enracinement des plantes. **e:** repiquage en tube individuels des plantules entières. **f:** transfert des plants en pots pour l'acclimatation en serre. **g:** développement des vitroplants en sachets. **h:** différents stades des plants développés en sachets de taille différente. **i:** phase de durcissement des plants sous abri ombragé avant d'être plantés. **J:** plantation d'un vitroplant. **k:** palmier adulte en production de rejets et de dattes. (Sedra, 2012)

II.2.2.2. Embryogénèse somatique

L'embryogénèse somatique (encore appelée embryogénèse asexuée) consiste à obtenir des embryons non zygotiques à partir de différents tissus de la plante mère. Ces embryons peuvent se développer à partir de cellules somatiques ou germinales placées sur des milieux de culture appropriés. De tels embryons se développent directement à partir de cellules méristématiques des explants ou indirectement à partir de cals. Les embryons somatiques produits sont, en principe, génétiquement identiques et capables de produire des clones à

partir de géotypes donnés. Les explants utilisés, comme pour la technique d'organogénèse, proviennent de la base de jeunes feuilles de cœurs de rejets, des inflorescences...etc. (**El Hadrami et Baaziz, 1995; Loutfi, 1999**).

L'embryogénèse somatique *in vitro* est obtenue soit par voie directe, sans formation de cal, soit par voie indirecte, après formation d'un cal.

II.2.2.2.1 Embryogénèse directe

L'embryogénèse directe consiste à obtenir des embryons somatiques directement à partir des cellules des explants (embryon zygotique, jeunes feuilles...etc) (**Maheswaran et Williams, 1985**). Dans ce cas, le tissu juvénile possède déjà des cellules individuelles "prédéterminées" dans l'embryogénèse (**Sharp et al., 1982**).

II.2.2.2.2 Embryogénèse indirecte

L'embryogénèse indirecte se produit lorsque l'embryon est dérivé de cellules embryogènes qui sont individualisées lors de la prolifération d'un cal (ou suspension cellulaire). L'introduction générale des cellules somatiques différenciées de l'explant (fragment de racine, un fragment de rejet ancien...etc.) doit d'abord subir une dédifférenciation et une évolution vers l'embryogénèse (**Sharp et al., 1982**).

Dans ce cas, la différenciation des cellules embryogènes est induite par une hormone stimulante.

II.2.2.2.3 Les différentes étapes d'embryogénèse somatique sont:

Le cycle de production comprend quatre (04) phases:

a) La phase d'initiation de la callogénèse et multiplication des cals embryogènes:

Selon **Margara (1989)**, le cal est un tissu de néoformation issu d'une dédifférenciation de cellules spécialisées (retour à l'état méristématique). Il peut être à croissance active ou lente, homogène ou nodulaire, plus ou moins dissocié ou compact, incolore et plus rarement chlorophyllien ou anthocyané. Sa formation (la callogénèse) résulte à la fois de la levée de l'inhibition consécutive à la séparation de l'explant et de l'action excitatrice des substances trophiques (milieu minéral, sucres, ...) et des régulateurs de croissance (auxines, cytokinines, ...) du milieu de culture.

Pour le palmier dattier, les explants provenant du sommet du cœur de rejets ainsi que des inflorescences sont les plus utilisés. Le prélèvement doit se faire à des stades précis de leur développement et doit être soumis à des conditions de culture bien définies car ces dernières

(état physiologique et composition du milieu) conditionnent le type de cal obtenu (**Drira et al., 1996**). Le génotype joue un rôle dans le temps de réponse des explants à la callogenèse (**Saka, 1996**).

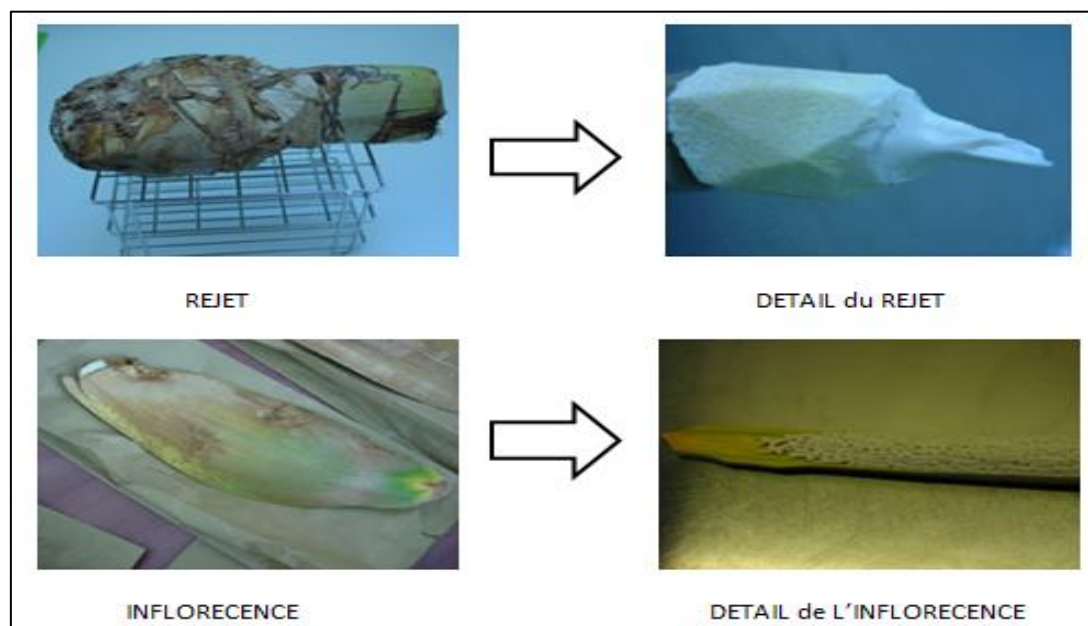


Figure 11: Les explants à partir de rejets et d'inflorescences.
http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_introvitro.html

L'induction de la callogenèse est lente. Elle peut durer jusqu'à 6 mois voire un an de culture (**EL Bellaj et al., 2000**). Parmi les différents types de cals obtenus à partir de tissus du palmier dattier seuls les cals de structure nodulaire, plus ou moins friables, et de couleur blanchâtre à brune sont embryogènes (**Baaziz, 1996; Saka, 1996**). L'induction de cals embryogènes chez le palmier dattier est généralement obtenue sur un milieu à base d'auxine (**Saka, 1992**).

La croissance du cal peut être indéfinie (**Margara, 1989**). L'entretien et la multiplication de la masse de cals embryogènes se fait par repiquages successifs sur milieu frais solide ou bien liquide. En effet, selon **Fki (1998)**, le passage des cals sur un milieu liquide agité de même composition hormonale que le milieu d'induction favorise leur prolifération.

Le principal facteur entravant le bon développement des explants mis en culture est le phénomène de brunissement des tissus et des milieux. Ceci serait du à l'oxydation des polyphénols (secrétés par les tissus suite à un stress biotique ou abiotique) et à la formation de quinones toxiques pour les tissus. Afin de minimiser l'action négative du phénomène de brunissement, **Zaid (1984)** a résumé les différentes actions qui peuvent être menées:

- Le prétraitement des explants (avant la désinfection) avec une solution d'anti-Oxydants (150 mg/l d'acide citrique et 100 mg /l d'acide ascorbique).
- Utilisation de combinaison d'adsorbant avec de l'adénine, glutamine, citrate; ...
- Modification au niveau de la composition minérale des milieux de culture.
- Utilisation d'explants de petite taille avec repiquages fréquents et excision des parties ayant brunies.
- Utilisation d'adsorbants: le charbon actif est le plus utilisé. Cependant il est préconisé d'augmenter les concentrations d'hormones utilisées car le charbon réduit leur disponibilité dans le milieu (**Vanwinkle, 2000**).

b) la phase d'initiation de l'embryogenèse et obtention d'embryons somatiques:

Les embryons somatiques se développent lorsque le cal embryogène est transféré dans un milieu sans auxine ou contenant une faible dose de celle-ci (**Zryd, 1988**).

Le milieu d'induction de l'embryogenèse peut être solide ou liquide. Ce dernier peut paraître plus intéressant car il présente les avantages suivants:

- Il permet une meilleure observation et un suivi plus simple de tous les stades de l'embryogenèse somatique (**Zryd, 1988**).
- Il permet d'avoir des embryons à la fois isolés, typiques et viables (**Fki, 1998**).
- Il stimule la multiplication du nombre d'embryons somatiques, améliore la synchronisation de leur croissance, contribue à leur individualisation et raccourcit le temps de leur germination, surtout lorsqu'ils subissent une légère déshydratation (**Othmani et al., 2006**).
- Selon **Fki et al (2003; 2006)** la culture en suspension (milieu liquide) permet d'obtenir un nombre d'embryons somatiques supérieur à celui obtenu sur un milieu solide.

c) La phase de régénération et germination des embryons somatique:

Les embryons obtenus ayant une taille convenable sont replacés dans un milieu de germination qui peut être solide, semi-solide ou même liquide sans hormones de croissance ou en plus faibles concentrations (**EL Khayri et al., 2003**). Le maintien des embryons en germination sur le même milieu de culture et avec un éclairage plus intense (1700 lux) permet d'obtenir des plantes. L'addition au milieu de culture d'ANA (Acide Naphtalène Acétique) à raison de 0.1 mg/l stimule l'élongation et l'enracinement (**Letouze et Daguin, 1988**).

d) L'acclimatation:

La réussite de cette étape dépend, pour beaucoup, des techniques de la culture *in vitro* appliquées lors des étapes précédentes. L'acclimatation consiste à transférer les vitro plants dans des serres sous des conditions contrôlées d'humidité saturante, de température et de

photopériode. Ces conditions seront modifiées graduellement jusqu'à atteindre les conditions naturelles de plantation (Zaid *et al.*, 2002). Cette phase de durcissement est nécessaire afin de permettre aux vitroplants de s'accommoder progressivement aux conditions ambiantes et être prêts au terme de trois (03) ans d'élevage à être plantés en plein champ (Saka, 1992).

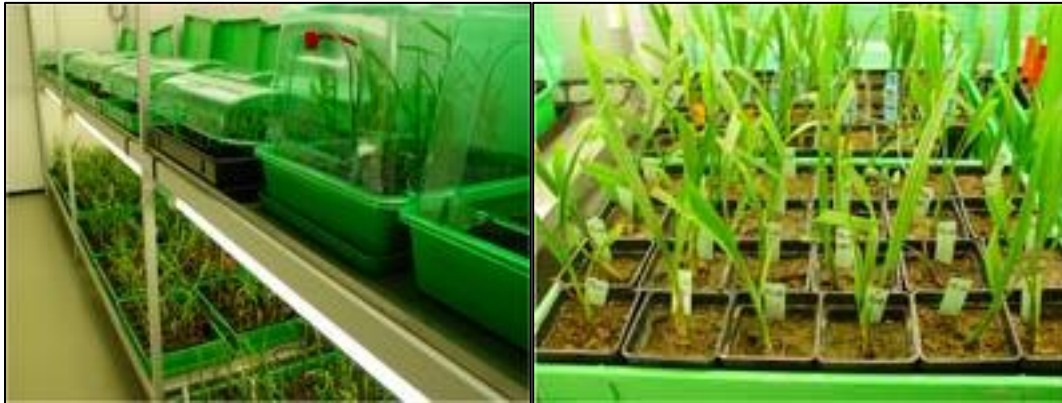


Figure 12: Acclimatation du palmier dattier en conditions contrôlées des vitroplants produits et enracinés au laboratoire

http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_acclimatation.html

II.2.3. Les facteurs de maîtrise

a) Milieu de culture:

Généralement, un milieu basal de sels inorganiques de Murashige et Skoog (1962) (MS) est utilisé pour la micropropagation du palmier dattier. Basé sur la multiplication stade, il peut être utilisé à pleine force ou dilué habituellement à la moitié de la force en raison de son niveau élevé de sels principalement d'ammonium (Abahmane, 2011). Un milieu de culture est constitué principalement d'eau, de sels minéraux (macro-éléments, microéléments, fer), d'éléments organiques (vitamines, sucre, parfois des acides aminés, etc.), de régulateurs de croissance. Cette solution aqueuse est souvent solidifiée au moyen d'agar. L'agar est facilement dissous à 100°C, on doit donc atteindre le point d'ébullition afin de l'incorporer au milieu de manière uniforme. Les milieux de culture sont distribués dans des tubes à essai (150 × 25 mm) à 15-20 ml ou bocaux de culture (flacons de 250 ml, bocaux de 170 ml ou contenant magenta) à 50 ml. Les milieux sont ensuite autoclavés à 121° C et sous une pression de 1 bar pendant 15 à 30 minutes en fonction du volume du milieu de culture dans les récipients (Abahmane, 2011).

b) L'environnement:

Après transfert dans des milieux de culture, les explants sont incubés pendant 3-6 mois dans l'obscurité de manière à favoriser l'initiation des bourgeons et à empêcher l'oxydation des

composés phénoliques qui se produit dans des conditions de lumière. Les explants doivent être transférés vers de nouveaux milieux chaque mois. Après l'initiation, les pousses sont transférées dans des conditions éclairées avec une photopériode de 16 h. La température de 15 l'air dans la chambre de croissance est maintenue à $27 \pm 1^\circ \text{C}$ pendant la période éclairée et $22 \pm 1^\circ \text{C}$ pendant la période sombre (Anjarne et al., 2005 ; Abahmane et al., 1999).

c) Les conditions aseptiques:

Comme les milieux sont riches et les conditions de cultures chaudes et humides, toutes les conditions d'un développement bactérien ou fongique sont réunies. Les causes d'infection sont nombreuses. Il faut donc manipuler dans des conditions d'asepsie rigoureuses:

- ✓ Matériels passés à l'alcool et flambés.
- ✓ Désinfection des plantes à la Javel puis rinçage à l'eau distillée avant l'extraction de l'explant.
- ✓ Travailler sous la hotte.

Chapitre III:
Les avantages et
Les inconvénients des
techniques de multiplication

III.1. Multiplication sexuée (par semis)

La multiplication sexuée (par semis) c'est la technique la plus anciennement utilisée par les phoeniciculteurs pour la propagation du palmier dattier dans le but de créer ou étendre des palmeraies. Le palmier dattier est une espèce dioïque, fortement hétérozygote par son caryotype élevé $2n = 36$, donc la multiplication sexuée de cette plante provoque une très forte hétérogénéité de la descendance d'où il semble impossible d'avoir des plants identiques entre eux ou à la plante mère dont ils sont issus (**Nixon et Fur, 1965**). Actuellement, cette technique demeure très intéressante dans certaines mesures telles que la création de nouvelles variétés répondant à des exigences particulières; comme la résistance à certaines maladies et la haute qualité dattière.

La reproduction de dattier par graine est longue, elle ne permet en effet d'obtenir des sujets productifs qu'au bout d'une dizaine d'années. Le dattier étant une espèce dioïque on obtient en moyenne par semis de noyaux 50% de sujets mâles et 50% de sujets femelles, l'hétérozygotie de plantes originales provoque une très forte hétérogénéité de la descendance; il n'est donc pas possible de reproduire les caractéristiques des pieds mères par voie sexuée.

Il faut donc attendre plusieurs années jusqu'à la floraison pour connaître le sexe d'un dattier. De plus, la multiplication sexuée engendre un brassage génétique qui ne permet pas la conservation des caractères de la plante mère. Ces plantes produisent généralement des fruits de qualité inférieure (**Zaid & De Wet, 1999; Eke et al., 2005**).

En effet, dans ce mode de multiplication, on aura autant de mâle que de femelle, or seules les plantes femelles donnent des dattes et il ne faut qu'un seul mâle pour 25 ou 50 femelles. Cependant, la propagation sexuée reste une méthode simple de multiplication et permet d'enrichir la diversité génétique du palmier dattier. Cette qualité est très intéressante et primordiale pour les programmes de sélection et d'amélioration variétale (**Tisserat, 1982**).

Cependant ce mode de propagation permet d'obtenir parfois des phénotypes intéressants; il a permis d'introduire le dattier en dehors de son aire primitive de culture (**Munier, 1973**).

Par ailleurs les individus issus de graines n'ont pas forcément les mêmes caractéristiques des parents. Ce qui constitue une perte de temps et d'argent pour l'agriculteur. Toutes les conséquences très négatives en terme de développement et, en particulier d'exploitation des ressources en eau rares, ne plaident guère en faveur de cette technique qui offre par contre l'intérêt d'un brassage génétique qui peut être à l'origine de génotypes de qualité et/ou adaptés à des contextes écologiques particuliers (**Nabil, 2008**).

III.2. Propagation végétative (par rejet)

La multiplication par voie végétative est le mode normal de propagation utilisé pour constituer de nouvelles plantations, le matériel de multiplication utilisé est le rejet ou drageon se développant à la partie basale du tronc ou sur le bulbe, le rejet reproduit intégralement les caractéristiques du pied mère. La période d'émission de rejets est limitée (10 à 20 ans)... **(Munier, 1973)**.

Elle assure une homogénéité du sexe, de la variété, de la vigueur et de la qualité des fruits. En général, les rejets qui se trouvent au niveau du tronc sont les plus utilisés car ils ont une meilleure survie.

Cependant, La production des rejets dépend de l'âge et de la variété. Les rejets sont produits pendant la phase juvénile de la plante **(Tisserat, 1983)**. La qualité du rejet est un paramètre très important car il détermine sa réussite au champ. Il faut donc prendre en considération certains critères afin d'obtenir des rejets de bonne qualité comme le poids (10 à 25 kg), l'âge (2-5 ans), le diamètre de la base (20-30 cm) et la formation de ses propres racines **(Abahmane, 2011)**.

III.2.1 Les limites de propagation végétative

Ce type de multiplication reste limité pour de nombreuses raisons:

- Une méthode laborieuse et coûteuse.
- Un nombre limité de rejets par individu (10 à 30) **(Heselmans, 1997)**.
- Un risque de transmission de maladies **(Abahmane, 2011)**.
- Une nécessité d'un savoir-faire pour le sevrage et la transplantation des rejets **(Al-khayri, 2001)**.

III.2.2 Les avantages de propagation végétative

Les plantes dérivées sont fidèles au type de palmier parent. Les pousses se développent à partir de bourgeons axillaires sur le tronc de la plante mère et, par conséquent, les fruits produits seront de la même qualité que le palmier mère, ce qui garantit l'uniformité de la production.

Le rejeton portera des fruits 2 à 3 ans plus tôt que les semis. La durée de vie du palmier dattier est divisée en deux phases de développement distinctes: la phase végétative, au cours de laquelle les bourgeons qui se forment à l'aisselle des feuilles se transforment en pousses; et la phase générative, au cours de laquelle les bourgeons forment des inflorescences et les pousses

cessent. Depuis le moment où le bourgeon axillaire d'une feuille s'est différencié en une ramification jusqu'au moment où elle se développe vers l'extérieur, il faut jusqu'à trois ans (18 à 36 mois), avec encore trois à quatre ans avant qu'elle n'atteigne la taille désirée pour sa séparation et sa plantation (**Hilgeman, 1954**).

Les rejets sont principalement produits en nombre limité (20 à 30 au maximum) au début de la vie du palmier (10 à 15 ans à partir de la date de sa plantation) selon la variété et le traitement préalable de fertilisation, d'irrigation et de mise en terre autour des troncs (**Nixon et Carpenter, 1978**). Bien que 20 à 30 ramifications soient produites par un palmier, seules trois ou quatre ramifications sont aptes à être plantées en une année et doivent encore aller en pépinière pendant 1 à 2 ans avant d'être plantées sur le terrain.

La multiplication par rejets est fidèle au type, mais elle n'est pas très pratique du point de vue de la multiplication en masse, et ne permet donc pas de satisfaire les grands besoins en matériel végétal.

III.3. Micropropagation

Les recherches sur la micropropagation du palmier dattier ont commencé vers 1970.

Deux techniques de régénération ont été employées, ce qui a permis de proposer plusieurs stratégies de clonage *in vitro* par organogénèse (**Rhiss et al., 1979; Drira & Benbadis, 1985**) et par embryogenèse somatique (**Fki et al., 2003; Sané et al., 2006**).

III.3.1 Les avantages de micropropagation

Les avantages de la culture *in vitro*, hormis de produire des clones de la plante mère, est de répondre beaucoup plus rapidement aux besoins en plantes par rapport à la propagation traditionnelle. En effet, la multiplication du palmier dattier par rejets ne génère que 10 pieds tous les 10-15 ans alors que *via* la micropropagation par organogénèse, ce taux est de trois pieds tous les 2 mois, soit plus d'un demi-million de pieds en 2 ans (**Ferry, 2011**).

La régénération des plantes par la culture *in vitro* peut mettre à notre disposition des technologies et des outils pour la production à grande échelle de variétés d'intérêt, pour les programmes de sélection (**Parveez et al., 2000**) et pour la conservation des ressources génétiques des plantes (**Engelmann & Dussert, 2000**).

L'application des techniques de culture tissulaire pour le palmier dattier, également appelée culture *in vitro*, présente de nombreux avantages (par rapport aux deux techniques précédentes) et permet de réaliser les opérations suivantes:

- Propagation de cultivars femelles sains sélectionnés (exempts de maladies et de parasites), de variétés résistantes au Bayoud et de mâles ayant un pollen supérieur avec des caractéristiques utiles de métaxénie, qui peuvent être facilement et rapidement propagés.
- Multiplication à grande échelle.
- Pas d'effet saisonnier sur les plantes car elles peuvent être multipliées dans des conditions contrôlées en laboratoire tout au long de l'année.
- Production de plantes génétiquement uniformes, clones à propager à partir de cultivars élites déjà existants, ou à partir d'hybrides F1 de sélections précédentes et de palmiers issus de semences uniquement.
- Assurer un échange facile et rapide de matériel végétal entre les différentes régions d'un pays ou entre les pays sans aucun risque de propagation de maladies et de parasites et économiquement fiable lorsqu'une production importante est requise.

III.3.2 Micropropagation par organogénèse

L'organogénèse est le résultat de la régénération directe des méristèmes racinaires, des bourgeons axillaires et des cellules de bourgeons floraux en présence de phytohormones en très faible quantité.

Son avantage est la formation directe des plantules sans le passage par une phase de dédifférenciation des cellules en formant des cals. Par conséquent, les plantes issues sont toutes identiques aux plantes mères (**Kunert et al., 2003**). En revanche, cette approche est très lente et le nombre de plantes obtenues reste limité par rapport à l'embryogénèse somatique car de nombreuses plantules ne survivent pas pendant l'étape d'enracinement.

III.3.2.1 Les obstacles et les avantages d'organogénèse

- les mécanismes biologiques régissant l'initiation sont très lents à s'exprimer (6 mois).
- la fréquence élevée des repiquages susceptibles d'être modifiés selon l'aspect morphologique des explants (problème de standardisation).
- l'hétérogénéité du matériel de départ (âge, état physiologique des rejets etc.).
- la diversité génétique extrême chez le palmier dattier (**Djerbi, 1991**).

Cette technique présente un avantage appréciable à savoir la production de vitro plants conformes aux variétés d'origine (**Anonymous, 1989**), la néoformation directe de bourgeons, la multiplication rapide des plantes.

III.3.3 Micropropagation par embryogenèse somatique

L'embryogenèse somatique reproduit les étapes de l'embryogenèse zygotique avec comme différence que les plantes produites sont les résultats d'embryons non originaires de cellules reproductives.

III.3.3.1 Les inconvénients d'embryogenèse somatique

Chez le palmier dattier, la callogenèse est un processus très lent qui peut nécessiter 4 à 8 mois (Fki et al., 2011).

Cette étape de culture très lente a évidemment un impact négatif sur le coût des vitroplants.

Certains auteurs ont rapporté que les embryons zygotiques matures ou immatures produisent des cals avec une faible capacité embryogène (Reynolds & Murashige, 1979; Fki, 2005), ce qui représente un résultat inattendu au vu de l'importante capacité morphogénétique de ces explants chez d'autres espèces comme le palmier à huile (Teixeira et al., 1995).

Le travail de Fki, (2005) a montré que l'herbicide Picloram (0.2 à 0.5 mg/L) induit la callogenèse, bien qu'il génère des cals non embryogènes et des embryons somatiques anormaux.

La biotine et la thiamine peuvent améliorer la qualité des cals embryogène (Al-Khayri, 2001). Le nitrate d'argent a également été signalé comme promoteur de l'embryogenèse somatique (Al-Khayri & Al-Bahrany, 2001, 2004).

Une autre étude a montré l'impact positif des extraits méristématiques de palmier dattier sur l'embryogenèse somatique (El-Assar et al., 2004).

La fragmentation des explants permet un contact direct des cellules totipotentes avec le milieu de culture et donc une meilleure initiation des cals embryonnaires (Fki, 2005).

Néanmoins, il a été constaté que la fragmentation de l'explant conduit souvent à une prolifération rapide des bactéries endogènes.

III.3.3.2 Avantages d'embryogenèse somatique

Au niveau d'une production en masse, cette voie ouvre de grands espoirs étant donné le peu de différence observé en regard des variétés de palmier dattier utilisée et la conformité des vitroplants obtenus (Letouze et Daguin 1988; Anonymous, 1989).

- **Plantes de haute qualité:** Par la prolifération de tissus de culture de palmiers on peut fournir des plantes d'origine connue et choisie; uniformes et de qualité supérieure.

- **Plantation planifiée pour une grande quantité:** Le micro propagation de culture de tissus du palmier dattier permet l'approvisionnement en grande quantité de plantes à une date prévue.
- **Une plantation grande et rentable:** L'utilisation de plantes de tissus de culture permet d'atteindre rapidement une grande surface de plantation et un rendement significatif au point de vue économique.
- **Réceptivité maximale:** L'adaptation au champ est pratiquement de 100%.
- **Plantes saines:** Les plantes de culture de tissus sortent du laboratoire, complètement sains de parasites et de maladies. Un fait particulièrement important quand il s'agit d'exportation.
- **Production précoce:** Les plantes de culture de tissus produiront rapidement et donneront des fruits trois ans après la plantation.
- **Plantes sur demande:** Avec la propagation des plantules de culture de tissus du palmier dattier il est possible de fournir des plantes de spécimen / clone / variété rares ou particulièrement demandées.

III.3.4 Les inconvénients de micropropagation

Quel que soit le type d'explant utilisé, les deux techniques de micro propagation se trouvent limitées par de nombreux facteurs. Il s'agit notamment:

- De la lenteur dans la réactivité des explants.
- Des contaminations endophytiques.
- Des coefficients de multiplication faibles et aléatoires chez certains cultivars.
- Du brunissement des tissus et des milieux.
- Pertes à l'acclimatation de l'enracinement précoce des bourgeons et de la vitrification des tissus.
- Des pertes à l'acclimatation (Alhadrami, 2002).

III.3.5 Comparaison entre les différentes voies de multiplication de palmier dattier

Tableau 2: Les méthodes de culture *in vitro* du palmier dattier (Fredj, H., 2007)

Méthodes	Avantages	Inconvénients	Avenir

<p>Organogenèse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Propagation fidèle (conformité). - Sauvegarde des cultivars en voie de disparition. - Rapide par rapport à la méthode traditionnelle. - une pérennité de la culture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Une certaine difficulté autre méthodes. - Limitation du matériel utilisé (les bourgeons). - Récalcitrante certaines variétés. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'organogenèse est la technique de propagation d'avenir du fait qu'elle présente un intérêt génétique important (la conformité).
<p>Embryogenèse somatique et suspensions cellulaires</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La plus rapide des méthodes d'<i>in vitro</i>. - Diversité du matériel végétal utilisé. (bourgeons, foliole, fragments des feuilles, embryonszygotiques). - Elle permet la multiplication en masse. - Homogénéité des embryons somatiques (milieu liquide agité). - Elle est essentielle pour l'hybridation, la sélection et la cryoconservation. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'embryogenèse somatique présente le grand risque d'avoir des variations somatiques clonales et des maturations. - passage par plusieurs étapes, ce qui nécessite une mise au point de chaque étape et donc une maîtrise de chaque étape. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'embryogenèse somatique et en particulier les suspensions cellulaires ont à nos jours des grands intérêts - En effet, elles permettent d'avoir des embryons de bonne qualité servant comme des semences artificielles de qualité. - L'embryogenèse somatique est la technique d'avenir pour ceux qui s'intéressent à la diversité génétique.

Réversion des ébauches	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisé un matériel disponible (sans sacrifier l'arbre). - préserve la conformité. - Idéal aux cultivars rares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode propagation relativement lente. - Prélèvement délicat. 	<ul style="list-style-type: none"> - C'est le moyen de micro propagation qui doit s'appliquer pour multiplier les variétés rares qui ont peu ou.
------------------------	---	---	---

III.4. Principaux problèmes et facteurs affectant micropropagation de palmier dattier

Difficultés de propagation des palmiers tissulaires de nombreuses plantes, en particulier les ligneuses, souffrent d'une croissance lente et de l'exposition à certains problèmes lors de la culture en tubes de culture tissulaire *in vitro* et après leur plantation en serre ou au champ *in vivo*; Ces problèmes sont également confrontés à la date palmier lors de la propagation des tissus, et il existe de nombreux obstacles à la croissance de cette culture à partir de sa culture en tubes, où elle rencontre de nombreux problèmes.

En dehors des tubes, lorsque les semis sont cultivés au champ, ils sont confrontés à des problèmes d'anomalies, d'échec de nouaison, de plantes naines.

Ces deux techniques de micropropagation, l'organogenèse et l'embryogenèse somatique, se trouvent limitées par de nombreux facteurs qui résident essentiellement dans:

- La lenteur de la réactivité des explants (1 à 2 ans pour obtenir des souches bourgeonnantes ou des embryons somatiques).
- Les coefficients de multiplication faibles et aléatoires chez certains cultivars actuellement proposés pour la multiplication.
- Les pertes de vitroplants à l'acclimatation et au champ.

Ces problèmes sont en partie liés à l'absence relative de recherches non empiriques en ce qui concerne la mise en place des conditions de culture appropriées à chaque type d'explants, au génotype travaillé ou encore la période de prélèvement.

La micropropagation du palmier dattier se heurte à certaines contraintes qui réduisent son efficacité. Parmi ces problèmes, le brunissement des tissus et les contaminants bactériens sont les facteurs les plus importants qui affectent la culture des tissus de palmier dattier (Abahmane, 2011).

III.4.1 Brunissement des tissus



Figure 13: Problème de brunissement des tissus à l'intérieur destubes (Nasser, 2011)

Les tissus du palmier dattier sont riches en acide caffcoylshikimique (de 190 à 430 $\mu\text{g/g}$ poids frais selon la variété) qui est l'une des enzymes responsables du brunissement des tissus (Loutfi & El Hadrami, 2005).

Au fil du temps, le milieu de culture devient brun à cause des polyphénols libérés. Ces substances sont oxydées par les polyphénoloxydases et forment des quinones qui sont très toxiques pour les tissus en culture. Leur sécrétion est renforcée par les dommages dus à la préparation pour la mise en culture *in vitro* ou à leur manipulation lors du transfert sur un milieu frais (Abahmane, 2011).

Le phénomène de noircissement se produit parfois après culture de la partie végétale en tubes, et c'est un cas précédemment observé dans l'imaginaire, mais c'est beaucoup moins que les plantes dont la nature est ligneuse (Zaid, 1984). Il a été noté que ce phénomène était transféré avec la culture répétée, le renouvellement du milieu nutritif et l'élimination des parties décolorées.

De nombreuses études ont été menées pour réduire l'incidence de ce phénomène:

- Le prétraitement des tissus dans des solutions antioxydantes (100 mg/l d'acide ascorbique et 150 mg/l d'acide citrique) (Murashige, 1974; Zaid & Tisserat, 1983).
- L'addition aux milieux de culture de certains adsorbants comme l'adénine, la glutamine et le citrate (Rhiss *et al.*, 1979).

- L'utilisation du charbon actif, qui fait partie des composés largement utilisés pour éviter le brunissement des tissus; cependant, une grande quantité de régulateurs de croissance ajoutée est également absorbée par le charbon actif. C'est pour cela que de fortes concentrations d'hormones sont couramment utilisées.

III.4.2 Vitrification

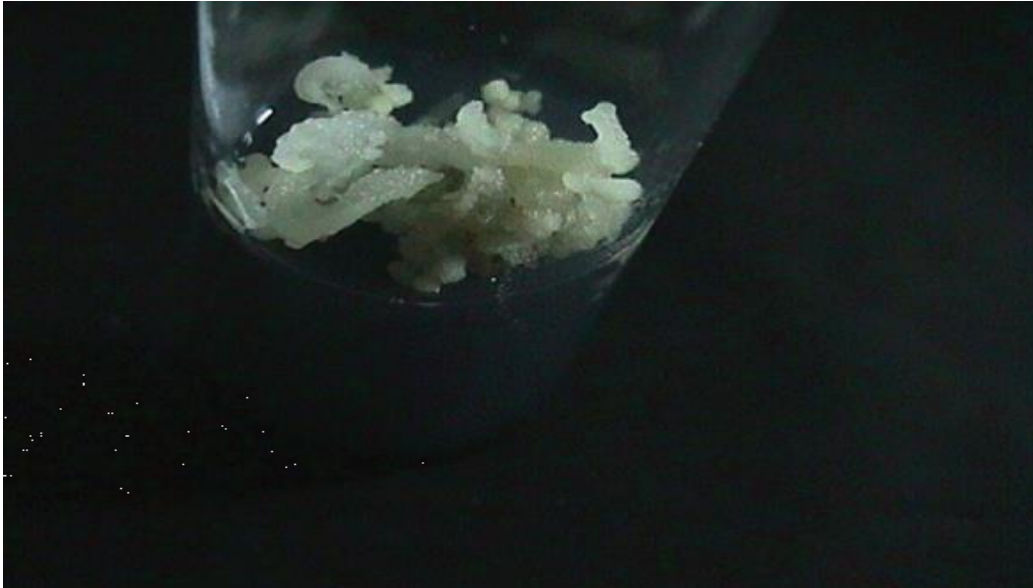


Figure 14: Problème de vitrification de surface des initiateurs implantés dans les tubes (Nasser, 2011)

III.4.3 Contaminations endophytiques



Figure 15: Problème de pollution dans les tubes (Nasser, 2011)

Parmi les maladies des plantes dues aux champignons du sol, les fusarioses vasculaires constituent l'une des catégories les plus importantes tant par leur fréquence que par leur gravité. En Afrique du nord, le problème le plus préoccupant est la fusariose vasculaire du palmier dattier.

Cette grave maladie infectieuse appelée Bayoud, détruit actuellement les palmeraies Maroc-algériennes et les estimations montrent que ce fléau a détruit 2/3 de la palmeraie marocaine en un siècle (**Djerbi, 1988**). L'agent causal du Bayoud, *Fusariumoxysporum*f.sp. *albedinis*(Foa) est un champignon microscopique faisant partie de la mycoflore du sol où il peut être conservé pendant plusieurs années sur les débris de plantes ou dans le sol soit sous forme de chlamidospores soit en vie saprophytisme (**Baaziz, 2003**).

Les symptômes externes de la maladie sont caractérisés par le blanchissement et le dessèchement des palmes, sans qu'elles soient détruites par Foa, certaines espèces végétales cultivées dans les oasis constituent un 'réservoir' du champignon. Elles sont qualifiées de 'porteurs sains' (**Feather et al., 1989**).

Les cultures *in vitro* de palmier dattier sont parfois fortement contaminées par des bactéries endogènes. De nombreuses études ont rapporté l'existence de bactéries dans les tissus internes d'explants qui sont visiblement en bonne santé (**Abahmane, 2011**).

Lors de la phase d'initiation, ces contaminations sont susceptibles d'apparaître sur quelques rares explants dont le degré de différenciation est assez avancé.

Ces contaminations se manifestent rapidement sous des conditions physico-chimiques défavorables liées aux intervalles excessivement longs entre les transferts. L'isolement et l'identification de ces contaminants ont montré qu'ils appartiennent au genre *Bacillus* (**Leary et al., 1986**). La présence de ces contaminants peut conduire à l'élimination de la culture à tout moment.

Le contrôle de ces contaminants peut être réalisé par l'utilisation de certains antibiotiques: la tétracycline (30 µg/ml), la streptomycine (10 µg/ml), la néomycine (20 µg/ml) et le chloramphénicol (30 µg/ml) (**Leary et al., 1986**). Cependant, dans la pratique, la meilleure façon de surmonter ce problème est de dépister les cultures contaminées dans les premières étapes de multiplication afin de les éliminer.

De là vient l'importance de la stérilisation superficielle de la source végétale avant sa mise en culture en tubes et la sensibilité de la source végétale aux stérilisateurs.

Chaque plante a un certain degré de tolérance qu'il faut tester en termes de durée d'exposition au stérilisateur et le degré de sa concentration pour obtenir la plus grande efficacité de stérilisation et l'élimination des polluants, et la croissance et la caractérisation des tissus de la source végétale en une à deux semaines dans le milieu nutritionnel est la preuve du succès du processus de stérilisation, mais cela ne signifie pas nécessairement se débarrasser de tous les polluants, notamment viraux, qui se trouvent souvent à l'intérieur des tissus endophytes de la plante, et dont le danger est réduit après avoir ré-cultivé la source végétale deux fois ou plus à l'intérieur des tubes. après avoir enlevé la base foliaire qui l'entoure, en avoir réduit la taille, puis l'avoir stérilisée, puis fendue, ce qui la rend moins polluante que les bourgeons d'autres plantes complètement stérilisées. ...etc.).

En général, il est devenu très raisonnable d'atténuer le problème de pollution avec l'une des précautions précises par les travailleurs dans cette pureté, en choisissant les paramètres appropriés et avec les concentrations testées.

Les sources de pollution sont multiples, dont la plus importante est l'environnement du laboratoire et des incubateurs (salles de croissance), où les polluants s'accumulent avec l'entrée fréquente de travailleurs, et pour éviter cela, il est recommandé de stériliser toutes les deux semaines au minimum l'incubateur. De plus, les unités vitales de la cabine sont considérées comme une source de pollution si elles ne sont pas traitées avec une stérilisation de surface adéquate, ou si elles n'effectuent pas d'entretien périodique comme le changement des filtres et le test de la pureté de l'air à l'intérieur. Aussi, le technicien travaillant en agriculture sous la cabine vitale est une source de pollution s'il ne prend pas de précautions lors de la culture ou lors de la stérilisation. Le processus de stérilisation thermique ou chimique est l'une des précautions les plus importantes à prendre en compte dans la circulation du matériel de culture tissulaire, qu'il s'agisse de matériel vivant ou d'outils, et de tout défaut de celui-ci, tel que le dysfonctionnement du stérilisateur thermique, son imprécision, ou l'inefficacité du travailleur dans son fonctionnement conduit à la pollution, ainsi que les concentrations de stérilisateurs chimiques et leur validité à partir des facteurs les plus importants de l'apiculteur processus de stérilisation et dommages causés par la pollution.

III.5. Les avantages de multiplication *in vitro* par rapport à la multiplication classique

La technique de multiplication *in vitro* présente de nombreux avantages par rapport à la multiplication classique:

- Des plantes de très haute qualité, les plantes sont issus de pieds sélectionnés et connus. Uniformes et vigoureux, ils permettent une croissance rapide sur le terrain puisqu'ils disposent d'un système racinaire déjà bien développé, par opposition au rejet qui demande plus de temps pour former de nouvelles racines après sevrage du pied-mère.
- De grandes quantités disponibles tout au long de l'année, la disponibilité de lots de grandes quantités de plantes permet d'installer des plantations économiquement viables et pouvant être conduites de façon moderne (goutte à goutte etc.)
- Une reprise performante au champ.
- La vigueur des vitroplants et de leur système racinaire assure un pourcentage de reprise très élevé qui peut être de 100% lorsque toutes les mesures recommandées sont respectées.
- Des plantes saines.
- La culture *in vitro* permet l'obtention de plantes indemnes maladies et de parasites. La multiplication des ravageurs tels que le charançon rouge rend toute circulation de matériel végétal sous forme de rejets classiques extrêmement dangereuses; de ce fait, la culture *in vitro* est devenue la technique par excellence pour l'échange de matériel végétal entre pays.
- Une manipulation facilitée.
- Le transport des plantes sous forme de plantes enracinées sur milieu gélosé facilite leur manutention. Au stade d'acclimatation, leur taille réduite facilite leur transport. Il est donc possible de manipuler de grandes quantités de plantes et de les transporter sur de grandes distances facilitant ainsi l'organisation d'une plantation quel que soit le lieu où elle se trouve.
- Une entrée en production rapide.
- Les plantations réalisées avec des vitroplants ont montré dans plusieurs pays une entrée en production rapide comparée à celles faites à partir de rejets classiques. Le laboratoire des domaines agricoles, utilisant la technique de multiplication par organogenèse à grande échelle, a pu mettre à la disposition des producteurs des centaines de milliers de plantes du clone Nadja, sélectionné par L'INRA, et qui est devenu le fer de lance pour la lutte contre le Bayoud.

III.6. Comparaison entre les différentes voies de multiplication de palmier dattier

Tableau 3: Comparaison entre les trois voies de multiplication du palmier dattier (Oumane et Lahmadi, 2006)

Méthode	Matériel végétal	Avantages	Inconvénients
---------	------------------	-----------	---------------

	utilisé		
Multiplication par semis de graines	La graine (noyau)	<ul style="list-style-type: none"> - Permet obtenir parfois des phénotypes intéressants (production des hybrides). - Création de la diversité génétique. - Il a permis d'introduire le dattier en dehors de son aire primitive de culture. 	<ul style="list-style-type: none"> - 50% de la descendance sont des pieds males, et 50% des pieds femelles, subséquemment, à la nature dioïque du dattier. - La reproduction est longue, souvent après une dizaine d'années. - Une très forte hétérogénéité de la descendance, à cause de l'hétérozygotie de plantes originales. - Il n'est pas possible de reproduire les caractéristiques des pieds mères par voie sexuée.
Multiplication par rejets	Rejet, gourmand (rarement)	<ul style="list-style-type: none"> - Reproduit intégralement les caractéristiques du pied mère: sexe, aptitude, qualité des fruits. - Fructifie 2 à 3 ans, plutôt que les semis. 	<ul style="list-style-type: none"> - La période d'émission de rejets est limitée (10 à 20 ans). - Le nombre de rejet est limité (20 à 30 ans selon les variétés).
		<ul style="list-style-type: none"> - Permet la propagation des plantes indemnes de maladies et de parasites. - Permet la 	<ul style="list-style-type: none"> - Production des plantes non conformes (vitro- variation ou variation somaclonale). - Taux de perte élevé. - (Nombre de plantes) durant les différentes phases,

<p>Multiplication par culture <i>in-vitro</i> ou micro propagation</p>	<p>Apex les plus jeunes feuille, bourgeons végétative ou florale, les jeunes inflorescences, et autres.</p>	<p>propagation des cultivars rares, et /ou résistants à certaines maladie (bayoud).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Assure une production des grandes quantités de plantes. - Fait gagner des délais de l'ordre de plusieurs générations. - Assurez un échange facile et rapide, de la matière végétale entre différentes régions d'un pays ou entre les pays sans aucun risque de diffusion de maladies ou de parasites. - Economique-ment faible quand il s'agit d'une production à l'échelle industrielle. 	<p>notamment l'acclimatation.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brunissement et vitrification des tissus. - L'asynchronisme de la germination et du développement des embryons somatiques. - Exige de la technicité, et de la main d'oeuvre spécialisée.
--	---	--	--

Conclusion

Conclusion

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une plante très importante dans les zones arides et semi - arides chaudes.

La production du palmier dattier se fait traditionnellement par deux voies, soit par semis (propagation sexuée), soit par les rejets prélevés sur la plante mère (propagation végétative). Les inconvénients majeurs de la propagation sexuée sont la perte chez les plantes produites des caractéristiques organoleptiques de la plante mère et la production de 50% de mâles et de 50% de femelles. Les rejets, par contre, donnent toujours des plantes identiques à la plante mère. Le nombre de rejets produits par palmier reste très limité, entre 20 et 30 rejets, et la majorité sont produits pendant le premier cycle de la vie de la plante (**Zaid et Arias; Jiménez, 2002**). Le palmier dattier atteint son potentiel de production de fruits en moyenne à l'âge de 10 ans, Sa productivité peut s'étaler jusqu'à l'âge de 50 ans. La quantité de rejets varie selon la variété et les conditions de culture. Pour cette raison, la propagation par rejets reste insuffisante pour répondre à la demande, surtout en vue du rajeunissement et du renouvellement de certaines palmeraies, notamment celles détruites à cause des maladies comme le Bayoud (la fusariose vasculaire). Par conséquent, les chercheurs se sont orientés vers la culture *in vitro* pour produire en grande quantité les variétés intéressantes.

La multiplication *in vitro* constitue la voie la plus prometteuse pour l'amélioration du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). A l'échelle internationale, l'organogenèse et l'embryogenèse somatique sont les principales techniques utilisées pour la micropropagation du palmier dattier.

La multiplication par organogenèse est basée sur l'utilisation des milieux de culture qui favorisent l'initiation et la multiplication des bourgeons à partir de méristèmes pré-existants à la base de jeunes feuilles du cœur du rejet, ces bourgeons évoluent en plantules complètes qui sont transférées au champ après leur acclimatation. Les observations recueillies et relatives aux premières fructifications ont confirmé la stabilité génétique des vitro-plants produits via la technique d'organogenèse *in vitro*.

La multiplication par embryogenèse somatique consiste en une régénération d'embryons somatiques à partir d'une cal initiée *in vitro*. La germination de ces embryons donne naissance à des plantules acclimatables. La production de vitro-plants via cette technique est relativement simple et rapide. Cependant, il a été noté que, chez plusieurs espèces végétales, le passage par la phase callogène peut engendrer des variations soma-clonales.

Conclusion

Le recours à la multiplication *in vitro* s'il présente l'avantage de rendre rapidement disponible un très grand nombre de plantes clones présente néanmoins le risque d'accélérer encore l'appauvrissement de l'agrobiodiversité par la réduction à quelques cultivars de réputation internationale le nombre des variétés proposées par les laboratoires commerciaux de culture *in vitro*. A l'opposé, la multiplication *in vitro* présente l'avantage de permettre la multiplication de génotype de très grande qualité rare ou encore sans rejet. Dans ce dernier cas, cette opération est réalisable à partir de divers type d'explants:

- bourgeons indifférenciés, apex ou très jeunes feuilles. Mais, cela entraîne le sacrifice du palmier correspondant au génotype unique.
- jeunes feuilles en s'inspirant de la technique utilisée pour le palmier à huile.
- jeunes inflorescences.

Enfin, Le prélèvement d'inflorescences même très jeunes ne nécessite pas le sacrifice du palmier si son mode de floraison a été soigneusement établi et si une technique d'extraction adaptée est utilisée. Un autre intérêt très important de la multiplication *in vitro* est de permettre l'échange de matériel sain et, plus particulièrement indemnes vis à vis des deux principaux organismes mortels du dattier connus aujourd'hui le *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis* responsable de la maladie mortelle du bayoud et le charançon rouge des palmiers. Dans les deux cas, c'est, en totalité ou en grande partie. A cause de l'échange de rejets infestés que ces organismes ont été disséminés et continuent à l'être.

Références

Les références

- Abahmane, L. (2011). Micropropagation du palmier dattier par organogénèse. Dans La biotechnologie du palmier dattier (pp. 69-90). Springer, Dordrecht.
- Abahmane, L., Bougerfaoui, M., & Anjarne, M. (1999, November). Use of tissue culture techniques for date palm propagation and rehabilitation of palm groves devastated by bayoud disease. In Proceedings of the international symposium on date palm, Assiut University, Assiut, Egypt (pp. 9-11).
- Abohatem, M., Baaziz, M., (2019). Date Palm Micropropagation Protocol from cell Suspension culture, LAP Lambert Academic Publishing.
- Aissam, S. (1990). Observations histologiques sur l'organogénèse et le développement des bourgeons du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) en culture *in vitro* (Doctoral dissertation, Thèse Doctorat Troisième Cycle, Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc), 99pp.
- Al-Bahrany, A.M., & Al-Khayri, J.M. (2012). Optimisation de la cryoconservation *in vitro* du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Biotechnologie, 11(2), 59-66.
- Al Kaabi, H. H., Rhiss, A., & Hassan, M. A. (2001, mars). Effet des auxines et des cytokinines sur la production *in vitro* de tissus générateurs de bourgeons de palmier dattier et sur le nombre de bourgeons différenciés. Dans Actes de la deuxième conférence internationale sur le palmier dattier Al Ain, Émirats arabes unis (pp. 47-86).
- Al-Khayri, J.M. (2003). Germination *in vitro* d'embryons somatiques dans le palmier dattier: effet de la concentration en auxine et force des sels de SEP. Current Science, 680-683.
- Anjarne, M., Bougerfaoui, M., & Abahmane, L. (2005). Les techniques de micropropagation du palmier dattier: Expérience de l'INRA-Maroc. In Proceedings of the International Symposium 'Développement Agricole Durable des Systèmes Oasiens (pp. 86-93).
- Anjum, M.A., & Hakoomat, A., (2004). Effet du milieu de culture sur l'organogénèse directe à partir de différents explants de divers génotypes de pommes de terre. Biotech. 3 (2):187-193.
- Azeqour, M., Amssa, M., et Baaziz, M. (2002). Identification de la variabilité intracloonale des vitroplants de palmier dattier issus de culture *in vitro* par organogénèse: étude morphologique. Comptes Rendus Biologies, 325(9), 947-956.

- Belaroussi, M. E. (2019). Etude de la production du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) variété Deglet-Nour: cas des régions de OuedMya et Oued Righ. Thes. Doc. Univ. Ouargla. 167p.
- Belguedj, N. (2014). Préparations alimentaires à base de dattes en Algérie: Description et diagrammes de fabrication. Constantine:(INATAA).
- Blama, Merzaia. (2014). Dix sept wilayas productrices de datte, une richesse inépuisable pour l'Algérie. Le monde des dattes. Magasine mensuel n°1. pp: 15.
- Booij, I., Piombo, G., Risterucci, A. M., Coupe, M., Thomas, D., & Ferry, M. (1992). Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Fruits, 47(6), 667-678.
- Bouguedoura, N., Bennaceur, M., Babahani, S., & Benziouche, S. E. (2015). Statut et perspective du palmier dattier en Algérie. Dans Ressources génétiques et utilisation du palmier dattier (pp. 125-168). Springer, Dordrecht.
- Bouguedoura, N., Michaux-Ferrière, N., & Bompar, J. L. (1990). Comportement in vitro de bourgeons axillaires de type indéterminé du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*). Canadian journal of botany, 68(9), 2004-2009.
- Chao, C. T., et Krueger, R. R. (2007). Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.): aperçu de la biologie, des utilisations et de la culture. HortScience, 42(5), 1077-1082.
- Daguin, F., & Letouze, R. (1988). Régénération du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) par embryogenèse somatique: amélioration de l'efficacité par passage en milieu liquide agité. Fruits, 43(3), 191-194.
- Djerbi, M. (1991). Biotechnologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.): Voies de propagation des clones résistants au bayoud et de haute qualité dattiere.
- 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 (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).
- Drira N., Masmoudi R., Meziou B., (1996). Aptitudes organogènes des organes végétatifs et floraux du palmier dattier. In : rapport de synthèse de l'atelier «culture *In vitro* du palmier dattier». CIHEAM - options méditerranéennes n° 28, pp. 173.
- Drira, N., & Benbadis, A. (1985). Multiplication végétative du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) par réversion, en culture *in vitro*, d'ébauches florales de pieds femelles. Journal of Plant Physiology, 119(3), 227-235.

Les références

- El Bellaj, M., El Jaafari, S., & El Hadrami, I. (2000). L'AIA-oxydase: régulateur et marqueur potentiel de l'embryogenèse somatique chez le palmier dattier (*Phoenix Dactylifera* L.). Cahiers Agricultures, 9(3), 193-195.
- El Hadrami, I., & Baaziz, M. (1995). Embryogenèse somatique et analyse des peroxydases chez *Phoenix dactylifera* L. Biologiaplantarum, 37(2), 197-203.
- El Hadrami, I., El Bellaj, M., El Idrissi, A., J'Aiti, F., El Jaafari, S., & Daayf, F. (1998). Biotechnologies végétales et amélioration du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), pivot de l'agriculture oasienne marocaine. Cahiers Agricultures, 7(6), 463-468.
- El-Assar, A. M., El-Messeih, W. M., & El-Shenawi, M. R. (2004). Applying of some natural extracts and growth regulators to culture media their effects on Sewi cv. date palm tissues grown *in vitro*. Assuit J. Agric. Sci, 35(4), 155-168.
- Elhoumaizi, M. A. (2002). Modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis.
- Engelmann, F., & Dussert, S. (2000). Développement de la cryoconservation pour la conservation des ressources génétiques végétales. Cahiers Agricultures, 9(3), 237-244.
- Faci, M. (2019). Typologie et biodiversité variétale des palmeraies dattiers du nord-est du Sahara algérien. Journal of Taibah University for Science, 13(1), 764-771.
- Ferry, M. (2011). Potentiel de la micropropagation du palmier dattier pour améliorer les petits systèmes agricoles. Dans La biotechnologie du palmier dattier (pp. 15-28). Springer, Dordrecht.
- Fki L, Masmoudi R, Kriaâ W, Mahjoub A, Sghaier B, Mzid R, Mliki A, Rival A, Drira N. (2011). Date Palm Micropropagation via Somatic Embryogenesis. In SM Jain, JM Al- Khayri, DV Johnson, eds, Date Palm Biotechnology. Springer Netherlands, pp 47-68
- Fki L. (2005). Application des suspensions cellulaires embryogènes au clonage et à l'amélioration *in vitro* du Palmier dattier. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de Sfax, Sfax, Tunisie
- Fki L., (1998). Embryogenèse somatique et régénération de plants de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) à partir de cultures en suspension. Diplôme d'études approfondies. E.N.I.S, Sfax. 74p.
- Fki L., Masmoudi R., Mahjoub A., Mzid R., Sedra M.Y., Drira N. , (2006). Biotechnology for date palm propagation, improvement and préservation. In recueil des résumés de la Conférence régionale: mutagenèse induite et biotechnologies

- d'appui pour la protection du palmier dattier contre le Bayoud. Alger, Algérie, 17-18 Juin 2006.
- Fredj, H. (2007). La multiplication du palmier dattier(*Phoenix dactylifera* L.) par les techniques de culture *in vitro* (Doctoral dissertation).
 - Gautheret, R. J. (1940). Recherches sur le bourgeonnement du tissu cambial d *Ulmus campestris* cultivé *in vitro*. *CR Acad. Sci*, 210, 744-746.
 - Ghobrini, D. (2010). Action des radiations bleues sur le développement des embryons zygotiques du Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) Cv. Takerboucht cultivés *in vitro* , thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri.
 - Gros-Balthazard, M. (2012). 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 2, p 5.
 - Gros-Balthazard, M., Newton, C., Ivorra, S., Pintaud, J. C., et Terral, J. F. (2013). Origines et domestication du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). État de l'art et perspectives d'étude. *Revue d'ethnoécologie*, (4).
 - Henderson, A. (2009). Palmiers d'Asie du Sud (Vol. 50). Presses de l'Université de Princeton.
 - Heselmans , M. (1997). Setting research priorities through an international date palm network. *In Biotechnology and Development Monitor*, pp 18-20
 - Heselmans, M. (1997). Setting research priorities through an international date palm network. *Biotechnology and development Monitor*, 30, 18-20.
 - Hilgeman, R.H. (1951). The anatomy and development of the leaf and stem of date palm. *Ann. Rep. Date growers'Inst.* 28, 11-14.
 - Kunert KJ, Baaziz M, Cullis CA. (2003). Techniques for Determination of True to type Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Plants: A Literature Review. *EMIR J AGRIC SCI* 15: 1-16
 - Leary, J. V., Nelson, N., Tisserat, B., & Allingham, E. A. (1986). Isolement des bacilles pathogènes circulants des cultures de callosités et des ramifications saines du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Microbiologie appliquée et environnementale*, 52(5), 1173-1176.
 - Loutfi, K. (1999). Organogenèse et embryogenèse somatique à partir des tissus floraux du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) cultivés *in vitro*. Aspects histologiques et caryologie des vitroplants. Aspects histologiques et caryologie des

Les références

- vitroplants, These de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences Semlalia. Marrakech, Morocco.
- Maheswaran, G., & Williams, E. G. (1985). Origine et développement d'embryons somatiques formés directement sur des embryons immatures de *Trifolium repens in vitro*. *Annales de botanique*, 56(5), 619-630.
 - Manickavasagan, A., Essa, M. M., and Sukumar, E. 2012. Dates: production, processing, food, and medicinal values. CRC Press.
 - Margara J., 1989. La multiplication végétative, le méristème et l'organogénèse. Ed. INRA. Paris, 230 p.
 - Mehaoua, M. S. (2006). Etude du niveau d'infestation par la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) sur trois variétés de palmier dattier dans une palmeraie à Biskra (Doctoral dissertation, INA).
 - MERANEH, A. D. (2010). Détermination du sexe chez le palmier dattier: Approches histo-cytologiques et moléculaires.
 - Messar, E.M. (1993). Le secteur phoenicicole algérien: Situation et perspectives à l'horizon 2010. In : Ferry M. (ed.), Greiner D. (ed.). *Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens*. Zaragoza : CIHEAM, 1993. p. 23-44 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 28).
 - Mimouni ,Y., Siboukeur ,O. (2011). Etude des propriétés nutritives et diététiques des sirops de dattes extraits par diffusion, en comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (isoglucoses), issus de l'industrie de l'amidon. *Annales des sciences et de la technologie*, 3(1), 11-11.
 - Munier,P. (1973). *Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales*. XXIV. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. 221p.
 - Munier P. 1973. *Le palmier dattier*. Maisonneuve et Larose ed. Techniques agricoles et productions tropicales, numéro 24. pp : 221
 - Munier, P. (1953). Sur l'origine du palmier-dattier. *Fruits*, 8(2), 47-52.
 - Murashige , T. (1974). Plant Propagation Through Tissue Cultures. *Annual Review of Plant Physiology* 25: 135-166
 - Nabil M, (Mars 2008), Travaux Personnels Encadrés. La culture *in vitro* du Palmier Dattier, à Djibouti, RizzoVirna, Apert Cédric, <http://culture-in-vitro-vegetal.skyrock.com>
 - Nixon, R. W. (1951). Le palmier dattier «Arbre de vie» dans les déserts subtropicaux. *Botanique économique*, 5(3), 274-301.

Les références

- Nixon, R. W., &Furr, J. R. (1965). Problèmes et progrès dans la reproduction des dattes. Problèmes et progrès dans la reproduction des dattes.
- Othmani M., Bayouhd Ch., Hedfi J., Drira N., Trifi M., Merrakchi M.(2006). In recueil des résumés de la Conférence régionale: mutagenèse induite et biotechnologies d'appui pour la protection du palmier dattier contre le Bayoud. Alger, Algérie, 17-18 Juin 2006.
- Ould El Hadj, M. D., Cheick, M., Hamdi, W., Sayah, Z., &Bouaziz, S. (2012). étude comparative de la production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (deglabeida, tacherwit et hamraya) réparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de ouargla (sahara septentrional est Algérien). Algerian Journal of AridEnvironment "AJAE", 2(2), 78-87.
- Parveez, G. K. A., Masri, M.M., Zainal, A., Majid, N. I. A., Yunus, A.M.M., Fadilah, H. H., ... &Cheah, S.C. (2000). Palmier à huile transgénique : production et projection.Biochemical Society Transactions 28: 969-971
- Peyron,G. (1988). Aspects épidémiologiques de l'arthrose. Journal scandinave de rhumatologie, 18 (sup77), 29-33.
- Peyron, G. (2000). Cultiver le palmier-dattier. Editions Quae.
- Pintaud, J.C., Zehdi, S., Couvreur, T., Barrow, S., Henderson, S., Aberlenc-Bertossi, F., ... & Billotte, N. (2010). Délimitation des espèces dans le genre *Phoenix* (*Areaceae*) basée sur des marqueurs SSR, en mettant l'accent sur l'identité du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Diversité, phylogénie et évolution chez les monocotylédons, 267-286.
- Retima, L. (2015). Caractérisation morphologique et biochimique de quelque Cultivars du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Foughala (Wilaya du Biskra). Thes. Mag. Univ. Batna. 101p.
- Reilly, D., Reilly, A., and Lewis, I. (2010). Towards an Australian Date Industry: An overview of the Australian domestic and international date industries. Rural Industries Research and Development Corporation. P:1.
- Reynolds, J. F., &Murashige, T. (1979). Embryogenèse asexuée dans les cultures de callosités de palmiers. *In vitro*, 15(5), 383-387.
- Rhiss, A., Poulain, C., & Beauchesne, G. (1979). La culture "in vitro" appliquée à la multiplication végétative du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Fruits, 34(9), 551-554.

Les références

- Quoirin, M., & Lepoivre, P. (1977). Etude de milieux adaptés aux cultures *in vitro* de *Prunus*. *Acta Horti*, 78, 437-442.
- Saka, H. (1992). La multiplication végétative «*in vitro*» du palmier dattier. Recueil des communications du Symposium de la datte. Biskra, Algérie, 24-25 Nov.1992.
- Saka, H. (1996). La régénération *in vitro* des différents cultivars du palmier dattier par embryogenèse somatique à partir d'organes de rejets. U.R. B.F .A, 4ème journée scientifique de l'U.R.B.F.A, 18-20 Mars 1996, pp. 22.
- Sané, D., Aberlenc-Bertossi, F., Gassama-Dia, Y. K., Sagna, M., Trouslot, M. F., Duval, Y., & Borgel, A. (2006). Analyse histocylogique de la callogenèse et de l'embryogenèse somatique à partir de suspensions cellulaires de palmier dattier (*Phoenix dactylifera*). *Annales de botanique*, 98(2), 301-308.
- Sedra, M. H. (2003). Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc: techniques phoénicoles et création d'oasis. INRA Editions.
- Shafiq, M., Alazba, A. A., & Amin, M. T. (2018). Élimination des métaux lourds des eaux usées à l'aide du palmier dattier comme biosorbant: une revue comparative. *Sains Malaysiana*, 47(1), 35-49.
- Sharp, W. R., Evans, D. A., & Sondahl, M. R. (1982). Application of somatic embryogenesis to crop improvement. In *Plant tissue culture 1982: proceedings, 5th International Congress of Plant Tissue and Cell Culture held at Tokyo and Lake Yamanake, Japan, July 11-16, 1982*/edited by Akio Fujiwara. Tokyo: Japanese Association for Plant Tissue Culture, [1982].
- Thomas, R. (2013, janvier). L'anatomie des palmiers et les techniques d'endothérapie: quelles conséquences physiologiques. Dans AFPP, Colloque Méditerranéen sur les ravageurs des palmiers (pp. 16-18).
- Tisserat, B. (1982). Facteurs impliqués dans la production de plantules à partir de cultures de callosités de palmier dattier. *Euphytica*, 31(1), 201-214.
- Tisserat, B. (1983). Tissue culture of date palm a new method to propagate an ancient crop and a short discussion of the California date industry. *Principes*, 27(3), 105-117.
- Tomlinson, P.B. (1960). Essays on the Morphology of palms. I- Germination and the seedling. *Principes*.14. 56-61.
- Van Winkle, S.C. (2000). L'effet du charbon actif sur la composition organique et élémentaire du milieu de culture de tissus végétaux (thèse de doctorat, Georgia Institute of Technology).

Les références

- White, P. R. (1943). Manuel de culture de tissus végétaux (vol. 56, no 2, p. 151). LWW.
- Zaid A, De Wet PF. (1999). Pollination and bunch management. Date palm cultivation. FAO, Rome. Italy
- Zaid A., 1984. *In vitro* browning of tissues and media with special emphasis to date palm culture. Date Palm Journal, vol. 3, pp.269-275.
- Zaid A., arias- jimenez E.J., 2002. Date palm cultivation. F.A.O 2002.
- Zango, O. (2016). Agro biodiversité et élaboration d'un modèle architectural du palmier dattier au Sahel: cas du Niger (Doctoral dissertation, Université de Montpellier; Université Abdou Moumouni, Niamey).
- Zohary, D., & Hopf, M. (2000). Domestication des plantes dans l'Ancien Monde: L'origine et la propagation des plantes cultivées en Asie occidentale, en Europe et dans la vallée du Nil (No. Éd. 3). Presses universitaires d'Oxford.
- Zohary, D., & Spiegel-Roy, P. (1975). Les débuts de la culture fruitière dans l'Ancien Monde: L'olive, le raisin, la datte et la figue apparaissent comme d'importants ajouts de l'âge du bronze à l'agriculture céréalière au Proche-Orient. Science, 187(4174), 319-327.
- Zryd, J. P., & Brettell, R. (1988). Culture of vegetables cells, tissues, and organs. Presses polytechniques romandes.

المراجع العربية:

- أ.د. ناصر بن صالح الخليفة، 2011، استخدام تقنية زراعة الأنسجة في إكثار النخيل، الرياض، 30-31.

Les sites:

- <https://sites.google.com/site/palmierdattierens/description-generale/le-systeme-racinaire> 3/5à/17:00
- <http://palmierdattier.canalblog.com/archives/2013/10/22/28267412.html> 4/5à 10:00
- <https://www.fao.org/3/nd415fr/nd415fr.pdf> 2/5/2022à 16 :58.
- http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_acclimatation.html
- http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_initiation.html
- http://www.cerbiotech.com/dom_interv/multiplication/palmier_introvitro.html
- <https://www.takween.com/biotechnologies/palmier-dattier-culture.html>
- <http://culture-in-vitro-vegetal.skyrock.com> 06/03/2008 à 16:56.