

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA₁
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE
Département De Biotechnologie
Option : Biologie des interactions Plante - Microorganisme (BIMP)

**Connaissances sur la maladie des feuilles cassantes du
Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)**

**Projet de fin d'étude en vue de l'obtention
Du diplôme de master2 en S.N.V.**

ZOUAHI Amel

Devant le jury composé de :

ALI OUSSALAH, A.	M.A.A	U.S.D.B. ₁	Président du jury
BELKAHLA, H.	Professeur	U.S.D.B. ₁	Promotrice
AMMAD, S.	M.A.A	U.S.D.B. ₁	Examinatrice
SABRI, K.	M.A.A	U.S.D.B. ₁	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2013 -2014

REMERCIEMENTS

Le présent travail est pour moi une occasion et un agréable devoir d'exprimer ma reconnaissance et gratitude envers Dieu tout puissant.

En préambule à ce mémoire je tiens à remercier vivement ma promotrice **Professeur BELKAHLA H.** de m'avoir fait confiance initialement, puis m'avoir conseillé, orienté judicieusement et encore encouragé puis relu pendant la préparation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements les plus sincères envers **Mr NAMSI A.** docteur en science agronomie spécialité protection des plantes et environnement en TUNISIE ; pour le temps qui m'a accordé et de m'avoir beaucoup aidé. J'aimerais particulièrement souligner ces qualités humaines et ses encouragements. Merci infiniment

Je dois particulièrement remercier les jurys d'avoir accepté de lire et de discuter cette thèse. Merci infiniment.

Merci à mes enseignants surtout à **Pr BENCHABANE, Pr. KRIMI** qui m'ont donné chacun dans leur domaine des conseils, de l'information et orientation ainsi qu'à leur aide morale.

Un hommage appuyé revient à mes chers parents pour leurs aides morale et matérielle durant mon cursus.

A tous les camarades et amis qui ont souvent su trouver les mots justes pour me remonter le moral.

Enfin; Je m'arrangerai pour que ce travail ne tombe pas dans les mains des oubliés.

DEDICACE

À celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes...

A mon père.

À celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation...

A ma mère.

À mes chers frères et sœurs.

A tous les camarades et amis de la promotion

A tous ceux qui me sont chers et ceux qui m'aiment.

Résumé

Connaissances sur la maladie des feuilles cassantes du Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

En 1985 la maladie de la feuille cassante a fait son apparition et a été observée pour la première fois dans la région de Nafta en Tunisie. Depuis, elle a connu une extension alarmante de part le nombre de palmiers affectés que des oasis nouvellement touchées. En Algérie (Biskra) des symptômes identiques évoquant cette affection ont été observés.

D'importants efforts de recherche ont été menés par différents auteurs; afin d'identifier l'agent causal responsable de ce syndrome, sans pour autant mettre en évidence la présence d'un agent phytopathogène susceptible de provoquer une telle affection.

L'objectif de notre étude était d'effectuer un dépistage de la MFC en Algérie, Sur la base d'une étude symptomatologique et d'avoir une meilleure connaissance de ce syndrome, passant en revue les différents travaux déjà réalisés.

Des analyses moléculaires effectuées par différents auteurs; ont révélées la présence de deux population d'ARNs spécifique à la maison, ce qui a permis de développer un outil de diagnostic moléculaire.

Des prospections ont été menées dans la région de Zaatcha et de Tolga (Biskra) ; les symptômes étaient présents uniquement au niveau de la région Zaatcha touchants une parcelle privée (Zaat1) et 2 palmeraies (Zaat2 et zaat3). D'après notre observation, les palmiers présentant les signes sont de la variété Deglet-Nour âgées de 4,20 et 25 ans et ceux disposés en foyer. Cette maladie affecte la qualité des dattes (taille, poids et teneur en eau).

Les sols des palmeraies présentant les symptômes typiques de la MFC sont des sols alcalins, ce qui influe sur la présence de la maladie (Ph= 7.52 à 8.02), riches en P_2O_5 (12.3%) en MO (3,73%); à un taux de Ca% actif important (11%); comparativement à la palmeraie de Tolga (Tolga1) où les symptômes étaient absents avec un Ph=7.76, faible en P_2O_5 (1,63%) et en MO (3.73%) et une valeur de $Ca_{active}\%$ = 9.5%. Ces résultats nous conduisent à soupçonner la présence de la MFC en Algérie.

Mots clés: MFC , ARNs, palmier dattier , qualité, groupe ,Algérie.

ABSTRACT

Knowledge of brittle leaf disease of date palm

In 1985 the disease of brittle leaf has appeared, first observed in the region of Nafta (Tunisia), and has expanded alarming extension both in the number of palms affected than oasis newly affected. Symptoms similar to the DBL were recorded in Algeria in the region of Biskra.

Important research has been made by various authors, with the objective of identifying the causal agent responsible for this syndrome. No pathogen specific to this illness could be detected.

Our objective in this survey was to conduct screening of the LBD in Algeria, on the basis of a study symptomatology and to have a better knowledge of this syndrome by consulting former works.

Molecular analyzes by different authors; have proved the presence of two populations of specific RNAs in MFC, which has developed a molecular diagnostic tool.

The prospecting's were conduct in the region Zaatcha and Tolga (Biskra) ; the symptoms were present only in the region of zaatcha involving a private lot (zaat1) and 2 palm grove of the BDL belong to the variety Deglet Nour aged of 4-20 and 25 years and those disposed in group. This disease affects the quality of dates (in size, weight and content in water).

The soils of the palm grove presenting the symptoms typical of the BDL are alkaline soils (PH= 7.52 to 8.02), rich in P₂O₅ % (12.35% to 3.01%) in MB% (7.03 to 3.64) ; to a rate of Ca% total (11.53 to 15.23) and Ca% active of (7% to 11%) ; compared to the palm grove of Tolga (Tolg1) where symptoms were absent this soil ph=7.76, weak in P₂O₅ (1.63%) and contains 3.73% of MB at a rate of Ca % total of 10.53% and active of 9.5%. these results lead us to suspect the presence of BDL in Algeria.

Key words: BDL , Algeria , ARNs , group, quality, date palm.

LISTE DES ABREVIATIONS

ADN_C : l'acide désoxyribonucléique complémentaire

ARN_{db} : acide ribonucléique double brin

C : Celsius

Ca : calcium

C.E.C : capacité d'échange cationique

g : gramme

Ha : hectare

INRAT : institut national de recherche agronomique tunis

l : litre

MFC : Maladie de la feuille cassante

Mn⁺² : manganèse

MO : matière organique

OEPP : organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes

PCR : polymérase chain reaction / réaction en chaîne par polymérase

PH : potentiel Hydrogène

Ppm : parties par millions

P₂O₅ : anhydride phosphorique

R-PAGE : Return polyacrylamide gel électrophoresis*

S : seconde

S-PAGE : Sequential polyacrylamide gel électrophoresis

T : température

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Stades de l'évolution de la datte	4
Tableau 2 : Production de datte dans le monde	8
Tableau 3 : Localisation des palmeraies Algériennes	9
Tableau 4 : Inventaire variétal (cultivar) dans les trois régions phoenicicoles d'Algérie	11
Tableau 5 : Différents travaux moléculaires réalisés sur des palmiers dattiers atteints par la maladie de la feuille cassante.....	37
Tableau 6 : Différents travaux réalisés sur le sol des palmiers dattiers atteints par la maladie de la feuille cassante.....	38
Tableau 7 : Caractéristiques des palmeraies visitées.....	39
Tableau 8 : Résultat du diagnostic moléculaire des travaux élaborés	45
Tableau 9 : Résultats des analyses de sol des travaux effectués.....	47
Tableau 10 : Nombre de palmiers présentant les symptômes typiques de la MFC au niveau de chaque palmeraie prospectée	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartitions géographique du palmier dattier dans le grand maghreb.....	6
Figure 2 : les variétés de datte les plus importantes de l'Algérie.....	12
Figure 3 : Bayoud; <i>Fusarium oxysporum albedinis</i>	16
Figure 4 : Khmedj; <i>Mauginiella scaettae</i>	16
Figure 5 : <i>Grapholia</i> ou faux charbon ; <i>Grapholia phoenicis</i>	16
Figure 6 : Belàat, <i>Phytophthora</i> sp.....	16
Figure 7 : Brulure noire, ou mejnoun(palmier fou), <i>Thielaviopsis paradoxa</i> <i>Ceratocystis paradoxa</i> Sa forme parfaite	16
Figure 8 : Maladies des stries, <i>Diplodia phoenicum</i>	17
Figure 9 : Maladies des taches brunes, <i>Mycphaerella tassiana</i>	17
Figure 10 : Maladie des feuilles cassantes 'MFC'	18
Figure 11 : Symptôme dus au déficit en manganèse sur les nouvelles palmes de <i>Phoenix roebelenii</i> (A) et d' <i>Archontophoenix alexandrae</i> (B) se traduit par des stries nécrotiques longitudinales	23
Figure 12 : Carence en manganèse ou "frizzle top" sur <i>Syagrus romanzoffiana</i> causé par le pH élevé du sol.	23
Figure 13 : Carence sévère en Mn sur <i>Syagrus romanzoffiana</i> entraîne la mort du palmier	23
Figure 14 : Différents stades d'évolution de symptôme de la MFC au niveau des palmes	26
Figure 15 : Evolution des symptômes à l'échelle de la palme (A) A l'échelle des folioles (B)	

Aspect général des racines provenant des palmiers malades (C)	29
Figure 16 : symptôme de la MFC au niveau des palmes (A, B), foliole (C) son aspect général sur l'arbre de palmier dattier (dégénérescence) (D) et des palmeraies (E).	
Figure17 : Propagation de la MFC en Tunisie et au pays voisin	31
Figure18 : Répartition géographique des palmeraies atteintes par la maladie de la feuille cassante.	
Figure 19 : Localisation des palmeraies de Zaatcha prospectées.....	34
Figure 20 : Palmeraie Tolg1 comportant des palmiers sains	50
Figure 21 : Palme saine de la palmeraie Tolg1.....	50
Figure 22 : Palmier sain de la palmeraie Tolg2	51
Figure 23 : Palme saine de la palmeraie Tolg2	51
Figure 24 : Folioles chlorotiques avec une couleur vert olive mat	52
Figure 25 : Stries nécrotiques se développent sur les folioles.....	35
Figure 26 : Folioles d'une palme de la couronne centrale s'enroulent et prennent un aspect brûlé.....	35
Figure 27 : Palmes de la couronne centrale dressées	54
Figure 28 : Palmes largement dénudées de leurs folioles	54
Figure 29 : Alternance des palmes symptomatiques et asymptomatiques au niveau des rachis.....	55
Figure 30 : Chlorose unilatérale au niveau des rachis	55
Figure 31 : Chlorose longitudinale au niveau d'une foliole d'un palmier présentant les premiers symptômes de la MFC.....	56
Figure 32 :(A) Régime contenant peu de fruit et de petit calibre (B) un régime issu d'un palmier sain.....	56

Figure 33 : Localisation des symptômes typique de la MFC au niveau de la couronne centrale.....	57
Figure 34 : Folioles nécrosées longitudinalement, apparaissent avec une apparence brulé	57
Figure 35 : Chlorose d'une jeune palme d'un palmier âgé 6ans	57
Figure 36 : Palmier présentant le stade final d'infection de la MFC.....	58
Figure 37 : palme issue d'un palmier dattier variété Deglet-Nour affectée par la feuille cassante.....	59
Figure 38 : Différents stades d'infections de la MFC sur une foliole de palmier du premier au dernier stade.....	59
Figure 39 : Appariation de symptômes (a) Chlorose (b) Nécrose et (c)flétrissement au niveau des palmes de façon unilatérale.....	60
Figure 40 : Régime de palmier dattier variété Deglet-Nour affecté par la MFC.....	61
Figure 41 : Fruits issus d'un palmier dattier sain ; ne présentant aucun Symptôme typique de la MFC	61
Figure 42 : Détermination de la taille des dattes présentant ou pas de symptôme typique de la MFC.....	62
Figure 43 : Détermination du poids des dattes vertes présentant ou pas de symptômes typique de la MFC.....	63
Figure 44 : Détermination du taux d'eau au niveau des dattes vertes saines	64
Figure 45 : Détermination de la teneur en eau au niveau des dattes vertes présentant la MFC	64
Figure 46 : pH des sols des palmeraies présentant ou non les symptômes typiques de la MFC	65

Figure 47: capacité d'échange cationique des échantillons du sol analysés	
Figure 48 : Taux de P_2O_5 obtenu d'après les analyses du sol	66
Figure 49: Taux de MO dans les sols des palmeraies présentant ou non les symptômes typiques de la MFC	68
Figure 50: Pourcentage obtenu de Ca total et actif au niveau des échantillons du sol analysés.....	69
Figure 51: Schéma des relations entre pH, facteurs pédogénétiques (locaux) et écologiques	74

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
Partie I : Données bibliographiques	
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE PALMIER DATTIER	3
CHAPITRE II : IMPORTANCE ECONOMIQUE DU PALMIER DATTIER	7
CHAPITRE III : LES PRINCIPALES MALADIES DU PALMIER DATTIER	15
CHAPITRE IV : GENERALITES SUR LA MALADIE DES FEUILLES CASSANTES CASSANTE	24
Partie II : MATERIELS ET METHODES	
1. Zone d'étude.....	34
2. Site d'étude	36
3. Travaux réalisés	36
Partie III : RESULTATS	
1. Résultat du diagnostic moléculaire des travaux élaborés	45
2. Résultats des analyses de sol des travaux effectués.....	47
3. Résultats des prospections sur terrain	49
4. Résultats des analyses au laboratoire	59
Partie IV : DISCUSSION	
1. Discussions des résultats sur terrain	70
2. Discussions des résultats des travaux moléculaires.....	72
3. Discussion des analyses de sol.....	72
4. Discussion des résultats des analyses au laboratoire	75
CONCLUSION	77
Références bibliographiques	

INTRODUCTION ■

INTRODUCTION

L'oasis est considéré comme un espace vital et un cadre naturel d'une importance inestimable dans la région saharienne.

Le Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), constitue l'armature des oasis, véritables îlots de verdure et de vie au milieu du désert. En effet, le recouvrement assuré par sa frondaison crée un climat favorable à la vie des Hommes, de leurs activités agricoles et de leur cheptel. L'association de cultures variées et d'élevage autorise non seulement des productions dans un but d'autoconsommation, d'un auto-provisionnement mais également de rentrées financières non négligeables et parfois conséquentes (marché national et exportations).

En Algérie, la culture du palmier dattier est essentiellement localisée dans les willayas du nord saharien. On estime selon l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach (2014) plus de 18 millions de palmiers dattiers dont 6,5 millions produisant la variété Deglet-Nour, sur une superficie de plus de 150 000 ha, assurant une production annuelle qui dépasse les 7 millions de quintaux. La variété Deglet-Nour occupe une place de choix dans les exportations à l'échelle mondiale.

Mais la rentabilité du secteur phoenicicole en Algérie ne doit pas masquer les nombreuses contraintes phytosanitaires, source d'inquiétude qui met en péril l'existence du palmier dattier. La production n'a cessé de se dégrader, en raison de nombreuses maladies, aux agressions d'insectes, et à des phénomènes inconnus qui sont dans la plupart des cas, bien adaptés au microclimat oasisien. Les dommages causés par ces bio-agresseurs sont considérables et conduisent à de lourdes pertes économiques.

Parmi ces phénomènes inconnus, c'est surtout le syndrome de la maladie des feuilles cassantes (MFC) qui retiendra notre attention. Il a fait son apparition pour la première fois dans la palmeraie de Nafta au sud ouest tunisien en 1980 (Ben Mahmoud et al., 1995 . triki et al, 2003), et s'est maintenant répandu à presque toutes les oasis du sud tunisien.

Depuis son apparition la MFC a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs afin d'élucider son étiologie, malheureusement, son origine demeure une énigme malgré les nombreux travaux de recherches. (Ben Mahmoud et *al.*, 1995 . triki et *al.*, 2003).

La nature de cette manifestation naturelle est l'une des contraintes qui a ralenti la recherche de son étiologie et a suscité plusieurs réflexions : s'agit-il d'une nouvelle maladie ou d'un désordre physiologique ? Mais aucune hypothèse n'a été retenue jusqu'à présent.

Depuis son apparition, la maladie a connu une extension alarmante. Des symptômes similaires à ceux de la MFC ont été signalés également en Algérie(Biskra) (Saadi et *al.* 2006) où elle affecterait toutes les variétés et notamment la variété d'excellence « Deglet Nour ».

En 2003, la MFC à été ajouté à la Liste d'alerte de l'OEPP (Anonyme, 2006). On estime à plus de 40 000 palmiers dattiers détruits en Tunisie [1] et à beaucoup plus en Algérie (morts ou été déracinés).

L'objectif de notre travail est d'avoir une meilleure compréhension de la MFC, En passant en revue les différents travaux réalisés. Les connaissances fondamentales sur les processus de risque peuvent conduire à la mise en place d'actions préventives, qui permettront souvent de mener localement une lutte efficace.

Partie I

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES



CHAPITRE I

I. GENERALITES SUR LE PALMIER DATTIER

Le palmier dattier « *Phoenix dactylifera* », comme son nom l'indique, appartenait à la grande famille d'arbres à palmes qui sont les *Palmaceae*, actuellement relevés à la famille des *Arecaceae* (Munier, 1973, Ben Abdallah *et al.*, 2002, Absi., 2013). Ces auteurs précisent que c'est une monocotylédone arborescente, dioïque à caractère allogame ($2n = 36$).

1. Morphologie du palmier dattier

Le palmier dattier a un système racinaire fasciculé. Les palmes constituent les feuilles qui sont insérées sur le stipe (ou tronc) en hélices très rapprochées (Ouinten, 2001, Absi, 2013). Selon la même source, l'ensemble des palmes vertes forme la couronne du palmier, on dénombre de 50 à 200 palmes chez les palmiers adultes. Les palmes vivent de trois à sept ans, selon la variété et le mode de culture.

D'après Peyron (2000), dans l'ensemble palmes vertes, on distingue : la couronne basale avec les palmes les plus âgées, la couronne centrale avec les palmes adultes et enfin les palmes du cœur qui sont constituées par les palmes non ouvertes, dites « en pinceau », et les palmes n'ayant pas encore atteint leur taille définitive.

Ce même auteur signale aussi que la finesse, la couleur et la rigidité des folioles diffèrent selon le cultivar et les conditions de culture ; les folioles d'un palmier qui souffre d'un manque d'eau ternissent ; cette décoloration peut aussi être due à des maladies. La morphologie et la disposition des folioles et des épines sur le rachis constituent l'un des éléments de caractérisation des cultivars. A l'aisselle des palmes, à partir des bourgeons axillaires, se développent les inflorescences et éventuellement les gourmands.

L'inflorescence ou spadice résulte de la germination de bourgeons axillaires situés à la base des palmes, dans la région coronaire. Les fleurs fécondées donnent un fruit qui évolue en taille, en consistance et en couleur jusqu'à la récolte, Peyron (2000), explique qu'entre la nouaison et le stade final, on distingue 5 stades intermédiaires qui permettent de suivre l'évolution de la datte et l'application des techniques de culture et de traitements phytosanitaire appropriés (Tableau1).

Tableau 1 : Stades de l'évolution de la datte (Peyron, 2000)

Les stades de l'évolution de la datte				
Stade I	Stade II	Stade III	Stade IV	Stade V
Fruit noué	Datte verte	Tournante	Aqueuse	Mature
<i>Loulou</i>	<i>Khalal</i> ou <i>kimri, Blah</i>	<i>Bser, bsir,</i> ou <i>Bissir</i>	<i>Routab</i> ou <i>Martouba</i>	<i>Tmar</i> ou <i>tamar</i>

2. Conditions écologiques de la culture :

La culture du palmier dattier ou phoeniculture est pratiquée dans les régions chaudes arides et semi-arides du globe. Bien qu'originaires de pays chauds et humides, le palmier dattier peut s'adapter à de nombreuses conditions, grâce à sa grande variabilité.

De nombreuses études ont montré que l'activité végétative du palmier dattier se manifeste à partir d'une température de +7 à +10°C, selon les cultivars et les conditions climatiques locales (Peyron, 2000). Cet auteur avance que la floraison, se déclenche après une période froide ou fraîche, à une température qui varie avec les cultivars et les conditions climatiques locales. Elle est plus ou moins régulière et s'échelonne dans la plupart des pays sur une période de 30 à 50 jours.

Selon le même auteur, la datte a besoin d'une chaleur estivale prolongée, pour murir, mais sans excès, et d'une hygrométrie relativement faible. L'évolution des fruits dure de 100 à 200 jours, selon la précocité des variétés, les conditions écologiques et les conditions de culture.

Les besoins en eau varient avec les conditions climatiques et pédologiques. Les doses d'irrigations les plus courantes se situent entre 0,5 et 1,01l/s/ha (Kada *et al.*, 1972 ; Munier 1973, Ouiten, 2001).

Le palmier dattier s'accommode à tous les sols des régions arides et semi-arides qu'ils soient favorables ou pas. Cependant, son comportement diffère selon le type du sol dans lequel il est planté, sa croissance est plus rapide en sol léger qu'en sol lourd, la floraison est aussi plus précoce et la récolte est de meilleure qualité (Munier, 1973, Namsi, 2008).

D'après le même auteur ; le palmier dattier est également une espèce très tolérante au sel, mais seulement sous forme de chlorures de sodium. La concentration extrême de la solution de sel tolérée est aux alentours de 15%, au-delà de 30% le palmier dattier dépérit.

II. Importance du palmier dattier dans le monde

Le palmier dattier permet une pérennité de vie dans les régions désertiques où sans lui, elle serait impossible, même en présence de l'eau, c'est véritablement l'arbre de vie du désert (Munier, 1973).

Selon Alogidi et Monciero (2010 ,1961) ses fruits sont un excellent aliment et leur commercialisation permet un apport lucratif non négligeable aux oasis. Son ombrage rend possible des cultures vivrières qui, bien que d'un rendement médiocre si on le compare à celui de leur zone d'élection, fournissent le complément alimentaire indispensable dans ces régions où l'économie tend au circuit fermé.

Son bois, ses feuilles et leur rachis ainsi que le bois des régimes sont utilisés pour le chauffage, à la lutte contre l'ensablement et en bois d'œuvres. Palmes,

folioles, régimes, lif ou feutrage du tronc permettent la fabrication de liens solides d'objets de vannerie. La sève procure une boisson rafraichissante (Legmi).

1. Répartition géographique du palmier dattier dans le monde

Matallah (2004) avance que la culture du palmier dattier se concentre dans les régions arides au sud de la méditerranée et dans la frange méridionale du Proche-Orient depuis le sud de l'Iran à l'est jusqu'à la côte Atlantique, de l'Afrique du Nord à l'Ouest, entre les latitudes 35° Nord et 15° Sud (Fig.1). Il est trouvé également dans d'autres régions du monde, c'est le cas de l'Espagne et des Etats Unis d'Amérique (Bouguedoura, 1991).



Figure 1 : Répartition géographique importante du palmier dattier dans le grand Maghreb (Originale, 2014)

1.1. En Algérie

En Algérie ; la culture du palmier dattier est retrouvée essentiellement dans la région sud-est entre Touggourt et El-Kantara à position géographique de 33°09' N et 35°14' de latitude nord. L'importance de cette culture est décroissante en allant vers l'Ouest et l'extrême Sud. C'est dans les wilayas d'El oued, Biskra, Ouargla, Adrar et de Ghardaïa, où les conditions du milieu sont favorables à son développement que sa conduite est la mieux maitrisée.

CHAPITRE II

IMPORTANCE ECONOMIQUE DU PALMIER DATTIER

1. Production de datte dans le monde

Alogidi (2010) signale que la production mondiale de dattes variait aux alentours de 7 millions de tonnes, elle a augmenté de 79% par rapport à 1952 Fernandez *et al.*, (1995). Par ailleurs, 85 à 90% des exportations mondiales de dattes proviennent des pays arabes, soit 332 000 tonnes (Djerbi, 1987, Alogidi, 2010).

Sa répartition fait ressortir que plus de 70% du potentiel de production est détenue par le monde arabe (Alogidi ,2010). Concernant la partie sud de la Méditerranée, le palmier dattier occupe une superficie d'environ 175000 ha à raison de 200 palmiers/ha (Anonyme, 2004).

D'après Alogidi (2010) les principaux pays producteurs de datte sont ; l'Iran et l'Iraq pour l'Asie ; puis s'ensuit, les pays d'Afrique du nord (Algérie, Égypte, Tunisie Maroc...) (Tableau 2)

Tableau 02: Production de datte dans le monde (Baaziz, 2008, Anonyme, 2006, FAO, 2003 , Alogidi 2010)

Origine	Nombre total de palmier (millions)	Production (tonnes)
Monde	130	7 800 000
Iran	21	277 000
Iraq	22	650.000
Oman	10	280 000
Pakistan	4, 3	650 000
Arabie saoudite	18	830 000
Emirat arabes	16,4	757 600
Algérie	16	516 320
Egypte	7,0	450 000
Libye	5,5	140 000
Maroc	13,3	100 000
Soudan	3,0	140 000
Tunisie	8	110 000

2. Production de datte en Algérie

L'Algérie est un pays phoenicicole classé au sixième rang mondial et au premier rang dans le Maghreb pour ses grandes étendues de culture avec 160 000 ha et plus de 2 millions de jardins et sa production annuelle moyenne de dattes de 500 000 tonnes. (BENKHALIFA A. et al., 2010) Compte 16 millions de palmiers, dont 10,3 millions sont productifs et 6,5 millions produisant la variété Deglet-Nour. (Tableau 03) (Anonyme, 2006a). La production de dattes a connu une évolution notable au cours des dernières années. La production de l'année 1998 était considérée comme le record de la période, allant de 1986 à 1998. Elle a marqué un taux d'évolution de 105,1% par rapport à l'année 1986 et de 7,39% par rapport à l'année 1996.

La production phoenicicole constitue une source de revenus très appréciables pour plus de 100 000 familles du Sud algérien avec 9 % des exportations agricoles (BENKHALIFA et al., 2010)

Selon le bilan du ministère de l'Agriculture, le potentiel de production phoenicicole en Algérie s'est accru de 70% entre 1999 et 2006.

Les palmerais en Algérie se localisent principalement au niveau des wilayas de Biskra, EL oued, Adrar , Ouargla et Ghardaïa

Tableau 03: Localisation des palmeraies Algériennes (Anonyme, 2008)

wilayates	Nombre total de palmiers		
	Total (millions)	% du verger Algérie	Dont Deglet-Nour (millions)
Biskra	4.500.000	31,39	1.400.000
El Oued	2.455.000	17,12	1.900.000
Adrar	2.605.430	18,17	-
Ouargla	2.320.975	16,19	1.100.000
Ghardaïa	624.995	4,39	182.975
Bechar	623.750	4,35	-
Tamanrasset	1.131.124	7 ,9	688.431
Illizi	71.365	0,50	1.810
Total	14.332.639	100	5.873.216

2.1. Les variétés de palmier dattier cultivées en Algérie :

En Algérie, il existe plus d'une centaine de variétés, classées suivant leur consistance en trois catégories (Kada *et al.*, 1972)

- les dattes sèches telles que : Degla-Beidah, Mech-Degla, Timbouzeri
- les dattes molles telles que : Ghars, Tadala, Timjohert, Tinaceur.
- les demi-molles telles que : Deglet-Nour, Tafiziouine, Tinaceur.

Près d'un millier de cultivars a été inventorié et les trois régions principales de culture se distinguent sur le plan de la diversité génétique (Tableau 4).

A cette catégorie, il faut ajouter un grand nombre de pieds francs ou « Khalts » qui poussent au hasard dans les oasis et qui représentent une source appréciable pour de nouvelles sélections de cultivars appréciables pour leur datte et pour leur résistance au bayoud.

A l'est, le cultivar Deglet Nour, dont les dattes sont destinées à l'exportation vers les pays du Nord, continue à prendre de l'ampleur et atteint aujourd'hui les 50 % de la population des palmiers dattiers plantés (Figure 2). Les cultivars produisant des dattes sèches (Degla Beida, Tinnaser) sont exportés vers les pays d'Afrique subsaharienne. Parfois, les dattes comme celles du cultivar *Hmira* sont exportées vers la Russie ou la Chine. Parmi les cultivars émergents, *Tafezwin* est exportable vers les pays d'Amérique du Sud, *Bentqbala*, en mode congelé, est très renommé sur le marché local à Ghardaia (est). *Agaz*, datte primeur produite au Tidikelt (ouest), se commercialise bien ; sur les marchés de Ouargla et de Ghardaia.

Tableau 4 : Inventaire variétal (cultivar) dans les trois régions phoenicicoles d'Algérie. (BENKHALIFA A. et al., 2010)

Région	Nombre de cultivars	Cultivars les plus courants
Ouest		
Atlas	70	Ghares, 'Asyan, Feggus, Feggus, Hartan, Cherka, Hmira, Deglet Talmine
Saoura	80	Hmira, Tinnaser, Taqerbuch
Gourara	230	Tgazza, Aghamu, Taqerbuch
Touat	190	Tgazza, Taqerbuch, Cheddakh, Aggaz
Tidikelt	60	
Centre		
El-Ménia	70	Timjuhart, Ghars, Timedwel
M'Zab	140	Azerza, Ghars, Deglet Nour, Taddela
Est		
Ouargla	70	Ghars, Deglet Nour, Degla Beida
Oued Righ	130	Deglet Nour, Ghars, Degla Beida
Souf	70	Deglet Nour, Ghars, Degla Beida, Mich Degla
Zibans	140	Deglet Nour, Ghars, Degla Beida, Mich Degla
Aures	220	Mich Degla
Tassili	180	Buzrur, 'Alig, Buhles, Mich Degla Tanghimen, Tabanist, Khadaji

Actuellement, des moyens sont mis en œuvre dans le cadre du projet RAB 98/G31 (Gestion participative des ressources génétiques du palmier dattier dans les oasis du Maghreb) pour sauvegarder la diversité génétique en luttant contre les forces du marché. (BENKHALIFA et al., 2010)

L'ensemble des zones potentielles se caractérisent par une dominance de Deglet-Nour (Fig.2). Ceux sont principalement les palmeraies de Oued Righ, Zibans, oued souf et de la cuvette de Ouargla et à un degré moindre les palmeraies de Ghardaia.

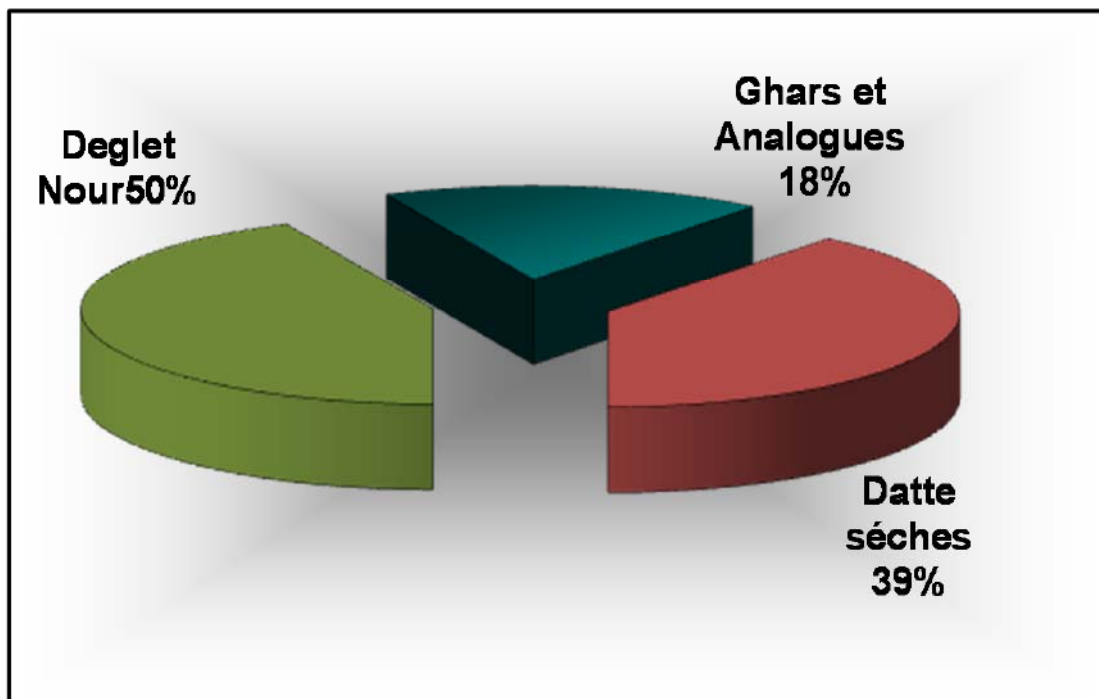


Figure 2 : Variétés de datte les plus importantes de l'Algérie (originale, 2008)
(BENKHALIFA et al., 2010)

2.2. Les problèmes des oasis algériennes

La superficie globale des oasis a été estimée à plus de 85 000 ha en 2001 contre 70 000 en 1984 et recèle plus de 13 millions de palmiers. La production algérienne est confrontée à de nombreux problèmes qui freinent son évolution.

2.2.1. Problèmes liés à la qualité et à la gestion des sols :

- Insuffisance de drainage en plus d'une remontée des sels (In Salah, El Meniaa, Oued Ghir, Ouargla, Zibans et Adrar).
- Un déficit chronique en eau d'irrigation (estimé à 0,3-0,4 litres par seconde et par hectare).
- un ensablement récurant (In Salah et Soufi).
- Une pollution des nappes superficielles (Soufi et M'Zab).

2.2.2. Problèmes liés à la gestion de l'eau et à l'irrigation :

- L'inadaptation des équipements hydrauliques aux spécificités locales.
- Organisation anarchique de la gestion collective des eaux (absence d'une politique de prise en charge appropriée de la ressource en eau).
- L'inexistence d'une tarification spécifique de l'énergie.

2.2.3. Problèmes liés à la gestion des superficies :

- Un émiettement des exploitations autour des centres de vie (dû à une urbanisation mal contrôlée et envahissante)
- Morcellement excessif des exploitations essentiellement dû au système d'héritage.
- Un déséquilibre écologique marqué par : l'envahissement des oasis par le phragmite (roseaux), la prolifération des sangliers, la contrainte du Bayoud (Sud Ouest et M'Zab) ; le vieillissement des arbres et la diversité variétale.

2.2.4. Problèmes liés à un manque d'investissement économique

➤ Le manque d'investissement économique se reflète sur ; l'absence de l'agro-industrie de transformation des dattes déclassées et non marchandes, ainsi que sur le peu d'intérêt accordé à la reprise des exportations et à l'introduction de nouveaux marchés étrangers (Anonyme, 1994).

La production du palmier dattier participe pour une large part dans l'alimentation de la population locale à qui elle procure, en outre, des revenus appréciables par la commercialisation dont elle est l'objet.

2.2.5. Problèmes liés aux différentes infestations parasites et ravageurs :

La production du palmier dattier est malheureusement soumise et confrontée à l'attaque de différents parasites (tel que le Bayoud et la maladie de la feuille cassante) qui non seulement limitent son importance, mais déprécient également sa qualité en entraînant ainsi un amenuisement du volume des échanges et par voie de conséquence du profit qu'en tirent les phoeniciculteurs.

CHAPITRE III

I. LES PRINCIPALES MALADIES DU PALMIER DATTIER

Elles peuvent être regroupées sous 2 rubriques (Fig. 4 à 12):

1. Les maladies cryptogamiques :

C'est les maladies les plus courantes sur le palmier dattier d'où on site :

- **Le Bayoud** : *Fusarium oxysporum albedinis* (Fig.3) (Toutain, 1967)
- **Khamedj**: *Mauginiella scaettae* (Fig.4) (Zaaid,)
- **Graphiola ou faux charbon** : *Grapholia phoenicis* (Fig.5) (Zaaid,)
- **Belàat** : *Phytophthora sp.* (Fig.6) (Zaaid,)
- **Brulure noire, ou mejnoun** :(palmier fou), *Thielaviopsis paradoxa*
Ceratocystis paradoxa ; forme parfaite (Fig.7) (Zaaid,)
- **Maladies des stries** : *Diplodia phoenicum* (Fig.8) (Zaaid,)
- **Maladies des taches brunes** : *Mycophaerella tassiana* (Fig.9) (Zaaid,)



Figure 3: Bayoud (*Fusarium oxysporum albedinis*) (Toutain, 1967).



Figure 4: Khmedj (*Mauginiella scaettae*)



Figure 5 : *Grapholia* ou faux charbon ; (*Grapholia phoenicis*) (Zaaid,)



Figure 6 : Belàat (*Phytophthora* sp)



Figure 7 : Brulure noire (*Thielaviopsis paradoxa*, *Ceratocystis paradoxa*)



Figure 8 : Maladies des stries (*Diplodia phoenicum*)



Figure 9 : Maladies des taches brunes (*Mycophaerella tassiana*)

2. Les maladies à agent inconnus :

➤ **Maladie du cœur qui penche** : *Thielaviopsis paradoxa* et *Botryodiplodia theobromae* sont des champignons communément isolés au niveau des pieds des palmiers (Brun et Laville, 1965)

➤ **Maladie de sec os** : Selon Fawcett et Klotz (1932) est due à une bactérie communément trouvée associée à la lésion ; certains palmiers en sont plus sensibles que d'autres.

➤ **Maladie de Faroun** : Laville et Sachs (1967) ont signalé cette maladie de cause inconnue de la Mauritanie

➤ **Maladie de Rhizosis** : Aussi appelé "déclin rapide", rhizosis est une maladie mortelle de cause inconnue.

➤ **La maladie des feuilles cassantes** : les symptômes ressemblent à ceux d'une déficience en manganèse ; même que de rare observations semblent montrer que certaines carences en oligoéléments peuvent se présenter sur le palmier dattier, notamment en bore, cuivre et manganèse (Monciero, 1961)(Fig.10)

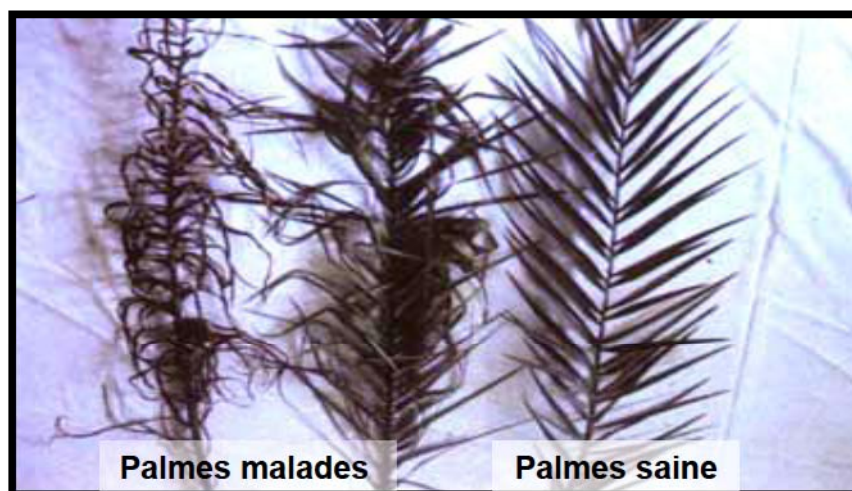


Figure 10 : Maladie des feuilles cassantes 'MFC'

3. La carence en manganèse sur palmier

3.1. Le rôle du manganèse

Dans la plante, le Mn est transporté jusqu'aux feuilles après avoir été prélevé du sol. La plante absorbe le manganèse sous forme de cations Mn^{2+} ou de chélate de manganèse.

Dans le métabolisme des plantes, cet élément a d'importantes fonctions, particulièrement dans les processus suivants : l'activation de différentes enzymes, la synthèse de la chlorophylle, la photosynthèse, la réduction de nitrate, la synthèse des acides aminés et des protéines et, comme pour le fer, les propriétés d'oxydoréduction du Mn qui lui permettent de contribuer à ces nombreux processus. (Heller *et al.*, 1997).

Lorsque le Mn est peu absorbé dans le sol, cela entraîne des perturbations dans les mécanismes de la plante, par exemple : une perturbation de l'assimilation d'oxygène et d'hydrogène à partir de l'eau, mécanisme dans lequel le manganèse joue un rôle important. La carence en manganèse est causée par l'insuffisance de Mn^{+2} dans le sol ou par un pH élevé du sol, ce qui réduit grandement sa disponibilité. Une température trop basse du sol, peut causer des désagréments temporaires en réduisant les niveaux d'activité racinaire (Heller *et al.*, 1997).

Des concentrations hautement toxiques en manganèse dans le sol peuvent provoquer un grossissement des parois cellulaires, un étiolement des feuilles, et l'apparition de points marron sur les feuilles. Il y a une concentration optimale pour la croissance des plantes entre les concentrations toxiques et les concentrations trop faibles (Heller *et al.* ; 1997).

3. 2. Caractéristique de manganèse dans le sol

Le manganèse se trouve généralement dans le sol à l'état de Mn^{2+} mais il est susceptible d'être oxydé ou réduit selon le pH et le potentiel d'oxydoréduction du sol. Le manganèse est moins disponible dans les sols à pH élevé. La solubilité du manganèse augmente en milieu acide, jusqu'à générer un effet toxique pour les végétaux lorsque le pH dévient inférieur à 4,5 environ. Au delà de pH 7, le Mn est immobilisé dans le sol, sous forme d'oxydes tri- et tétravalents très peu solubles, ce qui peut générer des carences pour les végétaux. La plus grande partie du manganèse se trouve sous forme d'oxydes en équilibre avec les ions Mn adsorbés sur le complexe argilo- humique ou en solution (Coïc et Coppenet, 1989; Loué, 1993; Namsi, 2008).

3.3. Origines de la déficience en manganèse

Les conditions du sol ainsi que certaines pratiques culturales peuvent induire une déficience en manganèse dans le sol. D'une façon générale, la déficience en Mn est le plus souvent associée à des aires naturellement humides mal drainées et utilisés pour la culture. L'excès d'eau peut augmenter les concentrations de Mn^{2+} soluble causé par la réduction de Mn^{3+} et Mn^{4+} en Mn^{2+} . L'humidité du sol peut également influencer la rétention des micro-éléments à travers les réactions d'oxydatio-réduction.

Dans le sol, où le Mn est marginalement suffisant les températures basses du sol peuvent occasionner une déficience temporaire de Mn en provoquant une réduction de l'activité racinaire. Ceci est particulièrement commun au niveau du *Cocos nucifera* à Florida. La déficience en Mn est très fréquente dans les sols alcalins, mais elle peut aussi avoir lieu au niveau des conteneurs mal drainés. La majorité des espèces du palmier peut être affectée, mais *Syagrus romamoffiana*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Phoenix roebelenii* et *Elaeis guineensis* sont particulièrement sensibles (Broschat, 2005).

3.4. Mobilité et biodisponibilité de manganèse

3.4.1. Définitions

La biodisponibilité est entendue comme la capacité d'un élément à être absorbé par une plante. Ainsi, la biodisponibilité est relative à une variété végétale, un stade de développement, des pratiques culturales, ou un type de sol et à sa profondeur, etc.

La mobilité est définie par la capacité d'un élément à migrer d'un point à un autre, à modifier sa forme chimique à une autre ou à changer de phase (passage de la phase solide à la phase liquide).

3.4.2. Facteurs influençant la biodisponibilité

Le pH et le potentiel d'oxydoréduction du sol sont les paramètres clés de sa disponibilité. D'autres paramètres tels que la température et l'humidité du sol jouent un rôle moins important. Le fonctionnement de la rhizosphère, et notamment la production d'exsudats racinaires, influent également sur la mobilité du manganèse, tout comme à moindre titre la structure du sol et de son aération. Tout facteur favorisant l'anoxie, et donc les formes réduites du manganèse, augmente sa mobilité. La température provoque les mêmes effets. Au contraire, sa mobilité diminue avec l'alcalinité du sol. L'activité microbienne du sol peut aussi altérer l'état d'oxydation du manganèse et modifier ainsi sa mobilité.

L'oxydation du manganèse par les micro-organismes (bactéries, champignons) joue également un rôle non négligeable dans les cycles biogéochimiques d'autres éléments, dont le fer, l'azote, le carbone,... (Broschat, 2005, Namsi 2008).

Le manganèse est moyennement mobile dans les sols, comparativement à des éléments fortement fixés tels que le césium. La fraction facilement extractible du manganèse total d'un sol est de l'ordre de 1% (Namsi, 2008).

L'absorption globale dépend du gradient électrochimique du sol dans la rhizosphère. Le manganèse passerait dans le cytoplasme pour s'accumuler dans la vacuole des cellules racinaires, d'où il est ensuite distribué dans la plante, et plus particulièrement dans le méristème, ce qui génère des concentrations plus fortes dans les tissus jeunes.

Les feuilles contiennent plus de manganèse que n'importe quel autre organe ou partie de plantes. Les légumes feuilles présentent donc logiquement des concentrations plus élevées que les autres organes tels que les fruits, les racines, les tubercules.

Dans une même parcelle carencée, il existe, le plus souvent, de très grandes différences dans les manifestations de la déficience entre diverses petites zones et entre les plantes elles-mêmes (Namsi 2008).

3.4.3. Symptôme de la carence en manganèse:

Selon (Broschat , 2005).Les nouvelles feuilles du palmier dattier qui présentent un déficit en manganèse deviennent chlorotiques avec des stries longitudinales nécrotiques (Fig. 11). À mesure que la carence progresse, de nouvelles folioles flétrissent et deviennent nécrotiques sur toutes les parties centrales (Fig. 11&13).

Le même auteur avance ; qu'au niveau de la même feuille, les symptômes d'une carence en manganèse sont concentrés à sa base et sont moins importants, voir inexistant à son extrémité. Une carence grave en Mn sur palmier se traduit par un arrêt de sa croissance avec atteinte nécrotique généralisée des folioles (Fig. 16) ce qui engendre la mort du palmier. Si la carence en manganèse n'est pas rapidement traitée, elle sera souvent fatale au palmier.

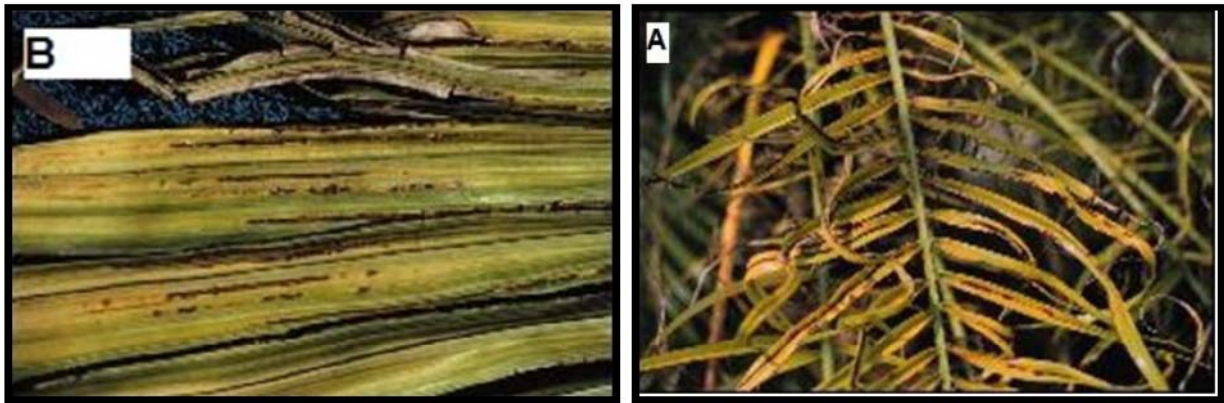


Figure 11: Symptômes dus au déficit en manganèse sur les nouvelles palmes de *Phoenix roebelenii*(A) et d'*Archontophoenix alexandrae* (B) qui se traduisent par des stries nécrotiques longitudinales (Broschat, 2005).



Figure 12 : Carence en manganèse ou "frizzle top" sur *Syagrus romanzoffiana* causé par le pH élevé du sol (Broschat, 2005).

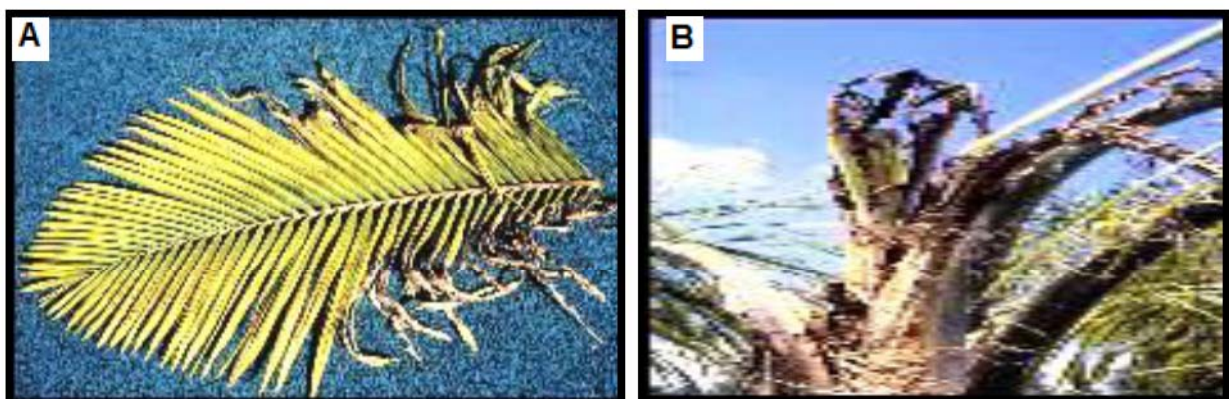


Figure 13 : Nouvelle feuille de Mn-déficient *Archontophoenix alexandrae* montrant des symptômes plus sévères à la base de la feuille. (A) ; carence sévère en Mn sur *Syagrus romanzoffiana* entraînant la mort du palmier (B) (Broschat, 2005)

CHAPITRE IV :

GENERALITES SUR LA MALADIE DES FEUILLES CASSANTES

1. Historique du syndrome de la MFC

La date précise de la première apparition de ce syndrome n'est pas connue. Plusieurs chercheurs ont rapporté des dates différentes. Chabrolin (1927) a signalé que dans quelques oasis du sud Tunisien et notamment dans celle de Nafta, les propriétaires ont constaté des dépérissements de palmier dattier, mais il ne lui a pas été possible, à cette époque, de vérifier si la maladie, qui se traduit par ces dépérissements, était identique ou pas au bayoud des oasis algériennes et marocaines (Namsi ,2008).

Les enquêtes menées par Ben Mahmoud et Conforti (1995) ont montré que les agriculteurs affirment qu'ils connaissaient les symptômes de ce syndrome dès les années 1940 dans l'oasis de Nafta (Mheni, 1988)

Au milieu des années 1980 selon les agriculteurs, cette affection a suscité une nouvelle théorie du fait que sa propagation se faisait d'une façon épidémique.

En 1984 Takrouni et Allouchi ont observé un grave dépérissement des palmiers dattiers dans les oasis du Djérid lors d'une prospection phytosanitaire réalisée par le C.R.Ph (centre de recherches phoenicoles), principalement à Nafta, et dans certaines palmeraies de Tozeur, Degache et Tamerza. Ce syndrome a été dénommé par Takrouni la "Maladie des feuilles cassantes "(Takrouni *et al.*, 1988). Selon Mehani (1988) les arbres atteints de la maladie de la MFC sont identifiables dès les années 60 à Nafta et aussi dans les oasis de Tozeur.

Toutefois, ce n'est que pendant les années 80 que la maladie a commencé à attirer l'attention à cause de l'accroissement du nombre d'arbres atteints dans les oasis de Nafta (Takrouni *et al.*, 1988 ; Triki *et al.*, 2003).

En décembre 2003, des symptômes de la MFC ont été observés dans la région de Biskra en Algérie (est du pays). A Lichana où la maladie est en fait observée depuis 1974, 29% des palmiers dattiers sont affectés, alors que dans certaines fermes de Farfar jusqu'à 100% des arbres étaient affectés. La maladie a été trouvée dans des oasis traditionnelles ainsi que dans de nouvelles plantations industrielles de palmiers dattiers dans les régions de Bouchagroun et Dra Elbetikh. (Saidi et al .,2003)

En 2003, la MFC a été classée comme une nouvelle maladie létale du palmier dattier. C'est une maladie émergente qui a été à l'origine de sérieux dégâts des palmiers dattiers en Tunisie. (Alrouechdi, 2003)

La MFC a été identifiée sur la majorité des cultivars tunisiens, et pendant la dernière décennie elle a pris des proportions alarmantes, en particulier dans l'oasis de Nafta (Ben Mahamoud *et al.*, 1995), avec 35.100 palmiers malades et plus de 40 000 entre palmiers dattiers affectés et palmiers morts dans la région de Djerid de sud de Tunisie.(fig.16) (Namsi A. et al., 2006,)

La maladie a connu une extension alarmante tant sur le plan nombre de palmiers affectés que sur le nombre des oasis nouvellement touchées. Le nombre de palmiers atteints en Tunisie est passé de 284 en 1985 à 36118 en 2002 (Namsi,2008)

L'hypothèse d'une carence nutritionnelle a été avancée suite à l'observation d'un taux de manganèse anormalement bas au niveau des feuilles attaquées (Rhouma. 1988).

La maladie a été observée et identifiée sur la plupart des variétés tunisiennes dont Deglet Nour, Tozer Zaid, Akhouat Alig, Ammaria, Besser, Kinta, aussi sur des palmiers pollinisateurs. La variété Kintichi semble être relativement tolérante. Aucune donnée n'est disponible sur d'autres hôtes possibles, telles que les palmiers d'ornement (Anonyme ,2003)

2. Les symptômes de la maladie de la feuille cassante du palmier dattier :

Les symptômes de la MFC apparaissent sur des palmiers de tout âge, les repousses et les jeunes plants. Elle affectent le rendement ainsi que sa qualité. (Namsi et al., 2008)

Au début, les symptômes de la MFC étaient discrets (SD); se concentrent au niveau de la couronne centrale (Namsi *et al.*, 2008). Quelques folioles sont chlorotiques avec une couleur verte olive mat qui devient cassantes (SM), s'enroulent et se recroquevillent, avec un aspect brûlé (PS) (Fig. 14). Les palmes touchées ont un retard de croissance du bourgeon, elles sont courtes et irrégulières en taille. Le symptôme le plus caractéristique de cette maladie est la facilité avec laquelle les folioles peuvent être cassées. Des stries nécrotiques se développent sur les folioles. (Namsi *et al.*, 2008)

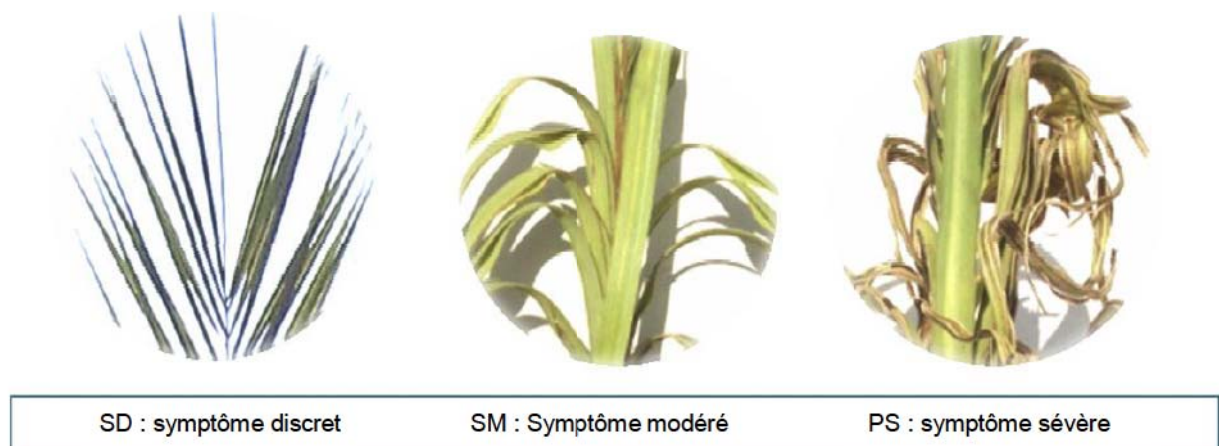


Figure 14 : Différents stades d'évolution de symptôme de la MFC au niveau des palmes

A un stade avancé, les palmes du bouquet central deviennent moins nombreuses, beaucoup plus dressées et largement dénudées de leurs folioles ce qui conduit souvent à un dépérissement du palmier (Namsi *et al.*, 2008).

Ces symptômes s'étendent progressivement aux palmes qui se trouvent à proximité jusqu'à ce que l'ensemble du palmier soit affecté, et dépérissait (fig.16). Une durée de 4 à 6 ans s'écoule entre les premiers symptômes et la mort du palmier (Saidi *et al.*, 2013).

Une comparaison morphologique des racines, provenant de palmiers malades et sains, montre qu'il n'y a pas de différence remarquable. La taille du système racinaire est presque similaire entre les palmiers malades ou sains, ce qui est en désaccord avec les observations de Takrouni *et al.* (1988) et (saidi *et al.*, 2013)

D'après (Saidi *et al.*, 2013). , les racines des arbres touchées abritent des petites nécroses brunes à la première étape (figure 15-C1), qui s'étendent progressivement à toutes les racines à la deuxième étape. Lors de la troisième étape, les racines ont une couleur brun foncé et un aspect sec (Fig. 15-C3). Ces symptômes suggèrent un changement dans la structure des tissus des racines qui peuvent affecter l'absorption des nutriments à partir du sol et par conséquent leur enracinement à la partie supérieure des palmiers dattiers affectés.

Une coupe au niveau du stipe (transversale ou longitudinale) fait apparaître un système vasculaire de couleur blanc jaunâtre, avec une coloration légèrement rougeâtre. (Namsi, 2008)

Une comparaison de la teneur en lignine totale entre les feuilles et les racines affectées par la MFC a été signalée. Des études ont montré que le contenu de la lignine a diminué dans les feuilles tout en augmentant dans les racines (Saidi *et al.*,2013).

Dans les feuilles présentant des symptômes modérés, une accumulation extracellulaire accrue d'acide p-hydroxybenzoïque, le p-hydroxycinnamique l'acide p-hydroxybenzaldéhyde, a été mis en évidence. Cette accumulation a été accompagnée d'une importante diminution de l'abondance des acétophénones, en particulier de 20 -hydroxy- 40 ,50 diméthoxyacétophénone et acétosyringone. On a supposé que l'acide p-hydroxybenzoïque et le p-hydroxy-benzaldéhyde ont été formées en tant que principaux produits de dégradation de l'acide p- coumarique. (Latreche, 2011).

D'autres études et analyses ont également montré que les unités de guaiacyl ont diminué de façon significative dans les tissus de soutien. Avec cela, une diminution progressive en teneur de protéines et l'activité de la peroxydase a été enregistrée. De telles modifications affectent sévèrement la paroi cellulaire (Latreche et al., 2011)

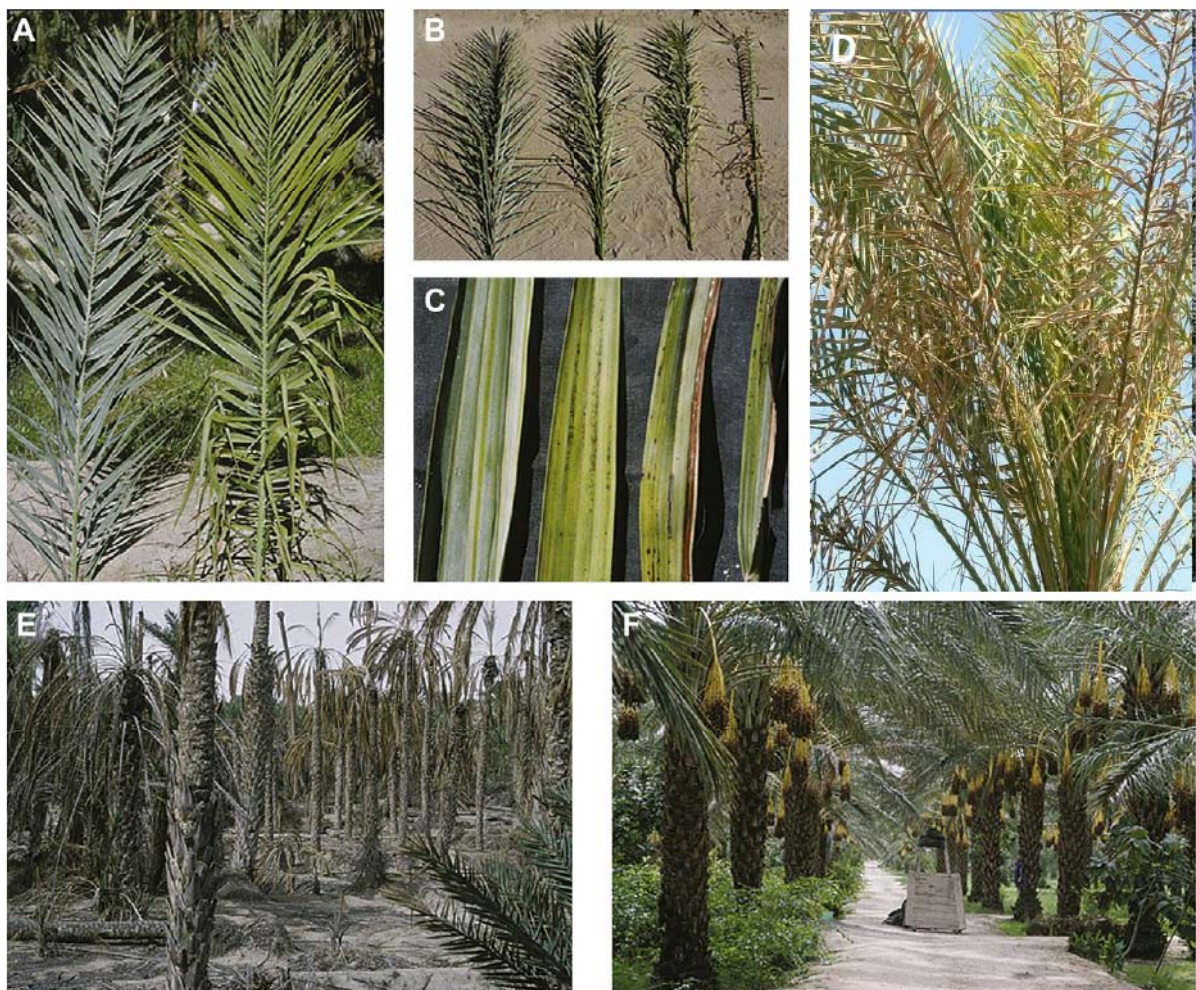
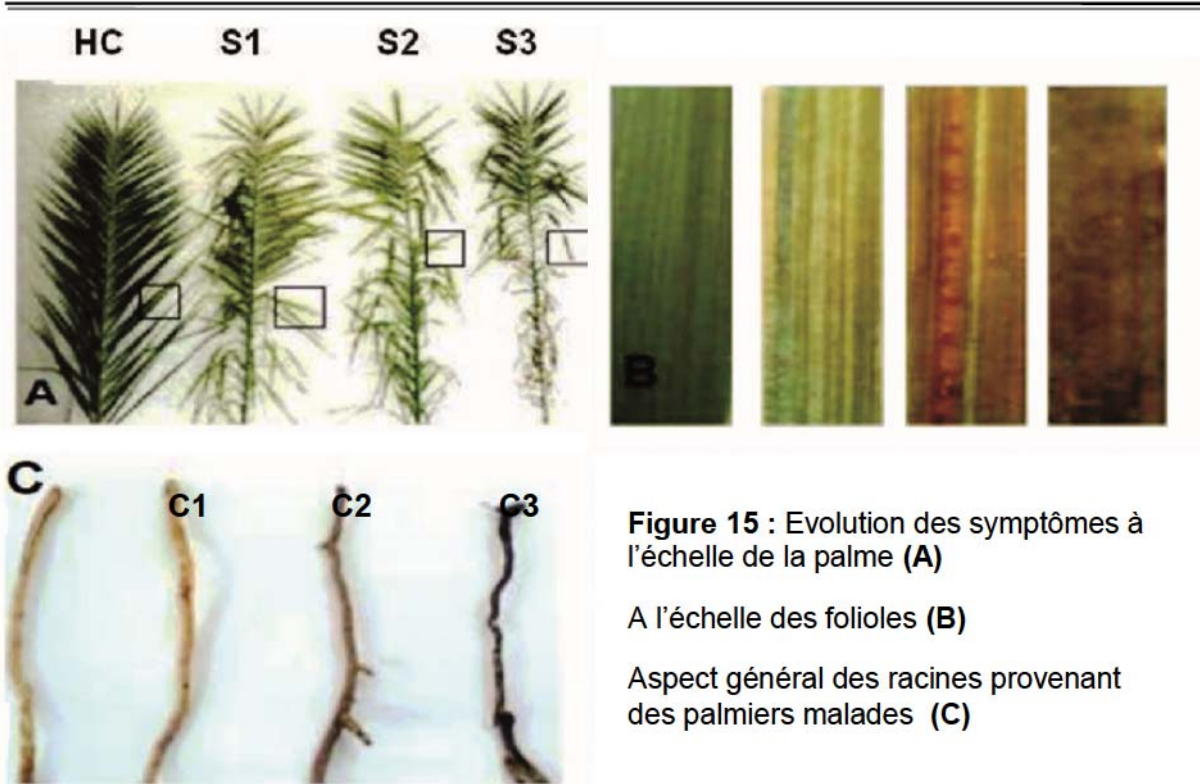


Figure 16 : symptôme de la MFC au niveau des palmes (A, B), foliole (C) son aspect général sur l'arbre de palmier dattier (dégénérescence) (D) et des palmeraies (E).

3. Dégâts et conséquences de la maladie

En raison de l'extension de cette maladie, de nombreuses répercussions négatives se sont manifestées dans les régions touchées. En effet, la production des palmiers malades s'en ressentait quantitativement et qualitativement.

L'agriculteur n'arrive plus à grimper au palmier sans risque de tomber à cause de la fragilité des palmes. Les agriculteurs ont procédé à l'arrachage des sujets malades alors qu'ils avaient nécessité un gros investissement pour leur culture, qui ne devait être pleinement rentable qu'au bout de dix ans ou plus (communication personnelle avec les agriculteurs de la région de zaatcha).

Il est clair, que cette maladie constituera un fléau qui menace les régions oasiennes. Elle posera certainement de sérieux problèmes d'ordre écologique et économique et social. Certains agriculteurs ont abandonné leurs parcelles affectées. L'oasis de Djérid (Tunisie) est très anciennement constituée par des variétés de palmiers sélectionnées par les oasiens. La perte de ces cultivars constituerait une perte considérable d'un patrimoine génétique très précieux (Namsi, 2008; Ben Mahmoud et Conforti, 1995).

4. Etude de l'étiologie de la MFC

Différentes équipes ont initié des travaux de recherche sur ce syndrome. De nombreuses tentatives de recherche étiologique ont été menées sans résultats probants.

4.1. Origine biotique de la maladie (hypothèse d'un agent infectieux)

La disposition des palmiers malades observées au champ suggère une origine biotique, car les arbres affectés semblent être groupés en foyers (Anonyme, 2003).

D'autres observations suggèrent la transmission horizontale d'un arbre initialement affecté avec des palmiers voisins, ce qui indique un regroupement et non une propagation aléatoire. Ce schéma est plutôt caractéristique d'une maladie biotique (Triki *et al.*, 2003).

La transmission de la maladie dans l'espace a été observée sur les régions Tunisiennes voisines telle que l'Algérie; Commençant par la région de Nefta qui est le foyer de la maladie en allant vers Tozeur, Al-Hamma, Tamarza, Gafsa, Kebili et Gabes. La Libye à son tour a été touchée par la MFC (Edongali, 2006). Cette observation suggère l'implication éventuelle d'un agent pathogène (Triki *et al.*, 2003) (Fig.17).

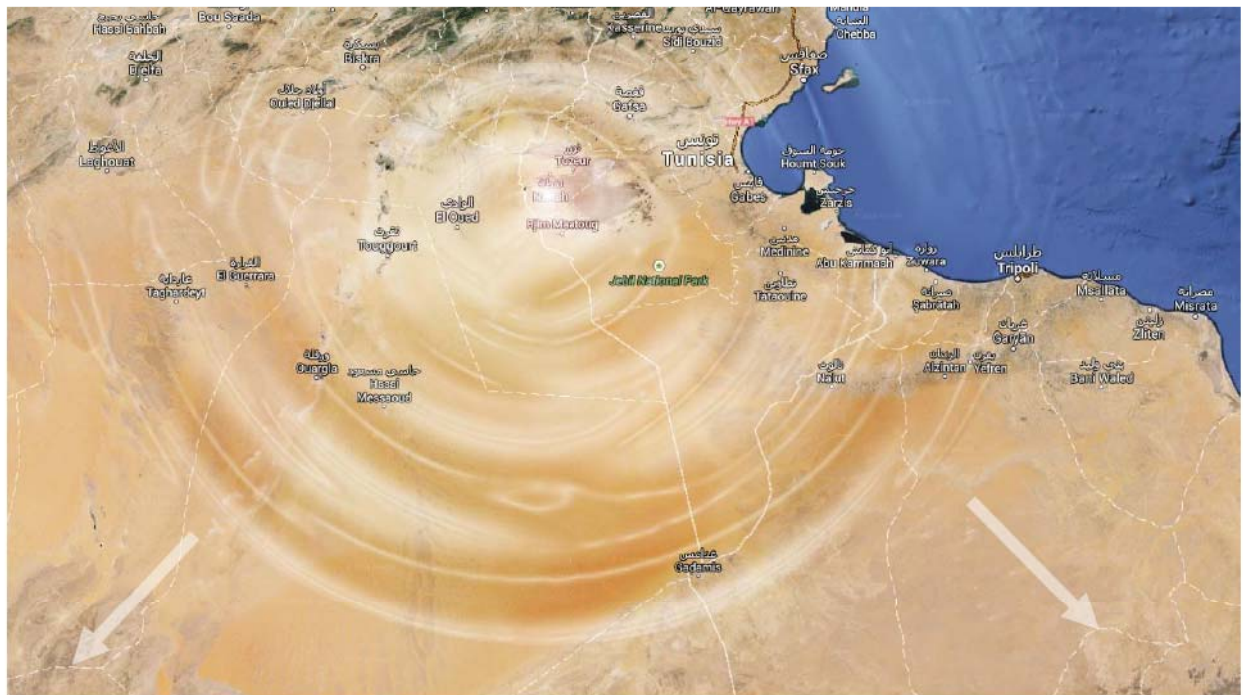


Figure 17 : Propagation de la MFC en Tunisie et dans les pays voisins (originale 2014)

Selon Ben Mahamoud *et al.*, (2007) des analyses fongiques, bactériennes et nématologiques ainsi que des observations microscopiques effectuées en Tunisie ou dans d'autres pays voisins n'ont pas pu mettre en évidence la présence d'un agent pathogène susceptible de provoquer une telle affection à savoir :

4.1.1. Champignons

Depuis 1986, plusieurs essais ont été réalisés afin d'identifier un éventuel champignon responsable de la MFC. Aucune flore fongique n'a pu être isolée des différents organes (folioles, rachis, stipe et racines) appartenant à des sujets atteints à tous les stades de la maladie. Les traitements appliqués, sur les troncs des sujets malades, avec différents fongicides (manèbe, bénomyl, méthyl-thiophanate + manèbe, oxychlorure de cuivre) n'ont pas apporté d'amélioration (Namsi ,2008 , Takrouni, 1989).

4.1.2. Bactéries

Waller en 1987 n'a isolé aucune bactérie phytopathogène dans les rachis, dans les bourgeons ou dans les tissus racinaires des palmiers malades.

De même, d'autres chercheurs (Jones, 1988; Lamberti, 1988; Mehani, 1988 et Aubert, 1993) n'ont pu mentionné de symptômes d'infection par des bactéries exogènes et donc, après analyse, l'origine bactérienne de la maladie a été rejetée.

4.1.3. Les phytoplasmes

Un travail sur la MFC est mené par Ben Rabiâa, en utilisant des insectes piqueurs suceurs susceptibles de transmettre des phytoplasmes (Cicadelles et psylles) collectés dans des parcelles touchées par la MFC, l'analyse PCR de ces derniers ont infirmé l'hypothèse phytoplasmique (Hanon, 1998).

4.1.3. Nématodes

Pour l'identification des nématodes, Lamberti (1988) a collecté des échantillons de sols, de stipes et de racines des palmiers atteints d'une même parcelle, présentant les symptômes de la MFC, des palmiers voisins de ceux qui sont affectés, et des palmiers dont les parcelles sont loin des parcelles abritant la MFC. Aucun nématode associé aux racines n'a été observé.

4.2. Origine abiotique de la maladie

4.2.1. Le manganèse et la maladie de la feuille cassante

Etant donné que la carence en manganèse dans les tissus affectés par la MFC a été mentionnée par plusieurs équipes de recherches (Jones, 1988; Riahi *et al.*, 1998 et Montarone *et al.*, 2003, Namsi, 2008), nous avons accordé un intérêt particulier à cet oligoélément en rappelant ses principales fonctions (en haut du document).

La disponibilité de Mn ne signifie pas uniquement sa présence dans le sol mais plus particulièrement la capacité de la plante à l'assimiler. Ainsi, la carence en Mn qui affecte le palmier n'est pas probablement pas liée à un manque de Mn dans le sol, mais à sa non disponibilité sous des formes solubles facilement assimilables par la plante (Riahi Sassi *et al.*, 1998 ;Namsi 2008).

Certaines bactéries phylotypes peuvent être impliquées dans l'oxydation du Mn du sol et, par conséquent, être responsable de l'indisponibilité de manganèse dans les palmiers qui développent la maladie de la MFC (Namsi *et al.*, 2012).

Selon Allouchi *et al.*, (1988); la pulvérisation sur les palmes ou l'injection au niveau du tronc d'une solution de sulfate de manganèse à raison de 1,5 g /l donne un rétablissement de l'état de l'arbre atteints de la MFC (dont les symptômes ressemblent à ceux d'une carence en manganèse)q, pendant une période de 6 mois à 1an. Cet auteur signale également que des analyses minérales du sol n'ont pas pu révéler de différence entre les parcelles malades et les parcelles saines.

L'expression des symptômes types de la MFC est favorisée par une faible disponibilité de Mn dans le sol. Les sols des oasis tunisiennes ont un pH élevé, allant de 7,4 à 7,8 (Riahi Sassi *et al* ; 1998). D'après Namsi *et al.*, (2007) un sol où la MFC est absente, présente une disponibilité de 1ppm de Mn de 69 ppm du Mn total, tandis que sur les oasis touchées par la maladie le taux de Mn disponible est de 0,58 ppm de 16 à 28 ppm de Mn total.

Toutes les folioles affectées testées étaient carencées en manganèse ce qui est également une caractéristique observée par Saaid *et al* (2006) dans la maladie.

En général les oasis touchées par la MFC sont les oasis traditionnelles qui ne reçoivent pas de soins (Namsi *et al.*, 2007)

Bien que l'agent de la MFC reste inconnu, l'OEPP a décidé de l'ajouter à la liste d'Alerte en raison de sa gravité pour une culture aussi importante et stratégique.

Partie II

MATÉRIELS ET MÉTHODES



MATERIELS ET METHODES

1. Zone d'étude

1.1. Présentations de la zone d'étude

La zone d'étude s'étend sur une superficie de près de 45 505 km² entre l'Algérie et la Tunisie, située à 35° nord, au sud à 32° 58' à 10° est, et à 5°23' ouest. Elle englobe la wilaya de Biskra en Algérie, Gabes, Kebili, Tozeur (Nefta et degache) et Gafsa (Tamerza) en Tunisie (Fig.18).

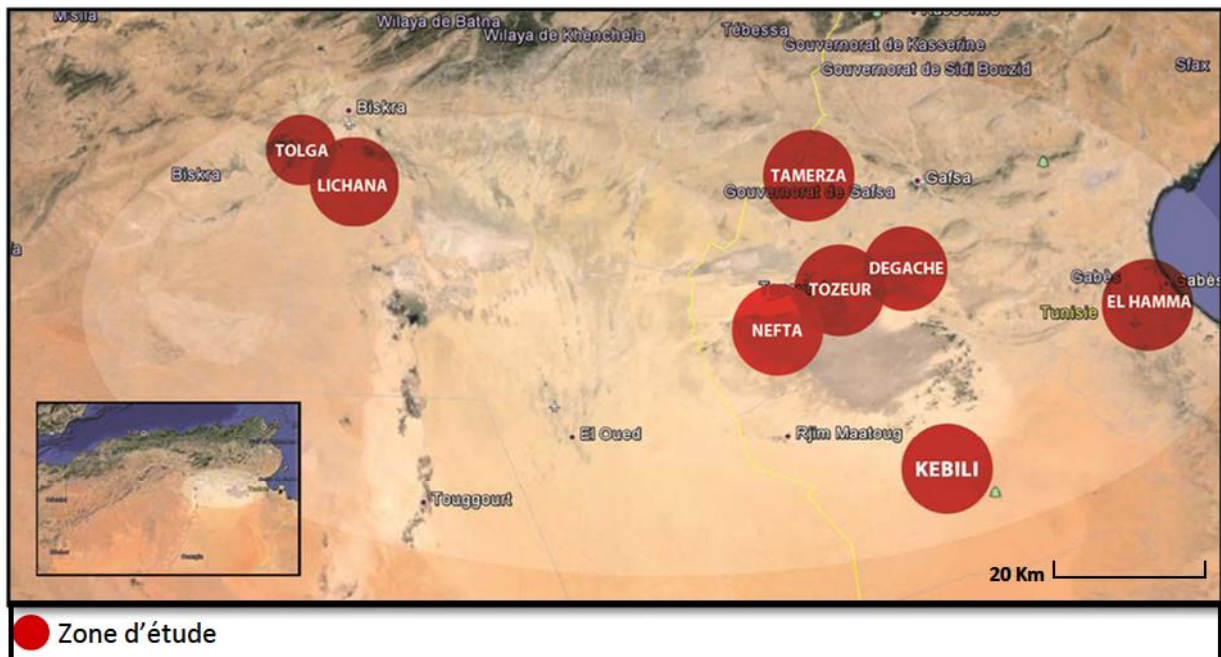


Figure 18: Répartition géographique des palmeraies atteintes par la maladie de la feuille cassante. (Originale, 2014)

1.2. Caractéristiques des palmeraies de la zone d'étude :

1.2.1. Caractéristiques de la palmeraie de Biskra (Algérie) :

La wilaya de Biskra est considérée comme la première région dattière du pays ; elle représente 27 % du patrimoine national avec 4,5 millions de palmiers dont 2,5 palmiers producteurs ; 1,4 millions de ces palmiers appartiennent à la variété Deglet-nour (Anonyme ,2007) représentée sur une surface de 30 554 hectares (Djennane, 1990). La surface agricole utile n'occupe que le 1/10^{ème} de la surface totale, dont un tiers seulement est irrigué. La densité de plantation est de 100 à 120 pieds par ha. (Ouinten, 2001)

1.2.2. Caractéristiques de la palmeraie des régions tunisiennes

En Tunisie, les palmiers dattiers se sont développés dans la partie méridionale du pays (latitude nord 34°25'), essentiellement dans les régions de Kébili et de Tozeur, où les conditions sont les plus favorables pour la production et la maturation des meilleures variétés.

Les oasis tunisiennes couvrent une superficie d'environ 40.000 hectares avec un effectif de 5,4 millions d'arbres, dont 77.5% se trouvent dans les régions de Nefzaoua et de Djérid (Anonyme, 2011). La production dépasserait 174.000 tonnes (GIF, 2011). Le palmier dattier, occupe à lui seul l'étage supérieur dans les oasis du sud tunisien constituant la base économique des principales régions dattières.

1.3. Composition variétale

1.3.1. Composition variétale de Biskra

Biskra ville cernée par 4,5 millions de palmiers confirme sa vocation de porte du grand Sud. La variété Deglet-Nour, représente en moyenne plus de 62% de la totalité soit 2,6 millions de palmiers, le reste est constitué de variétés tel el Ghars, Rtab, datte molle (17%), Degla Beidha et dattes sèches (29%). (Anonyme, 2011, ABSI, 2013)

1.3.2. Composition variétale des régions tunisiennes :

En Tunisie 260 cultivars ont été recensés dont les plus importants sont représentés par la variété « Deglet Nour », « Alig », « Kintichi » et Khouat ». La variété de « Deglet Nour » représente 60% de la production dattière de la Tunisie (Namsi A. 2008)

2. Site d'étude :

Les régions concernées par notre étude se situent en Algérie ; dans la wilaya de Biskra et en Tunisie, dans les wilayas de Kebili, Tozeur (Nefta, Degache), Gafsa (Tamerza), Gabes (El hamma).

Les prospections ont été effectuées dans la région de Zaatcha , oasis située à 30 km au Sud-ouest de la wilaya, (5°25 Est et 34°43' Nord), et celle de Tolga située à 35 km au Sud ouest de la wilaya, (5°23'Est et 34°43'Nord).

3. Travaux réalisés :

Afin d'enrichir les connaissances sur l'étiologie et l'épidémiologie de la maladie de la feuille cassante, nous avons consulté divers travaux, en se focalisant sur les études moléculaires et celles du sol.

3.1. Diagnostic moléculaire

Date ou période	Titre de la publication	Equipe et/ou Source	Méthodes utilisées	Objectif
1987	La maladie de la feuille cassante de palmier dattier en Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	Waller	Microscope électronique	Observation des tissus malades
1988	La maladie de la feuille cassante du palmier dattier en Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	Jones	Microscope électronique	Observation des tissus malades
1997	Le syndrome de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera</i> L.) dans les oasis tunisiennes	Namsi	Inoculation mécanique	Représentation de symptômes de la MFC sur des sujets sains
1997-2000	Identification et caractérisation des petits ARN dans le palmier dattier	Fadda- Duran vila triki et al.,	électrophorèse (S-PAGE)	Présence ou absence de viroïde
2000	Étude sur une nouvelle maladie du palmier dattier en Tunisie	Eilleuch et al.,	électrophorèse (S-PAGE) et électrophorèse R-PAGE	Extraction de molécule spécifique à la maladie de la feuille cassante
2001	La maladie de la feuille cassante de palmier dattier en Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	Fadda et triki et al.,	Banque de données	Nature de ARNdb détecté au niveau des palmiers atteints par la MFC
2003	Premier rapport de la «maladie des feuilles cassantes de palmier dattier en Algérie	Saadi et al.,	électrophorèse (S-PAGE)	Présence de la maladie de la feuille cassante en Algérie
2007	Un ensemble de nouveaux ARN transcrit à partir du génome chloroplastique S'accumule dans le palmier dattier dépliant atteints de la maladie feuilles cassantes	Marqués et al.,	Double électrophorèse sur gel de polyacrylamide (PAGE) + Le clonage et le séquençage de l'ARN	Présence d'un nouveau ARNdb spécifique à MFC
2008	Le syndrome de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera</i> L.) dans les oasis tunisiennes	Namsi	Extraction des ARNs par la méthode SDS/Acétate de potassium . sonde couplée par PCR	Création de sonde par hybridation moléculaire pour détecter les ARNs spécifiques à la MFC

3.2. Analyses de sol

Le tableau ci-dessous présente les différents travaux réalisés sur le sol des palmiers dattiers atteints par la maladie de la feuille cassante. (Tableau 6)

Date ou période	Titre de la publication	Equipe et/ou personne source	Méthodes utilisées	Objectif
1997-2003	Contribution à l'étude de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier en relation avec les caractéristiques physico-chimiques du sol	Riahi et al., et Montarone	Analyse granulométrique	Texture des sols
1960-1997	La maladie de la feuille cassante du palmier dattier en Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	Mehani ; Jones, Riahi et al.,	La mesure de la conductivité électromagnétique (CEM)	Salinité des sols
1997-2003	Le syndrome de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera L.</i>) dans les oasis Tunisiennes	Montarone , gharbi et Namsi	Le sol a été analysé par le Laboratoire d'analyse des sols de l'INRA (273, rue de Cambrai, 62000 Arras, France)	Nature des sols
1988-2007	Le Manganèse et la maladie de la feuille cassante de palmier dattier	Namsi et al., Jones, Riahi et al., Mc Grath, Montarone,	la méthode Dumas l'Unité de Service et de recherche en Analyses végétales et environnementales (USRAVE; INRA centre de recherche, 71, ave. E. Bourlaux, BP 81, 33883 Villenave d'Ornon, France)	Nutrition minérale (analyse des feuilles)
2003	La maladie de la feuille cassante de palmier dattiers en Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	Montarone et al.,	Conductimètre et réflectomètre	Caractéristiques des eaux d'irrigation (Les chlorures et les sulfates, salinité, acidité et la conductivité électrique)

4. Prospections :

Nos prospections ont porté sur 5 palmeraies et une parcelle privée (constituée de divers étages de plantations) dont leur superficie varie de 0,1 ha à 5ha avec une densité de plantation allant de 25 à 500 pieds par parcelle. Les prospections sur terrain, ont été effectuées à la mi-juin 2008 (travaux effectuée en 5^{ème} année) (Zouahi ,2008) (Tableau 7). Tout le matériel végétal prélevé concernait la variété Deglet nour.

Tableau 7 : Caractéristiques des palmeraies visitées

localité	Indication	Superficie (ha)	Nombre total de palmier	Age approximatif des palmiers (ans)	variété
Zaatcha	Zaat 1	0,1	6	25	A
	Zaat 2	0,2	45	4-25	A
	Zaat 3	0,1	25	20	A
Tolga	Tolg 1	5	500	10-70	A
	Tolg 2	3	240	10-20	A
	Tolg 3	0,5	100	20	B-C

A :Deglet-nour B :Ghers C : autres variétés

5. Méthode d'échantillonnage

Durant nos prospections, et après avoir pris connaissance des caractéristiques de chaque palmeraie, nos observations ont porté sur la recherche des pieds présentant ou non les symptômes typiques de la MFC.

Les symptômes recherchés sont les suivants :

- Des palmes de la couronne centrale moins nombreuses que ceux du palmier sain
- Des palmes de la couronne centrale dressées et largement dénudées de leurs folioles.
- Des folioles chlorotiques avec une couleur vert olive mat
- Des folioles cassantes, enroulées à aspect brûlé
- Des stries nécrotiques développées sur les folioles.

Nous avons prélevé des échantillons de matériel végétal et des échantillons de sol, aussi bien dans les palmeraies (Zaat 1 et Zaat 2) que dans les palmeraies (Tolg 1 et Tolg 2) (tableau 7). Sur les palmeraies Zaat 3 et Tolg 3 (tableau 7) nous avons effectué des observations relatives à la présence ou non de symptômes de la MFC (Fig. 19).

6. Source de matériel végétal

Sur la parcelle privée Zaat 1 et la palmeraie Zaat 2, nous avons prélevé une palme de la couronne centrale sur un palmier âgé de 25 ans (Zaat 1) et sur celui de 4 ans (Zaat 2) (tableau 7). Sur un palmier de la parcelle privée (Zaat1) nous avons prélevé aussi une grappe d'un régime portant des dattes du deuxième stade (verte). Dans la palmeraie Tolg 2 (tableau 7), nous avons prélevé une palme de la couronne centrale et une grappe d'un régime portant lui aussi des dattes du deuxième stade.

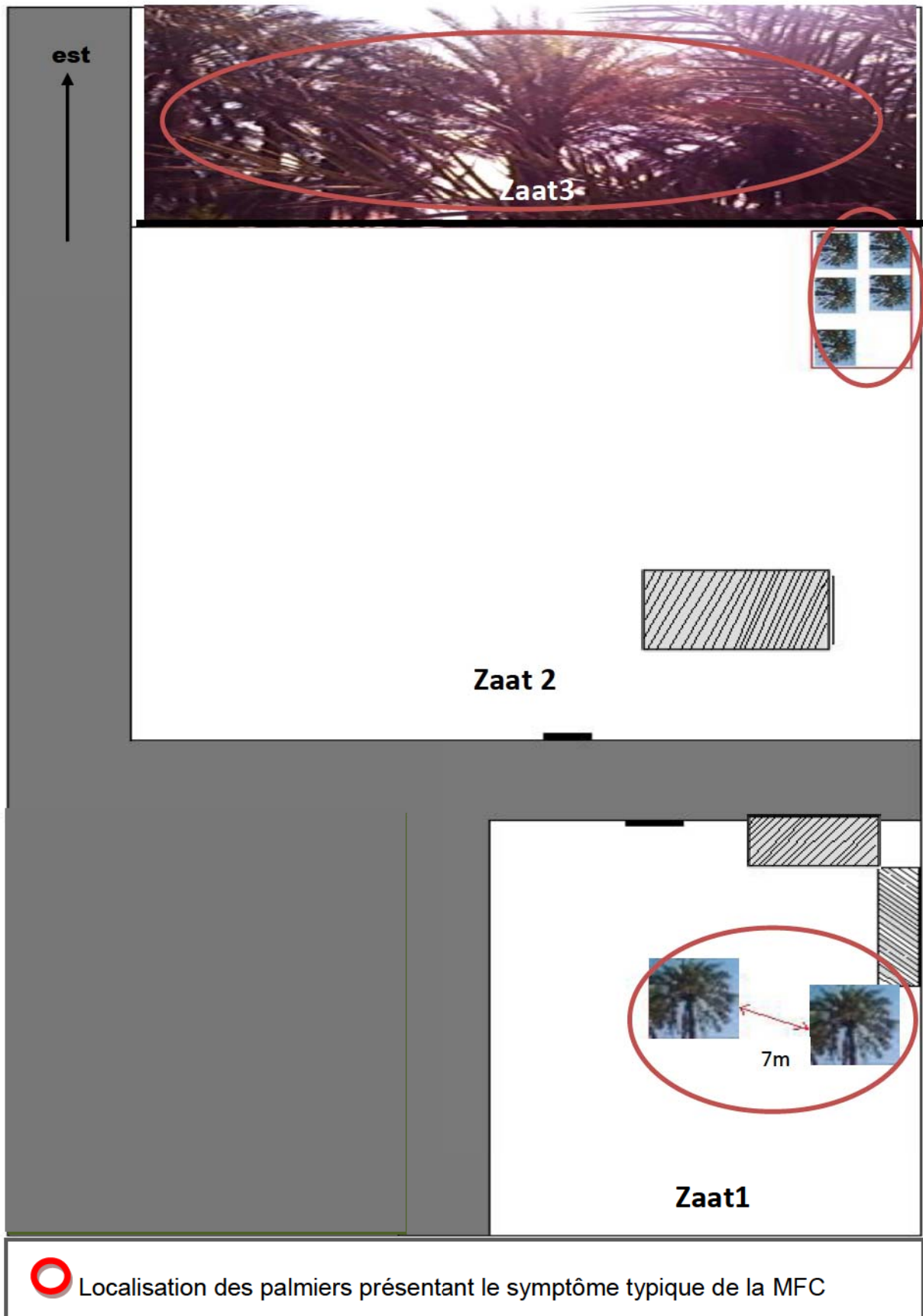


Figure 19 : Localisation des palmeraies de Zaatcha prospectées.(Originale 2008)

6.1. Méthode de prélèvement du matériel végétal

Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une scie à main désinfectée, au préalable par flambage. Les échantillons ont été conservés dans des sacs en papier, portant les indications nécessaires (date de prélèvement, le lieu, variété...)

Les palmes et les fruits prélevés ont été acheminés au laboratoire et conservés à une température de 4°C.

7. source du sol prélevé

Pour la parcelle privée Zaat1, les échantillons de sol ont été prélevés au niveau de deux pieds de palmier ; 500g de sol ont été prélevés sur la parcelle privée de Zaat1, les palmeraies Zaat2 et sur les palmeraies de Tolg1 (Tableau 5). Tandis que pour les palmeraies de Zaat2 et Tolg1, le prélèvement a porté uniquement sur un seul pied .

7.1. Méthode de prélèvement du sol

Les échantillons de sol ont été prélevés autour de chaque pied, sur un rayon de 1 m, et à une profondeur de 10 à 25 cm. Ils ont été conservés dans des sacs en papier portant les indications du lieu et date de prélèvement puis acheminés au laboratoire pour leur analyse.

8. Détermination des caractéristiques des dattes prospectées :

Les caractéristiques recherchées et qui ont fait l'objectif de notre étude sont : le poids, la taille et la teneur en eau de la datte.

8.1. La taille :

Nous avons pris des échantillons de fruits des 2 grappes prélevées (20 dattes de chaque grappe) des palmiers présentant des symptômes similaires à la MFC et d'autres non. Des mensurations ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse concernant la longueur et la largeur de chacune des dattes.

8.2. Le Poids :

Après un choix aléatoire de 20 dattes prises des 2 grappes prélevées des palmiers présentant les symptômes de la MFC et d'autres d'apparence saine ; elles ont été ensuite pesées individuellement à l'aide d'une balance électronique (marque SPALTEC) pour déterminer le poids frais de chacune d'entre elles.

8.3. La teneur en eau :

Afin de déterminer la teneur en eau des fruits prélevés des palmiers présentant les symptômes de la MFC et d'autres d'apparence saine nous avons introduit 10g de chaque grappe avec 3 répétitions dans l'étuve à une température de 108°C pendant 36h. Après séchage, la pesée de nos échantillons a eu lieu à l'aide de la même balance (SPALTEC).

9. Analyses du sol

9.1. Types d'analyses effectuées sur le sol

Les analyses du sol ont porté sur 8 échantillons et ont été effectuées au niveau de l'institut technique de grande culture d'**El-Harrach Alger** (ITGC).

9.1.1. Détermination du pH :

Le pH a été déterminé par une méthode classique à l'aide d'un pH mètre dans des conditions bien déterminées (dans l'eau) de l'échantillon du sol.

9.1.2. Détermination de la capacité d'échange cationique :

La détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) a été réalisée selon la méthode de Metson (norme AFNOR NF X 31-130).

9.1.3. Détermination des éléments minéraux

D'après les 8 échantillons du sol prélevés nous avons déterminé :

9.1.3.1. Pourcentage (%) de calcium actif et total

La méthode utilisée est le calcimètre de Bernard pour le % de calcium total et Drouine-Galet pour celui du calcium actif

9.1.3.2. Taux de P_2O_5

La détermination du taux de P_2O_5 dans le sol a été faite suivant la méthode d'Olsen. La terre est mise en contact avec une solution d'hydrogénocarbonate de sodium, suivant la norme internationale NF ISO 11263. L'extrait obtenu est dosé par spectrophotocolorimétrie.

9.1.3.3. Pourcentage (%) de la matière organique

La détermination du taux de la matière organique a été effectuée par la Méthode Anne.

Partie III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

RESULTATS ■

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultat du diagnostic moléculaire des travaux élaborés (Tableau 8)

Date ou période	Titre de la publication	Résultats
1987	La maladie de la feuille cassante de palmier dattier en Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	Waller (1987) a rapporté que l'observation par microscope électronique des tissus de feuilles atteintes a révélé la présence de particules en forme de bâtonnet, laissant penser qu'il pourrait s'agir d'une maladie à virus.
1988	La maladie de la feuille cassante de palmier dattier en Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	Présence des particules virales tubulaires, similaires à des virus, ont été observées dans les deux types de tissus (malade et sain).
1997	Le syndrome de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera</i> L.) dans les oasis tunisiennes	Les observations périodiques des plantes inoculées mécaniquement n'ont révélé aucun développement de symptômes identiques ou différents de ceux observé sur les palmiers atteints de la MFC.
1997-2000	Identification et caractérisation des petits ARN dans des palmiers dattiers	Duran-vila et Fedda ont analysé des tissus de différents organes du palmier (14 échantillons malades et 7 sains) sans détecter la présence de viroïde.
2000	Étude sur une nouvelle maladie du palmier dattier en Tunisie	Les résultats indiquent qu'un petit ARN est associé aux palmiers dattiers malades, l'ARN est soit de type brin circulaire ou ARN double brin linéaire. Leur mobilité en analyse S-PAGE et R-PAGE indique que ces ARNs ont une conformation inhabituelle.
2001	La maladie de la feuille cassante de palmier dattier en	ARNdb identifié contient des séquences homologues au gène du chloroplaste.

	Tunisie: biotique ou abiotique maladie?	
2003	Premier rapport de la «maladie des feuilles cassantes de palmier dattier en Algérie	Identification d'un ARNdb spécifique à la MFC.
2007	Un ensemble de nouveaux ARN transcrit à partir du génome chloroplastique s'accumule dans les feuilles de palmier dattier atteint de la maladie feuille cassante	Présence d'un ensemble de nouveaux ARNdb (MFC-ARN) homologues à différentes régions du génome du chloroplaste de palmier dattier, telles que les régions des gènes <i>rrn5S</i> - <i>TRNR</i> (<i>ACG</i>) et <i>trnM</i> (<i>CAU</i>)- <i>ATPE</i> .
2008	Le syndrome de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera</i> L.) dans les oasis tunisiennes	Les résultats d'hybridation sont toujours positifs dans le cas des échantillons issus de palmier malade et négatifs avec les échantillons provenant de palmier sains, technique complètement validée pour plusieurs variétés

2. Résultats des analyses de sol des travaux effectués (Tableau 9)

Date ou période	objectif	Résultats
1997-2003	<p>Texture des sols Analyse granulométrique</p>	<p>les auteurs ont trouvé une fourchette de valeurs moyennes du taux de la fraction sableuse comprise entre 65 et 72 % pour les horizons superficiels et 74-80 % pour les horizons profonds (Degache). Alors que pour les sols de Tozeur et Nafta, l'analyse a révélé un taux de sable plus élevé dans tous les horizons (85 à 95 %). Le pourcentage moyen d'argile dans le sol ??? est de 35 % (Degache).</p> <p>D'après Montarone <i>et al.</i> (2003), les analyses granulom étriques ont confirmé le caractère sableux de la texture de sol à Nafta et à Tozeur .</p>
1960-1997	<p>Salinité de sol La mesure de la conductivité électromagnétique (CEM)</p>	<p>Les travaux réalisés par Mehani vers 1960 dans le premier foyer connu à Nafta ont permis de noter une salinité élevée au niveau des racines. De même, Jones (1988) a montré une salinité excessive des sols provenant des zones infectées par rapport à celles des sols provenant de zones saines.</p>
1997-2003	<p>Nature des sols</p>	<p>les sols étudiés sont assez pourvus en phosphore assimilable, même en profondeur. Selon eux, la composition en oligo-éléments (fer, zinc, cuivre, manganèse et bore) des sols analysés (malades et sains) est similaire</p> <p>Montarone <i>et al.</i>, (2003) tiennent à souligner que le déséquilibre considérable du rapport K_2O/MgO observé dans les sols analysés.</p> <p>Les auteurs rejoignent ainsi l'hypothèse du déséquilibre nutritionnel en manganèse, mis en évidence par des travaux antérieurs, ainsi que l'éventuelle implication de la carence en bore soulevée par Riahi <i>et al</i> (1998). Les teneurs de Mn dans les sols non affectés et sols témoins sont de même ordre et ne sont pas très différents.</p>

2003	<p>Caractéristiques des eaux d'irrigation Conductimètre, Le réflectomètre</p>	<p>Selon Montarone <i>et al</i> (2003), l'analyse des eaux d'irrigation provenant de foyers de la MFC révèle une salinité élevée. Les concentrations des chlorures et des sulfates étaient très élevées dans les eaux d'irrigation provenant des oasis affectées et des oasis saines. Les auteurs ont noté que l'acidité et la conductivité électrique des eaux d'irrigation sont comparables dans les oasis affectées et dans les oasis indemnes.</p>
1988-2003	<p>Nutrition minérale</p>	<p>Plusieurs équipes ont comparé, à partir des diagnostics foliaires, les teneurs en éléments majeurs et en oligo-éléments des folioles saines et celles malades.</p> <p>Les analyses menées par Riahi en (Jones, 1988) ont prouvé qu'aucun élément majeur ne peut être associé à ce syndrome.</p> <p>Jones (1988) ;; Riahi <i>et al.</i> (1998) et Montarone <i>et al.</i> (2003) sont d'accord sur une carence en manganèse dans les tissus malades.</p> <p>Riahi <i>et al</i> (1997 et 1998), Me Grath (1988) et Jones (1988) ont montré une faible concentration en Mn et en bore dans les feuilles des palmiers atteints comparée à celle observée dans les feuilles de palmiers témoins sains. Par contre, les analyses menées par Gharbi et Gharbi (1997) ont montré que les concentrations du bore dans les folioles nécrosées sont bien supérieures à celles mesurées dans les folioles saines.</p> <p>Les travaux de Gharbi et Gharbi (1997) ont démontré une faible teneur en fer et en manganèse totaux dans les tissus nécrosés par rapport à celle observée dans les tissus sains et la possibilité de développement de symptômes de carence de ces éléments.</p>

3. Résultats sur terrain

Les prospections effectuées dans les 5 palmeraies ainsi que dans la parcelle privée nous ont permis d'observer des symptômes typiques de la MFC sur certains palmiers qui étaient présents au niveau des palmeraies Zaat 1, Zaat 2 et Zaat 3 avec différents stades de l'affection (tableau 10).

Tableau 10 : Nombre de palmiers présentant les symptômes typiques de la MFC au niveau de chaque palmeraie prospectée

localité	Indication des palmeraies	Palmiers présentant la MFC/nombre total	Age approximatif des palmiers (ans)	variété
Zaatcha	Zaat 1	2/6	25	A
	Zaat 2	5/45	4-25	A
	Zaat 3	20/25	20	A
Tolga	Tolg 1	0/500	10-70	A
	Tolg 2	0/240	10-20	A
	Tolg 3	0/100	20	B-C

A. Palmeraies de Tolga

A .1. Palmeraie Tolg1, Tolg2 et Tolg3

Au niveau des palmeraies Tolg1, Tolg2 et Tolg3 ; aucun symptôme spécifique rappelant celui de la MFC n'a pu être décelé (Fig. 20, 21, 22, 23).



Figure 20 : Palmeraie Tolg1 comportant des palmiers sains (Originale, 2008)



Figure 21 : Palmes saines de la palmeraie Tolg1 (Originale, 2008)



Figure 22 : Palmier sain de la palmeraie Tolg2 (Originale, 2008)



Figure 23 : Palme saine de la palmeraie Tolg2 (Originale, 2008)

B. Palmeraies de Zaatcha

B.1. Palmeraies Zaat1

Sur les 6 palmiers étudiés nous avons pu observer les symptômes typiques de la MFC uniquement sur 2 palmiers et à deux stades différents de l'infection, une distance de 7 mètres séparant ces deux palmiers.

Le premier palmier présentait des symptômes au niveau de la couronne centrale. Des folioles chlorotiques avec une couleur vert olive mat (Fig.24) s'enroulant et prenant un aspect brûlé (Fig.26). Des stries nécrotiques se développent sur les folioles (Fig. 25). Des palmes de la couronne centrale dressées) et largement dénudées de leurs folioles (Fig.27 et 28).



Figure 24 : Folioles chlorotiques avec une couleur vert olive mat (Originale, 2008)



Figure 25: Stries nécrotiques sur les folioles (Originale, 2008)



Figure 26: Folioles d'une palme de la couronne centrale s'enroulent et prennent un aspect brûlé (Originale, 2008)



Figure 27 : Palmes de la couronne centrale dressées (Originale, 2008)



Figure 28 : Palmes largement dénudées de leurs folioles (Originale, 2008)

Nous avons remarqué une alternance des palmes symptomatiques et asymptomatiques au niveau des rachis (Fig. 29) avec une apparition unilatérale du symptôme (décoloration et stries nécrotiques au niveau du rachis) (Fig. 30).

Au niveau du deuxième palmier (Zaat1) les symptômes de la MFC étaient très peu apparents. Une chlorose longitudinale a été décelée au niveau d'une foliole (Fig.31)



Figure 29 : Alternance des palmes symptomatiques et asymptomatiques au niveau des rachis(Originale, 2008)



Figure 30 : Chlorose unilatérale au niveau des rachis(Originale, 2008)



Figure 31 : Chlorose longitudinale au niveau d'une foliole d'un palmier présentant les premiers symptômes de la MFC(Originale, 2008)

Au niveau d'un palmier malade nous avons observé un régime contenant peu de fruits avec petit calibre contrairement à ceux observés dans la palmeraie saine de Tolg2 (Fig.32)



Figure 32 : (A) Régime contenant peu de fruits et de petit calibre
(B) Régime issu d'un palmier sain (Originale, 2008)

B.2. Palmeraie Zaat2:

Au niveau de la palmeraie, Zaat2 les palmiers présentaient les symptômes de la MFC. L'apparition du syndrome se localise au niveau de la couronne centrale (Fig. 33). Des folioles chlorotiques (Fig.34) sont nécrosées de forme longitudinale et à aspect brûlé (Fig.35).



Figure 33: Localisation des symptômes typiques de la MFC au niveau de la couronne centrale(Originale, 2008)



Figure 34: Folioles nécrosées longitudinalement, avec une apparence brûlée (Originale, 2008)

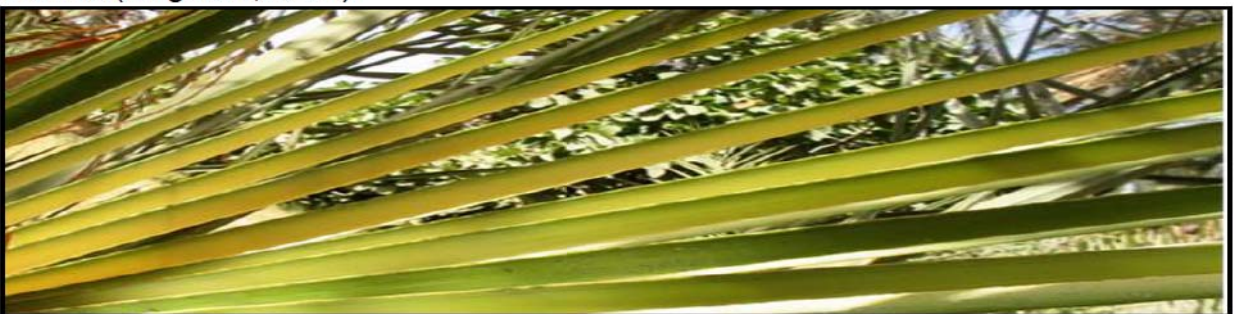


Figure 35 : Chlorose d'une jeune palme d'un palmier âgé de 6 ans

B.3. Palmeraie Zaat3 :

Dans la palmeraie Zaat3, la presque totalité des palmiers présentait des symptômes typiques. Les palmiers malades étaient dégénérés, à folioles décolorées (vert olive) à aspect brûlé, et facilement cassantes. Les palmes de la couronne centrale étaient totalement dénudées des folioles et les palmiers étaient en état de dépérissement avancé (figur36)



Figure 36 : Palmier présentant le stade final d'infection de la MFC (Originale, 2008)

4. Résultats des analyses au laboratoire.

4.1. Caractéristiques symptomatologique de la MFC

➤ Au Niveau des palmes :

Nous avons pu observer et relever les symptômes suivants : flétrissement, décoloration et apparition de nécrose (Fig.37 ,38)



Figure 37 : Palme issue d'un palmier dattier, variété Deglet-Nour extériorisant des symptômes typiques de la MFC (chlorose (A), nécrose(B) flétrissement(C)) (Originale, 2008)



Figure 38 : Différents stades d'infections de la MFC sur une foliole de palmier du premier au dernier stade ← (Originale, 2008)

On a pu déceler ; Une chlorose, avec une nécrose au niveau des palmes d'une façon unilatérale. (Fig. 39) (Originale, 2008)



Figure 39 : Appariation de symptômes (a) Chlorose (b) Nécrose et (c) Flétrissement au niveau des palmes de façon unilatérale (Originale, 2008)

➤ **Au niveau des dattes**

Le régime prélevé au niveau des palmeraies affectées portait un nombre réduit de dattes avec un faible calibre (fig.40) comparativement aux fruits issus de la palmeraie d'apparence saine (Fig.41)



Figure 40 : Régime du palmier dattier, variété Deglet-Nour affecté par la MFC (Zaatcha) (Originale, 2008)



Figure 41 : Fruits issus d'un palmier dattier sain ; ne présentant aucun symptôme (Tolga) (Originale, 2008)

4.2. Caractéristiques des dattes prélevées

4.2.1. La taille :

Les résultats obtenus à l'aide d'un pied à coulisse ont montré que les valeurs de la longueur des dattes vertes étaient nettement supérieures chez les sujets d'apparence saine (2,2cm) que celles des sujets présentant les symptômes typiques de la MFC (1,48 cm). Concernant leur largeur, la différence n'était pas importante, montrant néanmoins une légère supériorité des valeurs enregistrées pour les fruits d'apparence saine (1,26cm) par rapport au fruit malades (1,13cm). (Fig. 42)

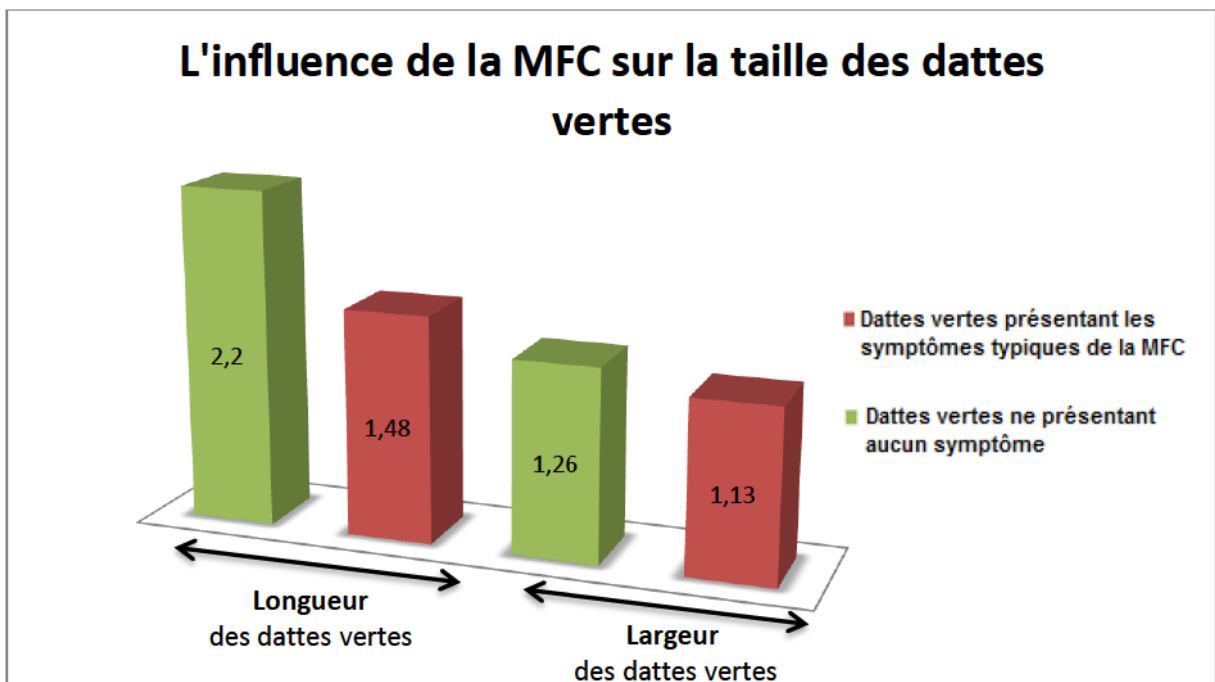


Figure 42 : Détermination de la taille des dattes présentant ou pas de symptômes

4.2.2. Le Poids :

Pour ce paramètre, des valeurs plus importantes (2,32g) étaient notées pour les dattes vertes d'apparence saine ainsi que pour que celles des dattes vertes de Zaat1 (1,2g) (Fig.43).

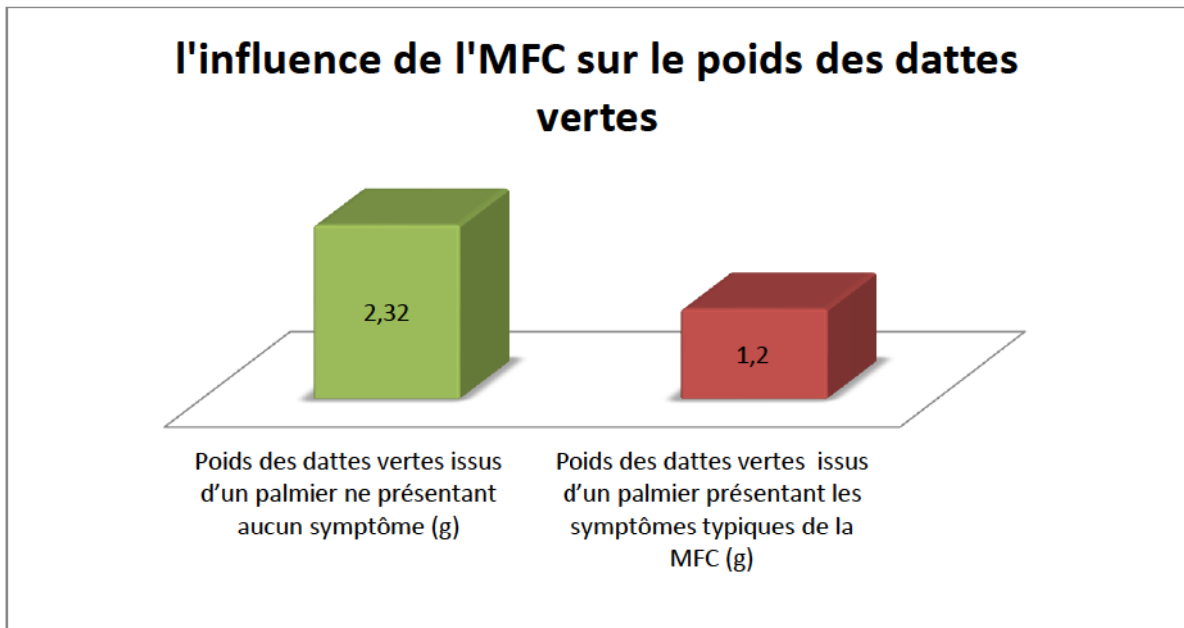


Figure 43 : Détermination du poids des dattes vertes présentant ou pas de symptômes typiques de la MFC.

4.2.3. La teneur en eau :

Après séchage et pesée des deux échantillons de dattes vertes nous avons obtenu les résultats suivants : les 10 g de dattes qui ne présentaient pas les symptômes typiques de la MFC contenaient 80% d'eau (Fig.44). Alors que sur les 10 g des dattes vertes malades, la **teneur en eau** était de 71% (Fig.45).

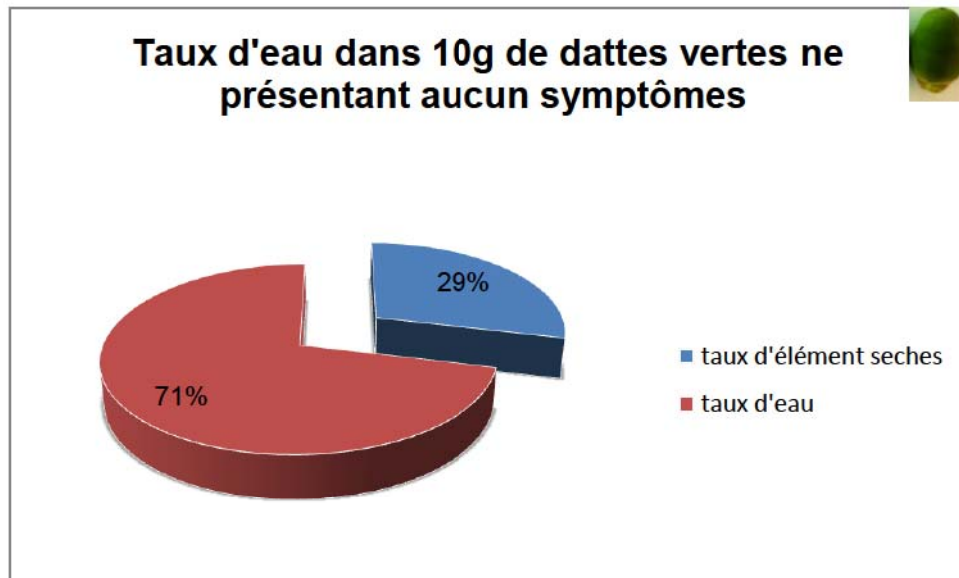


Figure 44 : Détermination de la teneur en eau au niveau des dattes vertes saines

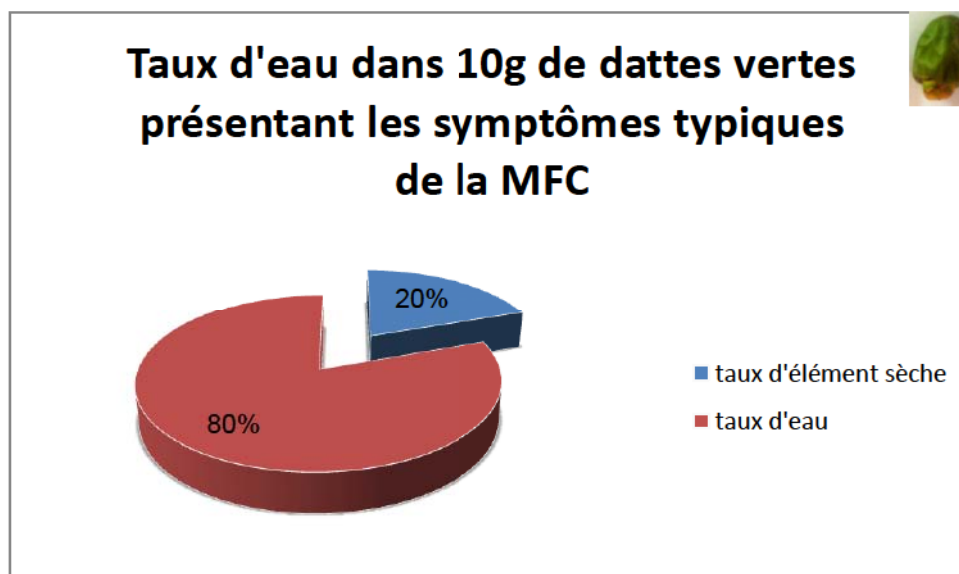


Figure 45: Détermination de la teneur en eau au niveau des dattes vertes atteintes de la MFC

4.3. Résultats des analyses du sol

Après analyse du sol, nous avons obtenu les résultats suivants :

4.3.1. Le pH

Les valeurs de pH obtenues variaient dans un intervalle de 7,52 à 8,02, où les valeurs les plus élevées étaient principalement obtenues dans les sols de Zaatcha (Sm3) (Sol malade). Pour le sol de Tolga une valeur de pH de 7,69 à 7,76 a été obtenue (SS) (sol sain) (Fig.46).

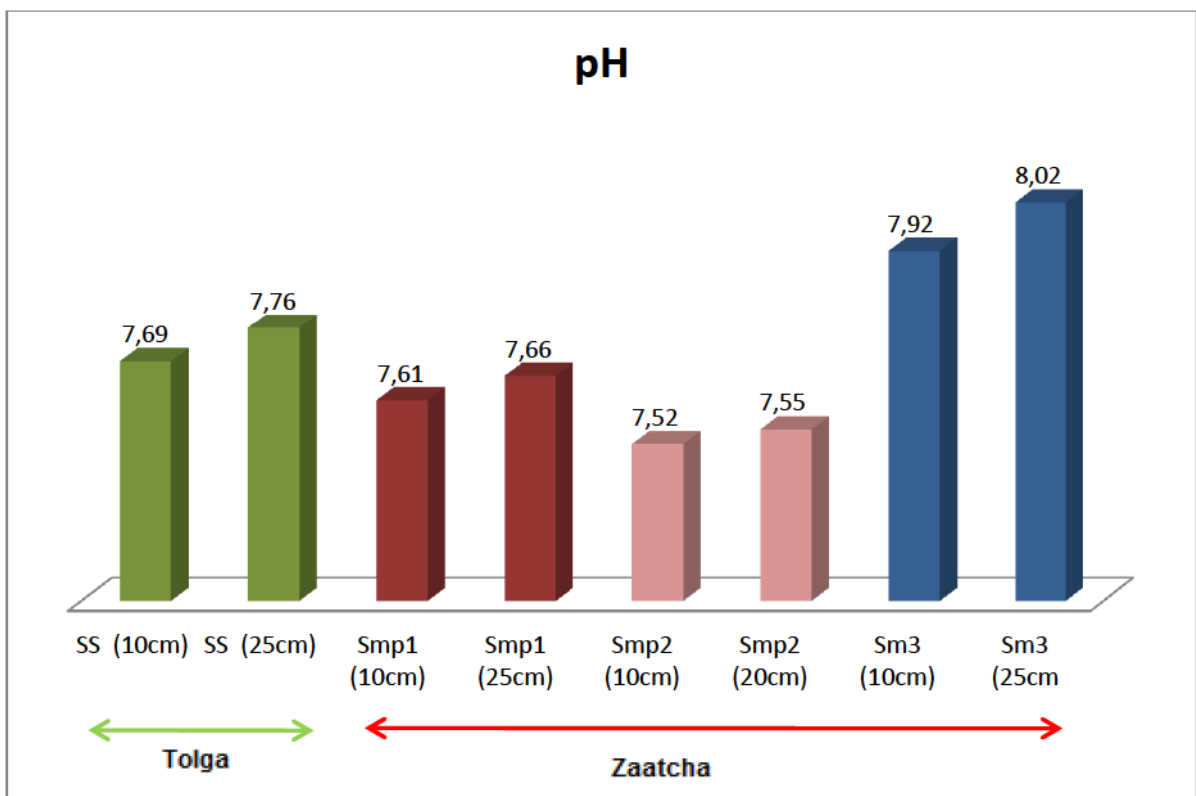


Figure 46 : PH des sols des palmeraies présentant ou non les symptômes typiques de la MFC

Note :

Ss : sol sain (Tolg1)

Smp1 : sol malade de palmier 1 (Zaat1)

Smp2 : sol malade de palmier 2 (Zaat2)

Sm3 : sol malade (Zaat2)

4.3.2. C.E.C :

Le taux de C.E.C était plus important au niveau de Tolga avec les valeurs de 2,1 à 2,28 s/m ; comparativement à ceux des sols de zaatcha dont les valeurs étaient de 1,28 à 0,97 S/m.(Fig.47)

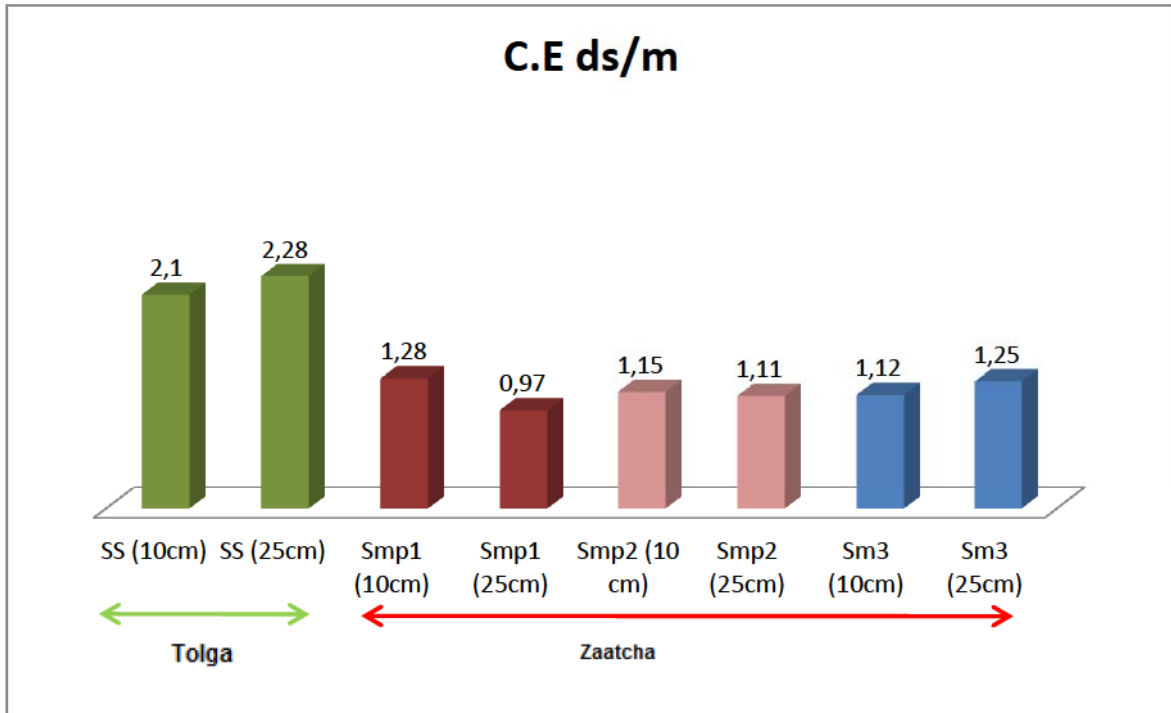


Figure 47: capacité d'échange cationique des échantillons du sol analysés

4.3.3. P_2O_5 :

En ce qui concerne la teneur des sols en P_2O_5 ; les sols de Zaatcha étaient riches en cet élément. Ils représentaient des valeurs qui variaient entre 12,13% à 3,01%, par contre pour le sol de Tolga un taux faible de cet élément a été remarqué, et sa teneur était de 1,48 à 1,65% (Fig.48).

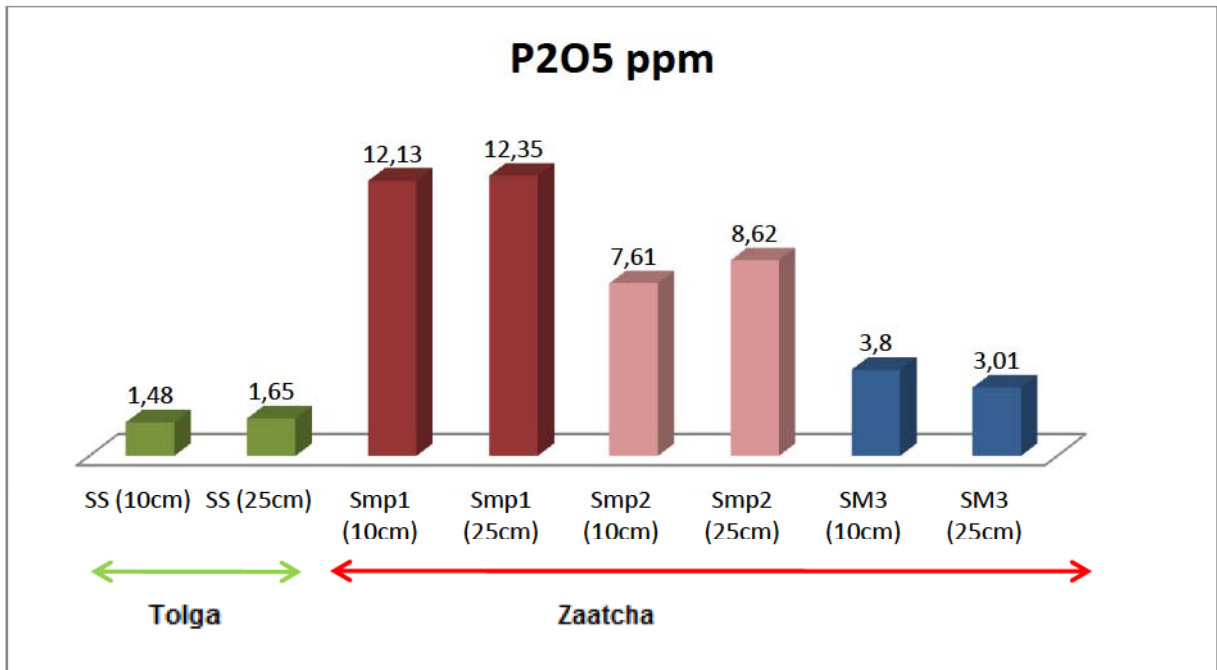


Figure 48 : Taux de P_2O_5 obtenu d'après les analyses du sol

4.3.4. M.O% :

Les sols de Zaatcha contenaient un taux de matière organique allant de la valeur la plus faible qui était de 3,64%(Zaat2) à la plus élevée 7,03% pour le sol de Zaat1 .En ce qui concerne les sols de Tolga un taux faible de MO a été remarqué (3,72 à 4,16%)(Fig.49).

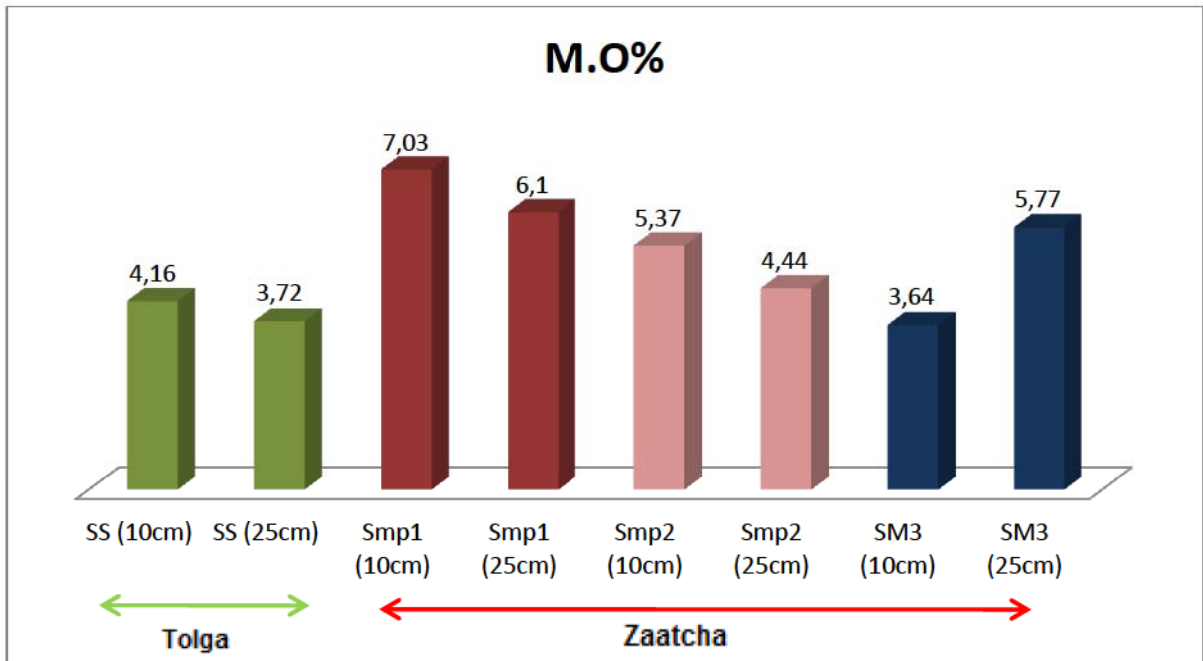


Figure 49 : Taux de MO dans les sols des palmeraies présentant ou non les symptômes typiques de la MFC

4.3.5. Ca% actif :

Le taux de Ca total était plus important au niveau de Zaatcha avec les valeurs de 11% ; tandis qu'au niveau des sols de Tolga : elles étaient de 8%. (Fig.50)

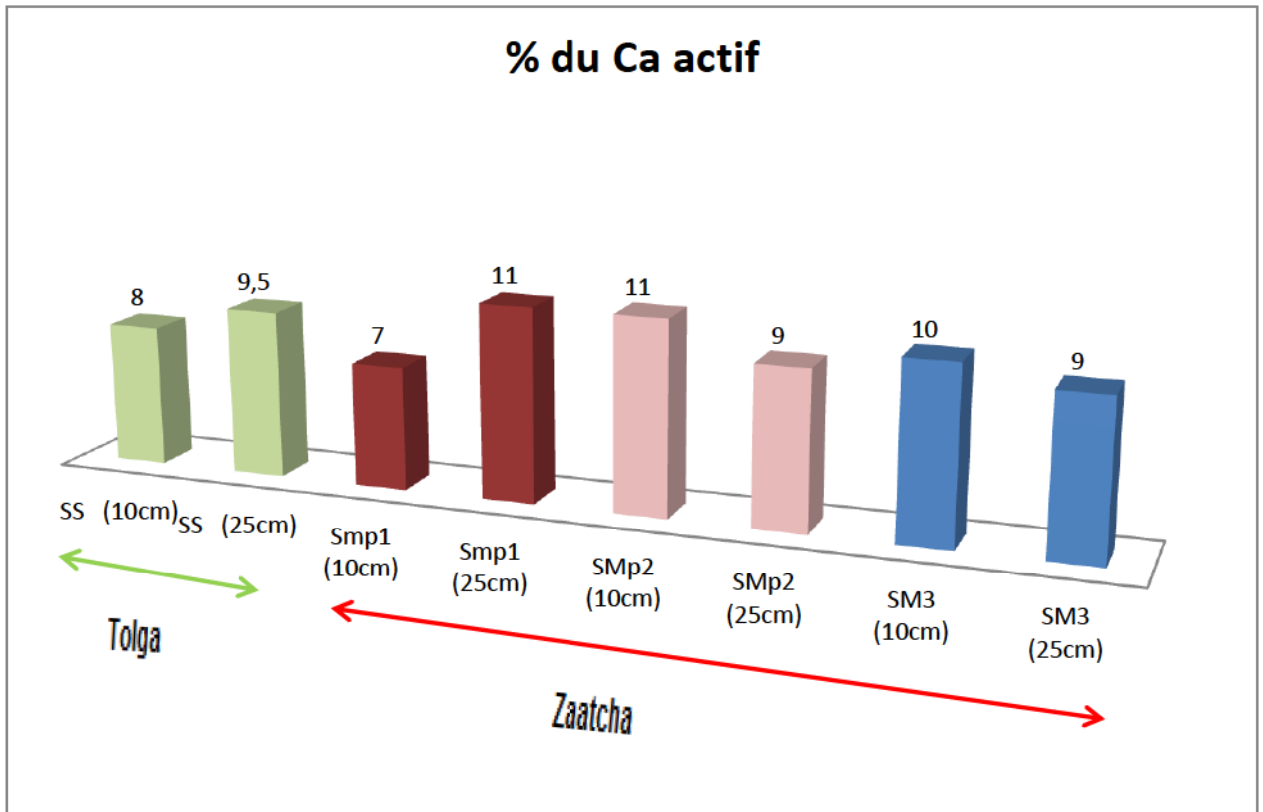


Figure 50 : Pourcentage % obtenu de Ca total et actif au niveau des échantillons du sol analysés

DISCUSSIONS ■

DISCUSSION

1. Discussions des résultats sur terrain

Les symptômes observés dans la région de Zaatcha nous font rappeler ceux rencontrés par Namsi *et al* (2007) au niveau des palmeraies tunisiennes. Ils ont déjà été observés dans les régions d'Adrar et de Biskra (Vieux Zaatcha, Bouchagroun, Dra Elbetikh, Farfar) signalés respectivement par Djerbi (1983b) et Saadi (2003). Dernièrement, certaines palmeraies de la localité de Ghardaïa (M'Zab) ont été confrontées à cette affection. (communication personnelle)

Confirmés par Namsi; il s'est avéré que les symptômes observés à Zaatcha (BISKRA) étaient typiques vu leur similitude avec ceux observés en Tunisie (communication personnelle avec Namsi)

Dans un premier temps, les symptômes de la MFC ont été attribués à une carence en manganèse en raison de leur similitude. La quasi-totalité des études a suivi l'hypothèse abiotique et suspecté un déséquilibre nutritionnelle minérale, notamment une carence prononcée en manganèse. (namsi, 2007)

Selon Broschat (2005), les symptômes d'une carence en manganèse sont concentrés sur une palme à sa base et le sont moins, voir inexistant à son extrémité. Ceux observés à Zaatcha sont visibles le long de la palme d'une façon homogène, Ce qui concorde avec la symptomatologie de la MFC.

D'autres études ont suivis l'hypothèse biotique. selon (Takrouni et al . , 1988) durant les première années où est apparue la MFC, cette maladie ne semblait pas se propager. Les arbres affectés étaient en nombre négligeable et disposés d'une manière éparse au niveau des palmeraies. Au milieu des années 1980, les signes ont pris le caractère d'une extension épidémique soudaine.

Si les conditions défavorables du sol étaient les seuls responsables de la MFC, les arbres nouvellement touchés devraient apparaître au hasard d'une manière hétérogène dans les plantations, et non groupés en foyer.

Les palmeraies de zaatcha présentant les symptômes typiques de la MFC étaient mitoyennes. Des travaux effectués en 2003 ont montré que les palmiers touchés par cette maladie étaient groupés en foyer ; ce qui est identique à nos s'applique à nos observations (à Zaatcha) et suppose l'implication d'un agent pathogène qui se dissémine d'un palmier à l'autre par contiguïté; par conséquent une contamination. Ce schéma de dissémination est caractéristique d'une maladie biotique. (Triki et al. 2003)

Sur le site de Zaat2, des palmiers âgés de 25 ans présentant les symptômes typiques de la MFC arrachés et remplacés par d'autres âgés de 2 ans. Deux années après leur mise en terre, les symptômes typiques de la MFC réapparurent. Ceci nous mène à supposer que le vecteur de l'agent pathogène de la MFC se trouve au niveau du sol. Sa dispersion peut se faire à travers l'irrigation, un vecteur tellurique tel que des champignons et des nématodes, aussi on présume qu'un contact racinaire entre les palmiers favoriserait sa dissémination.

Les symptômes typiques de la MFC ont été observés aussi bien sur des sujets jeunes que chez les adultes. Nos observations sont similaires à celles décrites par la FAO en 2003 (Anonyme, 2003). Sur les palmiers âgés, l'expression des symptômes était prononcée et s'exprimait par un éclaircissement de la couronne centrale qui aboutissant à un amenuisement rapide.

Selon Triki et al. en (2003) en Avril 2002, à la plantation de l'INRAT en Tozeur, où un groupe de 14 palmiers dattiers a été durement touché par MFC, tandis que les nombreux plants d'agrumes plantés à proximité n'ont montré aucun symptôme de carence en Mn. D'autre part, lorsque les plantations de palmiers dattiers ont été abandonnées pour diverses raisons, et qu'ils ne recevaient plus de soins, les arbres dépérissaient et finissaient par mourir, sans jamais montrer de symptômes.

Ceux-ci apparaissent à partir du mois de mai à une température de 27°C, jusqu'à juillet-aout. Cette période représente la phase d'activité végétative du palmier dattier. A ce stade un palmier affecté par la maladie s'affaiblis ; ceci s'exprime négativement sur la croissance de l'arbre et de son rendement.

2. Discussions des résultats des travaux moléculaires

Aucun agent causal de la maladie n'a été trouvé jusqu'à présent. Au niveau moléculaire ;la recherche de viroïdes, de virus et d'agents similaires a permis de mettre en évidence deux populations d'ARNs, de petite tailles (bicaténaire et linéaire) associée à la MFC, correspondant à différentes régions du génome du chloroplaste de palmier dattier (Namsi et al.,2006).

Le séquençage de ces ARNs-MFC a donc montré qu'ils n'ont aucune homologie de séquence avec un agent phytopathogène connu et que leur origine est interne au palmier (Namsi 2008).

Un plasmide vecteur, contenant un ADNc des séquences partielles des deux ARNs, a été utilisé pour former une sonde couplée à la digoxigénine (DIG). Cette sonde a été testée pour détecter, par hybridation moléculaire, les ARNs spécifiques de la MFC (ARNs-MFC). Le marqueur moléculaire de la ARN-MFC, peut maintenant être de valeur diagnostique (Namsi 2008).

Selon les travaux menés par Ben Mahamoud *et al.*, en (2006) et Triki *et al.*, en (2003). Les tests moléculaires effectués sur des échantillons provenant de Biskra (Vieux Zaatcha, Bouchagroun, Dra Elbetikh, Farfar) ont montré la présence de l'ARNdb spécifique à la MFC. Ce qui mène à soupçonner la présence de cette maladie au niveau des palmeraies algériennes.

3. Discussion des analyses de sol :

Les sols des palmeraies affectées analysés par différents auteurs, ont montré que à un pH élevé des sols, une salinité importante et une irrigation insuffisante, étaient susceptibles de rendre le Mn indisponible pour la plante, et pourrait expliquer ainsi la carence caractéristique en Mn de MFC. (Riahi et al.2003, namsi et al 2007)

Riahi *et al.*, en (1997), ont constaté que les foyers sains se trouvaient dans les sols à texture fine. D'après Montarone *et al.* (2003), les analyses granulométriques ont confirmé le caractère sableux de la texture de sol à Nafta et à Tozeur (taux d'argile compris entre 10 et 13,5 %, taux de limon entre 5,8 et 12,7 %). Le manque d'argile pourrait également contribuer à l'indisponibilité de Mn.

Il est bien connu que la mobilité et la disponibilité de Mn dans le sol sont très dépendantes du pH. Manganèse Mn^{2+} est la forme la plus soluble de l'élément, et la plus favorable pour l'absorption par les plantes. Le sol alcalin des palmeraies de Zaatcha, favorise la forme insoluble, Mn^{3+} et Mn^{4+} . résultant à l'insolubilité et d'indisponibilité du Mn (Triki *et al.*,2003).

Les auteurs ont noté que l'acidité et la conductivité électrique des eaux d'irrigation sont comparables dans les oasis affectées et dans les oasis indemnes. (Namsi *et al.*,2006)

Les sites présentant les signes typiques de la MFC (Zaatcha) contenaient un taux de Ca élevé ce qui diminuerait le pourcentage du manganèse assimilable dans le sol et donc favoriserait l'expression des symptômes de l'MFC selon (Riahi Sassi *et al.*, 2006) (Fig.51)

La différence entre les sols de Tolga et Zaatcha n'était remarquée qu'en fonction du taux de P_2O_5 et du pourcentage (%) de MO. Un faible taux de P_2O_5 et de MO au niveau de Tolg1 est expliqué par l'âge avancé des palmeraies et par un faible amendement organique. Par contre pour les palmeraies de Zaatcha un apport en phosphore et en fiente de poulet à été effectué dernièrement. .

Selon Djerbi (1983) la concentration de phosphore au niveau du sol où les palmiers étaient atteints, était plus élevés que celle de la palmeraie saine ; c'est ce qui a été remarqué sur nos résultats. Le taux de P_2O_5 du sol est plus élevé sur les palmeraies de Zaatcha que sur ceux de Tolga.

L'analyse des palmes touchées par la MFC a montré un déficit en Mn (elles contiennent 10 fois moins de Mn que les folioles saines de palmiers) malgré la présence de Mn échangeable adéquat dans les sols des palmeraies touchées. (Marqués. 2011).

L'atténuation des symptômes par l'injection de sulfate de Mn à 1,5 g l⁻¹ sur les troncs des palmiers affectés par la MFC n'a duré que six mois. Au cours des dernières années, cette pratique a été appliquée à de nombreux arbres affectés sans que la progression de la maladie ne soit stoppée pour autant.

Enfin, la possibilité a été suggérée que dans un terrain un micro-organisme pourrait être responsable de l'oxydation Mn²⁺ en Mn³⁺ et Mn⁴⁺, rendant le manganèse du sol insoluble et indisponible pour les palmiers (Ben Mahamoud et Conforti 1995).

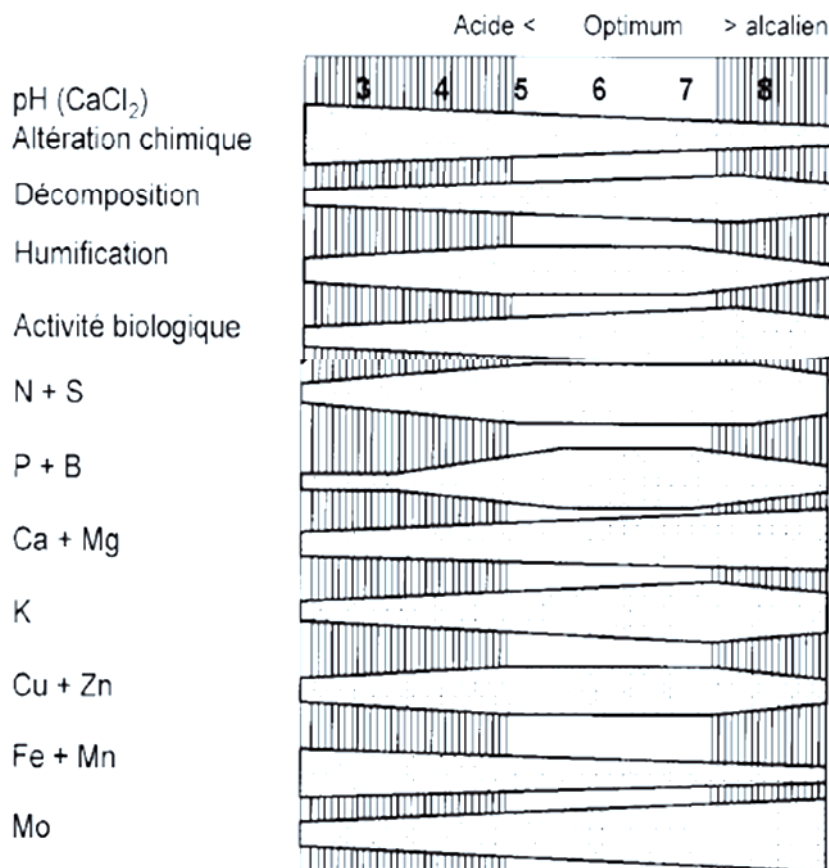


Figure 51: Schéma des relations entre pH, facteurs pédogénétiques (locaux) et écologiques (Schroeder 1984).

Note : la largeur des bandes détermine l'intensité des processus et la disponibilité des éléments nutritifs.

4. Discussion des résultats des analyses au laboratoire

4.1. Discussion des caractéristiques symptomatologiques de la MFC :

Les symptômes typiques de la MFC se manifestent sur les palmes et se répercutent sur le fruit

➤ **Au niveau des palmes**

Ils apparaissent d'une façon unilatérale suivant le trajet de la circulation de la sève du palmier, ce qui nous fait rappeler le symptôme du Bayoud qui est une maladie vasculaire.

Le symptôme de la chlorose longitudinale des nervures sur les folioles (palmes de la couronne centrale) est dû en générale à la présence d'un agent pathogène au niveau du phloème du palmier. L'agent causal de la MFC fait son apparition à des températures élevées. Il a été bien établi que les viroïdes se multiplient et s'accumulent à des températures semblables (autour et au-dessus de 30°C) (Albonly *et al.* 1998, Coden, 2001, Lepoivre, 2003) et peuvent entraîner ce genre de symptômes (chlorose, la nécrose et un retard de croissance) (Perreault, 2008). La chlorose s'explique par un taux de chlorophylle anormalement bas qui déclencherait un premier déséquilibre nutritionnel du palmier.

Les nécroses, l'aspect brûlé et l'enroulement des folioles engendrent une déformation et une décomposition des parois qui aboutissent à la mort des cellules. L'agent causal de la MFC bloque l'assimilation des éléments nutritifs de la cellule.

Les lésions provoquées par la maladie visibles au niveau des palmes influent sur la croissance des palmiers et causent une défoliation sévère se répétant d'une façon récurrente et durant plusieurs années. C'est le cas pour les symptômes de la MFC qui apparaissent chaque année au mois de mai et qui affecte beaucoup plus la physiologie et la morphologie des palmiers.

➤ **Au niveau des fruits :**

Les dattes vertes que nous avons prélevés à partir des palmiers présentant les symptômes typiques ; étaient de petite taille et de faible poids comparativement à d'autre issues d'un palmier sain. On peut conclure que la MFC se manifeste négativement sur les fruits, en influant sur l'intensité de la photosynthèse se manifestant par un taux de chlorophylle anormalement bas. La transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique (molécules carbonées) diminue. De ce fait, des hormones seront perturbées et par conséquent, une difficulté pour son développement et sa chute prématurée seraient prévisible (selon le stade végétatif). Le fruit contiendrait un faible taux d'éléments nutritifs ; la qualité et la quantité du rendement en dattes seraient fortement amoindries.

CONCLUSION ■

CONCLUSION ET PRESPECTIVES

Les dégâts occasionnés par le syndrome de la maladie de la feuille cassante commencent à avoir un impact économique, écologique et social significatif ; il pourrait constituer un fléau réel donc une véritable menace pour la production des dattes aussi bien en Algérie qu'en Tunisie.

Les travaux de recherches réalisés depuis deux décennies sur la MFC du palmier dattier, ont certes apporté du nouveau quant à l'étiologie de ce syndrome mais certaines idées ne sont qu'hypothétiques et la quasi-totalité des résultats n'est pas définitive.

Selon certains auteurs (2007) : un palmier atteint de la MFC résisterait 4 à 6 ans depuis l'apparition des premiers symptômes jusqu' à sa mort. L'agent causal reste inconnu et se propage en foyer ; cela été observé et signalé par des auteurs en Tunisie.

La MFC affecterait toutes les variétés, notamment la variété d'excellence « Deglet Nour », ce qui constitue un facteur sérieux de destruction de la couverture végétale et de désertification des oasis.

Des facteurs biotiques et abiotiques ont été suggérés pour être les principaux agents en cause de la MFC. Cependant, les efforts de recherche dans ce sens, ont toujours été infructueux.

La quasi-totalité des études à suspecté le déséquilibre de nutrition minérale et notamment une carence prononcée en Mn, d'autres suspectent la présence d'un agent phytopathogène qui serait peut être responsable de l'indisponibilité de Mn. L'analyse moléculaire a montré la présence d'une séquence d'ARN spécifique à la MFC qui constitue actuellement le marqueur moléculaire de la MFC et leur détection est utile pour le diagnostic.

Une observation a permis de remarquer que les palmiers touchés, âgés de 6 à 25 ans, étaient disposés en foyer ; cela a été observé aussi en Tunisie par Triki *et al.* (2003) Par conséquent, soupçonner la présence d'un vecteur tellurique qui propagerait l'agent causal de la MFC, et accélérerait la destruction d'un grand nombre de palmier, serait légitime.

Les caractéristiques symptomatologiques ont prouvé l'implication d'un agent pathogène vu la décoloration unilatérale, puis le développement des palmiers touchés, en tache d'huile.

Cette maladie touche toute les variétés et se reflète négativement sur le rendement et la qualité des dattes ; on propose comme perspective :

- Une recherche approfondie sur cette maladie mérite d'être menée afin de déterminer l'agent causal vu sa rigueur et d'informer les agriculteurs qui renvoient ces symptômes à des carences physiologiques; cela nous permettra de limiter sa propagation
- Déterminer l'agent causal et son moyen de transmission et de l'ajouter à la liste d'Alerte.
- Effectuer une étude statistique au niveau des régions sahariennes Algériennes, et tracer une cartographie des palmeraies touchées nous permettra de localiser la maladie.
- Mener des recherches pour ce qui concerne les variétés sensibles et résistantes à cette épidémie.
- Eviter d'utiliser les rejets des palmeraies malades pour la multiplication végétative.
- Vu que la maladie a été signalée en Tunisie et en Algérie, un travail de collaboration s'avère nécessaire afin de mieux cerner ce problème.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE



Liste bibliographique

- **Absi R. (2013).** Analyse de la diversité variétale du Palmier Dattier (Phoenix dactylifera L.): Cas des Ziban (Région de Sidi Okba).
- **Alogidi K. (2010).** Dates palm, Master of trees & the jewel of fruits. Amman ,Pp. 62- 92.
- **Anonyme (1994).** Le secteur phoenicicole algérien : Situation et perspectives à l'horizon 2010. CIHEAM - Options Méditerranéennes. 44Pp
- **Anonyme(2002).** Ministère de l'agriculture. Statistique agricole. Ministère de l'agriculture. Série A.
- **Anonyme (2003).** FAO.FAOSTAT database query. www.FAO.org
- **Anonyme (2004).** Ministère de l'agriculture. . www.MyAlgeria.com
- **Anonyme (2006a).** Ministère de l'Agriculture
www.Maghreb.com/cocoon/awi/xhtml1/en_GB/features/2006/22/feature.01
- **Anonyme (2006b).** **Office National des Statistiques 2006** Statistiques Agricoles, Ministère de l'agriculture Alger (Algérie). Série A. Palmiers Dattiers, Alger, p : 5-7.
- **Anonyme (2007).** <http://www.djazair.com/fr/lemidi/709251403>
- **Anonyme (2008).** www.wilayadeouargla-dzgov.com/presentation_general.htm - 52k 2008.
- **Albonly J., Devergan J-C (1998).** Maladie à virus des plantes ornementales. 473Pp

- **Allouchi, B., Takrouni, L., Rhouma, A., Khoualdia O. (1988).** Observations préliminaires sur deux graves "maladies" d'origine inconnue du Palmier dattier en Tunisie. *Annales de l'INRAT*, Vol. 61 :16
- **Alrouechdi K., (2003).** (FAO/SNEA – Tunis), Boletín Informativo de la Sociedad Española de Fitopatología, no. 35,. http://www.sef.es/notisef_fr.htm
- **Baaziz M., Bendiab K., (2008).** Les palmeraies du Maghreb. Colloque Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques, agrocampus, Rennes -France.
- **Ben Mahamoud O., Conforti J., (1995).** La maladie des feuilles cassantes dans les oasis du sud tunisien. Travaux réalisés et synthèse des résultats. Rapport, INRAT Tunis. *Jour. of Plant Pathol.* (2007). **89** :125-136.
- **Bouguedoura N., (1991).** le bayoud, facteur de désertification ?. *Sécheresse*, 2:128-129.
- **Broschat T.K., (1991).** Effets du manganèse sur la source de manganèse absorption par les pygmées dattiers. *HortScience* .26:1389-1391.
- **Broschat Tk., Meerow w., (1999).** Manganèse deficiency of palms- « Frizzletop » palm nutrition guide. Coop. Ext. Ser. Pub.SS-ORH-02, Univ.of >Florida. 4Pp.
- **Broschat T.K., (2005).** Symptômes d'une carence en éléments nutritifs dans les cinq espèces de palmiers cultivés comme le feuillage des plantes. P. 28:6-14.
- **Brun J., & Laville E. (1965).** Observations sur un Dépérissement de la couronne foliaire et du bourgeon terminal du palmier dattier en République Islamique de Mauritanie. *Fruits* 20: 391-397.
- **Chaibi N., Ben Abdallah A., Harzallah H., Lepoivre P., (2002).** Potentialités androgénétiques du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L. et culture *in vitro* d'anthères, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 201 :201–207.

- **Coden C., (2001).** Les agents pathogènes des plantes : champignon, bactérie, virus, viroïdes. Serie3, sciences de la vie.
- **Djerbi, M. (1983a).** Les maladies du palmier-dattier. Projet régional de la FAO pour Palm et dates Centre de recherches pour le Proche-Orient et Afrique du Nord. 106 Pp.
- **Djerbi, M. (1983b).** Rapport sur la mission de conseil sur le palmier-dattier les ravageurs et les maladies. FAO-Rome, p:28 .
- **Djerbi M. (1987).** Le palmier dattier dans le monde : Analyse économique. Séminaire sur le palmier dattier -Association du Grande Ismaïlia. Meknès.
- **Djerbi M. (1988).** Les maladies du palmier dattier projet régionale de lutte contre le Bayoud, Rab 84 :18.
- **Edongali (2006).** Diagnosis of “maladie des feuilles cassantes” or brittle leaf disease of date palms by detection of associated chloroplast encoded double stranded RNAsb . 366Pp
- **Elleuch A., Fakhfakh H., Jendoubi L., Trifi M., Triki M., Rhouma A., Marrakchi M. (2000).** Studies about a new disease of date palm in Tunisia. 400Pp
- **Fadda, ZGN. (2001).** *Identificación de caracterización de petits ARNs en palmera datilera y berenjena.* Valence, Espagne: Universidad Politécnica de Valencia, Th.Doc. ([www.eppo.org / QUARANTINE / Alert List / virus / brittleleaf.htm](http://www.eppo.org/QUARANTINE/AlertList/virus/brittleleaf.htm)).
- **Fawcett Hs., Klotz IJ. (1932):** **Maladies** de la date de *palme*, Phoenix *dactylifera* L. calife. Agric. Exp. Sta. Bull. 522, 47 pp.

- **Fernandez D., Lourd M., Ouinten M., Tantaoui A., et Geiger D., (1995).** Le bayoud du palmier dattier une maladie qui menace la phoeniculture Phytoma, 469 : 36-39
- **Heller, W., Ryser, J. P., (1997).** La carence en magnésium en arboriculture. Magnesiummangel im Obstbau. Viti. Arbo. Hort29(5), AMTRA, 1260 Nyon. Fiche: 829.
- **Jones P., 1988.** Report to the Government of Tunisia on a visit to Centre de Recherche Phoenicicoles, Tozeur, Tunisia, 14th-21st October 1988.
- **Khoualdia O., (2007).** 4^{ème} reunion du groupe de travail sur le contrôle phytosanitaire dans les pays de l'Afrique du nord , Hammamet, Tunisie 50:51-70.
- **Kada A., Abassi B., Benhamida A., Brouchard P., et Dubost D., (1972).** Le bayoud fusariose du palmier dattier. Premier séminaire international sur le Bayoud, Alger : 26-58.
- **Lamberti F., 1988.** Etiology of two diseases of the date palm at Tozeur and Nefta. Report to the Government of Tunisia.
- **Latreche K., Rahmania F. . 2013.** High extracellular accumulation of p-hydroxybenzoic acid, p-hydroxycinnamic acid and p-hydroxybenzaldehyde in leaves of Phoenix dactylifera L. affected by the brittle leaf disease, Physiol. Mol. Plant. P 76 (2013) 144–151.
- **Laville E., Sachs GL. (1967):** Premières observations sur un Dépérissement grave, d'origine inconnue du palmier dattier. Fruits 22: 309-312.
- **Lepoivre P. (2003).** Pathologie : base moléculaires et biologiques des pathosystème et fondement des stratégies de lutte. 432Pp
- **Marqués J, Fadda ZGN, Duran-Vila N, Flores R, Bové JM, Daròs JA. 2008.** A Set of Novel RNAs transcribed from the chloroplast genome accumulates in date palm leaflets affected by Brittle leaf disease. Virology 2008;98:337e44.

- **Marqués J , Nuria Duran-Vila , José-Antonio Daròs. 2011.** The Mn-binding proteins of the photosystem II oxygen-evolving complex are decreased in date palms affected by brittle leaf disease. *Plant Physiology and Biochemistry*.
- **Mehani M.S., (1988).** Compte Rendu de mission de consultation auprès de la Direction Generale de la Production Vegetale. FAO (www.fao.org).
- **Mohammed Najib Saidi, Donia Bouaziz, Ines Hammami, Ahmed Namsi, Nouredine Drira , Radhia Gargouri-Bouzid .2013.** Alterations in lignin content and phenylpropanoids pathway in date palm (*Phoenix dactylifera L.*) tissues affected by brittle leaf disease. (2013) 9-15.
- **Monciero, A. (1961).** Notes sur le palmier dattier. *Annales de l'Institut Agricole. et Service de Recherche expérimental de l'Algérie.* 8: 3 - 48.
- **Montarone M., Voisin S., Dridi N., Poupet A., 2003.** Nouvelles observations sur les relations entre des facteurs agronomiques et du deperissement du palmier dattier en Tunisie. *Agronomie* (in press).
- **Munier, P., (1973).** Le palmier dattier. Edit. Maisonneuve et Larose, Paris. 221Pp
- **Namsi A. (2008).** Le syndrome de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) dans les oasis tunisiennes. These de Doctora, Tunisie.**Namsi A., Montarone M., Serra P., Ben Mahamoud O., Takrouni M.L., Zouba A., Khoualdia O., Bové J.M. and Duran-Vila N. (2007).** Manganese and brittle leaf disease of date palm trees, *Jour. Plant Path.*, **89** (1) :125-136
- **Ouinten M., (2001).** Importance du palmier dattier dans le système oasien www.membres.lycos.fr/agromzab/contrib_mohamed3.htm
- **Ouinten M., (1995).** Le palmier dattier dans le système oasien <http://www.agromzab.multimania.com/contrib-mohamedd3.htm>

- **Perreault J-P., 2008.** Université de sherbrooke
www.usherbrooke.ca/carrefour/crsng/resultats2006/dube_Perreault_ribosome_s/viroide/htm.
- **Peyron, (2000).** Guide illustré de formation, Cultiver le palmier dattier. Ministère de l'agriculture et du développement rural de Djibouti service de l'agriculture et des foret, cellule oasisienne et phoeniciculture , Gridao . 110Pp
- **Peyron, (2000).** Guide illustré de formation, Cultiver le palmier dattier. Les stades de l'évolution de la datte. 110Pp
- **Riahi Sassi S., R'Houma A., Ben Mahamoud O., (1998).** Rôle des oligo-éléments dans l'apparition de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier. *Annales de l'INRAT*. 71: 103-117.
- **Schroeder D., (1984).** Données de base pour la fumure en arboriculture. FAW Faseicule No 15. 48Pp
-
- **Saadi I., Namsi A., Ben Mahamoud O., Takrouni ML., Zouba A., Bové JM., Duran-Vila N. (2006).** First report of 'Maladie des feuilles cassantes' (brittle leaf disease) of date palm in Algeria. *New Disease Reports*, V13.
- **Takrouni L., Rhouma A., Khoualdia O., Allouchi B., 1988.** Observations sur deux graves maladies d'origine inconnue du palmier dattier en Tunisie. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie* 61:3-14.
- **Triki MA., Zouba A., Khoualdia O., Ben Mahamoud O., Takrouni ML., Garnier M., (2003).** Maladie des feuilles cassantes or brittle leaf disease of date palms in tunisia: biotic or abiotic disease? *Jour.Plant Pathol.* 85:71–9.
- **Waller J.M., 1987.** Report to the Government of Tunisia on a visit to Tunisia to investigate date diseases, December 1987.
- **Zaid A., 2002.** Date Palm Cultivation , ChapterXII : Diseases and pests of Date palm, FAO/Production and protection paper N°156, 287.

ANNEXE ■

Annexe

Tableau : La nature du sol selon le pH (Heller *et al.*, 1997b)

Description du sol	pH _{H₂O}
Très acide	<5,5
Acide	5,5-5,9
Peu acide	6,0-6,4
Neutre	6,5-6,9
Peu alcalin	7,0-7,4
Alcalin	>7,5

Résultat :

1. pH_{KCl} : des échantillons du sol analysés

