

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 : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : BIOTECHNOLOGIES

OPTION : BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

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

**Par :**

**Tharafi Aycha, Ziani Ahlam et Mazouzi Ilham**

**Intitulé**

**Biotechnologies et l'effet du stress hydrique sur le palmier  
dattier (*Phoenix dactylifera* L.)**

***Soutenu devant le jury composé de:***

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

**Année universitaire : 2022/2023.**

## Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction Générale .....	1

### Chapitre I : Généralité sur le palmier dattier

I.1. L'histoire et l'origine du palmier dattier .....	3
I.2. La classification du palmier dattier.....	3
I.3. La morphologie du palmier dattier.....	4
I.3.1. Le système végétatif.....	4
I.3.1.1. Le stipe ou tronc.....	4
I.3.1.2. Les Palmes.....	5
I.3.1.3. Les bourgeons.....	6
I.3.2. L'appareil reproducteur.....	6
I.3.2.1. Les Inflorescences.....	6
➤ La fleur femelle.....	7
➤ La fleur mâle.....	7
I.3.2.2. Le fruit.....	9
I.3.3. Le système racinaire.....	10
I.3.3.1. Zone I : racines respiratoires.....	10
I.3.3.2. Zone II : racines de nutrition .....	11
I.3.3.3. Zone III : racines d'absorption.....	11
I.3.3.4. Zone IV : racines d'absorption de profondeur.....	11
I.4. Répartition géographique du palmier dattier.....	11
I.4.1. Dans le monde.....	11
I.4.2. En Algérie.....	12
I.5. La production mondiale et nationale de dattes.....	13
I.5.1. La production mondiale.....	13
I.5.2. La production national (Algérie).....	13
I.6. Les exigences écologiques du palmier dattier.....	15
I.6.1. Les exigences climatiques.....	15

I.6.1.1. La température.....	15
I.6.1.2. La lumière.....	16
I.6.1.3. L'humidité.....	16
I.6.2. Les exigences édaphiques.....	16
I.6.3. Les exigences hydriques.....	17
I.7. L'importance du palmier dattier.....	17
I.7.1. L'importance écologique.....	17
I.7.2. L'importance socio-économique.....	18
I.8. Les maladies et les ravageurs du palmier dattier.....	18
I.8.1. Les principales maladies à champignons.....	18
a) Le bayoud.....	18
b) La pourriture du Coeur ou Mejnoun ( <i>Palmier fou</i> ).....	19
c) La pourriture de l'inflorescence ou Khamedj.....	20
I.8.2. Les principaux insectes ravageurs.....	20
a) La cochenille Blanche ( <i>Parlatoria Blanchardi</i> Targ).....	20
b) Le charançon rouge.....	20

## **Chapitre II : Le stress hydrique**

II.1. L'importance de l'eau pour la plante.....	22
II.2. Stress hydrique.....	22
a. Notion de stress.....	22
b. Définition de stress hydrique.....	23
II.3. Les outils de détection du stress hydrique.....	24
II.4. Les indices de végétation associant au stress hydrique.....	25
II.5. Effet du stress hydrique sur la plante.....	27
II.5.1. Effet du stress hydrique sur la morphologie.....	28
II.5.2. Effet du stress hydrique sur la physiologie.....	28
II.5.3. Effet sur le rendement.....	28
II.6. Paramètres affectés par le stress hydrique.....	29
II.6.1. La croissance végétative.....	29
II.6.2. La croissance des organes reproducteurs.....	29
II.6.3. L'alimentation minérale.....	30
II.6.4. La photosynthèse.....	30
II.6.5. Le rendement.....	30
II.7. Les stratégies adaptation des plantes face au stress hydrique.....	30

II.7.1. Stratégie d'esquive ou l'échappement.....	31
II.7.2. Stratégie d'évitement.....	31
II.7.3. Stratégie de la tolérance.....	32

### **Chapitre III : Biotechnologie et effet de stress hydrique**

III.1. L'irrigation.....	34
III.2. Terres irriguées en Algérie.....	34
III.3. Impact de l'irrigation sur les palmiers dattiers.....	34
III.4. Technique d'irrigation.....	35
a) Irrigation par submersion des planches.....	35
b) Irrigation gout a gout.....	35
c) Irrigation par bassin.....	36
III.5. Ressource hydrauliques alimentant les palmeraies.....	37
III.6. Besoins en eau du palmier dattier et besoins nutritionnels du palmier dattier.....	37
a) Besoin en eau du palmier dattier.....	37
b) Besoin nutritionnels du palmier dattier.....	39
III.7. Bilan hydrique: les transferts d'eau dans le système sol-palmier-atmosphère.....	39
III.8. Effet de stress sur le palmier dattier.....	39
III.9. Biotechnologie végétale et déficit hydrique.....	40
Conclusion Générale.....	42
Références bibliographiques	

# **Remerciements**

*Nous remercions avant tout ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience et le courage d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous adressons nos remerciements et respects à notre encadreur, Mme. **Dr. Guettouchi Ahlem** pour son soutien, pour ses conseils utiles et pour ses appréciations sur ce travail.*

*Nous remercions beaucoup les membres du jury **Dr. Belkassam Abdelouahab** et **Dr. Hadji Abbas** qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire.*

*Nous remercions tous les enseignants du département de science de la nature et la vie pour leurs aides et encouragements au cours de notre étude.*

*Enfin, nous tenons enfin à remercier notre entourage pour leur encouragement, à toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*À celle qui m'aide et me soutient dans toutes les occasions, à celle qui m'aime sans condition,  
à toi maman, ma reine.*

*À celui qui m'a protégé de toutes ses forces de la dureté de la vie, à la source du don et des  
sacrifices, à toi mon cher père à mon seul héros et source de ma force.*

*À celle qui m'encourage et me soutient toujours dans les moments difficiles, à celle qui nous  
avons passé ensemble de longues nuits à partager nos problèmes et nos histoires, à mes chères  
sœurs.*

*À celui qui m'a soutenu dans mes moments les plus faibles, à celui qui m'a défendu même si  
j'ai été injuste, à mes chers frères.*

*À celui qui a ajouté les couleurs à ma vie, à la source de mon bonheur, mes neveux.*

*Sans oublier qui m'a appris à donner sans rien attendre, pour ceux qui m'ont soutenu dans les  
jours les plus difficiles de ma vie, mes amis.*

*Je vous souhaite tout le bonheur du monde et Que Dieu vous protège pour moi.*

**AYCHA**

## **Dédicace**

*Je dédie ce travail avec mes vœux de réussite:*

*À mes très chers parents, pour tous leurs sacrifices,  
leur amour, leur tendresse, leur soutien tout le long de  
notre vie scolaire.*

*À mes adorables sœurs, Et mes frères  
À tous mes proches et à tous mes amis.*

*AHLAM*

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents a qui me serait difficile  
d'exprimer ma profonde gratitude*

*Pour l'éducation*

*Qu'ils m'ont prodigué, pour leur encouragement tout  
au long de mes études*

*Pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon  
égard. A toute ma famille.*

*Ilham*

## Résumé

Pour sa croissance, le palmier dattier a besoin d'une quantité d'eau qui varie selon chaque saison de l'année et aussi selon la situation géographique de chaque oasis en Algérie.

L'irrigation avec des techniques appropriées peut fournir de l'eau à l'oasis et favoriser sa croissance. Le stress hydrique et la sécheresse affectent la forme et la production des palmiers dattiers. Il est extrêmement difficile de pratiquer une sélection classique efficace pour un caractère aussi complexe que la tolérance au déficit hydrique, pour résoudre ce problème ils ont utilisé la biotechnologie, qui joue un rôle très important dans ce domaine, ils ont utilisé :

Les marqueurs moléculaires du palmier dattier pour ces régions de niche, l'autre stratégie est basée sur la connaissance de la fonction de certaines protéines, la troisième stratégie on utilise les CMA peut protéger les plantes des stress environnementaux tels que la salinité du sol et la sécheresse.

**Mots clés:** Palmier dattier, sècheresse, stress hydrique, biotechnologie, irrigation.

## Abstract

For its growth, date palm need an amount of water that varies from season to season during the year, as well as according to the geographical situation in Algeria. The Irrigation according to the appropriate technique allows to provide the oasis with water and helps in its growth.

Water stress and drought affect shape and yield of date palm. It is very difficult to practice effective classical breeding for such a complex trait as water tolerance. To solve this problem, they used biotechnology, important role in this field:

They used date palm molecular markers for these specialized regions, the other strategy relies on knowing the function of specific proteins. The third strategy in which CMA is used can protect the plants from environmental stresses such as soil salinity and drought.

**Key words:** Date palm, drought, water stress, biotechnology, irrigation.

## الملخص

تحتاج نخيل التمر لنموها الى كمية من المياه تختلف من فصل الى اخر خلال السنة وكذلك حسب الموقع الجغرافي لكل واحة في الجزائر. الري حسب التقنيات الملائمة تسمح بتزويد الواحة بالماء وتساعد في نموها.

الاجهاد المائي والجفاف يؤثر على الشكل ومردودية نخيل التمر. من الصعب للغاية ممارسة الانتقاء الكلاسيكي الفعال لخاصية معقدة مثل تحمل الجفاف، لحل هذه المشكلة استخدموا الواسمات الجزيئية لنخيل التمر لهذه المناطق المتخصصة تعتمد الاستراتيجية الثانية على معرفة وظيفة بروتينات معينة. ويمكن

للاستراتيجية الثالثة التي تستخدم CMA ان تحمي النباتات من الضغوط البيئية مثل ملوحة التربة والجفاف.

**الكلمات المفتاحية:** النخيل، الجفاف، الإجهاد المائي، التكنولوجيا الحيوية ، الري.

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : Production de datte en 2018 .....	14
Tableau 2 : Variables biophysiques estimables par télédétection .....	25
Tableau 3 : Résumé d'indices de végétation définis à partir de données de télédétection Adapté .....	26

## Liste des figures

Figure 1 : Morphologie de palmier dattier .....	4
Figure 2 : Schéma d'une palme .....	6
Figure 3 : Inflorescence et fleurs du palmier dattier .....	8
Figure 4 : Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier.....	10
Figure 6 : Répartition géographique du palmier dattier dans le monde .....	12
Figure 7 : Production mondiale des dattes .....	13
Figure 8 : La production nationale des dattes .....	14
Figure 9 : Carte mondiale du rapport entre consommation et disponibilité en eau.....	24
Figure 10 : Irrigation gout a gout.....	36
Figure 11 : Irrigation par bassin.....	36

## Liste des abréviations

- Non estimable par télédétection
- ++++ Précis et robuste
- CO<sub>2</sub>** Le dioxyde de carbone
- IRT** Infrarouge thermique
- LAI** Leaf Area Index
- MIR** Moyen infrarouge
- MOA** Micro-ondes active
- MOP** Micro-ondes passives
- MPa** mégapascal
- NDVI** Normalise Différence Végétation Index
- PIR** Proche infrarouge
- VCI** Végétation Condition Index
- VIS** Visible
- CMA** Champignons du sol, champignons *mycorhiziens arbusculaires*

# **Introduction Générale**

## Introduction Générale

---

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est un arbre monocotylédone, dioïque, hétérozygote et pérenne qui appartient à la famille des *Arecaceae*. Il constitue une activité génératrice de revenus et une source d'approvisionnement alimentaire pour des millions de personnes, principalement dans les régions arides et chaudes du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, qui sont favorisées par des conditions subtropicales sèches et des températures élevées appropriées (Masmoudi-Allouche et *al.*, 2011). En Algérie, cette culture occupe une place de premier rang dans l'agriculture saharienne (Benziouche, 2008).

Les dattes ont toujours été depuis des temps immémoriaux un élément important de l'alimentation tant pour les humains que pour les animaux. Ce fruit constitue un excellent aliment, de grande valeur nutritive et énergétique, sa production mondiale s'élève à plus de 58 millions de tonnes plaçant ainsi l'Algérie au 4<sup>ème</sup> rang des pays producteurs de dattes, dont 30% sont des dattes communes à faibles valeurs marchandes pour la plus part destinées à l'alimentation du bétail (FAO, 2007).

Les plantes en générale répondent aux contraintes de l'environnement par de nombreux changements, révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques (Bataillon et *al.*, 2006).

Le stress hydrique implique soit un déficit en eau pour les plantes durant la saison de croissance, soit un excès d'eau dans les sols. Un excès d'eau, tout comme Un déficit en eau, affecte les rendements des cultures. Les excès d'eau peuvent engendrer une Détérioration des propriétés physiques du sol et les rendent plus vulnérables à la dégradation (Benosmane & Gharbi, 2017). L'Algérie, du fait de son climat méditerranéen, connaît des périodes de sécheresse, en particulier estivale, qui peuvent durer plusieurs mois dans l'année. De plus, la caractéristique aléatoire des précipitations annuelles et les sécheresses imprévisibles et sévères se traduisent souvent par une situation de contrainte hydrique (Abdelguerfi, 1994). Le palmier dattier étant l'une des plantes les plus importantes du saharien algérien, le stress hydrique est considéré comme un obstacle nous devons le réduire

Alors comment le stress hydrique influe sur la culture du palmier dattier ? Et comment la biotechnologie aide-t-elle à éliminer le stress hydrique des palmiers ? Pour répondre à cette préoccupation, ce travail a pour objectif de connaître l'effet de stress hydrique sur le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

Notre étude est basée sur trois chapitres principaux :

## Introduction Générale

---

- Chapitre I : Généralité sur le palmier dattier
- Chapitre II : Le stress hydrique
- Chapitre III : L'effet de stress hydrique sur le palmier dattier

# **Chapitre I : Généralité sur le palmier dattier**

### **I.1. L'histoire et l'origine du palmier dattier**

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'un des arbres fruitiers le plus anciennement cultivé. Les documents les plus anciens en «Mésopotamie » (Irak, actuellement), montrent que sa culture se pratique déjà 3500 ans avant J.C. a la même époque, les dattiers étaient cultivés en Irak occidental, à travers l'Arabie et jusqu'en Afrique du Nord. Ce n'est qu'au milieu de XIX<sup>ème</sup> siècle que les plantations furent établies dans les vallées chaudes de Californie et dans l'Arizona méridional (Munier, 1973).

Depuis son point d'origine, la culture du palmier dattier s'est répandue dans toute la péninsule arabique, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient. Au cours des trois derniers siècles, cette culture a également été introduite dans de nouvelles zones en Australie, en Inde/Pakistan, au Mexique, en Amérique du Sud et aux États-Unis (Chao & Krueger, 2007).

Historiquement, l'apparence tropicale des palmiers a été notée dans des documents anciens, et sur les inscriptions en pierre mises au jour par les fouilles archéologiques et sur les inscriptions en pierre provenant de multiples références dans les Écritures bibliques. Les civilisations antiques vénéraient les palmiers comme symboles de fertilité, de paix et de victoire. Des images de palmiers ont été frappées sur les pièces de monnaie à l'époque grecque et romaine (Malcolm, 2006).

### **I.2. La classification du palmier dattier**

Selon (Munier, 1973), la classification botanique du palmier dattier est comme suit:

- Embranchement : Phanérogames.
- Sous-embranchement : Angiospermes.
- Classe : Monocotylédones.
- Groupe : Phoenocoides.
- Famille : Arecaceae.
- Sous-famille : Coryphoideae.
- Genre : Phoenix.
- Espèce: *Phoenix dactylifera* L.

### I.3. La morphologie du palmier dattier

C'est un grand palmier de 20 à 30 m de haut, au tronc cylindrique (le stipe) avec une couronne de feuilles et de feuilles pennées, de 4 à 7 m de long. L'espèce est dioïque, avec des inflorescences mâles ou femelles, avec des fleurs femelles indépendantes de trois carpelles, dont un seul devient une datte (le fruit) (Hadjari & Kadi Hanifi, 2005).

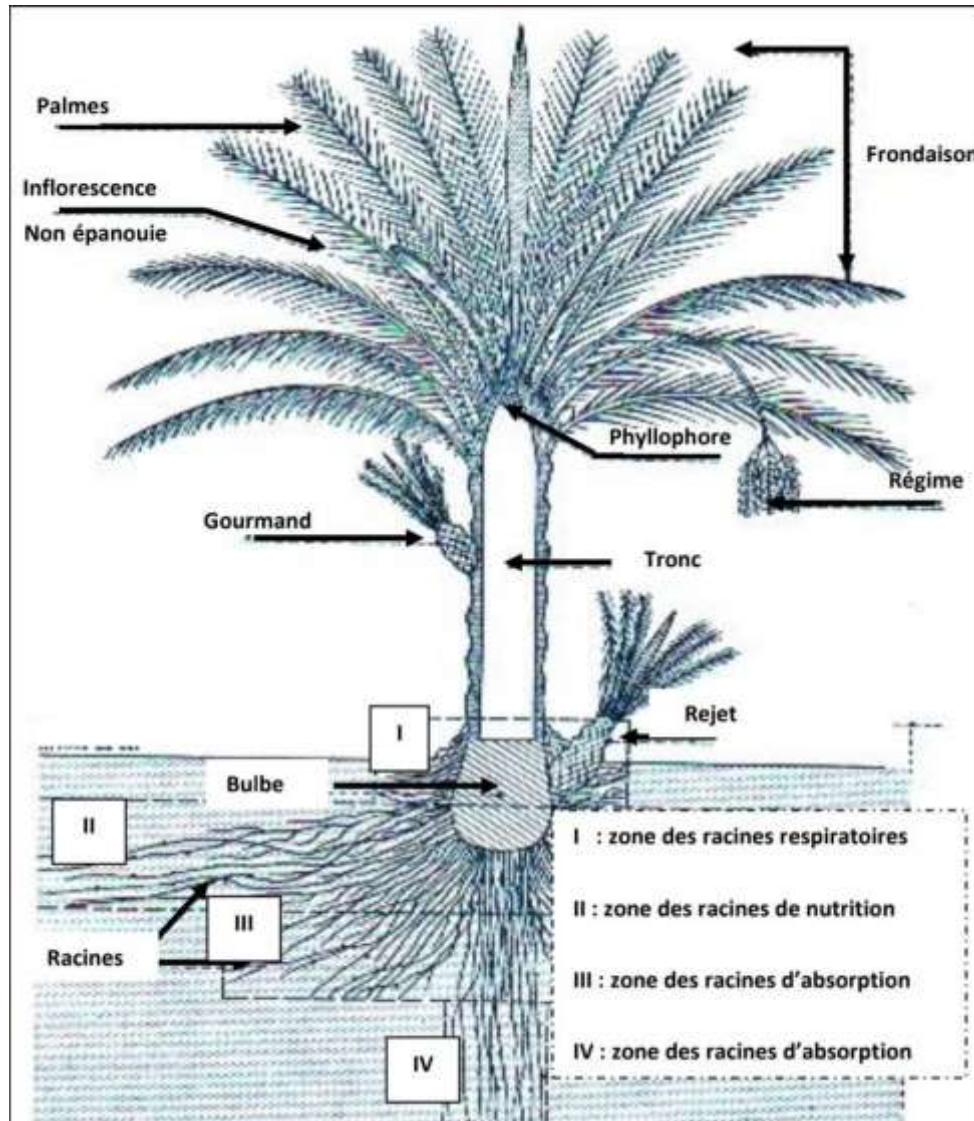


Figure 1 : Morphologie de palmier dattier (Belguedj, 2002)

#### I.3.1. Le système végétatif

##### I.3.1.1. Le stipe ou tronc

C'est un stipe, généralement cylindrique, son élongation s'effectue dans sa partie coronaire par le bourgeon terminal ou phylophore. Il peut varier selon les conditions du milieu pour une même variété. Ainsi, il possède une structure très particulière, il est formé de vaisseaux

disposés sans ordre et noyés dans un parenchyme fibreux. Le stipe est recouvert par les bases des palmes qu'on appelle «cornaf» (Munier, 1973). L'élongation annuelle du stipe est d'environ 20 à 30 cm (Figure 1). La hauteur du stipe varie de 10 à 30 m Cette élongation est assurée par le méristème terminal du stipe qui initie les palmes (Bouguedoura, 1991).

### **I.3.1.2. Les Palmes**

Les palmes, en arabe «Djérid», est une feuille composée, pennée leurs folioles sont régulièrement dispersées en position oblique le long du rachis, isolées ou groupées, pliées longitudinalement en gouttière, les segments inférieures sont transformés en épines, les premières folioles situées au-dessus des épines sont plus longues que celles situées à l'extrémité supérieures de la palme (Peyron, 2000).

D'une durée de vie allant jusqu'à 7ans. Leur structure change suivant la variété, l'âge et les conditions environnementales, les palmes adultes peuvent mesurer jusqu'à 6m de long et présentent 3 segments différents: le pétiole, le segment à épines et le segment à folioles (Zaid et *al.*, 2002).

Au cours de sa vie, un dattier issu de semis produit trois sortes de feuilles:

- ✓ des feuilles juvéniles: les 10 à 12 feuilles sont constituées d'un limbe entier et plissé. Elles sont pétiolées, engainantes, à nervation pennée et sont appelées éophylles (Tomlinson, 1960).
- ✓ des feuilles semi-juvéniles: ces 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.
- ✓ les feuilles de type adulte sont appelées palmes: un palmier adulte peut contenir de 30 à 140 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 (Girard, 1962).

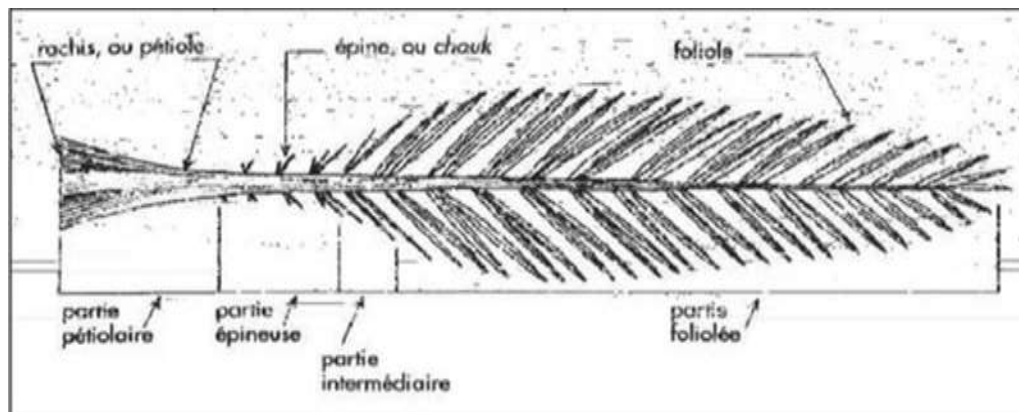


Figure 2 : Schéma d'une palme (Munier, 1973)

### I.3.1.3. 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 (Figure 1) 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 (Bouguedoura, 1979). 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 (Bouguedoura, 1982).

## I.3.2. L'appareil reproducteur

### I.3.2.1. Les Inflorescences

Le palmier dattier, sont des arbres dioïques. Les sexes étant séparés, il existe donc des pieds mâles donnant du pollen et des pieds femelles produisant des fruits, les dattes. Les fleurs sont portées par des pédicelles, ou des épillets qui sont à leur tour sont portés par un axe charnu, la hampe ou spadice (Peyron, 2000). Selon le même auteur, l'ensemble est enveloppé dans une grande bractée membraneuse close, la spathe. Comme tous les Phoenix, le palmier dattier est dioïque, c'est-à-dire chaque pied ne porte que des inflorescences d'un même sexe et donc allogame. Le nombre chromosomique habituellement rapporté est celui de 20-36 parfois 20-18 et 2-16 (Babahani, 1998).

En général le palmier dattier ne fleurit qu'une fois par an. Sa floraison est divisée en plusieurs phases successives régies par différents facteurs endogènes et exogènes (Jahiel, 1989). Le palmier dattier est nécessaire d'attendre 6 à 8 ans l'induction des premières floraisons pour connaître le sexe des plantes (Aberlenc-Bertossi, 2012).

### ➤ **La fleur femelle**

La fleur femelle est globuleuse, d'un diamètre de 3 à 4 cm, composée de trois pétales et de trois étamines et trois sépales. Le gynécée est formé de trois carpelles indépendants à un seul ovule (Figure 3). De couleur blanc ivoire et vert clair. Elle comporte :

Un calice court en forme de cupule ou cupuliforme à trois pointes, formée de trois sépales soudées, Une corolle constituée de trois pétales ovales et arrondies, de six étamines avortées ou staminodes; anatrophe s'insérant à la base de l'ovaire (Peyron, 2000).

### ➤ **La fleur mâle**

De forme allongée, constituée d'un calice composé de 3 spathe soudées par leurs bases, de 3 pétales légèrement allongées formant la corolle, signale que la fleur possède 6 étamines à déhiscence interne et trois pseudo-carpelles (Figure 3). Après l'éclatement de la spathe mâle (fin Janvier), la fleur laisse échapper un pollen. Chaque spathe porte 160 branchettes et donne 40 à 45 g de pollen (Belhabib, 1995).

Selon (Peyron, 1989), 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.

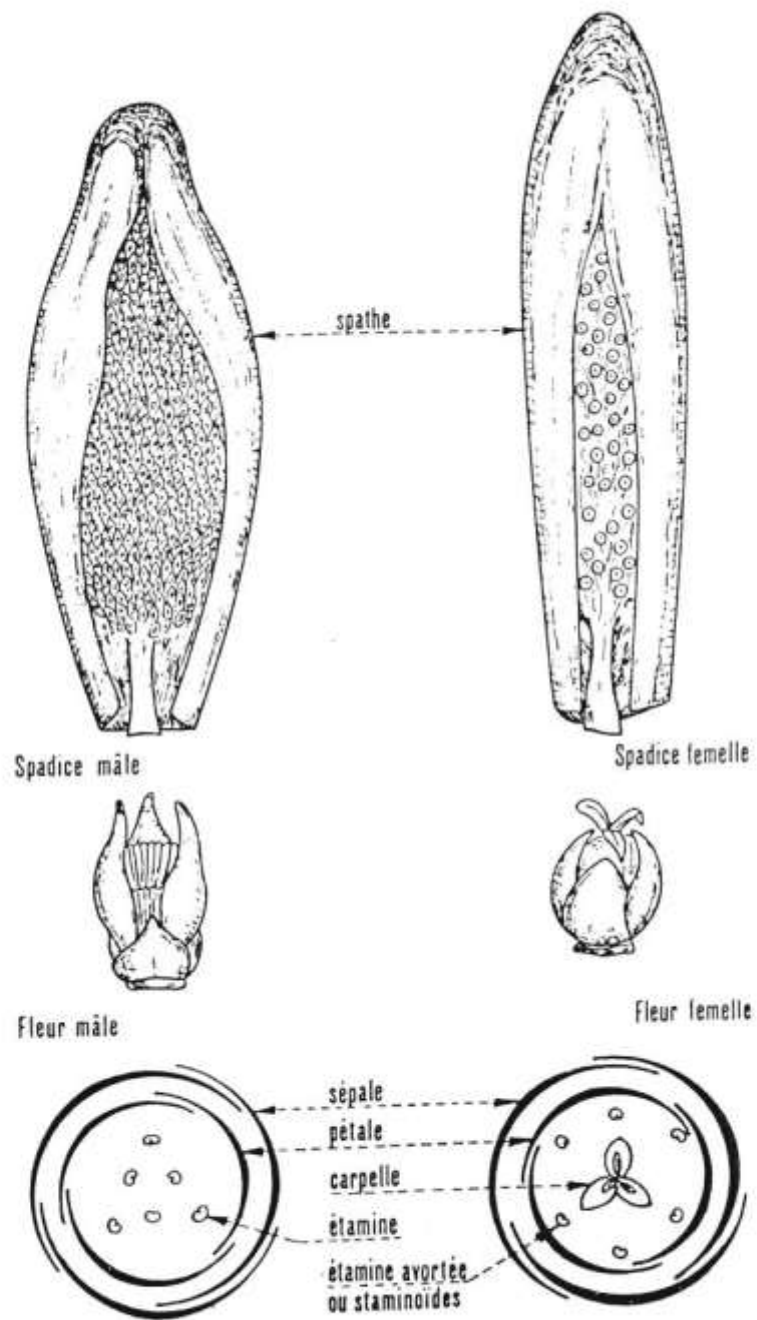


Figure 3 : Inflorescence et fleurs du palmier dattier (Munier, 1973).

### I.3.2.2. Le fruit

Le fruit de palmier dattier c'est la datte, est une baie contenant une seule graine qui provient du développement d'un carpelle après fécondation de l'ovule. La consistance de la datte est variable, selon les cultivars. La datte est une baie contenant une seule graine improprement appelée noyau à cause de sa dureté. La datte comporte un mésocarpe charnu (pulpe) protégé par un fin péricarpe et un tégument interne blanc et fibreux, l'endocarpe directement appliqués sur la graine (Bouna, 2002). Elle se caractérise par une grande valeur nutritive: riche de différents éléments (glucides, fibres diététiques, vitamines et éléments minéraux) et moins de protéines et lipides (Anjum et *al.*, 2012).

Selon (Peyron, 2000) la datte à un poids, des dimensions (longueur et diamètre) et des couleurs variables selon les conditions du milieu, l'âge de l'arbre, et les variétés. Suivant les variétés, le fruit est caractérisé par sa couleur, ses dimensions, et son poids. La forme est généralement ovoïde, oblongue ou sphérique. La couleur des mures est différents selon les variétés celle des dattes avant la maturité constitué une caractéristique variétale (Anonyme, 1990) .

La datte est constituée de:

- un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau
- un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et est de couleur soutenue
- un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (Espiard, 2002).
- Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés. Leur couleur va du blanc jaunâtre au noir en passant par les
- Couleurs ambre, rouges, brunes plus ou moins foncées (Djerbi, 1994).

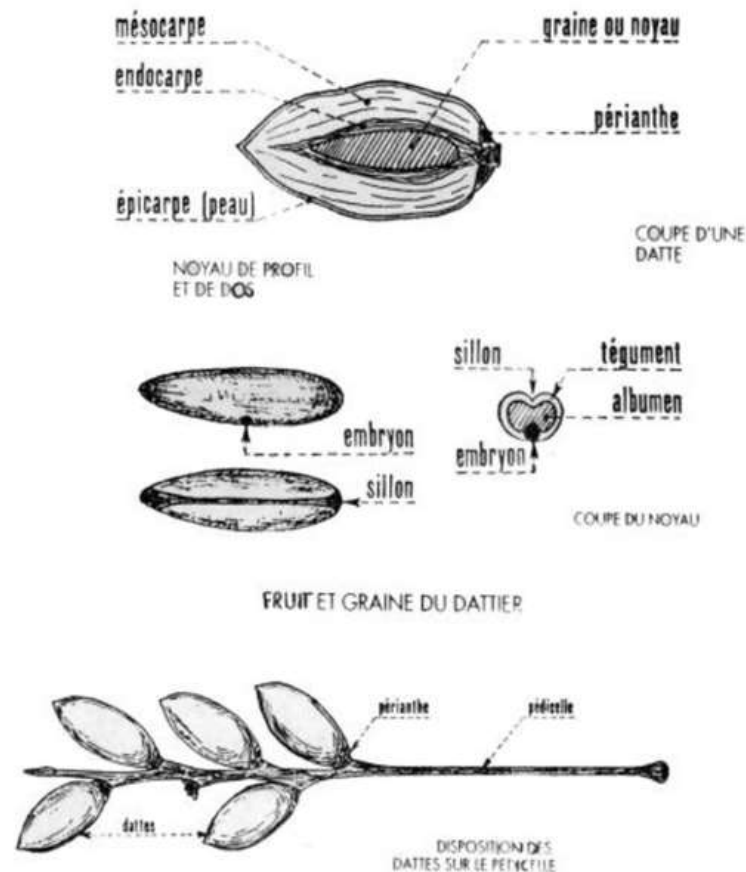


Figure 4 : Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier (Munier, 1973)

### I.3.3. Le système racinaire

Le système racinaire du palmier dattier est fasciculaire. La densité des racines dans le sol diminue avec la profondeur, leur diamètre ne dépasse pas 1,5 cm et elles émergent en partie du sol à une hauteur pouvant atteindre 50 cm de la base du tronc. Dans des conditions normales, le système racinaire d'un palmier dattier de 8 à 10 m de haut peut s'étendre latéralement à partir du tronc de plus de 7 m et atteindre des profondeurs de plus de 6 m (Fontenay, 1960).

Le système a 4 zones racine :

#### I.3.3.1. Zone I : racines respiratoires

C'est une racine respiratoire, elle est localisée au pied du dattier, compte de nombreuses racines adventives aériennes qui peuvent se développer à partir de la région basale du tronc. Les racines souterraines restent localisées dans la couche superficielle du sol et ne dépassent pas 0,20 à 0,25 m de profondeur. La plupart d'entre elles ont un géotropisme négatif. Elles ont

peu de radicelles. Ces racines jouent un rôle respiratoire grâce à la présence dans leur partie corticale de nombreux lenticelles qui permettent des échanges gazeux avec l'air de l'atmosphère du sol (Munier, 1973).

### **I.3.3.2. Zone II : racines de nutrition**

C'est la partie des racines de nutrition. Cette zone est très étendue surtout en culture unique, avec la plus forte proportion de la racine du système. Celles-ci sont pourvues de nombreuses radicelles et peuvent se développer dans l'horizon, allant de 40 cm à 1 m de profondeur (Peyron, 2000).

### **I.3.3.3. Zone III : racines d'absorption**

Contient les racines d'absorption, est plus ou moins importante, selon le mode de culture et la profondeur du niveau phréatique. Ces racines ont pour fonction de chercher de l'eau. La profondeur varie de 1 m à 1,8 m (Djerbi, 1994).

### **I.3.3.4. Zone IV : racines d'absorption de profondeur**

Ce sont les racines du faisceau pivotant. Cette zone peut-être très réduite et se confondre avec la précédente (zone 3), lorsque le niveau de la nappe phréatique se trouve à faible profondeur, mais lorsque celui-ci est très profond, les racines de cette zone peuvent atteindre de grandes longueurs (Munier, 1973).

## **I.4. Répartition géographique du palmier dattier**

### **I.4.1. Dans le monde**

L'aire de répartition du palmier dattier s'étale dans l'hémisphère nord entre les parallèles 9°18' (Cameroun) et 39°44' (Elche Espagne) (Toutain, 1976). Le palmier dattier existe dans les cinq continents, il est cultivé intensivement dans les zones arides et semi arides d'Afrique, de Moyen Orient et en Espagne (le seul pays européen producteur de datte), et en faible intensité au niveau de Mexique, Argentine et Australie.

Sa répartition spatiale, fait ressortir que l'Asie est en première position avec 60 millions de palmiers dattiers (Arabie saoudite, Bahreïn, Émirats arabes unis, Iran, l'Irak, le Koweït, Oman, Pakistan, Turkménistan et Yémen), tandis que l'Afrique est en deuxième position avec

32,5 millions de palmiers dattiers (Algérie, Egypte, Libye, Mali, Maroc, Mauritanie, Niger, Somalie, Soudan, Tchad et Tunisie) (FAO, 2013).

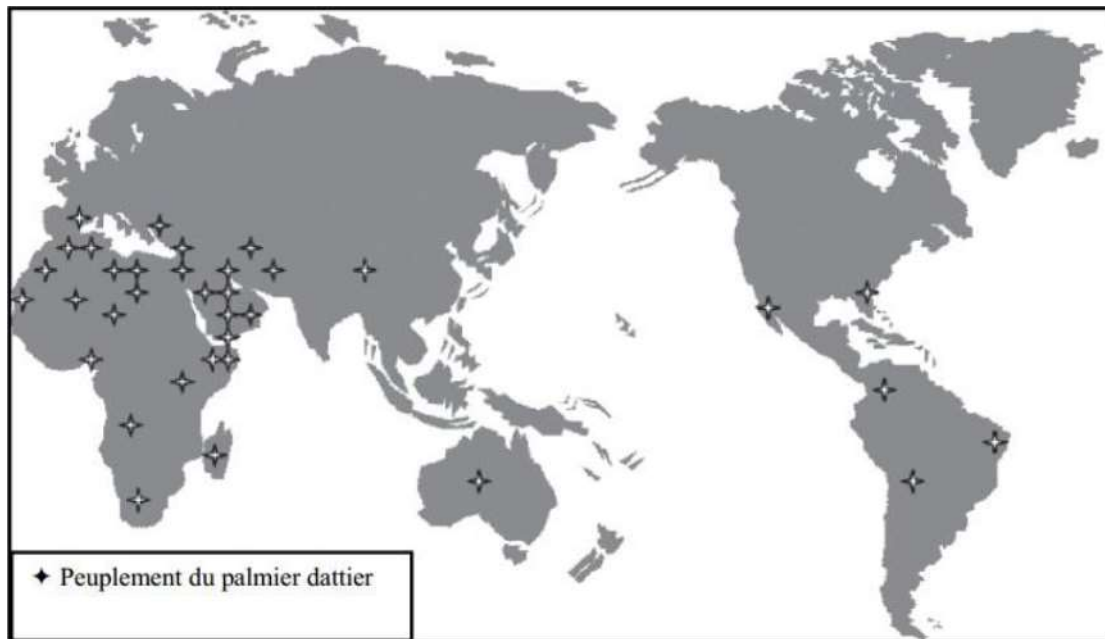


Figure 5 : Répartition géographique du palmier dattier dans le monde (Elhadrami I & Elhadrami, 2009)

#### **I.4.2. En Algérie**

En Algérie, la culture du palmier dattier est principalement répartie dans les régions subsahariennes et présahariennes, en particulier dans la partie orientale du pays (Chahma & Longo, 2001).

La superficie occupée par le palmier dattier couvre 168855 hectares. Elle diffère d'une wilaya à une autre. La superficie la plus importante concerne les wilayas de Biskra et d'ElOued atteignant toutes les deux 53533 hectares plus de la moitié de la superficie totale cultivée par le palmier dattier (Chahma & Longo, 2001). La culture du palmier dattier occupe toutes les régions situées sous l'Atlas saharien soit 6000 ha depuis la frontière Marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière Est Tuniso-Libyenne. Du Nord au Sud du pays, elle s'étend depuis la limite Sud de l'Atlas saharien jusqu'à Reggane à l'Ouest, Tamanrasset au centre et Djanet à l'Est (Maatalah, 2004).

## I.5. La production mondiale et nationale de dattes

### I.5.1. La production mondiale

Le dattier est une espèce xérophile, il ne peut fleurir et fructifier normalement que dans les déserts chauds (Amorsi, 1975). Le palmier dattier fait l'objet d'une plantation intensive en Afrique méditerranéenne et au Moyen-Orient. L'Espagne est l'unique pays européen producteur de dattes, principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche. Aux Etats-Unis d'Amérique, le palmier dattier fût introduit au XVIII<sup>ème</sup> siècle, sa culture n'a débuté réellement que vers les années 1900 avec l'importation de variétés irakiennes ( (Maatalah, 2004); (Bouguedoura, 1991)). Le palmier dattier est également cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine et en Australie (Maatalah, 2004).

La production mondiale de dattes est d'environ 7 millions de tonnes par année et a plus que doublé depuis les années 1980. Cela place la datte au 5<sup>ème</sup> rang des fruits les plus produits dans les régions arides et semi-arides. D'après la F.A.O, la production mondiale de dattes est estimée à 7.62 millions de tonnes en 2010 (FAO, 2010).

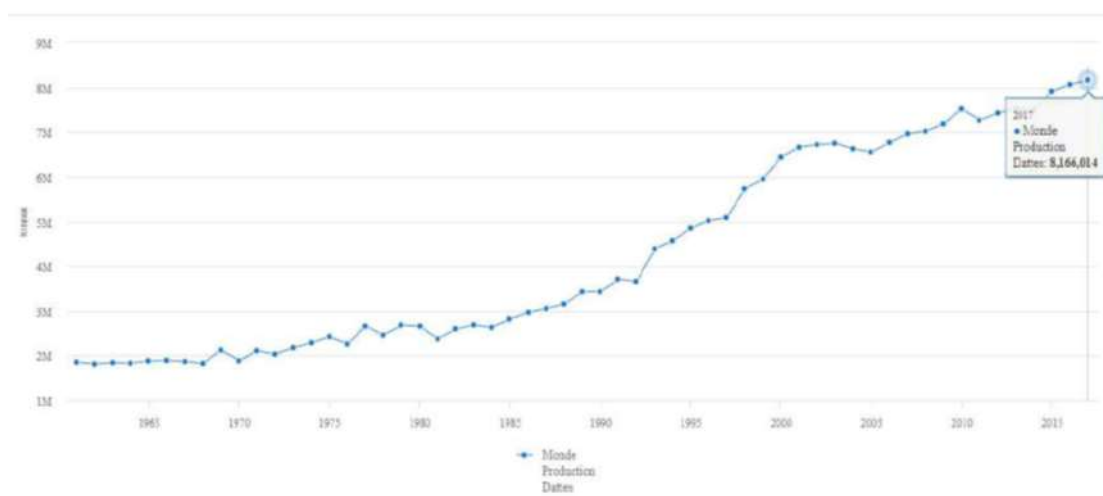


Figure 6 : Production mondiale des dattes (Fao stat, 2018)

### I.5.2. La production national (Algérie)

L'Algérie est l'un des plus importants pays producteurs de la datte, quantitativement l'Algérie est le premier producteur aux variétés élite Deglet-Nour qui est parmi les variétés les plus appréciées mondiale (Fao stat, 2018).

La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (Deglet Nour), 164.453 tonnes (33 %) des dattes sèches (Degla Beida et analogues) et 83.128 tonnes soit 17 % des dattes molles (Ghars et analogues) (Belguedj, 2007).

Actuellement, la palmeraie algérienne est constituée de plus de 11 millions de palmiers répartis à travers 09 wilayas sahariennes: Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. Le palmier dattier se trouve également dans d'autres wilayas situées dans des zones de transition entre la steppe et le Sahara que l'on considère par rapport aux palmeraies sahariennes, de « marginales (Belguedj, 2007).

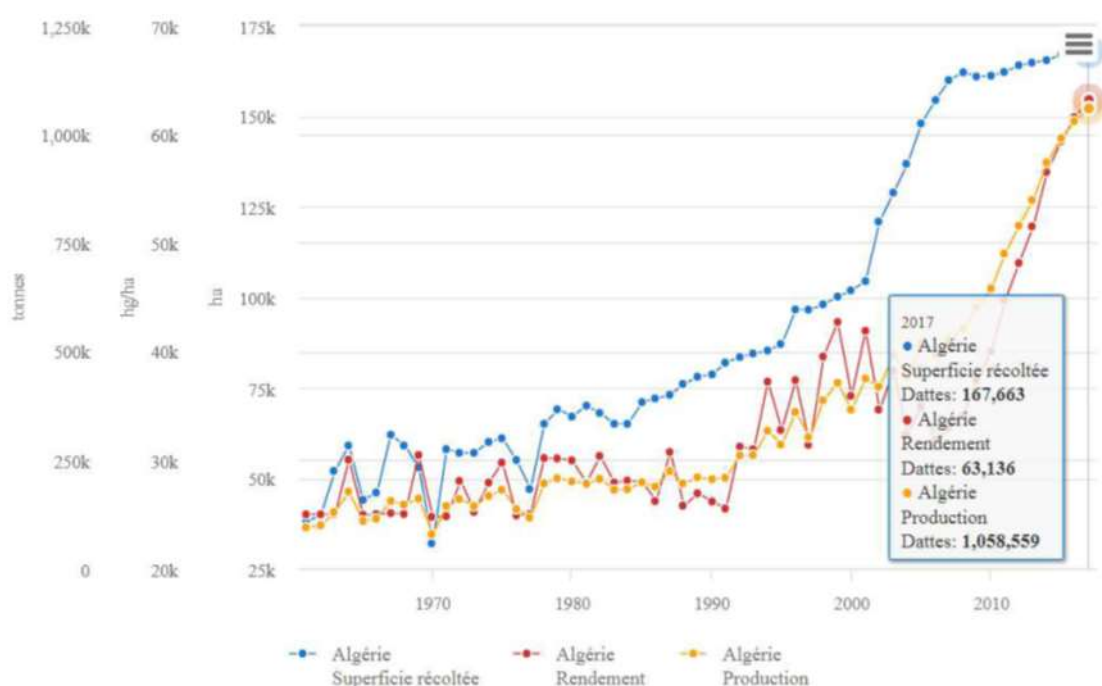


Figure 7 : La production nationale des dattes (Fao stat, 2018)

Tableau 1 : Production de datte en 2018 (FAOSTAT, 2020)

	Monde	Algérie
<b>Superficie (Ha)</b>	1092104	168855
<b>Rendement (Kg/Ha)</b>	7807.14	6483.07
<b>Production</b>	8526218	1094700

## **I.6. Les exigences écologiques du palmier dattier**

### **I.6.1. Les exigences climatiques**

D'après (Peyron, 1989), les influences de la température, de l'humidité, de la pluie et du vent sur les phases de production dattier, varie suivant les sites et les cultivars.

#### **I.6.1.1. La température**

Le palmier dattier est une espèce thermophile. Son activité végétative se manifeste à partir de 7 à 10°C selon les individus, les cultivars et les conditions climatiques. Elle atteint son maximum de développement vers 32°C et commence à décroître à partir de 38°C. La floraison se produit après une période fraîche ou froide ( (Djerbi, 1994) ; (Peyron, 2000)). La somme des températures nécessaires à sa croissance est de 4500°C et 5000°C. L'action de froid se manifeste de diverses façons, il peut provoquer le dessèchement des extrémités des palmes, une reprise tardive de la végétation et une floraison retardée (Peyron, 1989) .

La période de la fructification débute à la nouaison et se termine à la maturation des dattes, elle varie de 120 à 200 jours selon les cultivars et les régions (Djerbi, 1994). Et selon (Munier, 1973) la somme des températures nécessaire à la fructification (indice thermique) et de 1000 à 1660°C, selon les régions phoenicoles (1854°C à Touggourt et 1620°C à Bechar).

FISHER in (Peyron, 1989) affirme que seules les températures supérieures à 18°C sont utiles à la floraison et que celle-ci n'est déclenchée que lorsque les températures moyennes journalières atteignent 20 à 25°C, selon les conditions de culture. La floraison est déclenchée lorsque, après une période froide, la température moyenne journalière s'élève et atteint un seuil (zéro de floraison) qui varie entre 17 et 24°C, selon les régions phoenicoles.

(Monciero, 1950) pour sa part, affirme que le pollen n'arrive à une maturité suffisante que lorsque la somme de températures journalières atteint 1100 à 1200 °C environ.

La température basse peuvent entraîner une fécondation peu efficiente et même une chute des jeunes fruits. En Algérie a montré que le taux de nouaison augmente de 10 à 15 % si la pollinisation est effectuée entre 10 heures du matin et 15 heures de l'après-midi (Munier, 1973).

### **I.6.1.2. La lumière**

Le palmier dattier est une espèce héliophile, c'est pourquoi les plantations sont établies à une densité qui permet un bon éclairage des plants et donc une bonne maturation des dattes (Bouguedoura, 1991). Les plantes ont tendance à la croissance végétative et à l'allongement de la tige, et la lumière affecte directement le processus de photosynthèse, en la croissance de la croissance anormale des arbres dans les zones où l'intensité de l'éclairage diminue, et son effet sur la couleur et la taille des fruits, la quantité de production et la quantité de nutriments contenus dans les fruits s'y ajoute. Selon (Munier, 1973), Il est cultivé dans les régions à forte luminosité, la lumière est nécessaire pour la photosynthèse et la maturité des dattes mais elle ralentie et arrête les croissances des organes végétatifs.

Selon (Anonyme, 1990) le soleil assure la maturité des fruits en augmentant les températures qui doivent être supérieurs à 3000 °C la période allant de Mai jusqu'à Octobre. La croissance ne s'effectue normalement que la nuit, la densité trop forte favorise l'émission des rejets et les foyers d'insectes plutôt que la maturation des dattes (Allam, 2007)

### **I.6.1.3. L'humidité**

Les meilleures dattes sont récoltées dans les régions où l'humidité de l'air est moyennement faible (40%) (Bouguedoura, 1991).

Les faibles humidités de l'air stoppent l'opération de fécondation et provoque le dessèchement des dattes au stade de maturité, au contraire les fortes humidités provoquent des pourritures des inflorescences et des dattes, respectivement au printemps et à l'automne. Donc le dattier est sensible à l'humidité de l'air (Munier, 1973).

## **I.6.2. Les exigences édaphiques**

Bien que le dattier préfère les sols légers, il s'accommode à tous les sols des régions arides et semi arides, cependant son comportement diffère selon le type de sol dans lequel il est planté. En sol léger, sa croissance est plus rapide qu'en sol lourd, la floraison est aussi plus précoce et l'écotée est de meilleure qualité. C'est également une espèce très tolérante aux sels, mais seulement sous forme de chlorure (Jahiel, 1989), sa croissance est normale à une teneur en sel de la solution du sol de 10 ‰, il peut tolérer une concentration de 15 ‰. Au-delà de cette dernière valeur, le palmier commence à dépérir. Il n'y aurait pas de production, le flétrissement continue et à 48 ‰. Le dattier meurt (Bouguedoura, 1991).

Le palmier dattier préfère un milieu neutre, il peut s'adapter aux sols faiblement alcalins, car elle est très tolérante au sel (Munier, 1973) .

### **I.6.3. Les exigences hydriques**

Le palmier dattier peut vivre en atmosphère sèche, pourvu que les besoins en eau au niveau des racines soient satisfaits. Les apports d'eau doivent être suffisants pour couvrir tous les besoins du palmier dattier, pour compenser les pertes par infiltration et par évaporation à la surface du sol et pour lessiver le sol afin d'éliminer les sels accumulés (Peyron, 2000).

En revanche, le palmier dattier bien établi est capable de tolérer de longues périodes de stress hydrique, mais répond bien à un arrosage régulier. Pour maintenir une croissance maximale, le sol doit être bien humecté à une profondeur de 2 à 2,6 m. Parce que les racines du palmier dattier ont des structures remplies d'air, ces structures respirent et permettent au palmier de tolérer un excès d'humidité pendant une longue période (Si Bennaceur, 2005).

Selon (Peyron, 2000), dans tous les cas - quelle que soit la densité de plantation, le type de sol et la saison, il est recommandé de toujours utiliser des volumes supérieurs à 300 m<sup>3</sup>/ha à chaque irrigation, Le palmier dattier résiste les eaux salées jusqu'à 3000 ppm et toute augmentation au-delà de ce seuil la quantité et la qualité de la production est affectée négativement.

## **I.7. L'importance du palmier dattier**

### **I.7.1. L'importance écologique**

- Le palmier dattier est le meilleur "arbre" fruitier du désert et l'épine dorsale de l'agriculture oasienne, caractérisée par la stratification et l'association de plusieurs cultures de base (Aberlenc-Bertossi et *al.*, 2008).
- Améliorer la qualité des sols grâce à la matière organique, minimiser la dessiccation des sols et créer des microclimats favorables capables de résister aux conditions climatiques désertiques difficiles (Faci, 2019).
- Les palmiers dattiers luttent contre la désertification en bloquant le rayonnement solaire intense et en créant des "barrages verts et productifs" appelés oasis. La présence de cet « arbre » fruitier dans ces zones a joué un rôle écologique indéniable en réduisant la progression des zones steppiques et la sédimentation des terres agricoles (Aberlenc-Bertossi et *al.*, 2008).

- Les dattes de bonnes à moyenne qualité servant à l'alimentation de l'homme, En même temps les folioles des palmes, les noyaux et les dattes de mauvaise qualité alimentent les animaux domestiques (dromadaires, chèvres, moutons, ânes...).
- Le bois des stipes ainsi que les nervures principales et le pétiole des palmes servent de matériaux de construction (Kneyta & Doulbeau, 2010).

### **I.7.2. L'importance socio-économique**

Le palmier dattier est le pilier des écosystèmes oasiens. Il limite les dégâts d'ensablement, joue un rôle protecteur contre le rayonnement solaire intense pour les cultures sous-jacentes (arbres fruitiers, maraîchers, fourragers et céréaliers). En raison de sa présence dans ces régions désertiques, les diverses formes de vie animales et végétales maintiennent leur survie. Il a de plus, un rôle socio-écologique majeur pour les populations de ces régions.

Selon (Chahma & Longo, 2001), le palmier dattier fournit une large gamme de sous-produits qui sont utilisés par la population saharienne à des fins domestiques (alimentation du bétail) :

- Comme produit de consommation: Farine de dattes utilisée dans la panification. Jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie. Et le «legmi» boisson très recherché par la population locale.
- Tronc d'arbre, utilisé dans l'ébénisterie.
- Palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent, dans la confection de couffins, de chapeau, etc., ils peuvent même servir en industrie de papier.
- Les régimes de dattes, comme balais traditionnelles.
- Le «lif» pour la confection de semelle de sandales.

## **I.8. Les maladies et les ravageurs du palmier dattier**

### **I.8.1. Les principales maladies à champignons**

#### **a) Le bayoud**

Le bayoud est une maladie vasculaire du palmier dattier causée par le champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedenis*, survit dans le sol ou dans des fragments de palmiers infectés. Il pénètre directement dans les racines des palmiers et se trouve dans les faisceaux ligneux. La maladie se manifeste par des paumes sèches dans la couronne moyenne. Elles prennent un aspect plombé (Gris cendre), d'où le nom de la maladie du Bayoud (Achoura, 2013), apparaît pour la première fois en 1870 dans la vallée du Drâaau sud du Maroc, et s'est répandue vers

l'ouest et l'est en suivant les cordons du palmier. En Algérie elle aurait décimé 3 millions d'arbres, la variété Deglet Nour est très sensible et elle menace véritablement tous les pays producteurs de dattes. Elle existe au Maghreb: au Maroc, et en Algérie (Bounaga & Djerbi, 1990).

La maladie est une trachéomycose: le champignon envahit le système vasculaire de la plante, jusqu'aux palmes et au bourgeon terminal, à partir des racines où se produit l'infection. Il se propage dans les vaisseaux surtout par les conidies véhiculées par la sève. Le dessèchement de la plante résulte donc du blocage de la circulation de sève, conséquence des différentes altérations du système vasculaire (Fernandez et *al.*, 1995).

D'après (Djerbi, 1982) le pathogène envahit la plante par les racines produisant un flétrissement foliaire et entraînant la mort du palmier dattier. Le Foa produit des micros et macro conidies, ainsi que des chlamydospores, permettant à l'agent pathogène de survivre dans des conditions environnementales défavorables (Djerbi, 1982).

Par exemple le Maroc, qui était au paravant exportateur de dattes, doit désormais importer des dattes pour satisfaire sa propre consommation. De même, la maladie du Bayoud a détruit plus de 3 millions d'arbres en Algérie (Messar, 1996). Les palmeraies tunisiennes, composées à 56% du cultivar Deglet-Nour, ne sont actuellement protégées que par des méthodes prophylactiques (Rhouma, 1996)

### **b) La pourriture du Coeur ou Mejnoun (*Palmier fou*)**

La Pourriture du Coeur à *Thielaviopsis*. La pourriture du bourgeon provoquée par *Thielaviopsis*, est une affection du palmier dattier. Cette maladie n'est pas très importante étant donné qu'elle apparaît d'une manière isolée, cependant, dans certains cas, elle peut être grave et entraîner non seulement la mort du sujet atteint mais se généralise également à plusieurs arbres rapidement (Djerbi, 1988).

La pourriture du cœur est due à un champignon imparfait, *Thielaviopsis paradoxa*. Il envahit les racines et les parties aériennes du dattier, causant la pourriture des inflorescences, du bourgeon terminal, du cœur et du stipe, et le dessèchement noir des palmes. Ce dessèchement noir des palmes, appelée aussi Mejnoun (*palmier fou*) a été observé dans différentes régions du monde phoenicicole (Ali, 2021). Les moyens de lutte consistent à détruire les feuilles et les inflorescences malades puis à traiter avec un fongicide (dichlone, thirame, bouillie bordelaise...) (Djerbi, 1990).

### **c) La pourriture de l'inflorescence ou Khamedj**

La Pourriture de l'inflorescence du Palmier-dattier, ou Khamedj est une maladie cryptogamique bien différente du Bayoud. Elle n'a nulle part une importance comparable, mais elle est. Par contre plus commune dans le Nord de l'Afrique. Elle est désignée par les indigènes sous les noms de Khamedj (pourriture). Tentin (pourriture), Donda (ver), Tlaa (spathe). Le terme de Bou-Qmech utilisé par Sergent et Béguet (Chabrolin, 1930).

## **I.8.2. Les principaux insectes ravageurs**

### **a) La cochenille Blanche (*Parlatoria Blanchardi* Targ)**

La Cochenille blanche, L'insecte se nourrit de la sève de la plante et injecte une toxine qui altère le métabolisme; de plus, l'encroûtement des feuilles diminue la respiration et la photosynthèse. Il se trouve aussi sur les fruits dont le développement est arrêté. La cochenille peut entraîner une réduction de plus de la moitié de la production dattiers, et rend les fruits inconsommables (Bounaga & Djerbi, 1990).

Selon (Blumberg, 2008) est l'un des principaux ravageurs du palmier dattier car elle se dépose dans les parties vertes de l'arbre, empêchant et affectant la photosynthèse, la respiration et la transpiration de l'arbre. Parmi les dégâts du P. Blanchardi sur les jeunes arbres, nous relevons un dessèchement, une réduction et un dépérissement des feuilles du palmier. Dans le cas des arbres adultes précisément dans les feuilles, ce ravageur donne un aspect jaunâtre ou vert salé et il diminue aussi la qualité et la quantité de production dattiers (Madkouri, 1976).

### **b) Le charançon rouge**

Le charançon rouge (*Rhynchophorus ferrugineus*) est un ravageur grave du palmier dattier et cause des dommages écologiques et économiques importants aux agriculteurs (Hoddle & Hoddle, 2015). Il appartient à la famille des Curculionidés sous l'ordre des Coléoptères (Al-Dosary et al., 2016). C'est un ravageur caché qui est à l'intérieur du palmier pendant le développement larvaire et fait des tunnels et des nymphes. Après l'accouplement, le charançon femelle dépose ses oeufs dans les tissus frais ou dans les plaies fraîches provoquées par d'autres ravageurs. Au cours de son cycle de vie, une femelle peut pondre de 200 à 260 oeufs. Les oeufs éclosent en 3 à 5 jours en larves qui creusent un tunnel dans la tige et restent cachées à l'intérieur du tronc. Les larves peuvent atteindre 5 cm et atteindre le stade prénuptial après plusieurs stades au bout de 60 à 90 jours environ (Giblin-Davis et al., 2013). La

nymphose se produit dans un cocon filé avec des fibres mâchées et dure environ 20 jours. L'adulte à l'émergence peut rester à l'intérieur de la tige ou peut se disperser et étendre les infestations à d'autres palmiers (Al-Dosary et *al.*, 2016).

## **Chapitre II : Le stress hydrique**

## II.1. L'importance de l'eau pour la plante

Constituant 80 % du végétal, l'eau est d'une importance primordiale pour les plantes. Elle possède de fonctions mécaniques et biochimiques. La pression d'eau dans la plante est régulée grâce au processus d'évapotranspiration. Au niveau des stomates, l'eau s'évapore dans l'atmosphère créant une force de succion permettant de faire circuler l'eau des racines aux feuilles. C'est le principal processus responsable de la circulation de l'eau dans la plante (Yolande, 2015).

Selon (Chafia, 2012), l'eau est un facteur important pour la plante, non seulement comme constituant des cellules et des tissus mais elle assure:

- La dissolution des éléments minéraux du sol.
- La photosynthèse (donneur d'électrons).
- La croissance et le développement de la plante.
- La turgescence cellulaire qui donne la rigidité aux tissus végétaux.
- Le transport des éléments minéraux et des substances organiques.
- Le maintien de la structure biochimique de la cellule et ses constituants.
- La source d'éléments essentiels et nécessaires pour le métabolisme.
- La régulation thermique.

## II.2. Stress hydrique

### a. Notion de stress

On appelle un stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (Hopkin, 2003).

Selon (Marouf & Reyanaud, 2007) le stress est l'ensemble des perturbations physiologiques ou pathologiques provoqué dans un organisme par des agents biotiques (parasites, pathogènes) ou abiotiques (salinité, sécheresse, température, pollution, etc.). Les plantes sont généralement soumises à des stress qui se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (Araus et *al.*, 2002). Au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un

paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress :

**Le stress biotique**, imposé par les autres organismes (insectes, herbivores...).

**Le stress abiotique**, provoqué par un déficit ou un excès de l'environnement comme la sécheresse, la température extrême, la salinité (Vincent, 2006). Les facteurs abiotiques sont ceux liés à l'action du non-vivant sur le vivant ils sont dû principalement à des facteurs environnementaux (Lezzar & Meziani, 2015), susceptibles de déclencher des modifications dommageables, provoquant ainsi chez une espèce végétale une augmentation du taux de mortalité de la population. En effet les plantes se trouvent rarement dans des conditions environnementales optimales, elles se trouvent souvent dans des conditions extrêmes qui amènent les organismes à la limite de la survie. Un stress peut l'être pour une plante sans l'être pour une autre. Des facteurs comme l'âge sont importants et avec le réchauffement climatique, la pression exercée par certains stress augmentera très certainement.

### **b. Définition de stress hydrique**

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982).

Le stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Mckay, 1985 in Bootsma et *al.*, 1996).

En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao et *al.*, 2006).

Le stress hydrique a été défini aussi comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel des géotypes. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble des facteurs ayant pour conséquence le stress d'autres auteurs limitent la définition de stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub-optimale des tissus (Lamaze, et *al.*, 1994).

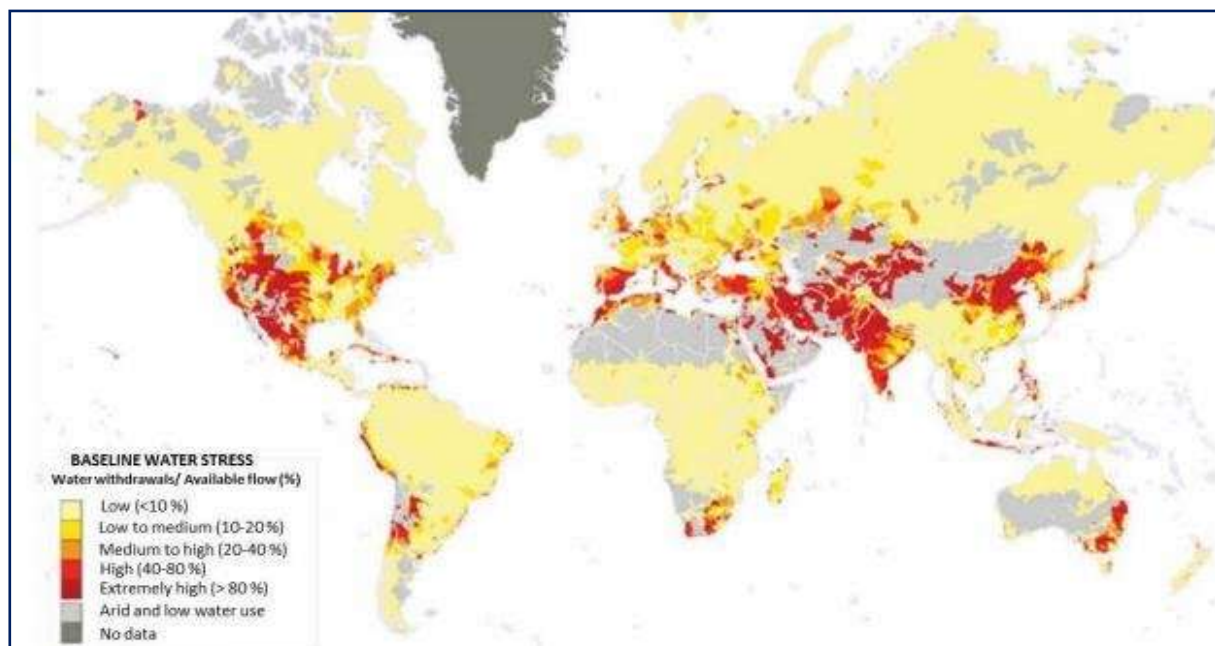


Figure 9 : Carte mondiale du rapport entre consommation et disponibilité en eau.

Modifié d'après (Gassert et *al.*, 2013). Calcul de la consommation en eau en 2010 et calcul de la disponibilité en eau moyenne de 1950 à 2008.

### II.3. Les outils de détection du stress hydrique

Les paramètres biophysiques et physiologiques de la plante (photosynthèse, conductance stomatique, teneur en chlorophylle, potentiel hydrique, etc.), du fait de leur relation avec le statut hydrique de celle-ci peuvent être utilisés comme des indicateurs de son état hydrique. Des appareils existants permettent de mesurer directement ces paramètres dans la culture tel que le psychromètre, afin d'estimer ses besoins en eau et d'effectuer des prévisions de rendement. Cependant à l'échelle des champs, ces mesures sont coûteuses en temps et délicates à mettre en œuvre (Luquet, 2002).

Plusieurs des paramètres biophysiques de la végétation sont estimables par télédétection (Tableau N° 2). La contrainte hydrique va conduire la plante à une adaptation de sa morphologie, ce qui va affecter plusieurs variables biophysiques. Les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, qui visent à réduire sa surface transpirante (surface foliaire ou LAI). Le LAI (Leaf Area Index) est la variable de structure la plus importante. Elle caractérise la taille des surfaces d'échange (rayonnement, eau, carbone, etc.) avec l'atmosphère. C'est la mesure de la surface totale du feuillage par unité de surface mesurée au sol (Equation 1). Le LAI affecte le spectre de

réflectance de la végétation, c'est aussi un indicateur de croissance végétale (Télédétection, 2004)

$$LAI = \frac{\text{Surface foliaire}}{\text{Surface au sol}} \quad \text{Equation 1}$$

Tableau 2 : Variables biophysiques estimables par télédétection. Adapté de Baret (1999).

	Variables biophysiques	VIS, PIR	PIR, MIR	IRT	MOA	MOP
<b>Structure du couvert</b>	LAI	+++	+++	+	++	+
	Taux de couverture	++++	++++	++	++	+
	Hauteur du couvert	-	-	-	++	-
<b>Propriété des feuilles</b>	Contenu en chlorophylle	+++	-	-	-	-
	Contenu en eau	-	+++	-	+++	+++
	Température	-	-	++++	-	++

“ ++++ ” Précis et robuste ; “ - ” non estimable par télédétection ; VIS : visible ; PIR : proche infrarouge ; MIR : moyen infrarouge ; IRT : infrarouge thermique ; MOA : micro-ondes active ; MOP : micro-ondes passives.

#### II.4. Les indices de végétation associés au stress hydrique

Comme tout être vivante plante la besoin d'eau pour se maintenir en vie et accomplir son activité physiologique normale. L'eau utilisée provient essentiellement de l'eau puisée dans le sol ou le substrat. Mais, en cas de manque d'eau dans le sol, la plante peut aussi puiser une partie de l'eau dont elle a besoin des réserves stockées dans ses propres tissus (Mouhouche, 2001).

Les indices de végétation (Tableau 3) sont des mesures radiométriques de la variabilité spatiale et temporelle de l'activité photosynthétique de la végétation (Caloz & Puech, 1996), cette dernière étant en relation avec les variables biophysiques du couvert telles que l'indice de surface foliaire (LAI), la biomasse totale, la vigueur de la végétation, etc.

Ces variables sont elles-mêmes en relation avec l'état hydrique de la végétation. Leur calcul est basé sur des combinaisons, linéaires ou non, de valeur de réflectance ou de luminance acquises dans plusieurs bandes spectrales. Ces variables s'appuient essentiellement sur les différences des propriétés optiques de la végétation dans le rouge (R : 600-700 nm) et le proche infrarouge (PIR : 700-1300 nm). Les réflectances dans le PIR augmentent avec la présence de la végétation, tandis que celles dans le R diminuent. Plusieurs indices ont été développés pour réduire l'effet de la fraction de sol visible (Soil adjusted indices : SAVI,

TSAVI, OSAVI). L'indice de végétation le plus couramment utilisé est le NDVI (Normalise Difference Végétation Index). L'indice de condition de la végétation (VCI, Végétation Condition Index, (Kogan, 1995) conçu pour estimer le stress hydrique est entièrement basé sur le NDVI (Équation 2).

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100 \quad \text{Equation 2}$$

NDVI<sub>min</sub> et NDVI<sub>max</sub> = minimum et maximum du NDVI mesurés sur une période spécifique de 10 jours sur plusieurs années.

NDVI = valeurs respectives du NDVI sur les périodes de 10 jours.

Tableau 3 : Résumé d'indices de végétation définis à partir de données de télédétection  
Adapté de (Caloz & Puech, 1996; Gilabert et al., 2002).

Indices	Références
<i>Sans compensation</i>	
$VIN = \frac{PIR}{R}$	Person et Miller, 1972
$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$	Rouse et al. 1974
<i>Avec compensation des effets du sol</i>	
$PVI = \frac{(PIR - a_{R,PIR} R - b_{R,PIR})}{\sqrt{a_{R,PIR} R^2 + 1}}$	Richardson et Wiegand, 1977
$SAVI = \frac{PIR - R}{PIR + R + L} (I + L)$	Huete, 1988
$OSAVI = \frac{PIR - R}{PIR + R + Y}$	Rondeaux, Steven et Baret, 1996
$GESAVI = \frac{PIR - BR - A}{R + Z}$	Gilabert et al. 2002
<i>Avec compensation des effets atmosphériques</i>	
$ARVI = \frac{PIR - RB}{PIR + RB}$ $RB = R - \gamma (B - R)$ $Y = \frac{L_{int r .atm.}(R)}{[L_{int r .atm.}(B) - L_{int r .atm.}(R)]}$	Kaufman et Tanré, 1992
<i>Avec compensation des effets du sol et de l'atmosphère</i>	
$TSARVI = \frac{a_{R,B}(PIR - a_{R,B} RB - b_{R,B})}{RB + a_{R,B} PIR - a_{R,B} b_{R,B} + 0.08(1 + a_{R,B}^2)}$ $RB_{cf. ARVI}$	Bannari, 1996

L'utilisation des indices de végétation pour une estimation de l'état hydrique de la végétation permettrait difficilement une détection du stress hydrique au bon moment (détection hâtive

avec la fermeture des stomates). La température foliaire étant d'une part directement associée au bilan hydrique, et d'autres parts mesurables par radiométrie, elle a donné lieu au développement de plusieurs indices spectraux dans l'infrarouge thermique.

### **II.5. Effet du stress hydrique sur la plante**

Le stress hydrique affecte les plantes à différents niveaux de leur organisation suivant sa durée, son intensité, le stade de développement de la plante ainsi que le génotype de cette dernière et son interaction avec l'environnement (Yokota et *al.*, 2006 in Zaim, 2014). Il touche plusieurs fonctions végétales. D'abord, il est considéré parmi les facteurs défavorables pouvant affecter la germination des semences et par conséquent la qualité et le rendement de semis ((Hamrouni et *al.*, 2012 in Benjelloune, 2013).

Une diminution de la teneur en eau de la plante se traduit immédiatement par une réduction de la croissance en dimension avant même que la photosynthèse ne soit affectée (Turner, 1997 in Benjelloune, 2013), une modification du volume cellulaire et de la forme de la membrane, à une perte de turgescence, à une rupture de l'intégrité membranaire et une dénaturation des protéines (Bray, 1997). La photosynthèse peut être empêché de plusieurs manières (Munns, 2002 in Amenas, 2007): diminution de la capacité des stomates à fixer les gaz du fait de la diminution du potentiel hydrique (Damour, 2008); la réduction du produits de photosynthèse (sucre, amidon) dans les cellules à cause de la diminution de croissance des feuilles (Downton et *al.* 1990).

Le stress hydrique induit également un stress oxydatif avec la formation des radicaux libres. Par leur nature instable, ces formes actives d'oxygène, sont très nocifs pour les constituants cellulaires et en particulier pour les lipides membranaires (Wecks & Clijesters, 1996). Les espèces réactives oxygénées (ERO) peuvent engendrer des dommages importants dans la structure et le métabolisme cellulaire en dégradant de nombreuses cibles: protéines, lipides, et acides nucléiques (Pincemail et *al.*, 1999 in Ait Yahiaa & Zemmoura, 2014).

En général le stress hydrique se répercute sur le développement de la plante par :

- Un retard de la floraison, et du développement des grains;
- La réduction de la surface foliaire en conditions sèches diminue la surface évaporative de la plante et limite considérablement la production primaire et une baisse de la photosynthèse.
- La sénescence foliaire conduit également à une allocation préférentielle des ressources vers les organes reproducteurs. (Pindar, 2000) et (Attia, 2007).

Tous les processus de la plante sont affectés par un déficit hydrique. Déficit hydrique induit aussi un déficit de la nutrition minérale (azotée et phosphatée) qui est dû principalement à des réductions de flux d'éléments vers les racines ce qui a pour conséquence une réduction de la croissance des plants (Son, Compaore et *al.*, 2011).

### **II.5.1. Effet du stress hydrique sur la morphologie**

Un stress hydrique marqué accélère la sénescence des feuilles et réduit la durée de surface foliaire après floraison (Debaeke et *al.*, 1996). L'organe qui subit l'effet du déficit hydrique en premier lieu est le limbe foliaire dont la croissance ralentit et la sénescence s'accélère. Le stress hydrique réduit considérablement le développement et la croissance des cellules (Jalleel et *al.*, 2007 ; in Lazali , 2009). L'allongement cellulaire et la division cellulaire et donc la taille des feuilles et des entre-nœuds sont les premiers processus affectés par un déficit hydrique (wery, Deschamps, & Cresson-Leger, 1988). Chez le maïs la croissance des feuilles est fortement réduite lorsque le potentiel hydrique atteint  $-0,45$  MPa, et totalement inhibée, à  $-1,0$  MPa. En même temps, la croissance des racines est normale, jusqu'à  $-0,85$  MPa, et n'est pas totalement inhibé à des valeurs de  $-1,4$  MPa (Westgate & Boyer, 1985). (Hopkins, 2003) affirme que la croissance des racines est généralement moins sensible au déficit hydrique que celle de la partie aérienne. La croissance racinaire est plutôt orientée dans un sens de remodelage de l'ensemble de système racinaire le nombre des racines diminue, le volume racinaire est également réduit (Lebachiche & Benkadja, 2019).

### **II.5.2. Effet du stress hydrique sur la physiologie**

Les modifications physiologiques potentielles face aux stress sont nombreuses et peuvent se manifester dans différents domaines: photosynthèse, respiration, croissance, gestion de l'eau (Serge, 2019). Lors d'un déficit hydrique, l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, est affectée. La réduction de la photosynthèse, est liée à la diminution de la conductance stomatique et de la surface foliaire. Le stress hydrique induit la fermeture des stomates, avec pour conséquence une diminution de la conductance à la diffusion du  $\text{CO}_2$ , qui se répercute négativement sur le taux de la photosynthèse (Reddy et *al.*, 2003 ; Athar & Ashraf, 2005 ; Mahajan & Tuteja, 2005). Tous ces effets de la sécheresse conduisent à une diminution du rendement (Ellissèche et *al.*, 1996).

### **II.5.3. Effet sur le rendement**

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un stress hydrique précoce affecte en

parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke *et al.*, 1996).

Le déficit hydrique conduit généralement à la limitation de l'absorption totale des éléments nutritifs et diminue leurs concentrations dans les tissus des plantes (Farook *et al.*, 2009). Il est constaté des changements dans les constituants organiques des graines suite à un déficit hydrique. Ceci aboutit à une diminution en disponibilité de carbohydrate pour la graine affectant ainsi les teneurs en amidon et en huile. Au contraire, les teneurs en protéines sont augmentées car les métabolismes liées aux protéines sont moins affectés que ceux liées à l'accumulation de carbohydrate (Farook *et al.*, 2009).

Les teneurs en amidon et en lipides tendent à baisser et celles de protéines tendent à augmenter sous la contrainte hydrique (Tardieu *et al.*, 2006; Farook *et al.*, 2009).

## **II.6. Paramètres affectés par le stress hydrique**

Les végétaux sont caractérisés par une grande capacité à résister aux variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus.

Les paramètres affectés par le stress hydrique au niveau de la plante sont : la photosynthèse, l'alimentation minérale, la croissance végétative, etc. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique. La teneur en eau du sol dans la zone racinaire décroît et induit une diminution de la transpiration ainsi que du potentiel hydrique foliaire (Son Diakalia, 2010).

### **II.6.1. La croissance végétative**

Le développement végétatif d'une plante cultivée sous conditions hydriques limitées est fortement perturbé (Chaves, *et al.*, 2002; Lebon, 2006). On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre nœuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (Lebon, 2006; Attia, 2007). Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer; et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort des cellules, (Kramer & Boyer, 1995; Bouchabke *et al.*, 2006).

### **II.6.2. La croissance des organes reproducteurs**

De la même manière que pour les organes végétatifs, la croissance des jeunes organes reproducteurs (ovules, fleurs puis graines) ainsi que leur nombre (défini par des processus de ramification) sont limités en cas de déficit hydrique. Il en résulte une réduction du nombre de

grains, qui aura un effet sur le rendement même si les conditions hydriques redeviennent favorables (Inra, 2006).

### **II.6.3. L'alimentation minérale**

Le déficit hydrique induit un déficit de nutrition minérale et essentiellement en azote qui provient principalement des réductions de flux d'azote au niveau des racines et de la réduction des échanges entre les parties aériennes et racinaires du fait de la chute de capacité de la transpiration (Dugo, 2002). Comme le déficit en azote, Le manque d'eau peut affecter l'apport en phosphate, en réduisant les possibilités de désorption des ions phosphate depuis le sol et de leur transfert vers la racine.

### **II.6.4. La photosynthèse**

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration, est la plus importante.

La baisse du potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence puis une régulation stomatique. Donc un stress hydrique, en provoquant la fermeture des stomates se traduit par un ralentissement de la photosynthèse en même temps que la transpiration (Teulat et *al.*, 1997).

### **II.6.5. Le rendement**

Selon leur intensité et leur positionnement dans le cycle de développement, le stress hydrique influence les rendements ainsi que la composition des graines. Un déficit hydrique après la fécondation réduit la taille des organes et si elle se poursuit pendant la phase de remplissage, elle affecte leur composition. Les différents métabolismes étant inégalement affectés par le déficit hydrique, les concentrations relatives des différents composés sont modifiées : un manque d'eau induit généralement une baisse des teneurs en amidon et en huile des graines, et une augmentation des teneurs en protéines (Hireche, 2006).

## **II.7. Les stratégies d'adaptation des plantes face au stress hydrique**

Le stress hydrique est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la production végétale (Baatour et *al.*, 2004). En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes physiologiques et biochimiques impliquant une activité enzymatique pour résister à ces facteurs (Chaffel et *al.*, 2004).

L'adaptation des végétaux au stress hydrique peut être permise par différentes stratégies. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique, la résistance globale d'une plante au déficit hydrique apparait comme le résultat de nombreuses modifications où les plantes développent des stratégies et mécanismes de résistance (Josis *et al.*, 1983).

Le déficit hydrique se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporative. La tolérance à la sécheresse est la capacité de la plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des déficits hydriques épisodiques (Chaves *et al.*, 2002; Tardieu *et al.*, 2006). Trois stratégies de résistance sont distinguées :

### **II.7.1. Stratégie d'esquive ou l'échappement**

L'esquive consiste en un ensemble d'astuces dont se sert la plante pour conserver le potentiel hydrique de ses tissus à un niveau assez élevé durant les périodes de déficit hydrique afin d'éviter leur déshydratation (Blum, 1996).

C'est la situation où la plante grâce à un rythme de développement spécifique, réussit à s'harmoniser à l'environnement de production, en échappant partiellement ou complètement au stress (Kabongo, 2018). Cette stratégie est surtout basée sur la modulation de la durée du cycle de sorte que la plante échappe au pic d'avènement du stress. C'est un changement dans la longévité du cycle phénologique, la plante peut soit le raccourcir soit l'allonger (Levitt, 1980).

### **II.7.2. Stratégie d'évitement**

C'est la situation où la plante grâce à un rythme de développement spécifique, réussit à s'harmoniser à l'environnement de production, en échappant partiellement ou complètement au stress (Kabongo, 2018). La stratégie de l'évitement est principalement liée, d'une part, à la réduction de la transpiration et, d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines (Poormohammad Kiani, 2007).

La diminution de la transpiration est principalement liée à la fermeture des stomates et à leurs caractéristiques (Durand, 2007). Elle est aussi influencée par les caractéristiques morpho anatomiques des feuilles qui se manifestent par un port dressé de la plante ou l'enroulement des feuilles pour limiter l'énergie lumineuse incidente, la réduction de la taille des feuilles, une pubescence foliaire dense, une cuticule épaisse, des tissus fortement lignifiés (Bacelar *et al.*, 2012), une couche de cire épicuticulaire, des cellules du mésophile plus petites et moins

d'espace entre les cellules, une réduction de la croissance de la plante, la sénescence ou la chute des feuilles dès qu'elles ont atteint l'âge adulte (Bacelar et *al.*, 2012 ; Pelletier, 2013). Il s'ensuit une chute de l'assimilation de CO<sub>2</sub> donc une baisse de production de biomasse (Poormohammad Kiani, 2007).

L'amélioration des capacités d'absorption de l'eau du sol par le système racinaire se mesure à travers des caractères comme le taux de croissance, le volume, la profondeur et le poids sec des racines (Hossain et *al.*, 2016). De manière générale, les racines chez la plupart des plantes cultivées sont moins sensibles au stress hydrique que les organes aérien. C'est ainsi que, même si en conditions sèches les racines poussent moins (en longueur), elles accumulent par contre une proportion plus grande de matière sèche que les parties aériennes au volume plus réduit (Durand, 2007).

### **II.7.3. Stratégie de la tolérance**

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (Passiour, 2006). Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne (Son Diakalia, 2010).

Une fois le stress hydrique établi, la plante n'a plus le choix et doit faire face en essayant de retarder, voire de supporter la déshydratation de leurs tissus (Bacelar et *al.*, 2012). Les plantes vont essayer de tolérer le stress (situations optimales d'approvisionnement en eau) tout en gardant leur capacité à croître, à fleurir et à donner un rendement économique (Boyer, 1996).

Les plantes tolérantes à la sécheresse ont développé certains mécanismes adaptatifs pour afficher différents degrés de tolérance, qui sont en grande partie déterminés par la plasticité génétique (Volis et *al.*, 2015). Les Différences de tolérance au stress qui existent entre les plantes pourraient être attribuées à des différences de réactivité des plantes par rapport à la manière de perception du stress (Zhu, 2001).

Les plantes tolérantes à la sécheresse sont capables de résister à la déshydratation et compenser la chute de turgescence par l'ajustement osmotique (Chen & Jiang, 2010). Ce dernier se manifeste en chargeant les solutions tissulaires en différentes substances dissoutes (sels, sucre, acides,...). La cellule se met aussi à produire des molécules qui permettent de stabiliser les protéines (Ludlow, 1989). En effet, la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) sous stress hydrique peut causer des dommages oxydatifs aux lipides, à l'acide nucléique de la cellule et à certaines protéines (Baier et *al.*, 2005). Les plantes

répondent à l'augmentation des ROS en produisant des antioxydants non enzymatiques ou par la défense enzymatique (les enzymes antioxydants) pour prévenir ou réduire les dommages oxydatifs du ROS sous stress hydrique (Tuteja & Gill, 2013).

# **Chapitre III : Biotechnologie et effet de stress hydrique**

### III.1. L'irrigation

Pour tout le Sahara algérien, l'agriculture irriguée aurait dépassé en 1998 les 150.000 ha, répartis sur 60.000 ha de palmiers dattiers, 30.000 de maraîchage et 60.000 ha de céréales. Pour la zone exploitant les eaux du continental intercalaire (Halilat, 2004).

L'irrigation de culture peut-être définie comme étant l'application d'une quantité limitée d'eau aux cultures quand les précipitations ne fournissent pas suffisamment d'eau pour la croissance des plantes afin d'augmenter et de stabiliser les rendements. C'est une intervention temporaire, selon la disponibilité en eau, pour augmenter l'évapotranspiration (Bouthiba, 2007).

Selon (Saleh, 1987) l'irrigation est la quantité d'eau fournie lors de l'exposition récente du déficit hydrique de la plante afin d'assurer que la quantité minimum d'eau pour un rendement optimal, est disponible pendant les phases critiques de croissance des cultures.

### III.2. Terres irriguées en Algérie

Les terres potentiellement irrigables s'élèvent à 1154000 ha hors Sahara dont 607000 ha facilement irrigables et 547000 ha irrigables, moyennant des travaux. Les superficies concernées par la grande hydraulique, essentiellement les périmètres irrigués varient entre 50 et 90000 ha, celles relatives à la moyenne et petite hydraulique vont de 230 à 260000 ha dont 3 % desservies par les retenues collinaires, 42 % par les puits, 20 % par les forages, 3 % par les sources et 8 % au fil de l'eau. Par ailleurs, sur un total de 512700 ha irrigués (Anonyme, 1997), les quatre wilayas du Sud s'accaparent 30 % de la SAU irriguée. La wilaya de Biskra occupe la première place avec 13,24 %, suivie de la Wilaya de M'sila avec 5,64 % puis la Wilaya d'Adrar avec 5,54 %, et celle d'El Oued avec 5,3 %. Ce sont particulièrement ces zones d'irrigation qui nécessitent une rénovation de leur technique d'irrigation (Halilat, 2004).

### III.3. Impact de l'irrigation sur les palmiers dattiers

Dans la pratique, l'irrigation des palmeraies ne tient pas compte du stade de développement biologique et physiologique des palmiers et par conséquent de la variation des besoins durant l'année. Il en résulte que des quantités standards et des rythmes d'irrigation fixes sont adoptés pour toute l'année, entraînant donc des pertes d'eau considérables (Ben Abdallah, 1990). De plus, au point de vue production de dattes, certains chercheurs ont calculé qu'il fallait 1 m<sup>3</sup> d'eau pour obtenir 1 kg de dattes. Cependant, le chiffre 25000 m<sup>3</sup>/ha/an, admis le plus fréquemment, donne une consommation d'eau de près de 4 m<sup>3</sup> par kg de dattes. Pour

l'ensemble des palmeraies cette quantité nécessaire à l'élaboration d'un kilogramme de dattes s'élève à 6 ou 7 m<sup>3</sup>. Il est évident que dans les différents cas, une proportion importante de l'eau est destinée à la lutte contre le salant (Simonneau, 1961 in Ben Abdallah, 1990).

### **III.4. Technique d'irrigation**

Les palmiers sont irrigués généralement par la méthode de submersion ou localisée. Les eaux exploitées proviennent des puits, forages et Foggaras. Les besoins en eau du palmier dattier sont importants, de l'ordre de 2,4 m<sup>3</sup> d'eau par kg de dattes (Djerbi, 1994).

#### **a) Irrigation par submersion des planches**

Pour un arrosage donné par submersion des planches et pour une plantation de 121 pieds/ha (9 mètres entre lignes et entre palmiers) avance un débit de 0,66 l/s, soit 21 000 l/ha/an El Arfiane en Algérie. (Ben Abdallah, 1990) Ce volume est supérieur à celui mesuré dans la station de phoeniculture d'Indio Californie où les palmeraies irriguées par submersion des planches, consomment 15 000 m<sup>3</sup> /ha/an. Dans la région d'Adrar, avec des eaux saumâtres (3 à 4 g/l), le volume utilisé s'est élevé à 35000m<sup>3</sup> /ha/an et un cycle de 8 jours a été adopté. D'après (Girard 1961 in Ben Abdallah, 1990), le taux moyen de 0,8 l/s/ha, avec une eau dosant 7 gr de sel par litre est considéré comme convenable et il apparaît souhaitable d'utiliser 1 l/s/ha en été et 0,6 l/s/ha en hiver. Selon le même auteur, les besoins en Egypte sont estimés à 0,7 l/s/ha, soit environ 22 300 m<sup>3</sup> /ha/an (Ben Abdallah, 1990). Par ailleurs, les travaux réalisés à Malba Tozeur en Tunisie dès 1964 jusqu'en 1970 par le CRUESI montrent que les besoins en eau du palmier dattier sont faibles en décembre janvier, et augmentent pour atteindre leur maximum au cours des mois de l'été (juillet-août septembre) (Ben Abdallah, 1990).

#### **b) Irrigation goutte à goutte**

L'irrigation goutte à goutte consiste à apporter régulièrement et de façon localisée au niveau des racines, la juste quantité d'eau dont la plante a besoin. Les plus utilisés sont les goutteurs intégrés, les boutons et de moins en moins les goutteurs en ligne. Ces trois types de goutteurs sont des organes de distribution, dont la conception particulière permet de délivrer l'eau à faible débit, dans des conditions de régime turbulent. Ces différents goutteurs existent sous une forme autorégulant présentant l'avantage de délivrer un débit homogène, même quand la pression varie à l'intérieur d'une gamme (Dalhoum, 2016) (Figure10).



Figure 10: Irrigation gout a gout (Kalboussi, 2018)

### c) Irrigation par bassin

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond relativement plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée (Brouwer, 1990) (Figure11).



Figure 11: Irrigation par bassin (Abdi & Boumakel, 2020)

### III.5. Ressource hydrauliques alimentant les palmeraies

Les palmeraies peuvent être irriguées à partir de cours d'eau, à l'aide de ressources hydrauliques du sous-sol (nappe de faibles profondeurs ou de grandes profondeurs, nappes artésiennes etc.), parfois l'eau peut être recueillie à partir des galeries filtrantes, Foggara ou Khettara (Djerbi, 1994).

- ✓ Les foggaras ou Khettara : les foggaras sont des galeries drainantes pratiquées dans des nappes aquifères superficielles. Leur installation est très ancienne. Elles exigent que les palmeraies soient installées sur le flanc d'une dépression.
- ✓ Les puits et petits forages : les puits sont utilisés traditionnellement là où existaient des nappes aquifères peu profondes. Les systèmes de puisage vont de l'antique balancier à la pompe électrique. Ces palmeraies sont installées dans des vallées d'oued
- ✓ La nappe phréatique : les palmiers sont plantés directement dans la nappe aquifère superficielle. Cette pratique, très ancienne, est particulièrement connue dans le Souf (Algérie).
- ✓ Les grands forages artésiens : création de palmeraies entièrement nouvelles, sur des espaces auparavant désertiques.

### III.6. Besoins en eau du palmier dattier et besoins nutritionnels du palmier dattier

#### a) Besoin en eau du palmier dattier

L'eau est un élément constitutif de la plante, les tissus végétaux contiennent de 60% à 95% d'eau. Chaque kilogramme de matière sèche nécessite pour son élaboration, qui varie selon les espèces et les conditions climatiques (Djerbi, 1994).

Les besoins en eau des palmiers dépendent de la qualité des eaux d'irrigation, du type sol (capacité drainante), du niveau des nappes, de la présence ou non de cultures sous le palmier, mais surtout des conditions climatiques. En effet, les conditions climatiques (évapotranspiration) permettent de calculer ces besoins (Hami, 2013).

Les besoins hydriques du palmier dattier varient selon la situation géographique des oasis dans les pays producteurs de dattes. Le palmier dattier a besoin d'environ 115 à 306 m<sup>3</sup> d'eau par an. En Algérie, pour une densité de plantation de 130 palmiers par hectare, les besoins en eau varient entre 22750 et 21344 m<sup>3</sup> / ha / an (Jus, 1900 in Djerbi, 1994) et (Hussein et al.,

1979). Cependant, dans les pays où les oasis présentent 120 palmiers par hectare, les besoins en eau varient de 13800 à 36720 aux U.S.A. (Nixon, 1959), et de 24640 à 36500 en Tunisie (Unesco, 1970 in Djerbi, 1994).

Les doses et fréquences d'irrigation changent en fonction des saisons et la nature des sols cultivés. En hiver, stade zéro de végétation, les palmiers dattiers ont des besoins en eau réduits. Au printemps, les besoins en eau augmentent car le palmier passe par une intense activité correspondant à la sortie des inflorescences, à la floraison, à la fécondation, à la nouaison et à la sortie de nouvelles palmes. Les besoins atteignent leur maximum en été à cause de l'évolution rapide de la formation des fruits et l'évapotranspiration potentielle élevée. Au début d'automne, les besoins en eau sont encore considérables, puisque cette période correspond à celle du cycle de maturation des dattes et la formation de nouvelles palmes. A la fin de l'automne, malgré la baisse des températures, il est déconseillé de diminuer les doses d'irrigation, parce que le cycle de maturation des dattes n'est pas terminé et la récolte risque de s'abaisser fortement (Djerbi, 1994) et (Monciero, 1950), conclut sur la base d'étude précédente à la palmeraie d'El-Arfiane, en Algérie, que le volume  $26383 \text{ m}^3 / \text{ha} / \text{an}$  est réparti par une irrigation par semaine en saison fraîche et deux irrigations par semaine en saison chaude. (Nixon, 1959), estime que le volume annuel d'eau par hectare devrait être deux fois important en sol léger par rapport au sol lourd. La fréquence d'irrigation change aussi en fonction des apports de nappe phréatique et de la pluie (Munier, 1973), à Kankassa en Mauritanie, définit les volumes d'irrigation en fonction de trois saisons :

- ✓ En saison sèche et fraîche, de décembre à février, avec une nappe phréatique à moins de 2 m, il faut apporter au palmier dattier  $1500 \text{ m}^3$  d'eau par semaine,
- ✓ En saison sèche et chaude, allant de mars à juin et d'octobre à novembre, avec une nappe se trouvant entre 2,5 et 3 m de profondeur, il faut apporter au palmier dattier  $1500 \text{ m}^3$  d'eau tous les cinq jours
- ✓ En saison des pluies, juillet à septembre, il faut arrêter les irrigations, car la pluviométrie est supérieure aux besoins hydriques. La qualité des eaux phréatiques superficielles et des eaux d'irrigation doit être pris en considération dans le calcul de la dose d'irrigation. En nappe phréatique douce, il faut déduire les quantités d'eau, que le palmier peut utiliser de la nappe, des besoins totaux en eau d'irrigation. En cas de nappe chargée en sels ou d'eau d'irrigation salée, il faut augmenter les apports d'eau pour diluer la nappe en vue de son drainage et permettre une bonne lixiviation des sels dans le sol (Djerbi, 1994).

### **b) Besoin nutritionnels du palmier dattier**

La culture traditionnelle du palmier dattier dans le vieux monde utilise peu de fertilisants (Carpenter, 1981), notamment dans les pays arabes où on utilise dans les meilleurs cas un amendement organique chaque année ou tous les trois années (Ibrahim & Khalifa, 1998). La fertilisation du palmier dattier a été peu utilisée dans l'ancien monde. Dans la majorité des régions, la fertilisation est basée sur la richesse des eaux en éléments fertilisants ou sur les apports organiques (Cook, 1925). Dans la culture du palmier dattier, il faut entretenir la fertilité du sol et contrôler le taux d'humidité dans ce dernier (Schoonover, 1935).

Le palmier dattier a besoin d'azote, de phosphore et de potassium pour sa croissance et sa production de dattes. Pour un palmier, une production de 40 kg de dattes nécessite 0,6 kg d'azote par an, 0,08 kg d'acide phosphorique par an et de 0,26 kg de potasse par an (Toutain, 1979).

L'absorption des éléments fertilisants évolue avec le cycle de croissance du palmier dattier (Nixon, 1959). Le diagnostic foliaire sur des palmes de même âge physiologique permet l'estimation des besoins en éléments fertilisants (Martin-Prevel et *al.*, 1984). Les études montrent que l'absorption des éléments nutritifs par le palmier dattier varie avec l'âge des palmes et des palmiers, la saison et du cultivar.

### **III.7. Bilan hydrique: les transferts d'eau dans le système sol-palmier atmosphère**

Au vu des conditions climatiques difficiles de la Zone saharienne, la culture du palmier dattier ne se fait qu'avec apport d'eau par irrigation. Les faibles réserves d'eau disponibles nécessitent une bonne gestion de l'irrigation afin de limiter les gaspillages. De ce fait, la connaissance du bilan hydrique est l'un des outils les plus fiables pour le pilotage et la réussite de la phoeniciculture (Hami, 2013).

### **III.8. Effet de stress sur le palmier dattier**

Parmi les facteurs climatique alimentation en eau apparaît comme le facteur de production le plus important. Les conditions pluviométriques optimales pour le palmier se caractérisent par une totale annuelle précipitation atteignant 2000 mm, avec une répartition mensuelle régulière (Hartley, 1988).

Dans les situations écologiques moins favorables, le déficit d'alimentation en eau des palmiers a une influence très importante sur la sexualisation, le taux d'avortement des

florescences femelles et la croissance de la plante. Lorsque la sécheresse se prolonge, on observe l'apparition de troubles végétatifs tels que ceux décrits par (Maillard et *al.*, 1974) en Afrique de l'Ouest, et par (Lubis, 1985) en Indonésie.

- Accumulat de feuilles non ouvertes.
- Dessèchement prématuré des feuilles basses.
- Feuilles vertes cassées. dessèchement des régimes.
- Basculement de l'ensemble du bouquet foliaire. Dans certains cas, ces troubles végétatifs peuvent jusqu'à la mort.

Les stress engendrés par la remontée des eaux phréatiques favorisent la prédominance de plantes tolérantes: hydrophytes, halophytes et gypsophytes. Les stress hydro-salin et mécanique à Ouargla et hydrique à Oued Souf ont des impacts négatifs sur le développement racinaire et la nutrition des palmiers dattiers.

Les stress abiotiques engendrés par l'environnement de ces oasis contribuent à la chute des rendements et au dépérissement des palmiers dans certaines situations extrêmes. Les travaux sur le palmier dattier en rapport avec les contraintes hydriques, mécaniques et salines ont abouti aux propositions :

- De nouveaux modèles de chutes de rendements.
- La classification des palmeraies suivant les niveaux des contraintes (Daddi -Bouhoun et *al.*, 2012).

### **III.9. Biotechnologie végétale et déficit hydrique**

Il est extrêmement difficile de pratiquer une sélection classique efficace pour un caractère aussi complexe que la tolérance au déficit hydrique. Non seulement la variation entre génotypes repose sur de nombreux gènes, mais la nature même du stress hydrique varie selon qu'il intervient progressivement ou soudainement, selon la phase de développement de la culture, selon les caractéristiques pédologiques et enfin en interaction éventuelle avec d'autres contraintes environnementales (Mittler, 2005).

D'un point de vue pratique ce qui importe est la possibilité de maximiser le rendement de la culture dans ces conditions adverses variables. Deux stratégies de construction de variétés tolérantes sont suivies (Parry Maj et *al.*, 2005).

À partir de la variation spontanée, l'analyse des descendance de croisements entre des géniteurs contrastés permet de localiser plus ou moins précisément sur les chromosomes les locus ou les gènes importants pour expliquer ces différences.

- Les marqueurs moléculaires de ces régions favorables peuvent alors être utilisés pour réaliser l'assemblage de ces gènes dans des cultivars : on parle de sélection assistée par marqueurs.
- L'autre stratégie s'appuie sur la connaissance de la fonction de certaines protéines ou de l'analyse de l'effet de mutations induites que celles-ci concernent des gènes de fonction connue ou de fonction inconnue. Des gènes modifiés, en particulier dans leur régulation (surexpression, expression ciblée dans un tissu donné), sont produits par génie génétique et introduits par transgénèse, pour mesurer ensuite leur effet vis-à-vis de divers stress.

les palmiers dattiers sont considérés comme éléments cruciaux pour l'écosystème puisqu'ils protègent la végétation environnante contre l'effet de la désertification et permettent de fournir un microclimat adéquat aux cultures adjacentes (Zougari-Elwed et *al.*, 2012) Toutefois, la sécheresse, la salinité du sol et les maladies fongiques comme la fusariose (*Fusariumoxysporum* sp. *albedenis*) diminue considérablement le rendement des palmiers (Haddouch, 1997).

Le dessèchement des pieds des palmiers dattiers et les cultures sous-jacentes. Le déficit en eau peut produire une carence par défaut d'apport de certains éléments nutritifs et affecte toutes les fonctions de la plante (El Fakhri et *al.*, 2010).

Cependant, pour lutter contre les carences en éléments minéraux, les champignons *mycorhiziens arbusculaires* (CMA) établissent une association symbiotique avec la majorité des plantes terrestres, y compris ceux des zones arides (Stutz et *al.*, 2000). Les (CMA) vivent en symbiose avec les racines des plantes pour un meilleur prélèvement des éléments minéraux, en particulier le phosphore, et ainsi leur permettant de se développer dans des zones pauvres en eau et en éléments minéraux (Boureima et *al.*, 2008). Par ailleurs, les (CMA) peuvent protéger les plantes contre les stress environnementaux tels que la salinité du sol (Giri et *al.*, 2003) la sécheresse (Meddich et *al.*, 2001) et les agents pathogènes tels que la fusariose (Habte et *al.*, 1999).

## **Conclusion Générale**

## Conclusion générale

---

Le palmier dattier est un arbre rustique s'adaptant aux régions les plus arides du monde. C'est une monocotylédone arborescente, dioïque, hétérozygote, de la famille des Arecaceés ou Phoenicicacées sous famille des Coryphoideae, du genre *Phoenix* et de l'espèce *Phoenix dactylifera* L. Il constitue la principale source de vie de la population saharienne (Chahma & Longo, 2001).

Le stress hydrique est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la production végétale (Baatour et al., 2004). Se répercute sur le développement de la plante par :

- Un retard de la floraison, et du développement des grains.
- La réduction de la surface foliaire en conditions sèches diminue la surface évaporative de la plante et limite considérablement la production primaire et une baisse de la photosynthèse.
- La sénescence foliaire conduit également à une allocation préférentielle des ressources vers organes reproducteurs. (Pindar, 2000) et (Attia, 2007).

L'eau est un élément constitutif de la plante, les tissus végétaux contiennent de 60% à 95% d'eau chaque kilogramme de matière sèche nécessite pour son élaboration, qui varie selon les espèces et les conditions climatiques (Djerbi, 1994).

L'adaptation des végétaux au stress hydrique peut être permise par différentes stratégies, et modifications physiologiques potentielles face aux stress sont nombreuses et peuvent se manifester dans différents domaines: photosynthèse, respiration, croissance, gestion de l'eau (Serge, 2019).

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est adapté aux sols de formation désertique et subdésertique très divers, qui constituent les terres des régions arides et semi arides. Durant la dernière décennie, des contraintes biotiques et abiotiques ainsi que des faibles fertilités des sols des palmeraies ont entraîné une destruction intense des palmeraies et une détérioration des écosystèmes, limitant ainsi la production agricole dans ces milieux (Zougari-Elwedi, 2012).

Les palmeraies peuvent être irriguées à partir de cours d'eau, à l'aide de ressources hydrauliques du sous-sol (nappe de faibles profondeurs ou de grandes profondeurs, nappes artésiennes etc.), parfois l'eau peut être recueillie à partir des galeries filtrantes, Foggara ou Kheffara (Djerbi, 1994).

Dans les situations écologiques moins favorables, le déficit d'alimentation en eau des palmiers a une influence très importante sur la sexualisation, le taux d'avortement des florescences femelles et la croissance de la plante. Lorsque la sécheresse se prolonge, on observe l'apparition de troubles végétatifs tels que ceux décrits par (Maillard et al., 1974) en Afrique

## Conclusion générale

---

de l'Ouest, et par (Lubis, 1985) en Indonésie accumulat de feuilles non ouvertes, dessèchement prématuré des feuilles basses, feuilles vertes cassées de sèchement des régimes, basculement de l'ensemble du bouquet foliaire. Dans certains cas, ces troubles végétatifs peuvent jusqu'à la mort. est extrêmement difficile de pratiquer une sélection classique efficace pour un caractère aussi complexe que la tolérance au déficit hydrique. Non seulement la variation entre génotypes repose sur de nombreux gènes, mais la nature même du stress hydrique varie selon qu'il intervient progressivement ou soudainement, selon la phase de développement de la culture, selon les caractéristiques pédologiques et enfin en interaction éventuelle avec d'autres contraintes environnementales (Mittler, 2005).

Les stratégies et les solutions de la biotechnologie :

- Les marqueurs moléculaires de ces régions de niche peuvent être utilisés pour effectuer le regroupement de ces gènes en taxons.
- L'autre stratégie s'appuie sur la connaissance de la fonction de certaines protéines ou de l'analyse de l'effet de mutations induites que celles-ci concernent des gènes de fonction connue ou de fonction inconnue. Des gènes modifiés, en particulier dans leur régulation (surexpression, expression ciblée dans un tissu donné), sont produits par génie génétique et introduits par transgénèse, pour mesurer ensuite leur effet vis-à-vis de divers stress.
- Les (CMA) vivent en symbiose avec les racines des plantes pour un meilleur prélèvement des éléments minéraux, en particulier le phosphore, et ainsi leur permettant de se développer dans des zones pauvres en eau et en éléments minéraux (Boureima et *al.*, 2008). Par ailleurs, les (CMA) peuvent protéger les plantes contre les stress environnementaux tels que la salinité du sol (Giri et *al.*, 2003) la sécheresse (Meddich et *al.*, 2001) et les agents pathogènes tels que la fusariose (Habte et *al.*, 1999).

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- **Abdelguerfi, A. (1994)**. Autoécologie de quelques légumineuses spontanées d'intérêt fourrager et pastoral en Algérie. Les Colloques de l'INRA.
- **Abdi, M. & Boumakel, O. (2020)**. Etude et réalisation d'un système d'irrigation automatisé avec monitoring. Mém Master. Univ. Ouargla .6p.
- **Aberlenc-Bertossi, F. (2012)**. La détermination du sexe du palmier dattier. Dia de news letters, 1-8.
- **Aberlenc-Bertossi, F. Chabrillange, N. Duval, Y. & Tregear, J. (2008)**. Contrasting globulin and cysteine proteinase gene expression patterns reveal fundamental developmental differences between zygotic and somatic embryos of oil palm (Vol. 28). Tree Physiology.
- **Achoura, A. (2013)**. Contribution à la connaissance des effets des paramètres écologiques oasiens sur les inflections des effectifs chez les populations de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* Targ 1868 ( Homoptera, Diaspididae) dans la région de B. Biskra: Thèse de doctora. université Mohamed Kheider.
- **Ait Yahiaa, L. & Zemmoura, H. (2014)**. Etude de l'effet d'un stress oxydatif et le système défensif enzymatique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mém Master. Univ. Constantine 1. 65p.
- **Al-Dosary, N. Al-Dobai, S. & Faleiro, J. (2016)**. Review on the management of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier in date palm *Phoenix dactylifera* L. Emir. J. Food Agr.
- **Ali, A. (2021)**. Insectes de la couronne du palmier dattier dans la phoeniculture traditionnelle et nouvelle à Djibouti. Montréal: Université de Montréal.
- **Allam, A. (2007)**. Etude de l'évolution des infestations du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L 1793) par *parlatoria blanchardi* Targ. (Homoptera, Diaspididae) dans quelques biotopes de la région de Touggourt. Alger: Thèse. Mag. INA. El-Harrach.
- **Allam, A. (2008)**. Etude de l'évolution des infestations du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L, 1793) Par *Parlatoria blanchardi* TARG. (Homoptera Diapididae TARG.1982) dans quelques biotopes de la région de Touggourt. Thèse de doctorat INA.
- **Amenas, Y. (2007)**. Caractérisation de la réponse physiologique d'*Atriplexhalimus* L. et *Atriplexcanecens* sous l'effet de stress hydrique. Thé. Mag. Univ. Oran Es senia. 132p.
- **Amin, R. (1990)**. Recherche sur le palmier dattier (tome II). Alger: Centre National d'agronomie.
- **Amorsi, G. (1975)**. Le palmier dattier en Algérie. Tlemcen.
- **Anjum, I. El-Ghorab, H. Khan, I. M, N. S, H. & Arshad M, S. (2012)**. Phytochemical characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit extracts. Journal of Food Sciences, 22(3), 117-127.
- **Anonyme, A. (1990)**. Les Brèves de la Cellule 10 (Vol. 10). COURRIER DE LA CELLULE ENVIRONNEMENT INRA.
- **Araus, J. Slafer, G. Reynolds, M. P. & Royo, C. (2002)**. Plant Breeding and drought in C-3 cereals: what should we breed for? Ann. Bot (89) 925- 940.

## Références bibliographiques

---

- **Athar, H. & Ashraf, A. (2005).** Photosynthese Under drought stress. In: Herdbook of Photosynthese. (Ed.); M. Pessaraki, CRC Press, Taylor and Francis Group, NY. pp 793-804.
- **Attia, F. (2007).** Effet du stress hydrique sur le comportement Eco physiologique et la maturité phénologique de la vigne (*Vitis vinifera L.*): étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse INP, Toulouse (France) ,194p.
- **Baatour, O. Mrah, S. et Benbrahim, N. (2004).** Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrussativus*) à la salinité du milieu. Revue des régions arides. 1:346-358.
- **Babahani, S. (1998).** Contribution à l'amélioration de quelques aspects de la conduite du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). Alger: Mémoire de magister, INA, El-Harrach.
- **Babahani, S. (2011).** Analyses biologique et agronomique de palmiers mâles et conduite de l'éclaircissage des fruits chez les cultivars Ghars et Deglet Nour. Thèse de doctorat. ENSA.
- **Bacelar, E. L. V. A. B. M. C. G. José, M. Moutinho-Pereira C. V. Q, Brito, J. Comes-Laranjo, H. M. F. F. & Correia, C. M. (2012).** Water Use Strategies of Plants under Drought Conditions Page in R. Aroca, editor. Plant Responses to Drought Stress Springer.
- **Baier, M.A. Kandlbinder, D. Colldack, and K. Daïez. (2005).** Oxidative stress and ozone-perception, signalling and response. PDF:1012-1020.
- **Baret, F. (1999).** Potentiel de la télédétection pour l'agriculture de précision. L'enjeu français de l'agriculture de précision, pp. 8-11.
- **Barrow, S. Pintaud, J. Zehdi, S. Couvreur, T. Henderson, S. Aberlenc-Bertossi, F. &Billotte, N. (2010).** Species delimitation in the genus Phoenix (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the date palm (*Phoenix dactyliferaL.*). Diversity, phylogeny, and evolution in the monocotylédones.
- **Belguedj, M. (2002).** Les ressources génétiques du palmier dattier: caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est algérien. I.N.R.A.A. Alger.
- **Belguedj, M. (2007).** Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie. INRAA El-Harrach.
- **Belhabib, S. (1995).** Contribution à l'étude de quelques paramètres biologiques (croissance végétative et fructification) chez deux cultivars (Deglet-Nour et Ghars) du palmier dattier (*Phoenix dactylifera. L.*) dans la région de Oued Righ. Batna: Mémoire, ING, Agro.
- **Benabdallah, A. (1990).** La phoeniciculture: Option méditerranéens série A.N11. Les systèmes agricoles oasiens.
- **Benjelloun, M. Rais, C. Wahid, N. El Ghadraoui, L. & Alaoui Mhamdi, M. (2013).** Evaluation de la tolérance de *Myrtus communis L.*, au stress hydrique au stade germinatif. Bull. Inst. Sci., Rabat, Section Sciences de la Vie, 35 : 19-26.
- **Benosmane, C. &Gharbi, S. (2017).** Etude des paramètres de germination chez quatre génotypes de maïs (*Zea mays L.*) sous stress hydrique. Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

## Références bibliographiques

---

- **Benziouche, S. (2008).** L'impact du PNDA sur les mutations du système de production oasien dans le sud algérien 11 (Vol. 4).
- **Blum, A. (1996).** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant. Growth Regulation 20, pp. 135-148.
- **Blumberg, D. (2008).** Review: Date palm arthropod pests and their management in Israel. Phytoparasitica.
- **Bootsma, A. Boisvert, J. B. Dejong, R. & Baier, W. (1996).** La sécheresse et l'agriculture canadienne. Sécheresse : 277 - 285 P.
- **Bouchabke, O. Tardieu, F. & Simonneau, T. (2006).** Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays L*) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in water-saturated soil. Plant CEA and Environment, 29(6): 1138-1148.
- **Boughediri, L. (1994).** Le pollen du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L*) approche multidisciplinaire et modélisation des différents paramètres en vue de créer une banque de pollen. Thèse de Doctorat de l'université de paris.
- **Bouguedoura, N. (1979).** Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L*) .étude des productions axillaires. Alger: Thés Doc. Uni. Sci Et de la Tech.
- **Bouguedoura, N. (1982).** Development and distribution of axillary buds in *Phoenix dactylifera L*. Proceeding of the first symposium of the date palm.
- **Bouguedoura, N. (1991).** Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier. Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs. Alger: Thèse de Doctorat. U.S.T.H.B.
- **Bouna, Z. (2002).** Contribution à l'étude bio systématique, ethnobotanique, biochimique, alimentaire et diététique de 11 cultivars de dattiers, (*Phoenix dactylifera L*), des palmeraies de Mauritanie. Dakar: Thèse de doctorat. Thèse de 3ème cycle. Département de biologie végétale, Université CHEIKH ANTADIOP.
- **Bounaga, N. & Djerbi, M. (1990).** Pathologie du palmier dattier. Options Méditerranéennes.
- **Boureima, S. Diouf, M. Diop T.A. Diatta, M. Leye, E.M. Ndiaye, F. Seck D. (2008).** African Journal of Agricultural Research.234-238.
- **Bouthiba, A. (2007).** Optimisation d'irrigation de complément du blé dans la région de Chlef, Thèse de docteur d'état en Science Agronomique, Université de Chlef, p112.
- **Boyer, J. (1982).** Plant productivity and environment. Science, vol. 218, PP.443-448.
- **Boyer, J. (1996).** Advances in Drought Tolerance in Plants. Page Advances in Agronomy. Elsevier Masson SAS.
- **Bray, E. (1997).** Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science 2: 48-54.
- **Brouwer, C. (1990).** Méthodes d'irrigation, GESTION DES EAUX EN IRRIGATION Manuel de formation n° 5.
- **Brugnoli, E. et Lauteri, H. (1991).** Effect of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant

## Références bibliographiques

---

(*Gossypium hirsutum* L.) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-halophytes. *Plant Physiol*, 95: 628-635.

- **Caloz, R. & Puech, C. (1996).** Hydrologie et imagerie satellitaire. In Précis de télédétection, volume 2, applications thématiques. edited by Presses de l'université du Québec.
- **Carpenter, J.B. (1981).** Improvement of traditional date culture. *Date Palm J.*, 1(1) : 1-16.
- **Chabrolin, C. (1930).** Les maladies du Dattier. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 557-566.
- **Chafai, S. (2012).** Etude de l'effet du stress hydrique sur une collection de lignée de *Medicago truncatula*. Mem. Master. Univ .ENSA El Harrache Alger.83 P.
- **Chaffel, C. Pageau, K. & Suzuki, A. (2004).** Cadmium toxicity induced changes in nitrogen in *Lycopersicon esculentum* leading to metabolic safeguard through an amino-acid storage strategy plant. *Cell Physiology*, 45: 1681-1693.
- **Chahma, A. & Longo, H. (2001).** Valorisation des sous-produits du palmier dattier vue de leur utilisation en alimentation du Bétail .Rev: *Energ Ren : Production et valorisation - Biomasse*.
- **Chao, C. & Krueger, R. (2007).** The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of biology uses, and cultivation. *Hort. Sci.*
- **Chaves, M. Pereira, J. S. Maroco, J. Rodrigues, M. L. Ricardo, C. P. Osorio, L. M. (2002).** How plants cope with water stress in the field. *Photosynthesis and growth*. *Ann Bot*, 89, 907-916.
- **Chelli, A. (1996).** Etude bio-écologique de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* Targ (Hom.Diaspididae). A Biskra et ses ennemis naturels. Mémoire.Ing.INA. EL- Harrach.
- **Chen, H. and Jiang, J. G. (2010).** Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environmental Reviews* 18:309-319.
- **Cook, C.E. (1925).** Fertilization of date palms. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 2: 1.
- **Daddi Bouhoun, M. Saker, M.L. Boutoutaou, D. Brinis, L. et Ould Elhadj M.D. (2012).** Effets du niveau des nappes phréatiques sur la variabilité spatiale de la salinité des sols à l'Oued Souf (Sahara septentrional algérien). *Bulletin du GFHN*, Vol 58 : 223-226.
- **Dalhoum, A. (2016).** Développement d'une nouvelle solution analytique pour la modélisation d'un échangeur géothermique hélicoïdal à boucle horizontale (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- **Damour, G. (2008).** Bases théoriques et approches expérimentales de la modélisation des effets de la contrainte hydrique sur les échanges gazeux foliaires du manguier et du litchi. Thé. Doc. Univ. Réunion. 284p.
- **Dawnton, W. Loveys, B. R. & Grant, W. J. (1990).** Salinity effects on the stomatal behaviour of grapevine. *New Phytologist*, 116: 499-503.
- **De la Perrière, B. & Ali, R. (1995).** Le palmier-dattier.

## Références bibliographiques

---

- **Debaeke, P. Cabelguenne, M. Casals, I. & Puech, J. (1996).** Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epiéphase-Blé. *Agronomie*, EDP Sciences, 16,1, p.25-46.
- **Djerbi, M. (1982).** Bayoud disease in North Africa: history, distribution, diagnosis and control. *Date Palm J.*
- **Djerbi, M. (1988).** Les maladies du palmier dattier.
- **Djerbi, M. (1990).** Méthodes de diagnostic du Bayoud du palmier dattier 1. *EPPO Bulletin*.
- **Djerbi, M. (1994).** Précis de phéniculture. F.A.O; Rome.p192.
- **Downton, W. Loveys, B. R. & Grant, W. J. (1990).** Salinity effects on the stomatal behaviour of grapevine. *New Phytologist*, 116: 499-503.
- **Dugo, M. (2002).** Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. . These Université de Poitiers (France). 189p.
- **Durand, J.L. (2007).** Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques. *Acte de Journées de l'APFP 190:181-195.*
- **Dutto M. (2006).** Osservazionibionomiche geonemiche su *Potosia opaca* (Fabricius, 1787) (Coleoptera, Cetoniidae). *Atti. Soc. Ital. Cci. Nat.*
- **El Bellaj, M. El Hadrami, I. (2004).** Characterization of two non-constitutive hydroxycinnamic and derivatives in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) callus in relation with tissue browning. *Biotechnology*, 3 (2): 155-159.
- **El Fakhri, M. Mahboub, S. Benchekroun M. Nsarellah, N. (2010).** Nature et Technologie. 3 (2010) 6-12.
- **EL Hadrami, I. (1995).** L'embryogenèse somatique chez *Phoenix dactylifera* L. : quelques facteurs limitants et marqueurs biochimiques. Thèse d'Etat. Université Cadi Ayyad. Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 227 p.
- **Elhadrami I, & Elhadrami, A. (2009).** Breeding date palm. Univ- Marrakech.
- **Elhoumaizi, M. Saaidi, M. Oihabi, A. & Cilas, C. (2002).** Phenotypic diversity of date- palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Morocco. *Genet Res Crop*.
- **Ellissèche, D. Rousselle, P. Robert, Y. & Crosnier, J. (1996).** D. aspects physiologiques de la croissance et du développement. In : Rousselle, La pomme de terre: Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. Paris. Editions Quae, 607 p.
- **El-Nadjar, M. (1998).** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologique et biochimiques du fruit de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la vallée l'Oued-Righ. Ouargla: Mémoire d'ing.agr. INFS / AS.
- **Enaimi, JH, & Jafar, A. (1980).** La physiologie et la morphologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L). Iraq: Institut d'Agronomie.
- **Espiard, E. (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Tech et Doc- Lavoisier.
- **Faci, M. (2019).** Ypology and varietal biodiversity of date palm farmsin the North-East of Algerian Sahara. *Journal of Taibah University for Science*, 764-771.

## Références bibliographiques

---

- **FAO. (2007).** La situation mondiale d'alimentation et de l'agriculture. Rome, Italie: Collection FAO: Agriculture.
- **FAO. (2010).** FAOSTAT. Food and Agriculture Organization.
- **FAO. (2013).** FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of United Nations.
- **FAOSTAT. (2018).** production FAOSTAT Food and agriculture Organisation of the United Nations (date de la consultation 10/01/2014).
- **FAOSTAT. (2020).** Production FAOSTAT Food and agriculture Organisation of the United Nations. Rome.
- **Fardeau, J. & Frossard, E. (1991).** PROCESSUS de transformation du phosphore dans les sols de l'Afrique de l'Ouest semi-arides: Application au phosphore assimilable. In Tiessen H and Frossard E. (Eds) "Phosphorus cycles in terrestriai and aquatic ecosystems: regional workshop 4: Africa" S. C. o.P.E.IUNEP Nairobi Kenya, pp 18-22.
- **Farook, M. W. Kobayashi, D. Fujita, a. M. & Basra. (2009).** Review article Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev 29:185-212.
- **Fernandez, D. Lourd, M. Ouiten, M. Tantaoui, A. & Geiger, J. (1995).** Le bayoud du palmier dattier-Une maladie qui menace la phéniciculture. Phytoma-La défense des végétaux.
- **Fontenay, U. (1960).** Date growing in Australia. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 26, 57-246.
- **Gassert F. Landis M, Luck M. et al. (2013).** Aqueduct global maps 2.0 working paper. World resources Institute, Washington, DC.
- **Giblin-Davis, R. Faleiro, J. Jacas, J. Pena, J. & Vidyasagar, P. (2013).** Coleoptera: Biology and management of the red palm weevil, *Rhyncho phorus ferrugineus*. In Peña J.E.ed., Potential Invasive Pests of Agricultural Crop Species. CABI Wallingford, UK.
- **Gilabert, M.A. Gonzalez- Piqueras, J. Garcia-Haro, F. J. and Melia, J. (2002).** A generalized soil-adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, Vol. 82, No. 2-3, pp. 303-310.
- **Girard, P. (1962).** Le palmier dattier. Mara, Direction départementale de l'agriculturedes oasis. A sidi- Mahdi Touggourt.
- **Giri, B. Kapoor, R. Mukerji, K.G. (2003).** Biol. Fertil. Soils. 38; 170-175p.
- **Habte, M. Zhang, Y.C. (1999).** Schmitt D.P. Can. J. Bot. 77:135-139p.
- **Haddouch, M. (1997).** Bulletin de liaison du programme Nationale de Transfert de technologie en agriculture. 31: 15p.
- **Hadjari, M. & Kadi Hanifi, M. (2005).** La mise en oeuvre de la fermentation de jus de datte étude cinétique et biochimique. Mémoire Ing. Sciences alimentaire. Mascara.
- **Halilat, M. T. (2004).** Irrigation/Fertigation Status in Algeria. *IPI*. Cas de Sahara, terre irriguée.
- **Hami, S.A. (2013).** Etude de l'alimentation hydrique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans le contexte pédoclimatique de la zone littorale de la République de Djibouti. Thèse de doctorat. Université d'Orléans. 55p.

## Références bibliographiques

---

- **Hartley, C. (1988).** The palm. Third edition Longman group limited, London-New York 761 p.
- **Hilgeman, R. (1972).** History of date culture and research in Arizona. Rep Annu Date Grow Inst.
- **Hilgeman, R. & Sharples, G. (1951).** The influence of irrigation and bunch management upon shrivel of the Maktoom date.
- **Hireche, Y. (2006).** Reponse de la luzerne (*Medicago sativa L.*) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de Magister, Université Al Hady Lakhdar-Batna (Algérie) ,83p.
- **Hoddle, M. & Hoddle, C. (2015).** Evaluation of three trapping strategies for the palm weevil, *Rhynchophorus vulneratus* (Coleoptera: Curculionidae) in Sumatra, Indonesia. Pak. Entomol.
- **Hopkins, W. (2003).** Physiologie végétale 2éme. édition De Boeck. Boeck. Bruscelles: 476 P.
- **Hossain, M. A. S. H, Wani, S. Bhattacharjee, D. J. Burritt, and L. S. P. Tran. (2016).** Drought Stress Tolerance in Plants. Vol 1: Physiology and Biochemistry, pp: 526, Springer.
- **Hussein, F. EL Kahtani, M. Wali, Y. (1979).** La culture du palmier et la production de dattes dans le monde arabe et islamique. Impr. Ain Chams, 576.
- **Ibrahim, A.M. Khalifa, M.N.H. (1998).** Palmier dattier. Culture, entretien et production dans le monde arabe. Monchaat El-Maarif, Alexandrie, 756 p.
- **Inra. (2006).** Sécheresse et agriculture: réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective 76p.
- **Jahiel, M. (1989).** Intéret et particularités du palmier-dattier dans les zones en cours de désertification: exemple du sud-est du Niger. Thèse de doctorat.
- **Jalleel, C. Gopi, R. Sankar, B. Manivannan, P. Kishorekumar, A. Sridharan, R. (2007).** Etude des mécanismes agro physiologiques, morphologiques et moléculaires Etude des mécanismes agro physiologiques, morphologiques et moléculaires stress. South African Journal of Botany 73, 190-195.
- **Josis, P. Ndayishimiye, V. & Rénard, C. (1983).** Etude des relations hydriques chez *Coffea arabica L.* II. Evaluation de la résistance à la sécheresse de divers cultivars à Gisha (Burundi).Café, cacao, the (Paris), 27(4), 275-281.
- **Kabongo T. (2018).** Evaluation de la sensibilité aux stress hydriques du maïs (*Zea mays L.*) cultive dans la savane du sud-ouest de la RD Congo, cas de mvuazi. Thè.Doc. Univ. KINSHASA 1. 161p.
- **Kalboussi M. (2018).** Oasis Tunisiennes: l'urgence d'encadrer l'exploitation de l'eau.
- **Kneyta, M. & Doulbeau, S. (2010).** Le palmier dattier en Mauritanie.
- **Kogan, F. N. (1995).** Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research. Vol.15, No. 11, pp. 91 - 100.
- **Kramer, J. & Boyer, J. S. (1995).** Water Relations of Plants and Soils *Academie Press, Inc.* A Division of Harcourt Brace & Company 525 B Stress, Suite 1900, Son Diego, California 92101-4495: 482p.

## Références bibliographiques

---

- **Lamaze, T. Tousch, D. Sarda, X. Grignon, C. Depigny-This, D. Monneveux, P. (1994).** Résistance de plantes a la sécheresse mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45:75-85.
- **Lazali, M. (2009).** Etude de la symbiose à rhizobium chez l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) cultivée sous contrainte hydrique: aspects morpho-physiologiques et agronomiques. Thèse de magister, ENSA (ex, INA), EL Harrach. Algérie, 72 p.
- **Lebachiche, I. & Benkadja, S. (2019).** Quantification du stress hydrique avec un modèle de culture sur quelque génotype de blé dur (*Triticum durum*), durant plusieurs campagnes en milieu semi-aride. Mémoire de master en biologie. Option Amélioration des plantes. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A Algérie, 47p.
- **Lebon, E. (2006).** Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert.
- **Levitt, J. (1980).** Reponses of Plant to Environmental Stress: Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Academic Press, New York, 365p.
- **Lezzar, H. & Meziani, A. (2015).** Recherche in silico et conception d'amorce des gènes de tolérance au stress abiotique chez le blé. Mémoire. Université des Frères Mentouri Constantine 1.P:3-10.
- **Lubis H Adhn, U. (1991).** Kalapa sawit Thailand Buell Pusal Panel Jtian Perkebunan Manhat 11, 01, 23-24p.
- **Ludlow, M. (1989).** Strategies of response to water stress. Pages 269.281 in K. Kreeb, H. Richter, and T. Hinckley, editors. Structural and functional responses to environmental stresses. SPB Academic, The Hague. The Netherlands.
- **Luquet, D. (2002).** Suivie de l'état hydrique des plantes par infrarouge thermique - analyse expérimentale et modélisation 3d de la variabilité des températures au sein d'une culture en rang de cotonniers: Institut National Agronomique Paris-Garignon, Paris.
- **Maatalah, M. (2004).** Contribution à l'étude de la conservation des dattes de la variété Deglet-Nour: Isotherme d'adsorption et de désorption. Alger: Mem. Ing; El Harrache.
- **Madhava Rao, K. Raghavendra, A. S. & Janardhan Reddy, K. (2006).** Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer. 1 - 4 p.
- **Madkouri, M. (1976).** Parlatoria blanchardi Targ.: Cochenille blanche des Palmacées. In: DRA (Ed) Ravageurs et maladies des plantes cultivées au Maroc. Direction de la Recherche Agronomique (DRA), Rabat.
- **Mahajan, S. & Tuteja, N. (2005).** Cold, salinity and drought stresses. Arch. Biochem. Biophys. 444, pp. 139-158.
- **Mahmoudi, H. Hosseinia G, H. Azadi, H. & Fatemi, M. (2008).** Enhancing date palm processing, marketing and pest control through organic culture (Vol. 3).
- **Maillard, G. Danieln, C. Ochs, R. (1974).** Analyse des effets de la sécheresse sur le palmier à huile Oléagineux, 42, 29, (8-9), 397- 404p.
- **Maire, R. (1957).** Flore de l'Afrique Nord. glumiflorae, cypreacae, principes, spathiflorales, commelinales. (Vol. IV). Paris.: Paul-Chevalier.

## Références bibliographiques

---

- **Malcolm, P. (2006).** Historical information on the anciently referenced Date Palm tree *Phoenix dactylifera*.
- **Marouf, A. & Reyanaud, J. (2007).** la botanique de A à Z. 1662 définitions. Ed Dunod .P 286.
- **Martin-Prevel, P. Gagnard, J. Gautier, P. (1984).** Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Tech. Docum. Lavoisier, Paris, 810 p.
- **Masmoudi-Allouche, F. Meziou, B. Kriaa, W. Garouri, R. Drira, N. (2011).** In Vitro Flowering of Date Palm.
- **Meddich, A. Boumezzough A. (2017).** First detection of *Potosia pacalarva* attack on *Phoenix dactylifera* and *P. canariensis* in Morocco: focus on pests control strategies and soil quality of prospected palm groves. J. Entomol. Zool. Stud.
- **Meddich, A. (2001).** Thèse de Doctorat, Université Cadi Ayyad de Marrakech (Maroc) 234p.
- **Messar, E. (1996).** Le secteur phoenicicole algérien; situation et perspectives à l'horizon 2010. Options méditerranéennes.
- **Mico, E. & Galante, E. (2003).** Larval morphology and biology of fourth *Netocia* and *Potosia* species (Coleoptera: Scarabaeoidea: Cetoniidae: Cetoniinae). Eur. J. Entomol.
- **Mittler, R. (2005).** Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends Plant Sci 11: 15-9.
- **Monciéro, A. (1950).** Contribution à l'étude du palmier dattier. Premiers résultats d'essais de fumure et de ciselage. Ann. Inst. Agr. Alger, t. V, fasc. 6 : 12 p.
- **Mouhouche, B. (2001).** Effets du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement de quatre légumineuses alimentaires à grosses graines.
- **Moulay, H. (2003).** Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc. Maroc: Rabat- Instituts.
- **Munier, P. (1973).** Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales. G. P. Maisonneuve & Larose, Paris, 221 p.
- **Nixon R, W. (1966).** Growing dates in the United States - Agriculture information Bulletin. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture.
- **Nixon, R. (1947).** Can date palm carry too many leaves? (Vol. 24). Ann.Rep.Date growers Inst.
- **Nixon, R. (1957).** Effect of geand number of leaves on the fruit production of the date palm. Ann. Rep. Date growers'Inst.
- **Nixon, R.W. (1959).** Growing dates in the United States. U.S. Dept. Agr, Agr. Info. Bul., 207, 56 p.
- **Parida, A. & Das, A. B. (2005).** Salt tolerance and salinity effect on plants. Review Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349 .
- **Parry, M. Flexas, J .et Medrano, H. (2005).** Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions. Ann Appl Biol 147: 211-26p.
- **Passiour, J. (2006).** The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives; Journal of Experimental Botany, first published; Oxford Journals, 5p.

## Références bibliographiques

---

- **Pelletier, G. (2013).** Comment la génétique pourra contribuer à l'adaptation des plantes au déficit hydrique. <https://Inra-dam-front-resources.cdn.brainsonic.com/ressources/afile/295585-454ef-resource-revue-de-l-academie-d-agriculture-plantes-et-secheresse.html>.
- **Pereau-Leroy. (1958).** Le palmier dattier au Maroc. Maroc: Service de recherche Agronomique, Ministère de l'Agriculture.
- **Peyron, G. (1989).** Importance du mâle pour la production dattier .Travaux de recherche et d'information pour le développement de l'Agriculture d'Oasis.
- **Peyron, G. (2000).** Cultiver le palmier dattier. France: G.R.D.A.O.Montpellier.
- **Pindar, A. (2000).** La relation stress hydrique- rendement du maïs en Bresse: quelle perspective de spatialisation? Utilisation d'un simulateur de culture (STICS). Mémoire d'ingénieur d'Agronomie, Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon. P86.
- **Poormohammad Kiani, S. (2007).** Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annuus L.*) soumis à la sécheresse. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- **Reddy, T. Reddy, V.& Anbumozhi, V. (2003).** Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogaea L.*) to drought stress and its amelioration: a critical review. . Plant Growth Regulation 41 ,75-88.
- **Rhouma, A. (1996).** Le palmier dattier en Tunisie: un secteur en pleine expansion. M. Ferry et D. Greinier (éds), Le palmier-dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens. CIHEAM/Estacion Phoenix.
- **Saleh, A. F. M. (1987).** The effect of supplementary irrigation on rice yield in Bangladesh. *International Rice Research Newsletter*, 12(1), 25-26p.
- **Schoonover W, R. (1935).** Some suggestions on soil management in date gardens. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 12: 4-6p.
- **Sedra, M. (2003).** Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc. INRA.
- **Serge, H. (2019).** L'adaptation des plantes aux changements climatiques et environnementaux. In: Serge, H. 2019. L'odyssée des plantes sauvages et cultivées: Révolutions d'hier et défis de demain. Marseille. Editions Quae, 368 p.
- **Si Bennaceur, A. (2005).** Référentiel pour la conduite technique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Centre de Recherche Phoenicicole.
- **Son Diakalia. (2010).** effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum L.*). Pp 07-10.
- **Son, D. Compaore, E. Bonkougou, S. & Sangare, S. (2011).** Effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum L.*). Journal of Applied Biosciences, 37, p.2460-2467.
- **Stutz, J.C. Coperman, R. Martin, C.A. Morton J.B. (2000).** Can. J. Bot. 78 : 237-245p.

## Références bibliographiques

---

- **Tardieu, F. Cruiziat, P. Durand, J. L. Triboi, E. & Zivy, M. (2006).** Perception de la sécheresse par la plante. Conséquences sur la productivité et sur la qualité des produits récoltés, pp 49-67.
- **Téledétection, C. C. (2004).** Mesures biophysiques à partir de plate-forme orbitale. Ressource Naturelles Canada. Available online from.
- **Teulat, B.B. Monneveux, P. Wery, J. Borries, C. Souyriss, I. Charrieri, A. (1997).** Relationship between relative water content and growth parameters under water stress in barley. a QTL study. *New phytol* 137: 99-107.
- **Tomlinson, P. (1960).** Essays on the morphology of palms. I- Germination and the seedling, Principes.
- **Toutain, G. (1976).** Al Awamia 25 Octobre 1967, Le palmier dattier culture et production.
- **Toutain, G. (1979).** Elément d'agronomie saharienne, de la recherche au développement. Paris: I.N.R.A.
- **Toutain, G. (1996).** Rapport de synthèse de l'atelier 'Techniques culturelles du Palmier dattier'. Spain: 1 AM, Zaragoza.
- **Turner, N. (1997).** Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plant in stress physiology in crop plants, (H.W. Musseland et, R.C Staples, ed, Wiley, (interscience) New York, 343-372.
- **Tuteja, N. and Gill, S. S. (2013).** Plant Acclimation to Environmental Stress.
- **Vincent, R. (2006).** Recherche et étude de marqueurs miléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune laminaria digaitata. Thèse de doctorat. Biologie. Université de Rennes 1.237 P.
- **Volis, S. Ormanbekova, D. and Yermekbayev, K. (2015).** Role of phenotypic plasticity and population differentiation in adaptation to novel environmental conditions. *Ecology and Evolution* 17: 3818-3829.
- **Wecks, J. & Clijsters, H. M. (1996).** Oxidative damage and defense mechanisms in primary leaves of *Phaseolus vulgaris* L. as a result of root assimilation of toxic amounts of copper. *Physiologia Plantarum*, 96: 506-512.
- **Wertheimer, M. (1956).** Recherche et observations sur la plantation des palmiers dattiers dans le Ziban (région de Biskra). *FRUITS* (Vol. 11).
- **Wery, J. Deschamps, M. & Cresson-Leger, N. (1988).** Influence of some Agroclimatic Factors and Agronomic practices on nitrogen nutrition of chickpea (*Cicer arietinum* L). Beck and L. A. Materon (editors), Nitrogen fixation by legumes in mediterranean agriculture, pp. 287-299.
- **Westgate, M. & Boyer, J. S. (1985).** Osmotic adjustment and the inhibition of Leaf, root, stem and slik growth at low water potentials in maize. *Planta* 164 : 540-549.
- **Yolande, D. (2015).** Diversité chimique et caractérisation de l'impact du stress hydrique chez les lavandes. Thèse dirigée par Pr. Sylvie Baudino Co-encadrée par Florence Nicolé.
- **Zaid, A. De Wet, P. Djerbi, M. & Oihabi, A. (2002).** Diseases and pests of date palm. In: zaid, A. (Ed), Date palm cultivation, 1st Ed. Plant Production and Protection. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

## Références bibliographiques

---

- **Zaim, A. (2014).** Etude de l'effet du manque d'eau sur la régulation de l'expression de quelques gènes chez des génotypes de luzerne annuelle. Mém. Master. Univ. Constantine 1.57p.
- **Zhu, J.K. (2001).** Plant Salt tolerance. Trends in Plant Science 6:66-71.
- **Zougari-Elwedi, B. Sanaa, M. Labidi, S. Lounès-Haj Sahraoui, A. (2012).** Etude et Gestion des Sols. 19: 193-202.