

# SOMMAIRE

RÉSUMÉS.....	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	v
INTRODUCTION.....	1

## **PREMIÈRE PARTIE : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **CHAPITRE I : LA PLANTE HÔTE**

I. LE PALMIER DATTIER.....	5
I.1. Position systématique.....	5
I.2. Morphologie.....	6
I.2.1. Le système racinaire.....	6
I.2.2. Le système végétatif.....	8
I.2.2.1. Le stipe.....	8
I.2.2.2. La couronne.....	8
I.2.2.3. Les palmes.....	8
I.2.2.4. Les inflorescences.....	9
I.2.2.5. La fructification.....	10
I.3. Cycle végétatif ou cycle de développement.....	11
I.4. Écologie du palmier.....	12
I.5. Importance économique du palmier dattier.....	12
I.5.1. Production mondiale.....	12
I.5.2. Production en Algérie.....	13
I.6. Les ravageurs et les maladies du palmier dattier.....	14
I.6.1. Pathologies dues aux Insectes et Acariens.....	14
I.6.2. Les maladies fongiques.....	15

### **CHAPITRE II : LE PARASITE *FUSARIUM***

#### ***OXYSPORUM F. SP. ALBEDINIS***

II. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> .....	21
II.1. Histoire et taxonomie.....	21
II.1.1. Le genre <i>Fusarium</i> .....	21

II.1.2. L'espèce <i>Fusarium oxysporum</i> .....	21
II.1.3. La forme spéciale <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> .....	22
II.2. Position systématique.....	24
II.3. Caractères physiologique du champignon.....	24
II.4. Description morphologique.....	24
II.5. Plantes hôtes.....	25

### **CHAPITRE III : LA MALADIE D'EL BAYOUD**

III. LA MALADIE D'EL BAYOUD.....	27
III.1. Symptômes de la maladie.....	27
III.1.1. Symptômes externes.....	27
III.1.2. Symptômes internes.....	28
III.2. Cycle de vie.....	28
III.3. Moyens de lutte.....	32
III.3.1. Les mesures prophylactiques.....	32
III.3.2. Les techniques culturales.....	32
III.3.3. La lutte chimique.....	32
III.3.4. La lutte biologique.....	33
III.3.5. La lutte génétique.....	34
III.3.6. La lutte intégrée.....	34

### **CHAPITRE IV : GÉNÉRALITÉS SUR LES BACTÉRIES LACTIQUES**

IV. GÉNÉRALITÉS SUR LES BACTÉRIES LACTIQUES.....	36
IV.1. Définition des bactéries lactiques.....	36
IV.2. Histoire des bactéries lactiques.....	36
IV.3. Généralités et caractéristiques des bactéries lactiques.....	37
IV.4. Taxonomie des bactéries lactiques.....	38
IV.5. Physiologie des bactéries lactiques.....	38
IV.6. Le genre <i>Lactococcus</i> .....	39
IV.6.1. Caractéristiques des lactocoques.....	39
IV.6.2. Classification et nomenclature.....	39
IV.7. Le genre <i>Leuconostoc</i> .....	39
IV.7.1. Caractéristiques des leuconostocs.....	39
IV.7.2. Classification du genre <i>Leuconostoc</i> .....	40
IV.7.3. Rôle des leuconostocs.....	40
IV.7.3.1. Rôle dans la technologie laitière.....	40
IV.7.3.2. Rôle des leuconostocs dans les aliments.....	41

IV.7.3.3. Les bactériocines produites par les leuconostocs.....	42
IV.8. L'activité antifongique des bactéries lactiques.....	42
IV.9. La lutte biologique appliquée aux moisissures.....	43

## **DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES**

I. ÉTUDE DU CHAMPIGNON.....	45
I.1. Origine du matériel fongique ( <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> ).....	45
I.2. Origine des bactéries lactiques.....	46
I.3. Caractérisation de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	46
I.4. Purification des isolats.....	47
I.5. Conservation des isolats.....	47
II. LUTTE BIOLOGIQUE.....	48
II.1 Méthode de la confrontation directe <i>in vitro</i> .....	48
II.2. Méthode de la diffusion sur milieu gélosé.....	49
II.3. Méthode de double couche.....	49
III. ÉLECTROPHORÈSE.....	51
III.1. Dosage des protéines totales des isolats de <i>F.o.a</i> .....	51
III.1.1. Principe du dosage des protéines.....	51
III.1.2. Préparation des extraits mycéliens.....	51
III.1.3. Courbe d'étalonnage.....	51
III.2. Préparation des gels pour le système SDS-PAGE.....	52
III.3. Migration et mise sous tension.....	53
III.4. Dénaturation des échantillons.....	53
III.5. Révélation des bandes.....	53

## **TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION**

DISCUSSION.....	83
CONCLUSION.....	88
ANNEXES.....	91
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	100

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau n° 01 :	Production mondiale des dattes.	13
Tableau n° 02 :	Quelques exemples des souches de <i>Fusarium oxysporum</i> spp. et de leurs plantes hôtes.	23
Tableau n° 03 :	Origines des souches de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> étudiées.	45
Tableau n° 04 :	Origine des souches lactiques utilisées.	46
Tableau n° 05 :	Dilutions de la courbe d'étalonnage.	51
Tableau n° 06 :	Composition des gels de polyacrylamide.	52
Tableau n° 07 :	Confrontation directe de la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.	94
Tableau n° 08 :	Confrontation directe de la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.	94
Tableau n° 09 :	Confrontation directe de la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.	95
Tableau n° 10 :	Confrontation directe de la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.	95
Tableau n° 11 :	Confrontation directe de la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.	96
Tableau n° 12 :	Confrontation directe de la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.	96
Tableau n° 13 :	Confrontation directe de la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.	97
Tableau n° 14 :	Confrontation directe de la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.	97
Tableau n° 15 :	Croissance fongique sur le milieu PDA (Témoin PDA).	98
Tableau n° 16 :	Croissance fongique sur le milieu MRAS Agar (Témoin MRS Agar).	98

## LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure n° 01 :	Schéma d'un palmier dattier.	07
Figure n° 02 :	Schéma d'une palme.	08
Figure n° 03 :	Une inflorescence du palmier dattier.	09
Figure n° 04 :	Spathe mâle et spathe femelle.	09
Figure n° 05 :	Schéma d'une fleur mâle (a) et d'une fleur femelle (b).	10
Figure n° 06 :	Fruit et graine du palmier dattier.	10
Figure n° 07 :	Palmier dattier atteint du bayoud.	19
Figure n° 08 :	Cycle infectieux du <i>Fusarium oxysporum</i> .	31
Figure n° 09	Schéma de la confrontation directe des souches lactiques vis-à-vis l'agent pathogène <i>Foa</i> .	48
Figure n° 10 :	Schéma de la méthode de diffusion sur gélose (puits) des souches lactiques vis-à-vis l'agent pathogène <i>Foa</i>	49
Figure n° 11 :	Schéma de la méthode de double couche.	50
Figure n° 12 :	Observation microscopique du <i>Fusarium oxysporum</i> .	55
Figure n° 13 :	Variabilité morphologique observée chez nos isolats.	56
Figure n° 14 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> sur le milieu PDA.	58
Figure n° 15 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> sur le milieu PDA après trois jours d'incubation.	58
Figure n° 16 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> sur le milieu MRS Agar.	59
Figure n° 17 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> sur le milieu MRS Agar après six jours d'incubation.	60

Figure n° 18 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> sur le milieu PDA.	61
Figure n° 19 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> sur le milieu PDA après six jours d'incubation.	61
Figure n° 20 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> sur le milieu MRS Agar.	62
Figure n° 21 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> sur le milieu MRS Agar après six jours d'incubation.	63
Figure n° 22 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> sur le milieu PDA.	64
Figure n° 23 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> sur le milieu PDA après six jours d'incubation.	64
Figure n° 24 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> sur le milieu MRS Agar.	65
Figure n° 25 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> sur le milieu MRS Agar après six jours d'incubation.	66
Figure n° 26 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> sur le milieu PDA.	67
Figure n° 27 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> sur le milieu PDA après six jours d'incubation.	67
Figure n° 28 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> sur le milieu MRS Agar.	69
Figure n° 29 :	Confrontation directe entre le champignon et la souche lactique <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> sur le milieu MRS Agar après six jours d'incubation.	69
Figure n° 30 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> sur le milieu PDA et MRS Agar au 3 <sup>ème</sup> jour.	71
Figure n° 31 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> sur le milieu PDA et MRS Agar au 3 <sup>ème</sup> jour.	71
Figure n° 32 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> sur le milieu PDA et MRS Agar au 3 <sup>ème</sup> jour.	72

Figure n° 33 :	Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> sur le milieu PDA et MRS Agar au 3 <sup>ème</sup> jour.	72
Figure n° 34 :	Représentation graphique des zones d'inhibitions du champignon par la souche lactique <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> par la méthode des puits.	74
Figure n° 35 :	Représentation graphique des zones d'inhibitions du champignon par la souche lactique <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> par la méthode des puits.	74
Figure n° 36 :	Représentation graphique des zones d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> par la méthode des puits.	75
Figure n° 37 :	Représentation graphique des zones d'inhibitions du champignon par la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> par la méthode des puits.	75
Figure n° 38 :	Inhibition de la croissance du champignon après 48 heures par les quatre souches lactiques.	76
Figure n° 39 :	Représentation graphique de l'activité anti- <i>Fusarium</i> de la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> .	77
Figure n° 40 :	Représentation graphique de l'activité anti- <i>Fusarium</i> de la souche <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> .	78
Figure n° 41 :	Représentation graphique de l'activité anti- <i>Fusarium</i> de la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> .	78
Figure n° 42 :	Représentation graphique de l'activité anti- <i>Fusarium</i> de la souche <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i> .	79
Figure n° 43 :	Inhibition de la croissance du champignon par les bactéries lactiques et mise en évidence de l'activité anti- <i>Fusarium</i> .	79
Figure n° 44 :	Observation microscopique de la zone de confrontation du champignon avec les bactéries lactiques.	80
Figure n° 45 :	Profil électrophorétique sur gel de poly-acrylamide système SDS-PAGE.	81

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

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

**P** : *Phoenix*

**B.L** : Bactérie lactique.

**°C**: degré Celsius.

**cm**: centimetre.

**mm**: millimetre.

**µm** : micromètre .

**ml** : millilitre.

**g** : gramme.

**ha** : hectare.

**mg** : milligramme.

**E. D** : Eau distillé.

**PDA**: Potato Dextrose Agar.

**CLA** : Carnation Leaf Agar.

**MRS** : Man Rogosa Sharp.

**pH**: potentiel d'Hydrogène.

**q.s.p** : quantité suffisante pour.

**v/v** : Volume sur volume.

**p/v** : Le poids sur le volume.

**J. C.** : Jésus Cris.

**FAO** : Food and Agricultural Organisation.

**IMI** : International Management Institue.

**OEPP** : Organisations Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes.

**J.** : Journal.

# *Introduction*

Clicours.COM

Parmi les champignons toxigènes qui infectent de nombreuses plantes, notamment le palmier dattier, les plus préjudiciables appartiennent au genre *Fusarium* spp. Ces moisissures sont à l'origine de pertes considérables au niveau des récoltes et de la détérioration de la qualité des dattes liée à des maladies connues sous le nom fusariose.

La fusariose attaque les plantes d'intérêt économique. Lorsque la fusariose progresse dans l'espace et dans le temps précisément en cas d'une épidémie, les pertes économiques qui en découlent, liées aux diminutions du rendement sont souvent très lourdes. Outre les chutes du rendement dues à la fusariose, certaines espèces de *Fusarium* sont aussi capables de produire plusieurs mycotoxines, et on peut citer l'espèce la plus redoutable et la plus dommageable des cultures *Fusarium oxysporum*, qui comporte plusieurs formes spéciales parmi les *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Cette forme spéciale est l'ennemie majeure du palmier dattier connue localement sous le nom « Bayoud » et qui reste toujours un sujet de recherche très vaste, vu qu'il touche une plante très importante sur le plan socio-économique dans la vie des oasisiens.

Par conséquent, la prévention de la croissance de cet agent producteur de fusariotoxines demeure la stratégie la plus prometteuse (Dalie, 2010). Les méthodes préventives couramment utilisées incluent l'utilisation des pesticides, des variétés résistantes de palmier dattier (sélection conventionnelle ou plantes génétiquement modifiées) associées à des pratiques culturales de travail du sol adaptées. Depuis peu, des outils prévisionnels permettant d'évaluer le risque de présence de mycotoxines ont été développés.

La lutte biologique, précisément par utilisation de micro-organismes, est une alternative très prometteuse aux pesticides de synthèse de par la spécificité et l'efficacité d'action des agents antagonistes, l'ubiquité naturelle de ces agents dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur persistance dans l'environnement. Des travaux ont rapporté l'existence au sein de certains micro-organismes appartenant au genre *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Trichoderma*, (Cavaglieri et al., 2004a ; Cavaglieri et al., 2004b ; Cavaglieri et al., 2005 ; Palumbo et al., 2007) des souches capables de contrôler la croissance de *Fusarium* et de réduire significativement l'accumulation de ces mycotoxines. Cependant, bien que présentant de fortes activités anti-*Fusarium*, certains de

ces micro-organismes, en l'occurrence les *Bacillus* et les *Pseudomonas*, présentent une très faible innocuité. Il serait alors judicieux de rechercher des antagonistes microbiens capables d'assurer sainement la bioprotection du palmier dattier au sein des micro-organismes qui sont généralement tolérés par l'homme et les animaux. Parmi ceux-ci, les bactéries lactiques, non seulement connues pour leur innocuité mais aussi pour leurs activités antimicrobiennes, fréquemment utilisées dans l'élaboration d'aliments fermentés, pourraient constituer des agents prometteurs (Dalie, 2010).

C'est de là, qu'on est parti pour étudier l'action directe et indirecte *in vitro* de quatre souches lactiques isolées du lait de chamelle et du Roquefort contre le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, après qu'ils ont montré des effets non négligeables vis-à-vis des champignons phytopathogènes (Laref et Guessas, 2013 ; Laref et *al.*, 2013 ; Dalie, 2010), ainsi que, l'étude du profil électrophorétique de nos souches fongiques.

*Première Partie :*  
*Analyse Bibliographique*

*Chapitre I :*  
*La plante hôte*

## **I. LE PALMIER DATTIER**

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est aussi « date palm » en anglais et « Nakhil » en arabe. Cette appellation botanique donnée par Linné depuis 1734, est vraisemblablement dérivée du mot « *Phoenix* », nom donné par les Grecs de l'antiquité à cet arbre qu'ils considéraient comme l'arbre des phœniciens, ou phoinikes en grec. Quant à « *dactylifera* », cet adjectif dérive de « daktylus », qui signifie un doigt et illustre la forme du fruit du palmier dattier, qu'est la datte (Zaïd, 2002).

Le palmier dattier est l'élément essentiel de l'écosystème oasien des régions sahariennes et présahariennes. Sa distribution géographique est assez large dans l'hémisphère Nord (Ouinten, 1995). Cette espèce fruitière est connue pour sa tolérance aux conditions climatiques extrêmes d'aridité et de continentalité. Il permet la création d'un milieu typique favorable à la pratique d'autres cultures sous-jacentes (arboricoles, céréalières, maraîchères...), garantissant ainsi une certaine autonomie économique du milieu oasien. En outre, les diverses utilisations du palmier dattier et de ses produits dans la vie des habitants des oasis montrent le rôle primordial qu'il tient dans ces régions (Munier, 1973). Cette plante a été cultivée dans les zones chaudes entre l'Euphrate et le Nil vers 4500 ans avant J. C. De là, sa culture fut introduite en Basse Mésopotamie vers l'an 2500 ans avant J.C. Depuis, elle progressa vers le Nord du pays et gagna la région côtière du plateau Iranien puis la vallée de l'Indus (Munier, 1973). Depuis l'Egypte, les techniques culturelles du palmier dattier gagnèrent la Libye puis se propagèrent vers les autres pays du Maghreb comme la Tunisie, l'Algérie et le Sud Marocain. Actuellement la culture du dattier s'étend dans l'Hémisphère Nord préférentiellement dans les oasis sahariens (Ouinten, 1995).

### **I.1. Position systématique**

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), appartient à l'une des plus grandes familles d'angiospermes monocotylédones, celle des Palmaceae ou Arecaceae, représentée par 200 genres et 2700 espèces, répartie en six sous-familles. La sous-famille des Coryphoïdeae est elle même subdivisée en trois tribus. Le palmier dattier fait partie de la tribu des Phœniceae qui ne comporte qu'un seul genre : « *Phoenix* » (Bounaga, 1991). Douze espèces appartiennent à ce genre, mais cinq seulement d'entre elles, en dehors du palmier dattier,

sont à fruits consommables : *P. atlantica*, *P. reclinata*, *P. farinifera*, *P. humilis* et *P. acoulis* (Munier, 1973).

La classification du palmier dattier donnée par Djerbi (1994), est la suivante :

Groupe :	Spadiciflora
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Monocotyledones
Ordre :	Palmales
Famille :	Palmaceae
Tribu :	Phœniceae
Genre :	<i>Phoenix</i>
espèce :	<i>dactylifera</i> L.

## **I.2. Morphologie**

Le palmier dattier est une monocotylédone arborescente et dioïque, son tronc (ou stipe) monopodique, très élancé, vertical et cylindrique de couleur brune, pouvant atteindre 30 à 40 mètre de hauteur et contient de nombreux faisceaux libéro-ligneux, très enchevêtrés (Arib, 1998). Le stipe possède un seul bourgeon terminal qui assure sa croissance en longueur, et se termine par un bouquet de palmes, de 4 à 7 mètres de longueur. Celles-ci sont insérées suivant des hélices foliaires déterminées (Bouguédoura, 1979). L'espèce est dioïque et porte des inflorescences mâles et femelles. Une seule fleur est fécondée, se développe et forme le fruit : la datte (Hadjari et Kadi Hanifi, 2005) (Figure n° 01).

### **I.2.1 Le système racinaire**

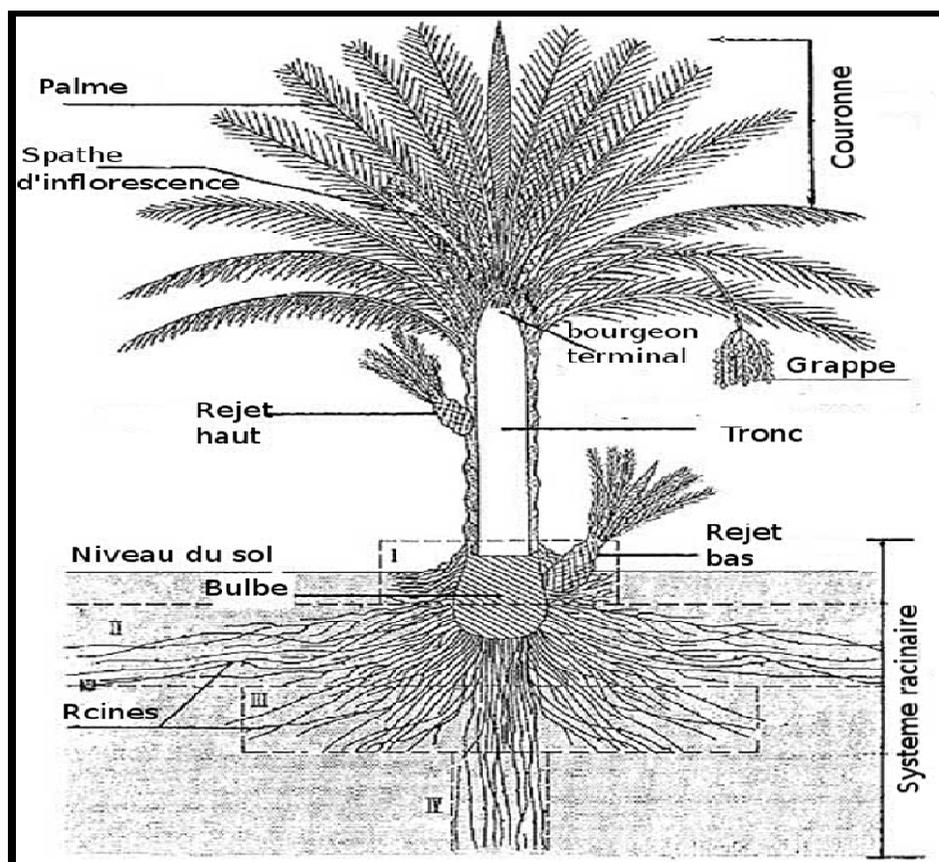
La partie souterraine du palmier dattier est formée d'un bulbe (ou plateau racinaire), volumineux, qui émerge en partie au dessus du niveau du sol, et à partir duquel, partent des racines fasciculées, c'est-à-dire, disposées en faisceaux, peu ramifiées et n'ayant relativement que peu de radicelles (Quinten, 1996). La Figure n° 01 représente trois grands types de racines répartis en quatre zones d'enracinement :

- **Zone I (Les racines respiratoires)** : localisées de 0 à 20 cm et même jusqu'à 150 cm au-dessus du sol. Comme leur nom l'indique, ces racines servent aux échanges gazeux pour le palmier dattier.

- **Zone II (Les racines de nutrition)** : allant de 20 à 100 cm et constituent la plus forte proportion de racines du système. Elles sont obliques ou horizontales.

- **Zone III (Les racines d'absorption)** : qui peuvent rejoindre le niveau phréatique à une profondeur allant de 1 à 2 mètres. Leur fonction est de chercher l'eau.

- **Zone IV (Les racines d'absorption en profondeur)** : caractérisées par un géotropisme positif très accentué. La profondeur de ces racines dépasse les 15 mètres (Djerbi, 1994 ; Munier, 1973 ; Peyron, 2000).



**Figure n° 1** : Schéma d'un palmier dattier (Munier, 1973).

## **I.2.2 Le système végétatif**

### **I.2.2.1 Le stipe**

C'est un tronc cylindrique, d'un même diamètre de bas en haut. Composé à l'intérieur par de nombreux faisceaux libéro-ligneux enchevêtrés entre eux, et est engainé à l'extérieur -de manière visible-, par les bases pétiolaires qui restent collées après la mort de la palme et qui assurent une protection au tronc. Leur présence permet de grimper vers le sommet du palmier dattier. Le tronc possède un seul bourgeon terminal appelé « phyllophore ou apex », qui assure la croissance verticale du palmier dattier (Zaïd, 2002).

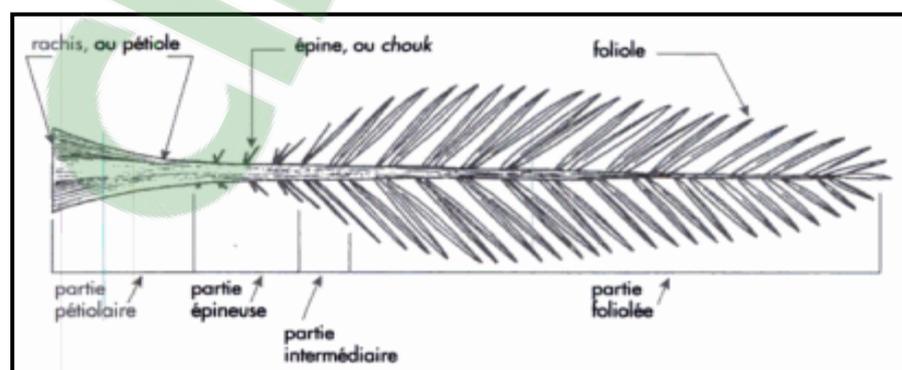
### **I.2.2.2 La couronne**

On dénombre 50 à 200 palmes chez un palmier dattier adulte, l'ensemble des palmes vertes forme la couronne ou frondaison, selon la décomposition suivante :

- La couronne basale, formée des palmes les plus âgées ;
- La couronne centrale, formée des palmes en pleine activité (adultes) ;
- Les palmes du cœur, dont celles non encore ouvertes sont dites « en pinceau » (Peyron, 2000).

### **I.2.2.3 Les palmes**

Les palmes ou « Djérid » sont des feuilles composées pennées qui s'incèrent sur le stipe en hélices très rapprochées, formant ainsi plusieurs couronnes. Leurs bases forment le pétiole ou rachis, de consistance ligneuse et de limbe épineux à la base, mais porte des folioles dans les deux tiers supérieurs disposés régulièrement en position oblique le long du rachis (Figure n° 02) (Ouinten, 1996).



**Figure n° 02** : Schéma d'une palme (Peyron, 2000).

### **I.2.2.4 Les inflorescences**

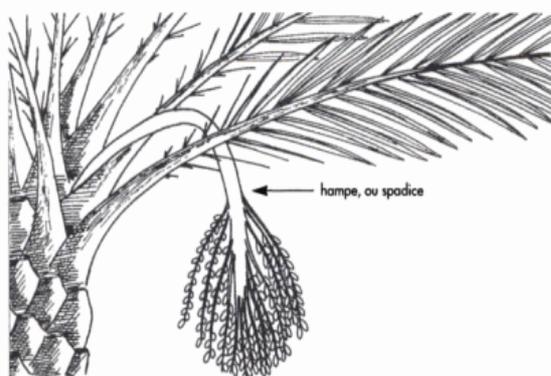
#### **\* Les organes floraux**

Le palmier dattier est une plante dioïque : les organes mâles et les organes femelles sont portés par des pieds séparés ; palmiers mâles (dokkars) ou palmiers femelles (nakhla). Seuls les dattiers femelles donnent les fruits. Les inflorescences du palmier dattier, se développent parmi les feuilles et naissent de la germination des bourgeons axillaires, situés à l'aisselle de celles-ci dans la région coronaire du tronc (Figure n° 03). L'inflorescence est caractéristique, c'est une grappe d'épis, enveloppée et protégée par une grande bractée membraneuse close de forme allongée, dite : spathe (Figure n° 04). Un seul ovule par fleur est fécondé et un seul carpelle se développe pour donner le fruit qui est « la dattes ». (Peyron, 2000).

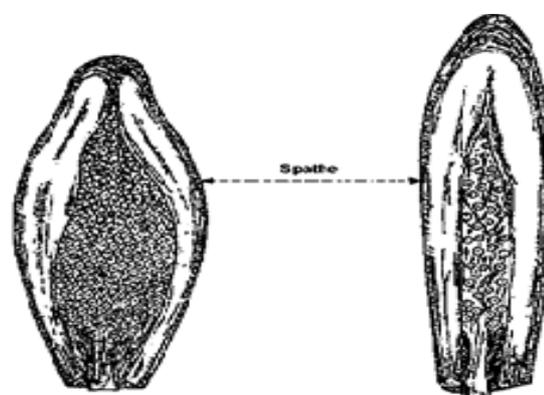
#### **\* Les fleurs**

Les fleurs monosexuées sur la plante dioïque, sont petites, de couleur blanchâtre, sensibles, quasi sessiles, sans pédoncules, portées par des pédicelles ou épillets, qui sont à leur tour portés par un axe charnu dit : hampe ou spadice (Figure n° 03).

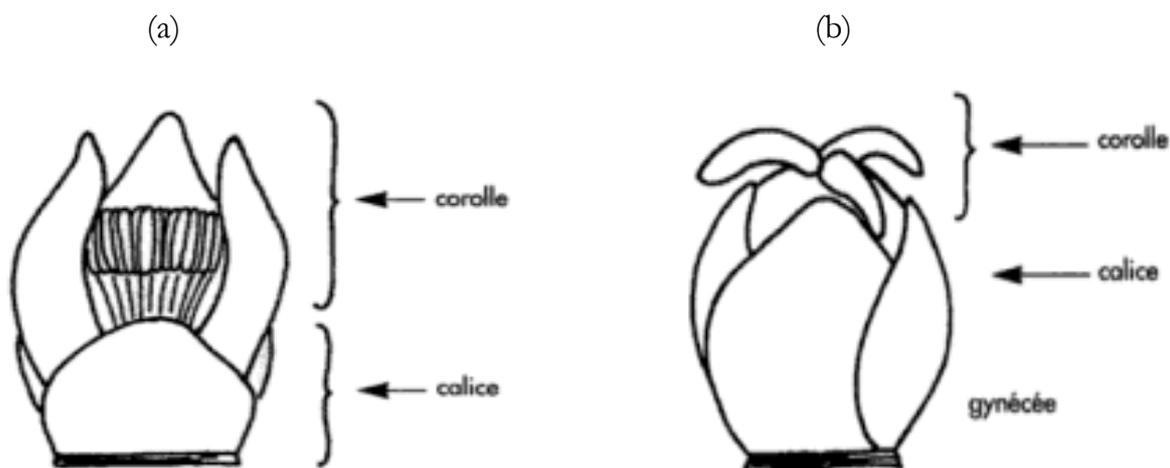
Les fleurs mâles sont un peu plus allongées que les fleurs femelles (Figure n° 05 a et b). Elles possèdent six étamines, qui à leur maturité, s'ouvrent et libèrent des grains de pollen. Quant aux fleurs femelles, sont globulaires et ont un ovaire de trois carpelles indépendants comportant chacun un ovule. Un seul ovule par fleur est fertilisé et peut mener au développement des fruits, les deux autres disparaissent (Peyron, 2000).



**Figure n° 03** : Une inflorescence du Palmier dattier (Peyron, 2000).



**Figure n° 04** : Spathe mâle et spathe femelle (Peyron, 2000).

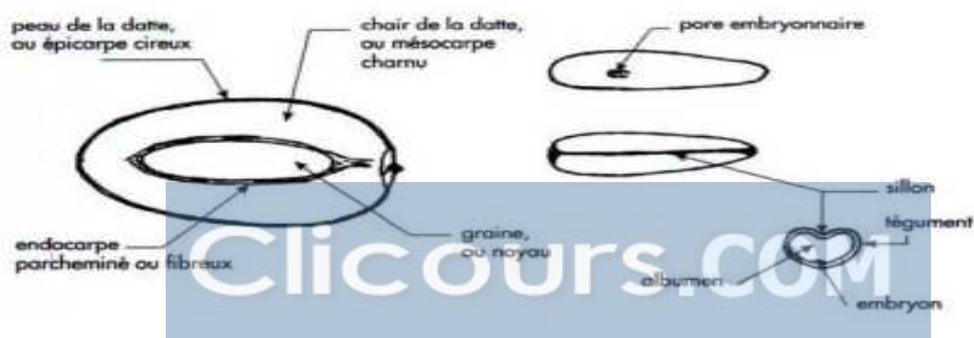


**Figure n° 05** : Schéma d'une fleur mâle (a) et d'une fleur femelle (b) (Peyron, 2000).

### I.2.2.5 La fructification

Les fruits, communément appelés « dattes », sont des baies oblongues ou ovoïdes parfois même sphériques, de couleur jaune clair à brun plus ou moins foncé, longues jusqu'à 8 cm, leur poids varie de quelques grammes à plus de 50 g, contenant une pulpe sucrée et une seule graine, lisse, de consistance ligneuse, avec un sillon ventral et un embryon dorsal (Figure n° 06) (Peyron, 2000). L'albumen est dur et corné et la germination est hypogée (Bounaga, 1991).

La pollinisation se fait par le vent (anémophilie), cependant en culture, le nombre réduit de palmiers mâles (en Algérie, où ils sont appelés dokkars, on en compte souvent un pour 100 pieds femelles) oblige à pratiquer une pollinisation artificielle (Bounaga, 1991).



**Figure n° 06** : Fruit et graine du palmier dattier (Peyron, 2000).

### **I.3. Cycle végétatif ou cycle de développement :**

Le palmier dattier ou le genre *Phoenix*, est unique dans sa morphologie et dans son développement, puisque cinq phases sont possibles à distinguer durant la croissance d'un palmier dattier. Ces dernières sont séparées sur la base de critères morphologiques, alors qu'elles ne sont en réalité que des périodes physiologiques :

#### **Premier stade : La graine**

Elle possède un albumen (endosperme) dur et corné, dont l'embryon est toujours très petit par rapport à l'albumen (2 à 3 mm).

#### **Deuxième stade : Phase germinative**

A ce stade, la plantule ou la germination vit sur les réserves de l'albumen. La première feuille est linéaire et lancéolée, cette forme est l'une des caractéristiques du genre *Phoenix*.

#### **Troisième stade : Construction de la plantule**

Cette phase « post germinative » est la plus importante dans le cycle d'un palmier dattier, car elle aboutit à la formation de l'axe primaire. La plante devient autotrophe et son système vasculaire commence à se construire. On peut l'appeler aussi « phase d'établissement », puisqu'une série de feuilles à limbe para-penné puis penné s'incèrent d'une manière spiralée.

#### **Quatrième stade: Phase adulte végétative**

Durant cette phase qui peut durer 3 à 8 ans, le palmier dattier construit son tronc, produit des feuilles et accumule des réserves. Le tronc couvert par les bases pétiolaires des feuilles anciennes mortes et/ou coupées, peut atteindre 20 à 30 m de haut et environ 1 m de diamètre.

#### **Cinquième stade : Phase adulte reproductive**

Entre la 5<sup>ème</sup> et la 8<sup>ème</sup> année voir même la 10<sup>ème</sup>, le palmier dattier commence à produire des inflorescences. Ce n'est qu'à ce stade qu'on peut reconnaître le sexe, qu'il soit un palmier mâle ou femelle (Riedacker, 1990 ; Bounaga 1991).

#### **I.4. Ecologie du palmier dattier**

Le palmier dattier est cultivé comme arbre fruitier dans les régions arides et semi arides du globe, qui sont caractérisées par des étés longs et chauds et un très bas niveau d'humidité relative (Peyron, 2000). Cet arbre peut s'adapter à de nombreuses conditions, grâce à sa grande variabilité. Différents facteurs climatiques (température, humidité, lumière, pluies et vent..) et même édaphiques, sont très importants pour pouvoir déterminer la convenance d'un emplacement spécifique pour la culture d'un palmier dattier (Zaïd, 2002). Pour cela, et pour donner une production normale, un palmier dattier doit bénéficier des paramètres suivants :

##### **Un climat chaud, sec et ensoleillé :**

Le point 0 de la végétation est estimé à + 10° C, entre 10° et 40° C, le palmier dattier est en activité végétative, mais le maximum de cette dernière s'observe pour des températures comprises entre 32° et 38° C. La haute limite de végétation est de + 45° C. Toutefois, à 65° C le palmier dattier ne semble pas souffrir, s'il est correctement irrigué (Cirad et Gret, 2002). Le palmier dattier est une espèce héliophile, c'est-à-dire, qui aime le soleil et la disposition des folioles sur les palmes favorise la photosynthèse (Peyron, 2000).

##### **Une alimentation en eau suffisante :**

Le choix des zones de plantation dépend strictement des ressources hydriques (nappes phréatiques) et des possibilités de les utiliser (Peyron, 2000).

##### **Un sol neutre, profond, bien drainé, assez riche ou susceptible d'être fertilisé :**

Le palmier dattier préfère les sols légers, il y croit plus rapidement qu'en sols lourds et atteint un développement maximal, en diamètre du tronc et en nombre de palmes (Peyron, 2000 ; Cirad et Gret, 2002). Pour cela, le palmier dattier est la végétation caractéristique des oasis (Zaïd, 2002).

#### **I.5. Importance économique du palmier dattier :**

##### **I.5.1. Production mondiale :**

La production mondiale des dattes est estimée à 7.025.222 tonnes pour l'année 2012, dont 39 % soit 2.732.754 tonnes, proviennent du bassin méditerranéen dont :

L'Égypte, 1<sup>er</sup> pays producteur avec 21 % et l'Algérie classée au 4<sup>ème</sup> rang mondial avec 11 %, devancée par l'Iran 15 % et l'Arabie Saoudite 14 % (F.A.O, 2012).

Le Tableau n° 01 nous montre la production mondiale. (F.A.O, 2012).

**Tableau n° 01** : Production mondiale des dattes selon (F.A.O, 2012).

<b>Pays</b>	<b>Production (tonne)</b>
Égypte	1470000
Iran	1066000
Arabie Saoudite	1050000
<b>Algérie</b>	<b>789357</b>
Irak	650000
Pakistan	600000
Oman	270000
Emiratie Arabie Unies	250000
Tunisie	190000
Libye	170000
Chine	150000
Maroc	113397
Autres pays	256468
<b>Total</b>	<b>7025222</b>

### **I.5.2. Production en Algérie :**

La production nationale de dattes a atteint les 7,2 tonnes au titre de la campagne phœnicicole 2010-2011, contre 6,5 tonnes, 6 tonnes, 5,5 tonnes récoltés respectivement pendant les saisons 2007-2008, 2008-2009 et 2009-2010 (Anonyme, 2010).

Dans le cadre des contrats de performance conclus entre le ministère et les wilayas pour la période 2009-2014, une production de 9 tonnes dont 1/3 de la variété "Deglet Nour" est prévue, contre une production moyenne de 5 tonnes pour la période 2004-2008. La superficie totale dédiée à la filière phœnicicole est de 170.000 hectares (ha) actuellement, contre 165.000 (ha) en 2008, ce qui représente 18,7 millions de palmiers. L'activité agricole spécifique aux régions du sud compte plus de 80.000 phœniciculteurs,

et génère 200.000 emplois permanents. "La filière phoenicicole représente 7% de la valeur de la production agricole globale, soit 47 milliards de dinars", (J. El MOUDJAHID, 2010).

## **I.6. Les ravageurs et les maladies du palmier dattier**

### **I.6.1. Pathologies dues aux Insectes et Acariens**

#### **1). *Oligonychus afrasiaticus*. (Mc Gregor)**

Mc Gregor, est le nom latin donné à un acarien appelé localement Boufaroua ou Ghobar au Maghreb Takar en Mauritanie, Goubar en Irak. Il est présent dans tous les secteurs où pousse le dattier depuis la Mauritanie jusqu'au Golfe persique (Bounaga et Djerbi, 2009).

La présence des acariens sur les fruits est révélée par l'existence de toiles soyeuses blanchâtres ou grisâtres, et qui prend la couleur du sable ou de la poussière dont elles s'y imprègne et s'y attache. Ce réseau soyeux relie les dattes entre elles ainsi que les pédoncules et gêne le développement du fruit (Arib, 1998).

Aux Etats-Unis une autre espèce *Oligonychus pratensis* est signalée. Vilardebo (1973 et 1975) détaille tout ce qui est connu sur cet acarien : biologie, comportement, moyens de luttés... Le poudrage au soufre reste le premier traitement préconisé par les services de protection des végétaux des pays concernés. Montaigne et Fall (1986) recommandent de poursuivre les investigations sur les autres possibilités de lutte (lutte chimique, lutte biologique) en insistant toutefois sur l'entretien et le nettoyage des palmeraies.

#### **2). *Parlatoria blanchardi* Targ. (La cochenille blanche)**

Cet insecte est le principal ennemi du palmier dattier, aussi bien par l'importance des dommages qu'il occasionne que par son extension géographique. La cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targ.), appelée 'Rheifiss' en Mauritanie, « Guemla » au Maroc, 'Sem' en Algérie et « Djereb » en Tunisie, cause des dégâts importants au palmier dattier. L'insecte se nourrit de la sève de la plante et injecte une toxine qui altère le métabolisme ; de plus, l'encroûtement des feuilles diminue la respiration et la photosynthèse et cause des altérations métaboliques, La cochenille peut entraîner une réduction de plus de la moitié de la production des dattes, et rend les fruits inconsommables (Bounaga et Djerbi, 2009).

Elle peut, également, attaquer les fruits et entraîner l'arrêt de leur développement (Viladerbo, 1973). L'utilisation de la coccinelle comme prédateur naturel de la cochenille blanche a fait l'objet de plusieurs travaux dans le cadre d'une lutte biologique contre l'insecte ravageur (Montaigne et Fall, 1986).

### 3). *Myelois ceratoniae* Zell (Pyrale de la datte)

C'est le nom du ver de la datte, elle infeste les dattes dans l'arbre lui-même (Arib, 1998), Lépidoptère de la famille des Phycitidae appelée aussi Pyrale de la datte. Après Vilardebo (1973, 1975) ; Leberre (1978) fait une mise au point très complète sur cette. Elle est connue au Maghreb et jusqu'en Libye et en Egypte et plus au Nord vers l'Espagne, l'Italie et la Grèce. Pour Lepesme (1947) le *Myelois* est répandu en Mésopotamie et sur toute l'Afrique. Les larves, qui déprécient les dattes, sont aussi connues pour se rencontrer dans les autres fruits (figues, grenades, caroubes, et même les agrumes) ou sur des plantes spontanées, ce qui favorise l'extension de l'espèce.

Il ne faut pas le confondre avec les autres pyrales du genre *Ephestia* qui sont des espèces se développant après récolte, dans les magasins (Bounaga et Djerbi, 2009).

Parmi les traitements chimiques, il est recommandé en Algérie l'utilisation de Malathion à 2%, Parathion 1,25%, Phosalone 4% et Bactospéine 1%, à raison de 100 g/palmier, avec 100 g de chaux viticole. Cependant Bounaga et Djerbi (2009) demande l'arrêt des traitements, la première semaine de Septembre, à cause de la toxicité des produits. Il faudrait encore que cette recommandation tienne compte de la date de maturation des fruits qui est très variable suivant les variétés et les régions. Les essais de lutte biologique par les Hyménoptères- Braconidés ont été préconisés. De nombreux autres prédateurs ont été signalés (52 par Carpenter et Elmer, 1978) mais dont l'importance est moindre. Il s'agit souvent d'insectes qui se développent dans les dattes en magasins.

#### **I.6.2. Les maladies fongiques**

Différents travaux de synthèse ont été publiés, dont : Fawcett et Klotz (1932), Carpenter et Klotz (1966), Rieuf (1970), Laville (1970, 1973)...etc., et plus récemment

Djerbi (1988). Sans reprendre en détail ces maladies, citons parmi celles que les phoeniculteurs connaissent le mieux : le Khamedj, le Mejnoun, le Belaât, et enfin le Bayoud sur lequel se base cette étude.

### 1). La pourriture de l'inflorescence ou Khamedj

Cette maladie est connue dans presque toutes les zones de cultures du dattier. C'est une maladie très grave qui sévit dans les régions de phoeniculture les plus humides ou pendant les années très humides. Dans ce cas, elle peut prendre des allures épidémiques. Elle est causée par un champignon imparfait de l'ordre des Hyphales, à chaînes de conidies hyalines, fragmentés en articles mono ou bicellulaires *Manginiella scaetae*. Le champignon se conserve à l'état de mycélium latent et les spores semblent n'avoir qu'une faible longévité, c'est une maladie externe qui ne nécessite pas de blessure préalable. La lutte consiste d'abord à entretenir les palmeraies et les palmiers (après destruction par le feu des inflorescences atteintes) et au traitement des palmiers à l'aide de divers fongicides. Il semble que certaines variétés soient plus sensibles au Khamedj que d'autres (Bounaga et Djebri, 2009).

### 2). La pourriture du Coeur à *Thielaviopsis*

Le dessèchement noir des palmes, appelée aussi Mejnoun (palmier fou). Elle a été observée dans différentes régions du Maghreb, en Mauritanie, en Egypte, en Arabie Saoudite, en Irak, aux Emirats et à Bahrein ainsi qu'aux Etats-Unis. Sans être très importante, elle peut être grave et entraîne la mort des sujets atteints. Certaines variétés seraient très sensibles. L'agent causal : est la forme imparfaite *Thielaviopsis paradoxa* (Des seynes) Sacc. Le champignon peut envahir aussi bien les parties aériennes que les racines du dattier causant : le dessèchement noir des feuilles ; la pourriture des inflorescences ; la pourriture du coeur et du stipe, la pourriture du bourgeon terminal. Les moyens de lutte consistent à détruire les feuilles et les inflorescences malades puis à traiter avec un fongicide (dichlone, thirame, bouillie bordelaise...) (Bounaga et Djerbi, 2009).

### 3). La pourriture du bourgeon ou Belâât

Ce terme signifie « étouffement », elle est due à *Phytophthora* sp., c'est une maladie peu fréquente, elle est signalée en Algérie pour la première fois par Maire et Malençon en

(1933). Elle est souvent liée à de mauvaises conditions de drainage. Elle est due à un Phycomycète, à thalle siphonné de l'ordre des Péronosporales. La maladie se caractérise par un blanchissement des palmes du cœur et par une pourriture humide à progression rapide. Elle est généralement mortelle. Comme moyens de lutte Bounaga et Djerbi [2009] recommande le drainage, la destruction par le feu des sujets malades. Curativement, les traitements cupriques et le manèbe ont donné des résultats intéressants.

#### 4). Maladie des fruits

Durant les années humides au cours de la maturation, différentes pourritures peuvent se rencontrer : de nombreux champignons ont été incriminés *Alternaria*, *Stemphylium*, *Helminthosporium*, *Penicillium* et *Aspergillus*. Les moyens de lutte sont difficiles et essentiellement préventifs : protections des régimes par ensachage, limitation des régimes et ciselage.

#### 5). Maladies à dépérissement « Lethal Yellowing »

Une maladie déjà signalée depuis quelques années provoquant une brûlure des feuilles qui se recroquevillent et se dessèchent et des déformations, semble se développer de façon plus ou moins épidémique en Tunisie et en Algérie. Elle est actuellement en cours d'études. Elle ne semble due ni, à un champignon, ni à une bactérie (Bounaga et Djerbi, 2009). Takrouni et *al.*, (1988) l'appellent maladie des feuilles cassantes. Ils parlent aussi d'une maladie causant un dessèchement apical. La vérification de leur nature est en cours.

D'autres maladies à *Diplodia* (taches brunes), *Omphalia* (sur racines), *Graphiola* ont été signalées, mais elles sont peu importantes ; jusqu'à présent pratiquement aucune de ces maladies ne présentant de caractère épidémique.

#### 6). Le Bayoud ou Trachémycose du palmier

C'est la plus grave des maladies du palmier dattier, et elle menace véritablement tous les pays producteurs de dattes. Elle existe au Maghreb : au Maroc, et en Algérie. Elle semble être apparue durant le siècle dernier dans la vallée du Drâa et s'est répandue vers l'ouest et l'est en suivant les cordons du palmier. Derjbi (1988) reprend l'historique très

complet de son développement au Maroc et en Algérie. Elle semble être localisée uniquement dans ces deux pays. Elle a ravagé les palmeraies marocaines : 10 à 12 millions d'arbres ont été détruits en un siècle et deux des variétés commercialisées ont pratiquement disparu. En Algérie elle aurait décimé 3 millions d'arbres, la variété Deglet Nour est très sensible. Elle a suivi un axe Nord-Sud dans les palmeraies de l'ouest du pays, et elle continue à progresser vers le centre, puisque Metlili, en (1950), et Ghardaïa, en (1978), sont atteintes.

Les prospections réalisées ces dernières années par des équipes de chercheurs (Brac de la Perrière et Benkhelifa, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988) montrent que dans les oasis non bayoudées de l'ouest, la maladie progresse. Les oasis signalées comme saines par Brochard et *al.*, (1970) ne le sont plus. Les symptômes externes sont connus : sur un arbre à l'origine sain, une palme de la couronne moyenne se dessèche et blanchit d'où le nom arabe dérivant d'Abiod = Blanc ; les folioles se dessèchent de bas en haut et se replient vers le rachis. La palme prend l'aspect caractéristique d'une plume mouillée. Les palmes voisines sont atteintes à leurs tours et la totalité du bourgeon terminal finit par se dessécher, entraînant la mort de l'arbre, dans des délais qui peuvent varier de quelques semaines à plusieurs mois. L'agent responsable est le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, champignon imparfait. Il se trouve dans le sol et fait partie de la mycoflore. Il pénètre dans la plante et migre dans les vaisseaux libéro-ligneux. Il se maintient très longtemps dans les palmiers Bayoudés, même morts. Il n'y a pas de traitement curatif (Bounaga et Djerbi, 2009).

La Figure n° 07, montre un palmier dattier dont les palmes prennent l'aspect caractéristique d'une plume mouillée.



**Figure n° 07** : Palmier dattier atteint du bayoud (Yezli, 2010).

## Chapitre II :

*Le Parasite Fusarium oxysporum f. sp.  
albedinis*

## **II. *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis***

### **II.1. Historique et Taxonomie**

#### **II.1.1. Le genre *Fusarium***

Le genre *Fusarium* a été décrit par Link en 1809 (Booth, 1985), et sa délimitation actuelle a été faite par Appel et Wollenweber en 1910, et depuis cette année, de nombreux travaux ont été consacrés pour sa taxonomie (Wollenweber et Reinking, 1935 ; Snyder et Hansen, 1940 ; Raillo, 1950 ; Gordon, 1952 ; Messiaen et Cassini, 1968 ; Booth, 1971 ; Joffe, 1974 ; Nelson et *al.*, 1983).

Le nom du genre *Fusarium* est tiré du latin « fusus », vu qu'il a des spores en forme de fuseau. Il comporte 9 espèces phytopathogènes.

#### **II.1.2. L'espèce *Fusarium oxysporum***

Wollenweber et Rincking (1935) ont placé l'espèce *oxysporum* dans la section « *Elegans* », qu'ils ont subdivisé en 03 sous-sections, en se basant sur la forme et la taille des spores et sur les caractères cultureux (Ghomari, 2009).

Dès 1940, toutes les espèces de la section « *Elegans* » sont rassemblées dans une seule espèce *Fusarium oxysporum*, par Synder et Hansen, à laquelle, Synder et *al.*, adjoignent le cultivar « *redolens* » en 1957 (Ghomari, 2009).

Dans le genre *Fusarium*, l'espèce *oxysporum*, constitue 50% à 70% des populations « fusariennes » des sols (Guillemat et Montegut, 1958; Gordon 1965 ; Mc Mullen et Stack, 1983). Elle est considérée comme colonisatrice primaire du rhizoplan et du cortex racinaire. Elle représente plus de 50 % des isolats de *Fusarium* à partir des racines de plantes diverses (Bruel, 1976 ; Mc Mullen et Stack, 1983).

L'espèce *oxysporum*, peut vivre en saprophyte ou en parasites de vertébrés ou de plantes (Nelson et *al.*, 1981 ; Rebell, 1981, *in* Bounaga, 1991). Sa forme parfaite n'est pas encore connue.

L'espèce *Fusarium oxysporum* se distingue des autres espèces de *Fusarium* par la production abondante de microconidies, rassemblées en fausse tête qui repose sur des monophialides courtes (Burgess et Lidell, 1983). Seule la reproduction asexuée a été

observée chez cette espèce, ce qui la place dans le groupe des Deuteromycetes (champignons imparfaits, Fungi imperfecti).

Des formes sexuées (téléomorphes) ont été maintenant observées pour certaines espèces de *Fusarium*. Elles font toutes partie des Ascomycètes, de la famille des *Nectriales* et notamment des genres *Gibberella* et *Nectria* (Seifert, 2001). Quelques exemples sont montrés dans le Tableau n° 2.

Ainsi, *Fusarium oxysporum* est considéré comme ascomycète bien que le stade sexuel doive être encore trouvé. Il est proposé d'être plutôt proche du groupe téléomorphique *Gibberella* que *Nectria* (Di Pietro *et al.*, 2003, Michielse et Rep, 2009).

### **II.1.3. La forme spéciale *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis***

Il y a plus de 120 *formae speciales* décrites chez *Fusarium oxysporum*, chacune inféodée à une plante hôte particulière (Di Pietro *et al.*, 2003). La reconnaissance de ces formes spéciales, ne fait appel à aucun critère morphologique mais seulement à la pathogénicité du champignon, dont la détermination doit se faire par la réinoculation du pathogène dans la plante hôte (Bounaga, 1991). Parmi ces formes spéciales, on distingue « *albedinis* », qui responsable de la fusariose vasculaire du Palmier dattier connue par le « Bayoud » (Bounaga, 1991).

**Tableau n° 02 :** Quelques exemples des souches de *Fusarium oxysporum* spp. et de leurs plantes hôtes. (Armstrong et Armstrong 1981; Mac Hardy et Beckman 1981; Lamprecht et al., 1986 ; Summerell et al., 2001 ; Alves-Santos et al., 2007) (*In* Hamini, 2010).

Souche	Plante hôte
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Tomate
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersic</i>	Tomate
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>	Concombre
<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>betae</i>	Betterave
<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>lentis</i>	Lentille
<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>fabae</i>	Fève
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i>	Poids
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>ciceri</i>	Poids chiche
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i>	Melon
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i>	Haricot
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	Banane
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>coffaeae</i>	Café
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>asparagi</i>	Asperge
<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>canariensis</i>	Palmier des Canaries
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i>	Palmier dattier
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>	Radis
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>	Oignon
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>	Pastèque
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>batatas</i>	Patate douce
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lini</i>	Lin

## II.2. Position systématique

La nouvelle classification taxonomique basée sur la phylogénie moléculaire selon (Debourgogne, 2013) est la suivante :

<b>Règne</b> .....	<i>Fungi</i>
<b>Division</b> .....	<i>Ascomycota</i>
<b>Classe</b> .....	<i>Sordariomycetes</i>
<b>Sous-classe</b> .....	<i>Hypocreomycetidae</i>
<b>Ordre</b> .....	<i>Hypocreales</i>
<b>Famille</b> .....	<i>Nectriaceae</i>
<b>Genre</b> .....	<i>Fusarium</i>

## II.3. Caractères physiologiques du champignon

Le milieu favorable au développement de *Fusarium* est à base de pomme de terre (PDA) (Bouhot et Billotte, 1964). Sa croissance minimale est entre 7°C et 12°C, elle devient optimale entre 21°C et 27,5°C, et elle s'arrête à 37°C (Malençon, 1947). La croissance de ce champignon est faible entre les pH 8,5 et 9,7 et rapide entre les pH 5 et 6. Ainsi, les sources de carbone les mieux métabolisées sont : la pectine, le mannose et le glucose. Les sources d'azote organique sont mieux assimilées par ce champignon que l'azote minéral (Arib, 1998).

## II.4. Description morphologique

Le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* est un champignon avec un mycélium aérien qui a une pigmentation variable (Blanchâtre, rosâtre, violette, mauve, orange ou beige) qui est due à la formation d'une multitude de spores en surface par des orages fructifères (sporodochies, pionnotes), ainsi qu'aux variations de la lumière et du milieu de culture (Messaoudi et *al.*, 1989).

Ce champignon possède un mycélium cloisonné, fin et régulier en culture jeune. Ce mycélium présente des cellules hypertrophiées en chaîne, d'aspect globuleux en cultures âgées ayant une grande ressemblance avec les chlamydospores, mais sans épaissement de la paroi (Ghomari, 2009). Ce champignon est caractérisé par la production de :

- Microconidies : sont très nombreuses, hyalines de forme et de dimension variables dans une même culture (3-15 x 3-5 µm). Les microconidies sont souvent unicellulaires, parfois bicellulaires et possèdent une cloison.
- Macroconidies : sont peu nombreuses, fusiforme, avec une extrémité pointue et courte. Elles possèdent trois cloisons, rarement 4 ou 5 et mesurent (20-35 x 3-5 µm).
- Chlamydospores : dans les cultures âgées ou dans le sol, le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* forme des chlamydospores, régulières, soit globuleuses, à paroi lisse et épaisse, et leur taille varie de 6 à 20 µm. Elles sont intercalaires ou terminales et sont isolées ou groupées par (Bulletin OEPP, 2003).

## II.5. Plantes hôtes

La plante hôte principale est le palmier dattier. Tous les cultivars nord-africains de qualité sont sensibles (Mejhoul, Deglet Nour, Bou Feggous, etc.). Certains cultivars ont une bonne résistance (Bou Sthammi noir, Bou Sthammi blanc, Tadment, Iklane, Sair Laylet, Bou Feggous ou Moussa au Maroc et Takerboucht en Algérie), mais parmi ces cultivars, seuls Sair Laylet et Takerboucht sont de qualité acceptable, quand même inférieure à celle de Deglet Nour ou Mejhoul (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

On signale aussi *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* sur d'autres plantes cultivées dans les palmeraies: le henné (*Lawsonia inermis* L.) une plante tinctoriale; la luzerne (*Medicago sativa* L.) et le trèfle (*Trifolium* sp.). Ces plantes sont considérées comme des « porteurs sains », elles peuvent héberger l'agent causal du bayoud sans manifester le moindre symptôme externe, mais montrent au contraire des nécroses internes au niveau des racines et du collet (Arib, 1998), et sont largement cultivées en Afrique du Nord et au Proche-Orient (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

*Chapitre III :*  
*La maladie d'El Bayoud*

### **III. LA MALADIE D'EL BAYOUD**

La fusariose vasculaire appelée «Bayoud» représente la maladie la plus grave et la plus dévastatrice qui provoque un dépérissement irréversible du palmier dattier et, par conséquent, des dégâts considérables et définitifs (Ouinten, 1996). Ainsi le patrimoine du palmier dattier des régions phœnicicoles de l'Afrique du Nord, est attaqué depuis plusieurs décennies, et continue à l'être toujours, particulièrement au Maroc et en Algérie (El Hadrami et *al.*, 2005).

Plusieurs auteurs, s'accordent sur l'origine Marocaine de la maladie (pays endémique), où elle a été observée pour la première fois dans la Vallée du Drâa, au nord du Zagora avant 1870. A cette époque, toutes les palmeraies qui bordaient l'Oued du Drâa ont été ravagées (Malençon, 1934 ; Perreau Leroy, 1958 ; Toutain, 1965 ; Bulit et *al.*, 1967 ; Djerbi, 1982).

#### **III.1. Symptômes de la maladie**

##### **III.1.1. Symptômes externes**

Le bayoud attaque aussi bien les palmiers jeunes qu'adultes, de même que leurs rejets basaux. Les premiers symptômes externes de la maladie, visibles par un oeil averti, font leur apparition sur une ou plusieurs feuilles de la couronne moyenne. Les feuilles affectées prennent une teinte plombée (gris cendré) et ensuite se fanent d'une façon particulière: les pennes situées d'un côté de la feuille commencent à blanchir, et la maladie progresse de la base vers l'apex. Quand tout ce côté a été affecté, le flétrissement commence de l'autre côté, en sens inverse cette fois-ci, de l'extrémité de la feuille vers sa base, jusqu'à la mort de la feuille (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

Au cours de ce processus de décoloration et dépérissement des pennes, une coloration brune qui se manifeste dans le sens de la longueur, sur le côté dorsal du rachis, avance de la base vers l'apex de la fronde : elle correspond au passage du mycélium dans les faisceaux vasculaires du rachis. Ensuite, la feuille va prendre une forme arquée, similaire à une feuille humide, et pend le long du tronc. Ce processus peut durer de quelques jours à plusieurs semaines (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

Les mêmes symptômes peuvent ensuite apparaître sur des feuilles adjacentes ou opposées. Dans tous les cas, la maladie avance toujours vers le coeur de l'arbre et l'arbre meurt quand le mycélium atteint le bourgeon terminal. Finalement, les rejets à la base de l'arbre sont attaqués (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

Les symptômes se développent parfois de façon différente. La coloration brune apparaît au milieu du rachis, côté dorsal, et progresse vers le haut jusqu'à ce que le rachis devienne si étroit que tous les tissus sont affectés, ce qui provoque le dépérissement de l'apex. Le flétrissement et la mort des pennes se poursuivent ensuite vers le bas jusqu'à la mort des feuilles. Les symptômes précoces peuvent aussi être différents, on détecte parfois un jaunissement généralisé avant l'apparition des symptômes typiques, surtout en hiver et en automne (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

### **III.1.2. Symptômes internes**

Si on déracine un palmier malade, on ne voit qu'un petit nombre de racines malades, rougeâtres, sans proportion avec les dégâts observés sur l'arbre. Ces racines malades correspondent à plusieurs groupes de faisceaux vasculaires du stipe qui ont pris une coloration brun rougeâtre, de même que le parenchyme et le sclérenchyme environnants d'ailleurs. Vers la base du stipe, les taches sont larges et nombreuses. Au cours de leur ascension dans l'arbre, les faisceaux vasculaires colorés se séparent et leurs chemins tortueux, à l'intérieur des tissus sains, peuvent être suivis.

Les frondes qui manifestent des symptômes externes ont une couleur brun rougeâtre et des faisceaux vasculaires très colorés quand on les coupe. Il y a donc continuité des symptômes vasculaires qui existent depuis les racines jusqu'aux feuilles apicales du palmier (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

On n'a jamais signalé de symptômes sur pédoncules, fleurs ou fruits (Koulla et Saaidi, 1985).

### **III.2. Cycle de vie**

Le cycle de vie de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* est représenté en deux phases : colonisation et parasitisme (Lemanceau et Alabouvette, 1993).

Le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* peut survivre dans le sol et sur des débris végétaux pendant plusieurs années en l'absence et en présence de son hôte. C'est un parasite tellurique qui persiste pendant l'hiver sous la forme de chlamydospores dans les tissus de palmiers malades (racines, rachis, etc.). La désintégration de ces tissus permet la libération des chlamydospores dans le sol où elles demeurent à l'état dormant. Il peut aussi survivre dans les porteurs sains tels que le henné, la luzerne ou le trèfle (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

Ce champignon est très inégalement réparti dans le sol, on le trouve entre 0 et 30 cm de la surface du sol, mais parfois jusqu'à 1 m, les chlamydospores sont peu nombreuses et peuvent demeurer dans le sol pendant plus de 8 ans, même si les palmiers sont morts depuis (Tantaoui, 1989). Un petit nombre de propagules suffit pour initier la maladie et quelques racines infectées peuvent provoquer la mort de l'arbre (Djerbi, 1983 ; IMI, 1994).

L'irrigation favorise aussi le développement de la maladie, mais on n'en connaît pas les mécanismes précis (plus grande diffusion du champignon dans le sol et/ou des spores dans les vaisseaux) (Fernandez et *al.*, 1995).

Le *Fusarium oxysporum* démarre son cycle de développement en affectant le système souterrain de l'hôte (racines) avant de devenir systémique dans les tissus conducteurs. Ensuite son développement est lié aux modalités d'interaction entre la variété hôte et la race de l'agent pathogène (Mourichon, 2003).

En contact avec l'hôte et dès que les conditions sont favorables, et dans le cas d'une interaction compatible d'une race sensible, les chlamydospores s'adhèrent, germent et pénètrent dans les tissus vasculaires des racines, à partir desquels le mycélium atteint la tige et se ramifie au niveau des cellules épidermiques (Djerbi, 1983).

Les mécanismes précis du dépérissement de l'arbre ne sont pas connus mais, comme pour toutes les fusarioses vasculaires, la mort de la plante résulte probablement de l'effet combiné des armes chimiques déployées par le parasite, enzymes pectinolytiques et cellulolytiques qui dégradent les parois cellulaires de l'hôte, et des réactions de défense de la plante (Fernandez et *al.*, 1995 ; Horsfall et Dimond, 1960).

Arrivé au niveau du cylindre central, le parasite s'installe dans les vaisseaux du xylème (tissu conducteur) et le mycélium produit des microconidies qui sont transportées vers le haut par la sève montante. Quand ce mouvement est empêché par une paroi transversale, les microconidies germent, le tube germinatif pénètre dans la paroi et la formation de microconidies reprend de l'autre côté de la paroi. La mort de l'arbre intervient quand le champignon atteint avec ses toxines le bourgeon terminal. Au cours de sa progression, *F. o. albedinis* s'échappe du xylème et colonise le parenchyme environnant par un mycélium inter et intracellulaire, c'est ce qui donne plus tard la coloration brun rougeâtre caractéristique des arbres malades. Après la mort de l'arbre, le mycélium continue à se développer dans les tissus morts et forme de nombreuses chlamydospores dans les cellules du sclérenchyme (Louvet, 1977 ; Gaüman, 1957).

A l'extérieur, se forment des organes fructifères à la surface des feuilles appelées sporodochies et développent des macroconidies qui à leur tour contaminent d'autres plantes, lorsqu'elles sont transportées par le vent, l'érosion ou bien par les insectes (Jones et Woltz, 1981).

Dans un hôte résistant, cette progression est stoppée dans les cribles au niveau desquels on observe des tyloses obturantes. Les modalités et intensités de réaction de l'hôte sont variables selon les variétés. Généralement, dans le cas d'une résistance marquée on observe une rapide mise en place des réactions de défense qui se traduisent par un blocage de la colonisation systémique des vaisseaux du xylème (Mourichon, 2003). Le dessèchement de la plante résulte donc du blocage de la circulation de sève, conséquence des différentes altérations du système vasculaire (Tantaoui et *al.*, 1996).

En général, les conditions favorables à une croissance rapide du palmier-dattier favorisent aussi le développement de la maladie. La température de croissance optimale du pathogène est entre 21 et 27,5°C ; la croissance reste importante à 18°C et à 32°C, mais s'arrête à 7°C et à 37°C (Bounaga, 1975). Le cycle infectieux du *Fusarium oxysporum* est illustré, ci-dessous, sur la Figure n° 08.

Clicours.COM

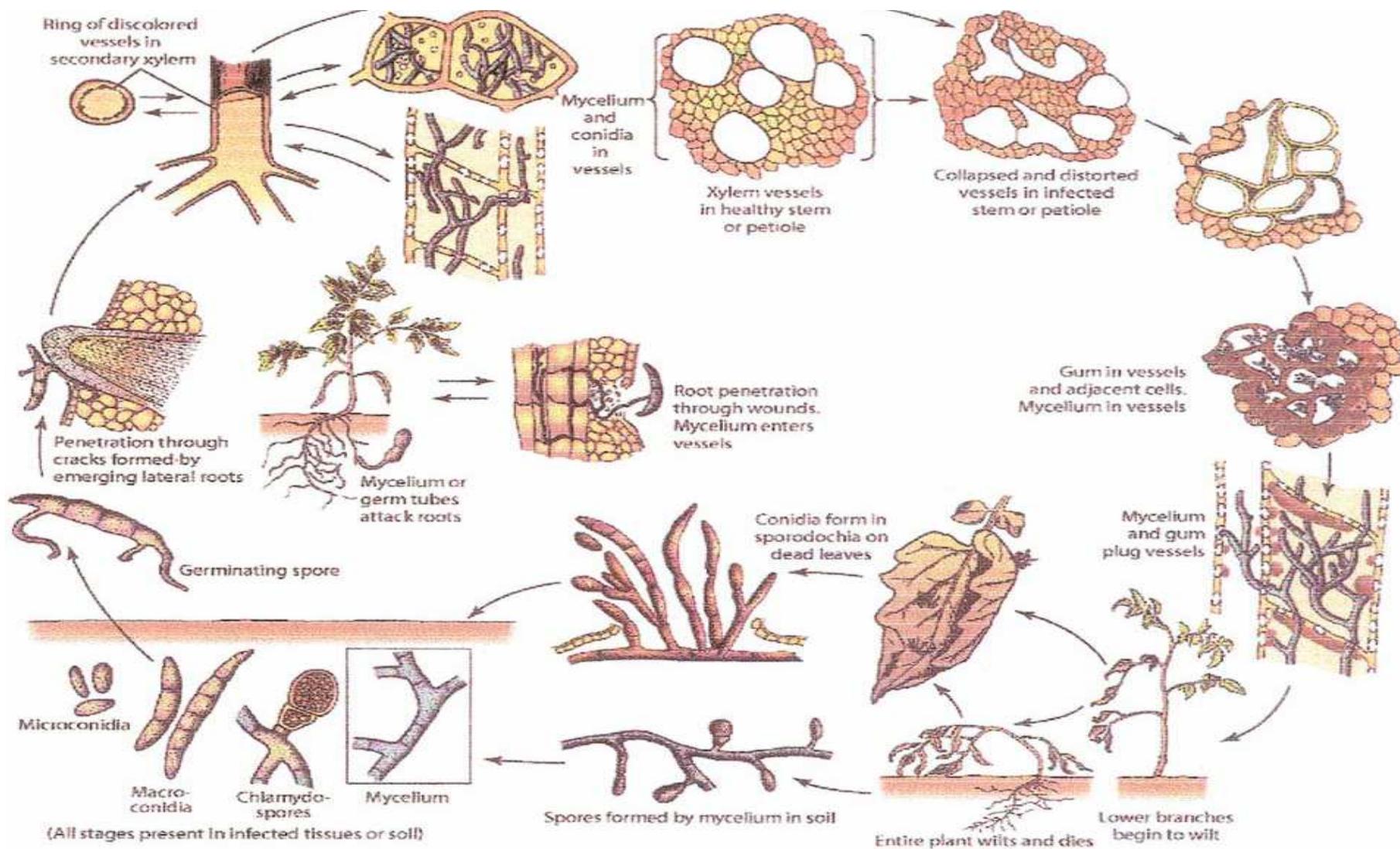


Figure n° 08 : Cycle infectieux du *Fusarium oxysporum* (Agrios, 2005).

### **III.3. Moyens de lutte**

#### **III.3.1. Les mesures prophylactiques**

Afin d'éviter ou de retarder la dissémination du « Bayoud » dans les régions indemnes, les mesures prophylactiques constituent un des moyens de lutttes préventifs contre cette trachéomycose, grâce à la sensibilisation et l'aide des phoeniculteurs, d'une part, pour mieux connaître la maladie, l'aire de sa répartition, sa progression et sa surveillance et d'autres parts, pour veiller à n'utiliser que des rejets sains pour la plantation et d'interdire les échanges de matériel végétal entre les palmeraies.

#### **III.3.2. Les techniques culturales**

Les techniques culturales contre les fusarioses vasculaires, consistent à éviter les conditions favorisant la croissance de l'agent pathogène. La maladie est moins présente en conditions d'irrigation réduites, ainsi que dans les sols à pH alcalin, riches en calcium et potassium, pauvres en phosphore et magnésium et dont l'azote est sous forme nitrique plutôt qu'ammoniacal (Woltz et Johnes, 1981 ; Ollaguiet et Renard, 1976).

Dans les parcelles contaminées, il faut éviter les cultures du henné et de la luzerne qui nécessitent une irrigation abondante favorable à la maladie, et qui sont des porteurs sains de l'agent pathogène, *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (Bulit et al., 1967).

En outre, le contact souterrain entre les arbres voisins doit être évité, par l'application des méthodes modernes d'irrigation et de plantation des palmiers dattiers (Louvet, 1991).

#### **III.3.3. La lutte chimique**

La lutte chimique repose sur l'utilisation de nombreux produits phytosanitaires qui sont soit thérapeutiques, appelés systémiques, soit protecteurs, appelés préventifs (Roger, 1990).

La désinfection du sol est très couteuse et difficile, ainsi, la lutte chimique n'est envisageable qu'à la découverte du foyer primaire (point de départ d'une nouvelle infection dans une région saine). Dans ce cas, le traitement du sol peut être effectué par l'utilisation du bromure de méthyle (Frederix et Den Brader, 1989).

Différents autres fongicides couramment utilisés en agriculture ont été testés (Saaidi et Rodet, 1974 ; Vanachter, 1991 ; Frederiks et Dembreber, 1991), tels que :

- Le bénomyl et le méthylthophanate, qui inhibent la croissance mycélienne *in vitro* à des doses de 10 et 100 ppm respectivement (Saaidi et Rodet, 1974).
- La chloropicrine, qui est une substance chimique hautement volatile avec une activité antifongique très élevée, mais qui présente l'inconvénient de ne pénétrer que faiblement dans les débris végétaux. Contrairement au bromure de méthyle, qui présente une grande capacité de pénétrer dans le sol grâce à sa tension de vapeur élevée, mais avec une fongitoxicité relativement moins élevée (Cheikh-Aïssa, 1990 ; Vanachter, 1991).

Cependant, si l'application de ces fongicides a donné des résultats encourageants pour la lutte contre ce pathogène (*Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*), l'utilisation répétée de ces produits de synthèse entraîne souvent la pollution de l'environnement et l'apparition chez le parasite de nouvelles souches résistantes et plus virulentes (Ozbaz et Newman, 2004). De plus, leurs effets toxiques sont souvent signalés pour l'homme et l'animal (Messiaen et Lafon, 1970) et pour le déséquilibre biologique du sol.

#### **III.3.4. La lutte biologique**

Une autre alternative pour protéger les plantes contre les agents pathogènes est l'application des méthodes de biocontrôle (Azco'n-Aguilar et Bare, 1997), par l'utilisation de différents micro-organismes doués d'activité antagoniste, conduisant à des phénomènes d'antibiose et d'hyperparasitisme.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés aux micro-organismes antagonistes tels que les bactéries, les champignons et les actinomycètes, dans l'espoir de mettre au point un procédé de lutte efficace capable de limiter la gravité des fusarioses (Alabouvette et *al.*, 1986).

Parmi les bactéries utilisées en lutte biologique, on peut citer les *Pseudomonas fluorescens* et *Serratia marcescens*, et parmi mes champignons, il existe les *Fusarium* non pathogènes et le *Trichoderma harzianum*.

Amir et Mahdi (1993), ont sélectionné des souches de *Fusarium solani* et *Fusarium oxysporum* non pathogène, pour leur pouvoir compétitif élevé et inhibiteur de deux formes spéciales : *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Hibar et ses collaborateurs (2005), ont montré qu'il est d'intérêt primordial d'utiliser le *Trichoderma harzianum* en tant qu'agent de lutte biologique contre la fusariose vasculaire.

### **III.3.5. La lutte génétique**

Le palmier dattier a l'avantage de présenter une grande diversité génétique de résistance au Bayoud (Bounaga et al., 1992).

Cette diversité génétique de chaque palmeraie qui est le fruit de sélections autonomes et d'échanges entre les agriculteurs, a servi dans la plupart des cas à lutter directement contre la fusariose par la multiplication empirique des clones les plus tolérants (Brac de la Perriere et Bounaga, 1990). Ceci est mis en évidence, pendant 25 ans, après les essais de comparaison de résistance de 32 variétés au Bayoud, dans les palmeraies infestées naturellement au Maroc. Selon Saaïdi (1992), ces cultivars résistants sont devenus susceptibles après 15 ans. L'expression de ce type de résistance est influencée par les conditions de développement des arbres et probablement par l'abondance et l'activité de l'inoculum de *Fusarium* pathogène dans le sol (Louvet, 1991).

### **III.3.6. La lutte intégrée**

(Alabouvette et al., 1986), propose également une lutte intégrée contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* comprenant l'éradication par fumigation et inoculation avec des antagonistes des foyers primaires dangereux, création de variétés résistantes nouvelles par croisement, recherche de mutants résistants à partir des cultures *in vitro*, création des pépinières et repeuplement des palmeraies dévastées grâce à la multiplication *in vitro* de plants éventuellement inoculés en antagonistes ; éradication par dessèchement et du sol et l'introduction de la lutte prophylactique et culturale.

*Chapitre IV :*  
*Généralités sur les  
bactéries lactiques*

## **IV. GÉNÉRALITÉS SUR LES BACTÉRIES LACTIQUES**

### **IV.1. Définition des bactéries lactiques**

Comme toutes les bactéries, les bactéries lactiques (BL) sont des micro-organismes vivants et unicellulaires (procaryotes) très répandus dans la nature car se reproduisant rapidement. On les trouve notamment dans le sol et le lait. Les BL font partie d'un grand groupe bactérien divisé en différents sous groupes selon le genre (ex : *Lactobacilles* ou Lb.) et l'espèce (ex ; *Lb. lactis*, *Lb. acidophilus*, *Lb. casei*...). Des espèces qui peuvent encore être classées en sous espèces, variétés et souches (ex : *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* var. *diacetylactis*). Les BL peuvent avoir différentes formes : sphériques (coques/genre *Streptococcus*, *Lactococcus*...), en bâtonnets (bacilles/genres *Lactobacillus*) ou encore ovoïdes (Bouricha, 2011).

Elles ont cependant toutes en commun le fait de produire de l'acide lactique. C'est pourquoi elles sont classées ensemble Sandine et *al.*, 1972 ; Carr et *al.*, 2002).

Les bactéries lactiques sont gram positive, immobiles, asporulées, de formes coccoïde ou bâtonnet, fermentent les carbohydrates en acide lactique principalement. En produisant de l'acide lactique, les BL modifient le milieu dans lequel elles se trouvent. Cette fermentation lactique est utilisée dans la fabrication de nombreux produits fermentés. Produits laitiers essentiellement (yaourts, fromages etc.), mais aussi légumes (choucroute, olives, cornichons), alcool (vin, cidre, bière), charcuteries (jambon, saucissons), pains au levain etc. La fermentation modifie les textures et les saveurs des aliments d'origine et en améliore la conservation (Bouricha, 2011).

### **IV.2. Histoire des bactéries lactiques**

La fermentation remonte à des temps très anciens. Les premiers produits fermentés ont certainement été obtenus par acidification spontanée ou par contamination naturelle du lait. Les premières preuves de l'existence des produits laitiers fermentés remontent à 8000 ans avant JC. La fermentation des végétaux et la production de levain apparaissent entre 4000 et 2000 avant JC chez les Egyptiens. À partir de différents types d'aliments : des végétaux (concombres, betteraves, dattes, jus de fruits, soja, etc...), des produits animaux (viande, lait) ou du poisson, une fermentation a été réalisée pour permettre de conserver les aliments et de leur donner une saveur différente du produit original. Grace

aux travaux de Pasteur en 1857 sur la fermentation, un lien a été établi entre la fermentation lactique et les bactéries (Penaud, 2006).

En 1904, Metchnikoff a isolé le « bacille bulgare » (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) présent dans le yaourt. Il a étudié les propriétés acidifiantes des bactéries du yaourt et il a développé l'idée que les bactéries contenues dans les laits fermentés ont un effet bénéfique sur la santé et en 1905, les premières entreprises fabricant du yaourt à partir des souches de l'Institut Pasteur voient le jour. Depuis 1960, la production industrielle de yaourt connaît un développement international considérable et aujourd'hui le yaourt est devenu un produit de consommation courante dans le monde entier (Penaud, 2006).

Maintenant, les bactéries lactiques représentent le deuxième plus grand marché de production de biomasse, après les levures. Principalement utilisées lors d'applications dans l'industrie alimentaire, comme la fabrication des fromages, des laits fermentés, de certains légumes et produits carnés fermentés et de certains vins, elles interviennent aussi dans l'industrie chimique pour la production d'acide lactique et acquièrent, depuis quelques années, un rôle croissant en santé animale et humaine (Streit, 2008).

### **IV.3. Généralités et caractéristiques des bactéries lactiques**

Les bactéries lactiques sont utilisées depuis plusieurs siècles comme des agents de protection et de stabilisation des produits alimentaires. Elles sont utilisées pour ces diverses propriétés surtout celle de pouvoir fermenter le lactose et par conséquent leurs capacités d'acidification. Cette propriété permet d'améliorer les qualités organoleptiques d'un aliment grâce aux différents composés. Si les processus de fermentation sont utilisés pour améliorer les qualités hygiéniques, ils entraînent également des modifications organoleptiques à la fois de la texture et de la saveur, en revanche, elles peuvent être considérées comme des agents d'altération (cas de jus de fruits par exemple) (Kihal, 1996).

La définition des bactéries lactiques est basée sur la capacité de coaguler le lait en dégradant les carbohydrates en acide lactique (König et *al.*, 2009). Pour se croître, elles ont besoin de sources de carbone organique (glucides fermentescibles) et de nombreuses

bactéries lactiques ont des exigences nutritionnelles complexes en ce qui concerne les acides aminés ou les peptides, les vitamines et les acides gras (Mayo et *al.*, 2010).

#### **IV.4. Taxonomie des bactéries lactiques**

Ce groupe de bactéries appartient aux genres suivants: *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Melissococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* et *Weissella* (Vandamme et *al.*, 1996; Stiles et Holzapfel, 1997 ; Axelson, 2004).

Aussi les genres *Aerococcus*, *Microbacterium* et *Propionibacterium* qui regroupent des bactéries gram positif et non sporulées et productrices d'acide lactique appartenant à la famille des actinobactériacé (Sneath et Holt, 2001) ainsi que le genre *Bifidobacterium* (Gibson et Fuller, 2000 ; Holzapfel et *al.*, 2001) ; sont aussi impliquées dans l'industrie agro-alimentaire.

La taxonomie récente des bactéries lactiques est basée sur l'étude de la comparaison de l'ARN ribosomal 16S (caractères phylogénétiques) (Bouricha, 2011).

#### **IV.5. Physiologie des bactéries lactiques**

Les bactéries lactiques présentent des exigences nutritionnelles importantes. De ce fait le lait ne constitue pas pour elles un milieu de culture optimal. Lawrence et *al.*, 1976 ; Cogan, 1975 ; Accolas et *al.*, 1971 et Desmazaud, 1983, ont montré que l'addition d'extrait de levure au lait stimule la croissance des bactéries lactiques (Kihal, 1996).

La fonction principale des bactéries lactiques dans la fabrication des produits alimentaires fermentés est la conversion du lactose en acide lactique, l'abaissement du pH est responsable d'une meilleure conservation des produits. De plus, d'autres activités enzymatiques produites par ces microorganismes jouent un rôle important sur les qualités organoleptiques. Par exemple, l'hydrolyse des caséines par le système protéolytique des Lactocoques est à la fois importante pour la croissance de ces bactéries dans le lait, la maturation du fromage, la texture du caillé et la production de la saveur (Desmazaud, 1983).

## **IV.6. Le genre *Lactococcus***

### **IV.6.1. Caractéristiques des lactocoques**

Les lactocoques sont des bactéries lactiques mésophiles appartenant à la famille des Streptococaceae. Ils se trouvent principalement dans les laits et crèmes fermentées ainsi que dans les fromages où ils sont en quantité dominante (Tabti, 2008).

Les lactocoques se présentent sous forme de coques (1 µm de diamètre), isolés, en paires ou en chaînettes (Singleton, 1984).

Ce sont des organismes homofermentaires ne produisant que de l'acide lactique L (+), catalase négative, anaérobies facultatifs ou microaérophiles (Dellaglio, 1994). Leur température de croissance optimale est de 20 à 30°C. Elles peuvent croître à 10°C mais pas à 45°C (Alais, 1984).

### **IV.6.2. Classification et nomenclature**

Traditionnellement, les streptocoques lactiques mésophiles ont été rattachés au genre *Streptococcus*. En se fondant sur des critères moléculaires, Schleifer et *al.*, (1985) ont proposé de séparer les streptocoques lactiques mésophiles du genre *Streptococcus* et de créer le genre *Lactococcus*.

Actuellement, ce genre regroupe plusieurs espèces et sous-espèces dont les plus importantes en industrie laitière sont (Dellaglio, 1994):

*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ;

*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetyllactis* ;

*Lactococcus lactis* subsp. *crémoris*.

## **IV.7. Le genre *Leuconostoc***

### **IV.7.1. Caractéristiques des leuconostocs**

Les leuconostocs sont des bactéries à Gram positif, avec une forme ovoïde, associées en paires ou en chaînes courtes, non mobiles, non sporulés et anaérobies facultatifs. Leur optimum de température de croissance se situe entre 20 et 30 °C. Elles sont chimioorganotrophes, nécessitant pour se développer des milieux riches comportant

des facteurs de croissance complexes et des acides aminés. La croissance ne se fait qu'en présence d'un sucre fermentescible. Ces bactéries sont hétérofermentaires, elles produisent à partir du métabolisme de glucose, D(-) lactate, éthanol ou acétate et le CO<sub>2</sub> (Hemme et *al.*, 2004).

Les leuconostocs ne possèdent ni catalase ni cytochromes, elles ne produisent pas NH<sub>3</sub> à partir de l'arginine car elles ne possèdent pas l'enzyme arginine déshydrogénase, ne produisent pas d'indole et ne réduisent pas les nitrates en nitrites, ces germes ne sont pas protéolytiques, Ils sont non hémolytiques et non pathogènes pour les végétaux et les mammifères (Kihal, 1996).

#### **IV.7.2. Classification du genre *Leuconostoc***

La classification récente (Euzéby, 2010)

Règne : Bacteria,

Division : Firmicutes,

Classe : Bacilli,

Ordre : Lactobacillales,

Famille : Leuconostocaceae,

Genre : *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weissella* et *Fructobacillus*.

#### **IV.7.3. Rôle des leuconostocs**

Les bactéries lactiques présentent un grand intérêt biotechnologique. Elles sont largement utilisées dans des procédés d'élaboration de produits alimentaires. En industrie laitière, les bactéries du genre *Leuconostoc* jouent un rôle important grâce à leurs propriétés métaboliques, principalement la production de CO<sub>2</sub> et la synthèse de des composés aromatiques tel que le diacétyl (Zaarour, 2010).

##### **IV.7.3.1. Rôles dans la technologie laitière**

La production de CO<sub>2</sub> par les espèces du genre *Leuconostoc* provient de l'hétérofermentation du lactose et de l'utilisation du citrate, dans la technologie des

fromages à pâtes persillées, notamment le Roquefort, le CO<sub>2</sub> produit est à l'origine de la formation des cavités dans le caillé, qui seront ensuite peuplées par le *Penicillium roqueforti* (Bourel et al., 2001). Le CO<sub>2</sub> produit donne aussi l'aspect légèrement effervescent et onctueux de beurre (Kihal, 1996).

Le diacétyle dont le citrate est le précurseur constitue le principal composé aromatique recherché dans les produits laitiers. Cependant, d'autres composés issus de l'hétérofermentation tels que l'acétate et l'éthanol contribuent à la texture et à la saveur de ces produits laitiers (Bourel et al., 2001).

Les leuconostocs sont utilisés pour éliminer certains défauts de goût comme le défaut de « vert ». Selon Keenan et al. (1966) il est possible d'éliminer le défaut de « vert » d'une culture de bactéries lactiques en utilisant les leuconostocs ; mais pour cela il est nécessaire d'en ajouter une grande quantité dont l'activité est maximale pour *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* (Vedamuthu, 1994 ; Hemme et al., 2004).

#### **IV.7.3.2. Rôle des leuconostocs dans les aliments**

Comme certains microorganismes qui sont actuellement proposés aux consommateurs, les leuconostocs ne colonisent pas l'intestin, donc leur effet sur l'hôte devait être faible sauf en cas d'ingestion à des concentrations cellulaires élevées. Récemment, des études de la lutte contre la diarrhée chez les enfants par l'ingestion des laits fermentés a révélé que le yaourt indien contenant 10<sup>8</sup> de *Lc. lactis* et *Ln. mesenteroides* réduit la durée moyenne de la diarrhée de 03 jours (Agarwal et al., 2002 ; Hemme et al., 2004).

Certaines espèces de *Leuconostoc* produisent des exopolysaccharides (EPS), qui sont des homopolysaccharides composés de  $\alpha$ -D-glucane comme le dextrane composé principalement des glucoses reliés par des liaisons  $\alpha$ -1,6, il possède des ramifications constituées de liaisons  $\alpha$ -1,3 et  $\alpha$ -1,6. Le processus de la biosynthèse est externe et exige le saccharose et des glycotransférases spécifiques et dextransucrase qui sont des enzymes impliquées dans ce processus (De Vuyst et al., 1999 ; Monchois et al., 1999 ; Hemme et al., 2004).

#### **IV.7.3.3. Les bactériocines produites par les leuconostocs**

Les bactériocines produites par les souches de *Leuconostoc* appartiennent aux bactériocines de la sous-classe (II a) comme les pediocines : petits peptides non modifiés thermostables, et actifs contre *Listeria* sp. (Ennahar et al., 2000). La mesentericine (Y 105) et (B 105) et la mesenterocine (52 Q) et (52 B) des leuconostocs ont été intensivement décrits et leur activité biologique, ainsi que leur structure et leur propriétés ont été analysés (Corbier et al., 2001 ; Morisset et Frère, 2002). Les gènes structuraux de mesentericine (Y 105) et (B 105), la « mes Y » et la « mes B » respectivement ont été clonés par plusieurs chercheurs (Hécharde et al., 1999 ; Castano et al., 2005). L'action de la mesentericine (Y 105) a été mise en évidence par cytométrie en flux (CMF), cette technique a permis de suivre en direct une co-culture de *Leuconostoc mesenteroides* (Y 105) et *Listeria monocytogenes* (Hécharde et al., 1999) ou le dénombrement pour chaque bactérie a montré une dominance rapide de *Leuconostoc mesenteroides* (Y 105), la mesentericine (Y 105) semble avoir une action spécifique contre *Listeria monocytogenes*. Castano et al., (2005) ont aussi confirmé cette propriété et ils ont rapporté que cette bactériocine est constitué par 37 résidus et réticulée, par un pont bisulfure. La leucocine H (Blom et al., 1999) et la dextransicine 24 ont été ainsi décrite comme des bactériocines produites par *Leuconostoc*.

La leucocine « J » produite par *Ln.* sp. J2 possède un spectre d'activité plus vaste, hormis les bactéries lactiques elle inhibe aussi un grand groupe de bactéries pathogènes : *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Serratia marcescens* et *Yersinia enterocolitica*.

#### **IV.8. L'activité antifongique des bactéries lactiques**

Les bactéries lactiques ont été utilisées pour la fermentation des aliments pendant des siècles et sont connus pour influencer positivement le tractus gastro-intestinal de l'homme. Les bactéries lactiques produisent diverses substances pendant la fermentation lactique qui sont souhaitables pour la saveur et la texture des aliments, et qui peuvent également inhiber la flore microbienne indésirables. Il est généralement considéré comme sûr, que les bactéries lactiques et les levains de cultures de pain augmentent leur potentiel pour être utilisés dans des applications commerciales comme agents de lutte biologique dans les aliments transformés pour empêcher la croissance de moisissures, d'améliorer la

durée de vie de la fermentation du produit et réduire les risques potentiels pour la santé associés aux mycotoxines (Bianchini, 2010).

L'activité antifongique des bactéries lactiques a été décrite par un certain nombre d'études rapportées dans la littérature scientifique (Bianchini, 2010 ; Schwenninger et *al.*, 2005; Magnusson, 2003 ; Stiles et *al.*, 2002 ; Plocková et *al.*, 2001 ; Lavermicocca et *al.*, 2000 ; Stiles, 1999 ; Stiles et *al.*, 1999 ; Gourama et Bullerman, 1995 et Karunaratne et *al.*, 1990).

L'activité inhibitrice de ces cultures peut résulter de la concurrence pour l'espace et les nutriments en général, la concurrence pour les éléments nutritifs nécessaires à la production de mycotoxines, mais pas pour la croissance, et la production de métabolites antifongiques et antimycotoxigéniques (Bianchini, 2010).

#### **IV.9. La lutte biologique appliquée aux moisissures**

L'histoire de la lutte biologique appliquée aux moisissures et les mycotoxines a commencé dans les années 1960. Selon Ciegler et *al.* (1966) plus de 1000 micro-organismes criblés pour leur capacité à dégrader les aflatoxines et identifiés comme *Flavobacterium aurantiacum* qui est capable de retirer de façon irréversible l'aflatoxine à partir des solutions. Dans des études ultérieures, il n'a été observé que l'activité de *Flavobacterium aurantiacum* qui a été influencée par le pH et la température (Lillehoj et *al.*, 1967).

Des exemples de certaines espèces de moisissures qui contrôlent d'autres comprennent *Trichoderma harzianum* et *Trichoderma viride* et leur effet sur *Fusarium moniliforme* et *Aspergillus flavus* (Calistru et *al.*, 1997). Dans ce cas, la lutte biologique implique une action complémentaire d'antibiose, compétition pour les nutriments et la production d'enzymes dégradant la paroi cellulaire. Il y a aussi des exemples de certaines bactéries lactiques qui contrôlent des moisissures, comme la production de composés antifongiques dans différentes températures, pH et avec des modifications sur le milieu MRS Agar par des souches de *Lactobacillus* (Laref et *al.*, 2013).

*Deuxième Partie :*  
*Matériels & Méthodes*

## I. ETUDE DU CHAMPIGNON

### I.1. Origine du matériel fongique (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*)

Les souches de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* utilisées dans cette étude font partie de la mycothèque du Laboratoire de Phytopathologie de l'Université D'Oran. Les souches ont été isolées à partir des rachis de palmiers dattiers présentant les symptômes de Bayoud de différentes régions d'oasis algérien (Adrar, Bechar et Ghardaïa).

Les origines des isolats sont notées dans le Tableau n° 03.

**Tableau n° 03** : Origines des souches de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* étudiées.

Souches	Pouvoir pathogène	Cultivars	Sites	Date
F 1	Pathogène	Deglet nour	El Mahdia (Adrar)	2008
F 2	Pathogène	Deglet nour	Timimoun (Adrar)	2008
F 3	Pathogène	Deglet nour	Igli (Bechar)	2008
F 4	Pathogène	Deglet nour	Igli (Bechar)	2008
F 5	Pathogène	Deglet nour	Igli (Bechar)	2008
F 6	Pathogène	Tafezouine	Hadour (Ghardaïa)	2008
F 7	Pathogène	Tazerzaïte	Souarègue (Ghardaïa)	2008
F 8	Pathogène	Tazerzaïte	Souarègue (Ghardaïa)	2008
F 9	Pathogène	Tazerzaïte	Souarègue (Ghardaïa)	2008
F 10	Pathogène	Deglet nour	El houissi (Ghardaïa)	2008
F 11	Pathogène	Tazerzaïte	Souarègue (Ghardaïa)	2008
F 12	Pathogène	Deglet nour	El houissi (Ghardaïa)	2008

## I.2. Origine des bactéries lactiques

Les souches lactiques qui ont été utilisées dans l'essai du bio contrôle de l'agent phytopathogène, sont décrites dans le Tableau n° 04. Ces souches font partie de la collection du laboratoire de Microbiologie appliquée – Université d'Oran.

**Tableau n° 04** : Origine des souches lactiques utilisées.

Code	Souche	Origine	Région	Date
S1	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Lait de chamelle	Bechar (Abaddla)	2011
S2	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar. <i>diacetylactis</i>	Lait de chamelle	Bechar (Abaddla)	2011
S3	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i>	Roquefort « ROSENBORG »	Commercialisé à Oran	2009
S4	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>	Lait de chamelle	Bechar (Abaddla)	2009

## I.3. Caractérisation de *Fusarium oxysporum*

L'espèce *Fusarium oxysporum* est morphologiquement caractérisée par

- la présence de microconidies, de macroconidies et de chlamydozoïdes ;
- la présence de courtes monophialides sur lesquelles peuvent se former les microconidies en fausse tête ;
- la présence d'organes fructifères comme les pionnotes et les sporodochies.

Pour l'étude des caractères culturels (aspect du mycélium, pigmentation du thalle), on prend en considération que le morphotype des souches, et l'étude microscopique de ces derniers s'effectuent soit par une simple coloration au bleu de coton, soit par bouturage d'un fragment du champignon sur milieu CLA (Carnation Leaf Agar) (Annexe n° 1), ce milieu est utilisé pour la recherche des caractéristiques morphologiques du genre *Fusarium* (production des macroconidies). Il est à base de feuilles d'œillet placées dans de l'agar à 20 g/l d'eau distillée à 28°C pendant 7 jours et à l'obscurité. Selon (Burgess et Liddell, 1983) ce milieu, pauvre en sucre, favorise le développement des organes

fructifères. En suite des observations sont effectuées au microscope optique pour vérifier la présence de ces différents organes.

#### **I.4. Purification des isolats**

La purification des souches est effectuée par isolement monospore qui permet l'obtention d'un matériel génétiquement homogène pour l'étude des variations morphologiques et pathogènes dans la descendance intra clonale des clones ainsi obtenus.

Des fragments de cultures mycéliennes, comportant généralement de nombreuses conidies, sont prélevées stérilement à la marge d'une culture âgée de 7 jours et placés dans des tubes contenant 9 ml d'eau distillée stérile. Après agitation vigoureuse, une goutte de suspension de spores est étalée sur le milieu Agar 2 % (Annexe n° 1) contenu dans une boîte de Pétri. Les boîtes sont incubées à 28 °C à l'obscurité, et 24 heures plus tard, on prélève stérilement, à la loupe, des microconidies isolées (le thalle qui en est issu est donc génétiquement homogène), et on les repique dans des boites de Pétri contenant le milieu PDA (Annexe n° 1) (Henni et *al.*, 1994).

#### **I.5. Conservation des isolats**

Pour conserver les isolats obtenus après purification, issues de culture monospore, on les maintient dans des tubes à visse stérilisé contenant soit le milieu PDA, soit le milieu Agar à 2 %. Les milieux sont inclinés pour agrandir la surface de culture.

## II. LUTTE BIOLOGIQUE

Dans cette étude on a utilisé trois méthodes, la première et celle de la confrontation directe *in vitro*, la deuxième et celle de la diffusion sur milieu gélosé, ainsi que, la méthode de la double couche.

### II.1. Méthode de la confrontation directe *in vitro*

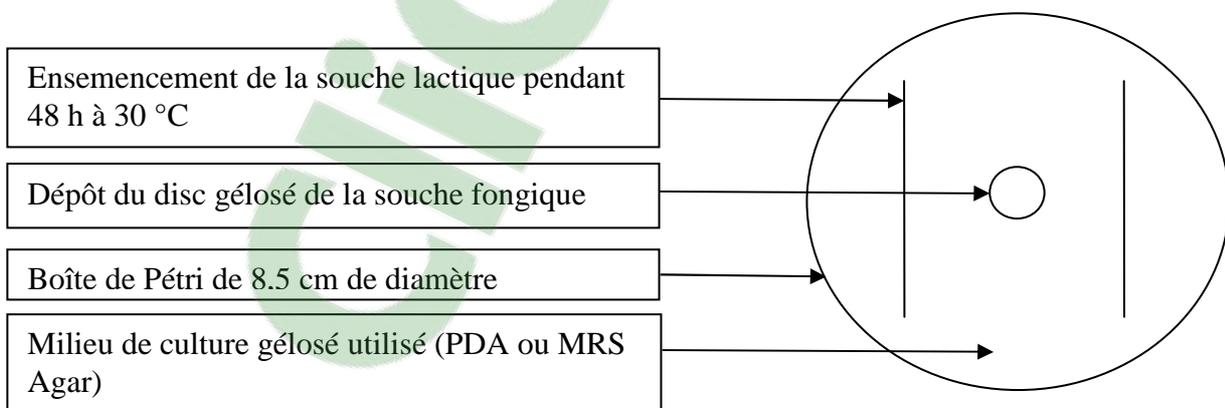
Cette technique consiste à ensemencer la souche lactique, sur le milieu PDA ou MRS Agar (Annexe n° 1) en boîte de Pétri (Dalie, 2010), en deux stries parallèles de 2 cm et incubé à 30 °C pendant 48h. Sur le même milieu, et après 48h, on dépose un disque gélosé de 0.5 cm de la souche fongique âgée de 5 jours au centre de la boîte de Pétri et on incube à 28°C pendant 6 jours. La méthode est illustrée sur la Figure n° 09 ci-dessous.

Pour déterminer l'influence de la souche lactique, la croissance radiale des souches fongiques a été mesurée tous les jours dans deux directions perpendiculaires. Les expériences ont été réalisées en triplicate et comparées avec les témoins (seul le champignon dans la boîte de Pétri).

Le pourcentage d'inhibition a été calculé selon la méthode de Wang *et al.*, 2002.

$$I\% = \frac{R_t - R_{ts}}{R_t} \times 100$$

- I% : Pourcentage d'inhibition
- $R_t$  : distance radiale maximale de la croissance du champignon (témoin).
- $R_{ts}$  : distance radiale sur une ligne en direction de l'antagoniste (test).



**Figure n° 09** : Schéma de la confrontation directe des souches lactiques vis-à-vis l'agent pathogène *Foa*

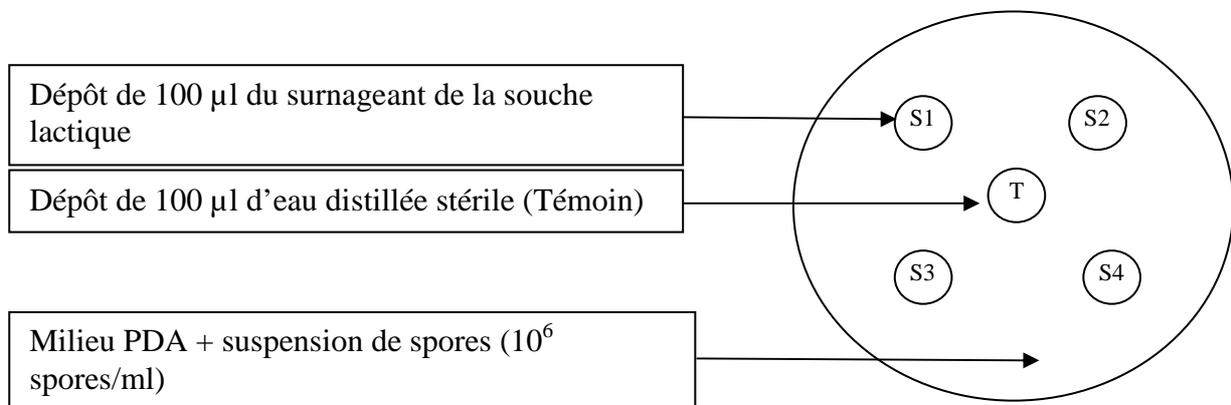
## II.2. Méthode de la diffusion sur milieux gélosés

La méthode utilisée est celle de (Adebayo et Aderiye, 2010) avec quelques modifications. Cette technique des puits permet de tester l'effet des substances antifongiques secrétées par les bactéries lactiques.

Elle consiste à inoculer 15 ml du milieu PDA en surfusion avec 1ml d'une suspension de spore ( $10^6$  spores/ml). Le milieu obtenu a été homogénéisé puis coulé dans des boîtes de Pétri. Après solidification du milieu PDA, cinq puits ont été réalisés sur ce milieu correspondants à quatre souches lactiques utilisées plus un témoin, dont chacun a été rempli par 100  $\mu$ l du surnageant de la souche lactique qui a été centrifugée à 4000 tr/min pendant 15 minutes et filtré par des filtres millipores de 0.24  $\mu$ m. Le cinquième puits témoin a été rempli avec 100  $\mu$ l d'eau distillée stérile.

Les boîtes de Pétri sont pré-incubées à 4°C pendant 2 heures pour permettre une bonne diffusion du surnageant, puis incubées à 28°C pendant 48 à 72 heures.

La méthode est illustrée sur la Figure n° 10.



**Figure n° 10** : Schéma de la méthode de diffusion sur gélose (puits) des souches lactiques vis-à-vis l'agent pathogène *Foa*

## II.3. Méthode de double couche

La souche lactique a été d'abordensemencée en deux stries de 2 cm sur le milieu MRS Agar préalablement coulé dans des boîtes de Pétri puis incubées à 30°C pendant 48 heures en anaérobiose. Les colonies obtenues ont été ensuite recouvertes avec 10 mL de milieu PDA (0.7 % d'agar) contenant  $10^3$  spores/ml de *Foa*. L'incubation se fait à 28°C

pendant 72 heures (Laref *et al.*, 2013). La méthode de la double couche est illustrée sur la Figure n° 11.

Les zones d'inhibition ont été évaluées autour de chaque strie de bactérie selon les critères suivants :

(-) : absence de zone d'inhibition autour de chaque strie

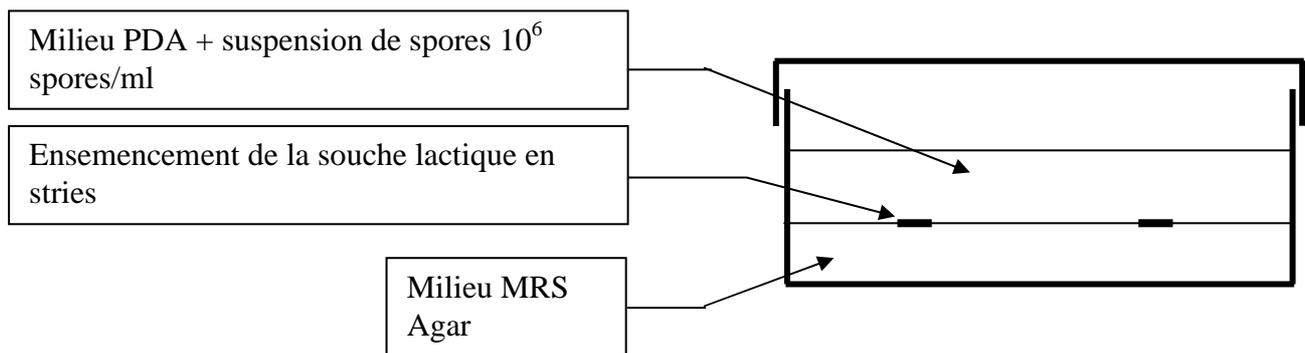
(+) : zone d'inhibition par strie comprise entre 0,1 à 3% de la surface des boîtes de Pétri

(++) : zone d'inhibition par strie comprise entre 3 à 8 % de la surface des boîtes de Pétri

(+++): zone d'inhibition par strie supérieur à 8% de la surface des boîtes de Pétri.

Les tests d'inhibition ont été réalisés en triplicate. Les boîtes témoins ne contiennent pas la souche lactique (Dalie, 2010).

Après, on a réalisé des observations microscopiques dans les zones de confrontation du champignon avec les bactéries lactiques, pour observer s'il y a eu une sporulation.



**Figure n° 11** : Schéma de la méthode de double couche.

### **III. ELECTROPHORESE**

#### **III.1. Dosage des protéines totales des isolats de *F.o.a***

##### **III.1.1. Principe du dosage des protéines**

La méthode utilisée est celle de Bradford (1976), qui consiste à une coloration des protéines par le Bleu de Coomassie G250. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des protéines et le maximum d'absorption est situé à une longueur d'ondes  $\lambda = 595$  nm.

##### **III.1.2. Préparation des extraits mycéliens**

Des Erlenmeyers, contenant 100 ml de liquide de Czapeck, sontensemencés par 5 boutures mycéliennes (de 6 mm de diamètre), prélevées de la zone périphérique d'une culture âgée de 5 à 7 jours du champignon sur milieu PDA. Deux répétitions sont effectuées pour chaque isolat. Les Erlenmeyers sont incubés pendant 10 jours à 28°C.

Le mycélium est récupéré après filtration du milieu de culture à l'aide d'une passoire stérile. Il est ensuite broyé dans un mortier maintenu au froid dans de la glace, additionné de sable et de Tampon Phosphate (0,1 M - pH 7,1), jusqu'à l'obtention d'une pâte fine et homogène. Le broyât est récupéré dans des tubes Falcon puis centrifugés à 8500 tours par minute, pendant 20 minutes dans une centrifugeuse réfrigérée (4 °C) (type Biofuge).

Le surnageant est réparti rapidement dans des tubes Eppendorf par fraction de 100  $\mu$ l.

##### **III.1.3 Courbe d'étalonnage**

Une solution mère de Sérum Bovine Albumine (SBA) est préparée à une concentration de 1 mg/ ml. De cette dernière une série de dilutions est effectuée. A chaque dilution, 2 ml de réactif de Bradford sont ajoutés pour faire la lecture au spectrophotomètre, à une longueur d'ondes  $\lambda = 595$  nm, on peut aller même jusqu'à 20 dilutions (Tableau n° 05)

**Tableau n° 05** : Dilutions de la courbe d'étalonnage.

<b>Dilution</b>	<b>1/2</b>	<b>1/3</b>	<b>1/4</b>	<b>1/5</b>	<b>1/6</b>	<b>1/7</b>	<b>1/8</b>	<b>1/9</b>	<b>1/10</b>	<b>blanc</b>
<b>SBA (<math>\mu</math>l)</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	/
<b>Eau distillée (<math>\mu</math>l)</b>	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	200
<b>Bradford (ml)</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Pour déterminer la concentration des protéines dans l'extrait enzymatique de chaque échantillon, 100 µl de chaque extrait est mélangé avec 2 ml de réactif de Bradford (Annexe n° 2), bien agité au vortex et après 2 à 3 minutes de repos, la lecture de la densité optique (D.O.) est faite à la longueur d'ondes  $\lambda = 595$  nm.

### III.2 Préparation des gels pour le système SDS-PAGE :

L'électrophorèse se fait sur gel de polyacrylamide. Les deux gels (de séparation à 10% et de concentration à 5%) sont préparés selon la méthode de Laemmli (1970), modifiée de la manière suivante (Tableau n° 06)

La différence qui existe entre le système PAGE et le système SDS-PAGE, est la présence de l'agent dissociant le plus utilisé et le détergent anionique qui défait la structure spatiale et se fixe sur les protéines à chaud : Sodium Dodécyl Sulfate (SDS). Toutes les molécules seraient donc chargées négativement et la séparation est uniquement fonction de la masse moléculaire (taille) (Lafont, 2005).

**Tableau n° 06** : Composition des gels de polyacrylamide.

Solutions	Gel de séparation 10%	Gel de concentration 5%
Solution d'acrylamide 30%	10 ml	2,5 ml
Solution de bis-acrylamide 1%	10 ml	3,9 ml
Tampon de séparation pH = 8,8	3,9 ml	/
Tampon de concentration pH = 6,8	/	3,75 ml
Solution SDS 10%	0,3 ml	0,15 ml
Eau distillée	8,2 ml	4,65 ml
Temed	100 µl	50 µl
Persulfate d'Ammonium 10%	200 µl	100 µl

La composition des tampons utilisés pour la préparation des gels et pour la migration est donnée en Annexe n° 2.

Le gel se présente sous forme de matériel gélifié, formé par la polymérisation d'un mélange d'acrylamide et de bis-acrylamide. Le gel de concentration est coulé en haut du gel de séparation, pour permettre une entrée homogène de l'échantillon dans le gel de

séparation. Des puits sont réalisés à l'aide d'un peigne, qui sépare le gel de concentration en portions égales, destinées à la migration de chaque échantillon.

### **III.3 Migration et mise sous tension**

Chaque extrémité du gel sera mise en contact avec le tampon de migration qui, soumis à un potentiel électrique, permettra la propagation d'un courant dans le gel. Ce courant entraînera les molécules constituant l'échantillon.

### **III.4 Dénaturation des échantillons**

L'extrait enzymatique de chaque échantillon est dilué dans un volume du tampon de charge correspondant à sa concentration en protéines, pour avoir en fin la même concentration dans tous les puits, et c'est le but du dosage par la méthode de Bradford. Le tout est porté à ébullition dans un bain-marie pendant 5 minutes.

### **III.5 Révélation des bandes**

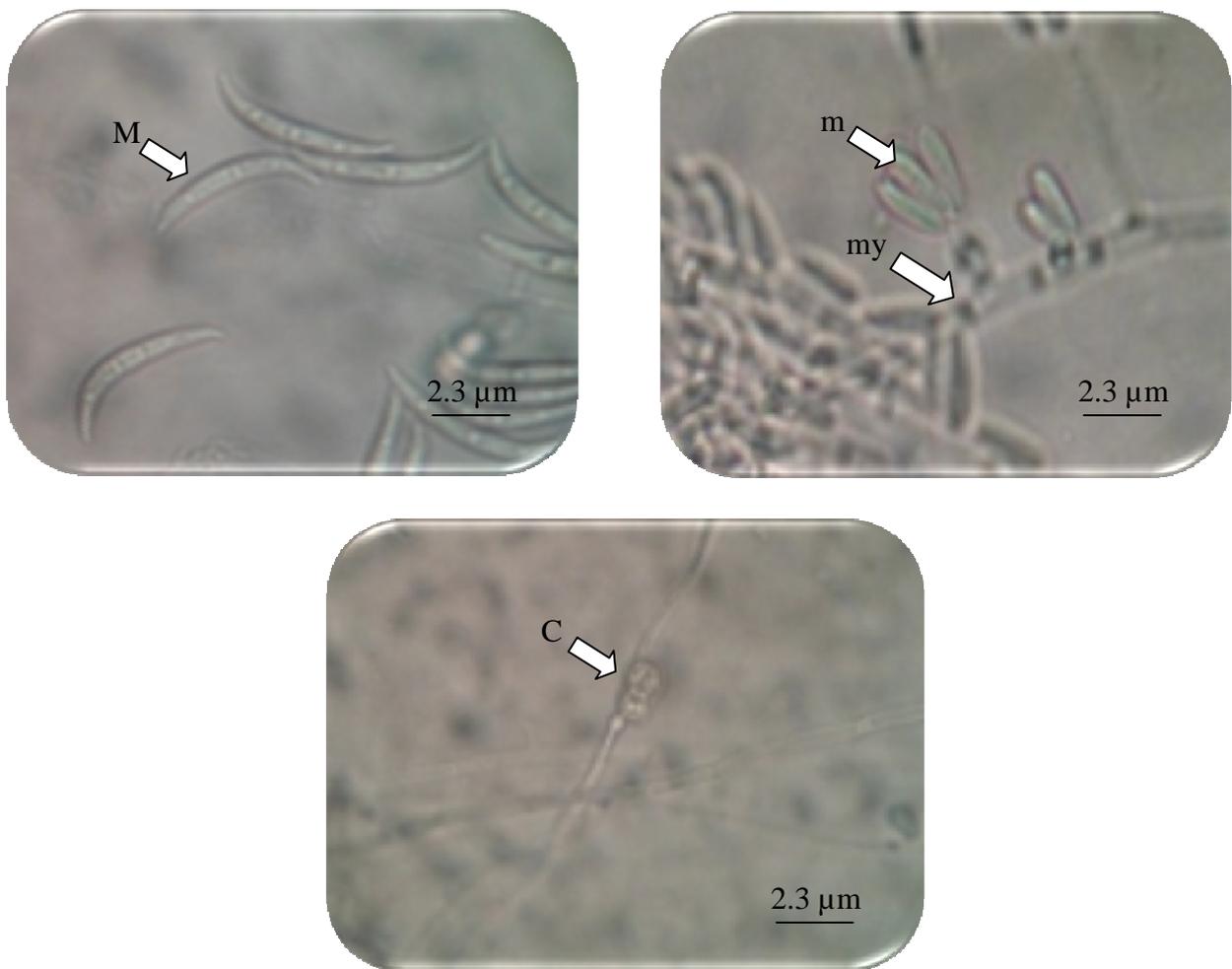
Après une migration complète, le gel est fixé puis coloré afin de pouvoir visualiser les bandes protéiques. Les solutions de fixation, de coloration, de décoloration et de conservation sont portées en Annexe n° 02.

*Troisième Partie :*  
*Résultats &*  
*Interprétation*

## I. CARACTÉRISATION DES ISOLATS

### I.1. Caractérisation microscopique

L'observation microscopique a montré la présence d'un thalle cloisonné avec de courtes monophtialides sur lesquelles se trouvent des microconidies, ainsi que la présence de macroconidies et de chlamydozoospores. Ces caractéristiques sont illustrées sur la Figure n° 12.



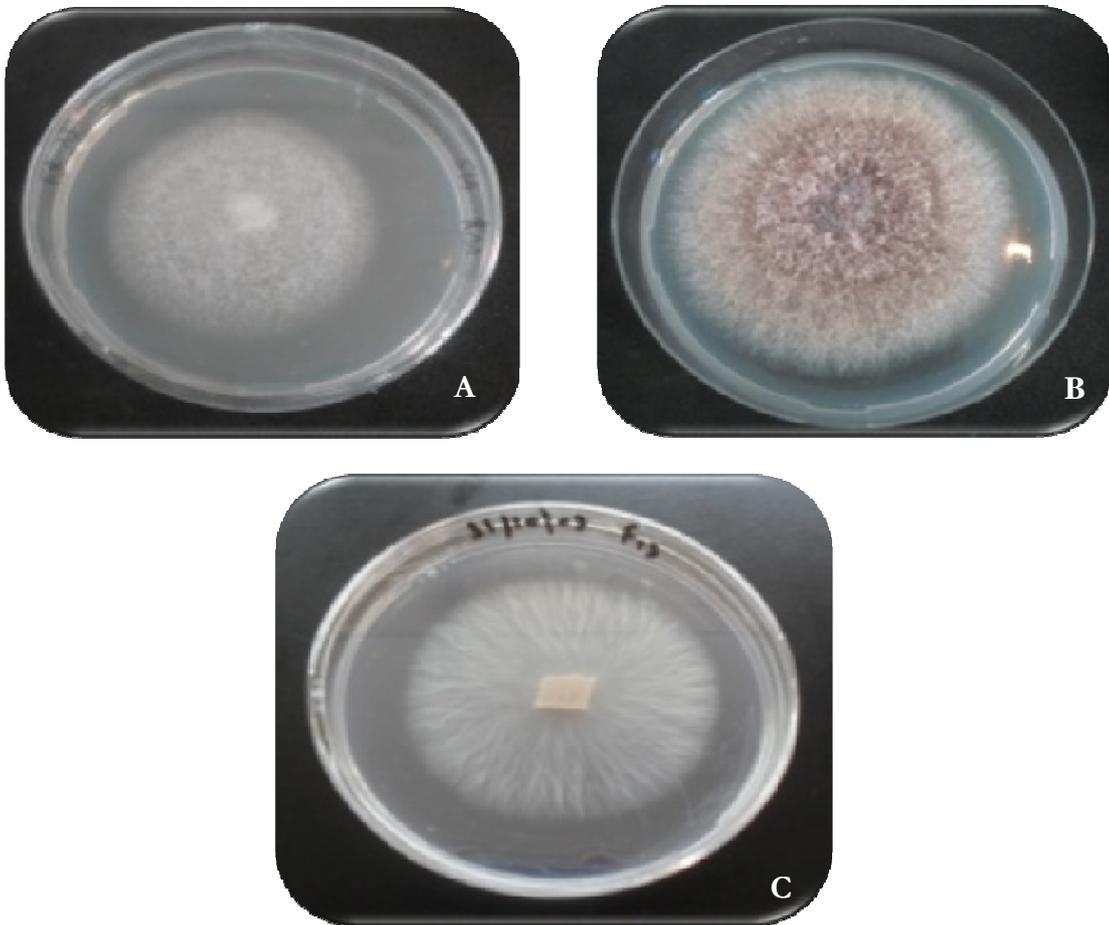
**Figure n° 12** : Observation microscopique du *Fusarium oxysporum*

**M** : Macroconidie. **m** : microconidie. **my** : mycélium cloisonné. **C** : Chlamydozoospore.

## I.2. Caractérisation macroscopique

Après la purification des isolats par culture monospore, plusieurs grands types morphologiques ont été observés parmi les descendants. L'aspect du mycélium aérien permet de les identifier comme suit:

- type cotonneux: Mycélium aérien épais, dense et très serré, âgé de 7 jours.
- type duveteux : Mycélium aérien peu épais et relativement peu dense, âgé de 7 jours.
- type ras muqueux : Pas de mycélium aérien, thalle ras et aspect muqueux, âgé de 7 jours.



**Figure n° 13** : Variabilité morphologique observée chez nos isolats.

**A** : Cotonneux ; **B** : Duveteux ; **C** : Ras muqueux.

## **II. LA LUTTE BIOLOGIQUE**

### **II.1. Méthode de la confrontation directe *in vitro***

Les résultats de la méthode de la confrontation directe des quatre souches lactiques vis-à-vis les douze isolats de *F.o.a* sur le milieu PDA et MRS Agar sont représentés ci-dessous :

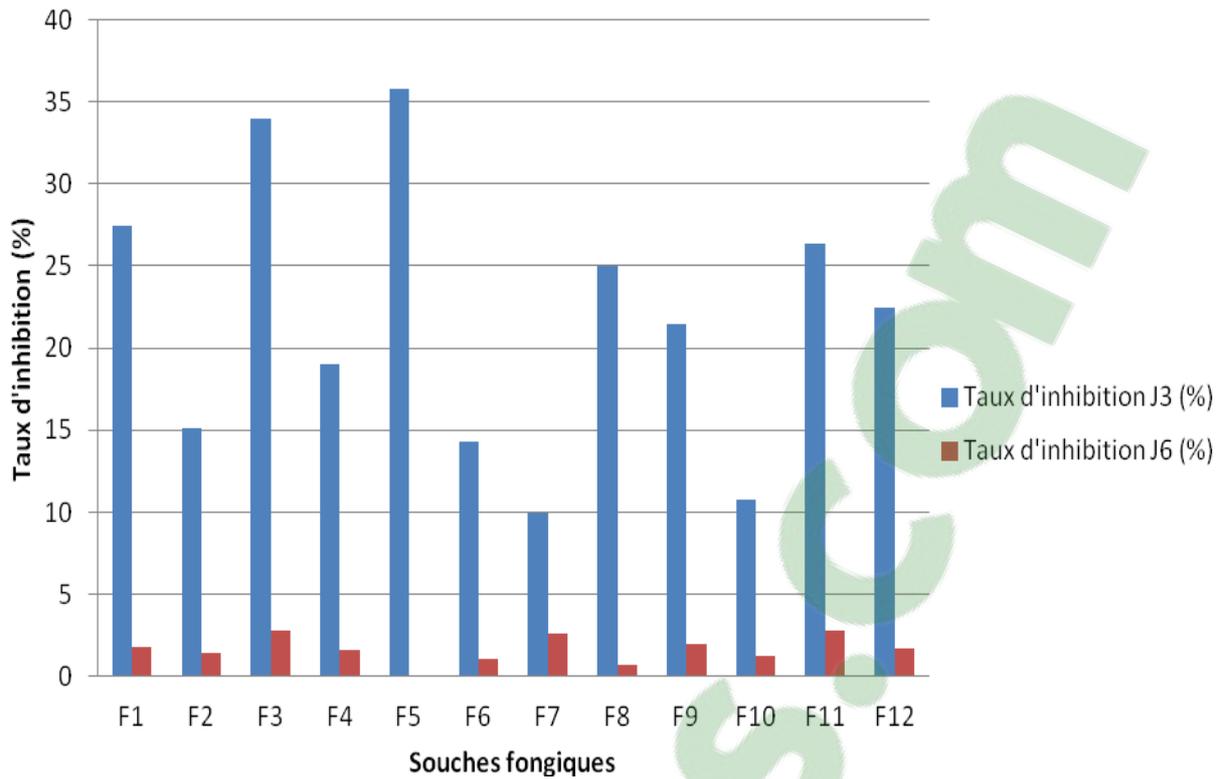
#### **II.1.1. La confrontation directe avec la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis***

##### **a). Sur milieu PDA**

La confrontation directe de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, isolée à partir du lait de chamelle, avec le champignon sur milieu PDA a donné un taux d'inhibition du champignon qui varie entre 10 % vis-à-vis la souche fongique F7 et 35,82 % pour la souche F5, et cela au 3<sup>ème</sup> jour.

On remarque aussi que le taux d'inhibition est plus élevé pendant le 3<sup>ème</sup> jour d'incubation par rapport au 6<sup>ème</sup> jour, vu qu'il n'en dépasse pas 3%.

Les résultats obtenus, montrent que les croissances radiales des souches fongiques tests sont très inférieures à celles des témoins, et ils sont illustrés sur les Figures n° 14 et 15, ainsi qu'au Tableau n° 07 (Annexe n° 3).



**Figure n° 14 :** Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* sur le milieu PDA.

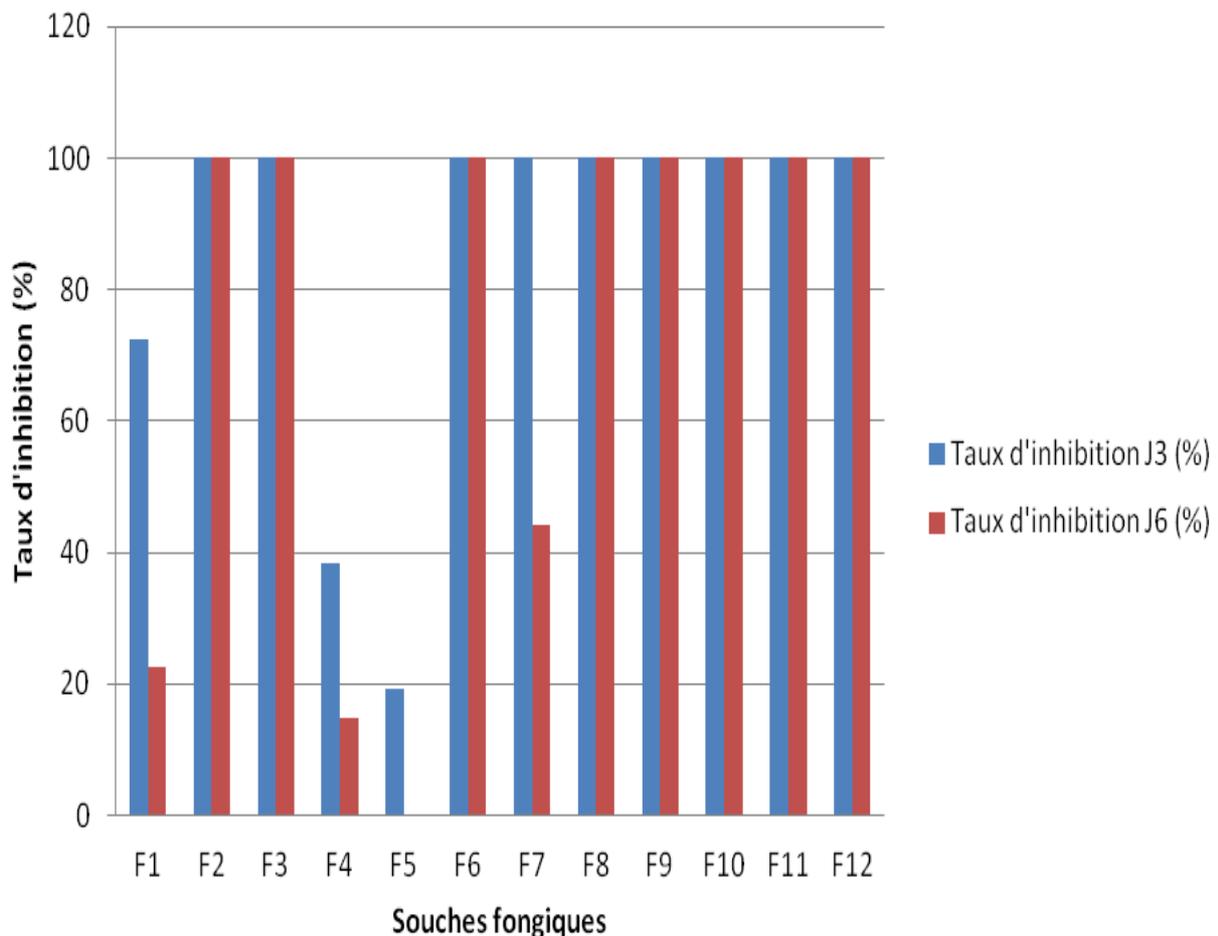


**Figure n° 15 :** Confrontation directe entre le champignon et la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* sur le milieu PDA après trois jours d'incubation.

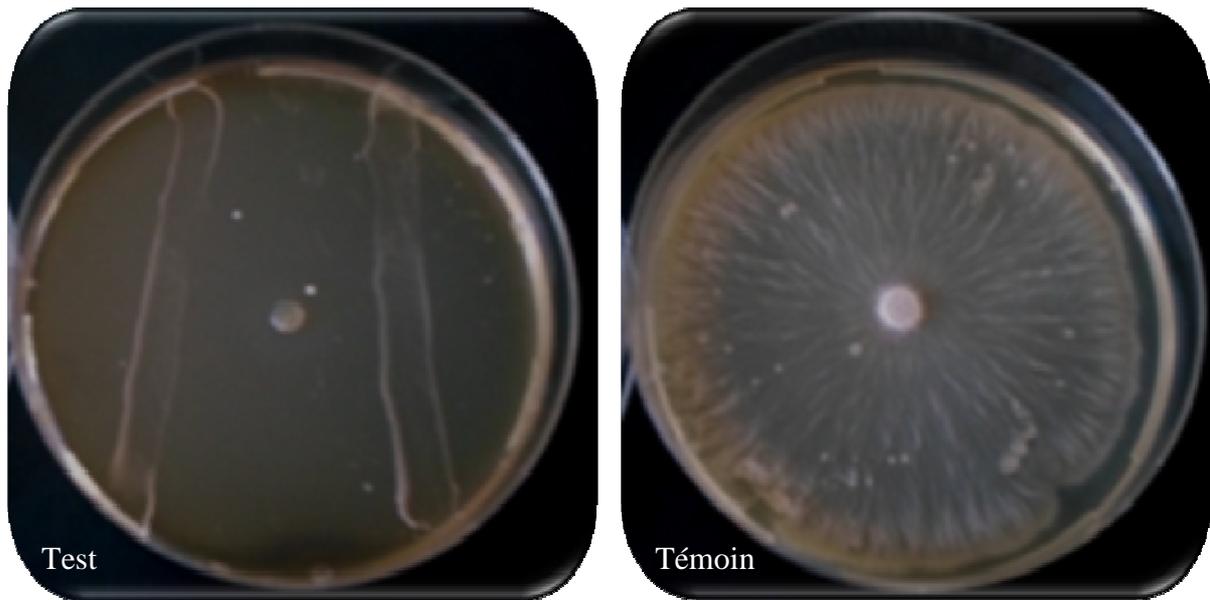
**b). Sur le milieu MRS Agar**

La confrontation directe de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* avec le champignon sur le milieu MRS Agar a donné un taux d'inhibition du champignon qui varie entre 19,29 % avec la souche F5 et 100 % d'inhibition pour les souches : F2, F3, F6, F7, F8, F9, F10, F11 et F12 au 3<sup>ème</sup> et au 6<sup>ème</sup> jour, sauf pour la souche F7 pour laquelle on a remarqué une diminution du taux d'inhibition à 44.28 %.

La Figure n° 17 montre qu'il n'y a pas une croissance fongique sur le milieu MRS Agar en présence de la souche lactique. Et cela, revient à ce que la souche lactique produit des substances inhibitrices sur son milieu spécifique.



**Figure n° 16 :** Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* sur le milieu MRS Agar.



**Figure n° 17** : Confrontation directe entre le champignon et la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* sur le milieu MRS Agar après six jours d'incubation.

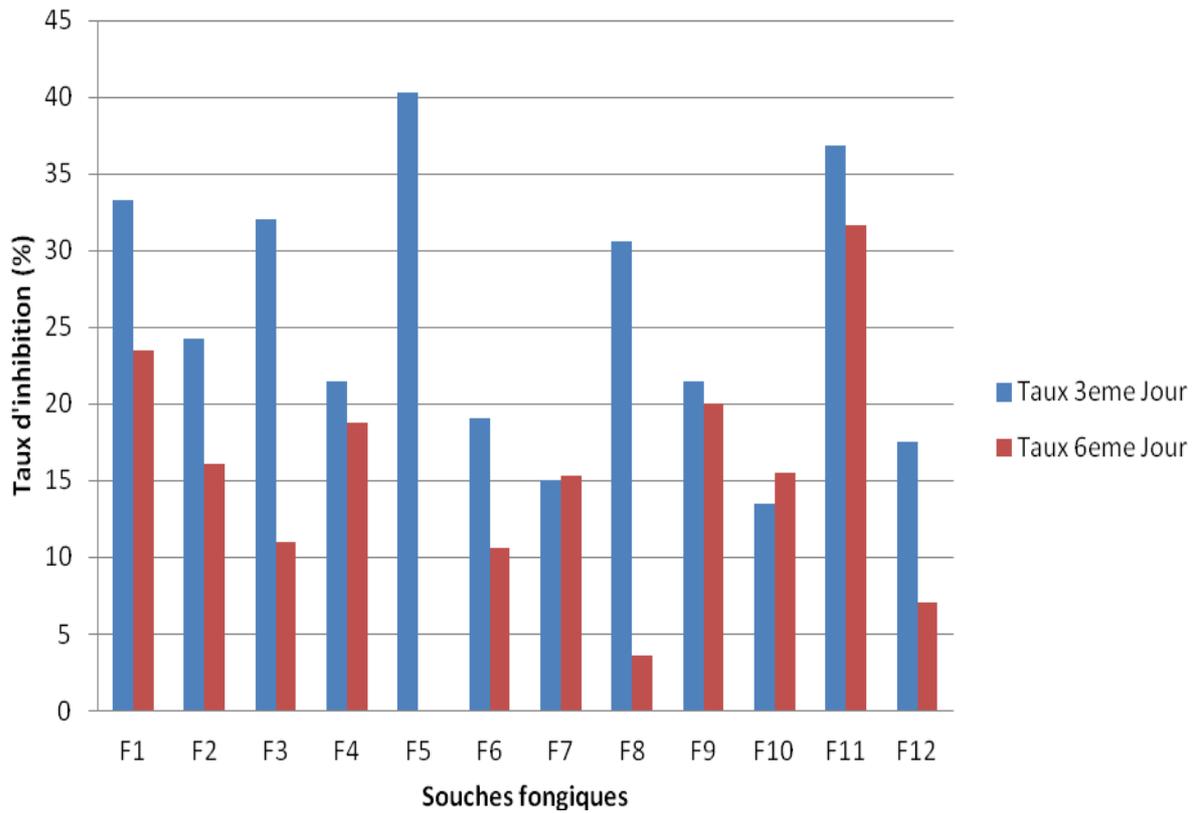
### **II.1.2. La confrontation directe avec la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis***

#### **a). Sur le milieu PDA**

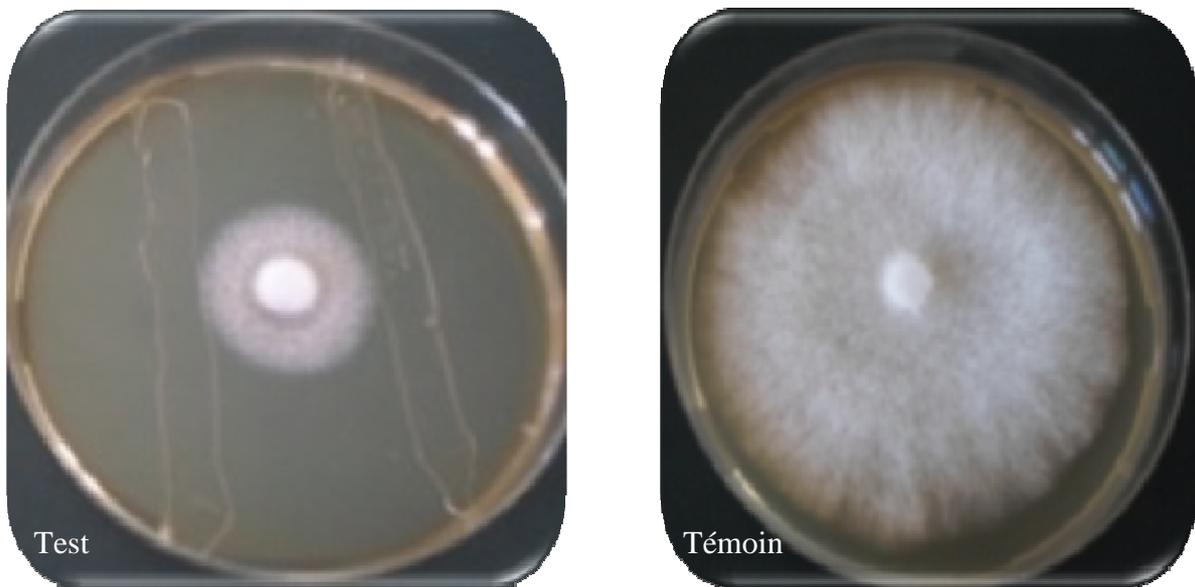
La confrontation directe *in vitro* de la souche (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*), isolée à partir du lait de chamelle, avec le champignon sur milieu PDA a donné un taux d'inhibition du champignon qui varie entre 13.51% vis-à-vis la souche fongique F10 et 40.29 % avec la souche F5 au 3<sup>ème</sup> jour, qui s'est annulé au 6<sup>ème</sup> jour pour la même souche.

On remarque aussi que le taux d'inhibition est plus élevé pendant le 3<sup>ème</sup> jour d'incubation par rapport au 6<sup>ème</sup> jour.

Les résultats obtenus, montrent que les croissances radiales des souches fongiques tests sont très inférieures à celles des témoins, ce qui veut dire qu'il y a eu une inhibition. Les Figures n° 18 et 19 ci-dessous représentent les résultats obtenus. Le Tableau n° 09 représente les distances radiales mesurées (Annexe n° 3).



**Figure n° 18 :** Représentation graphique des taux d’inhibitions du champignon par la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* sur le milieu PDA.



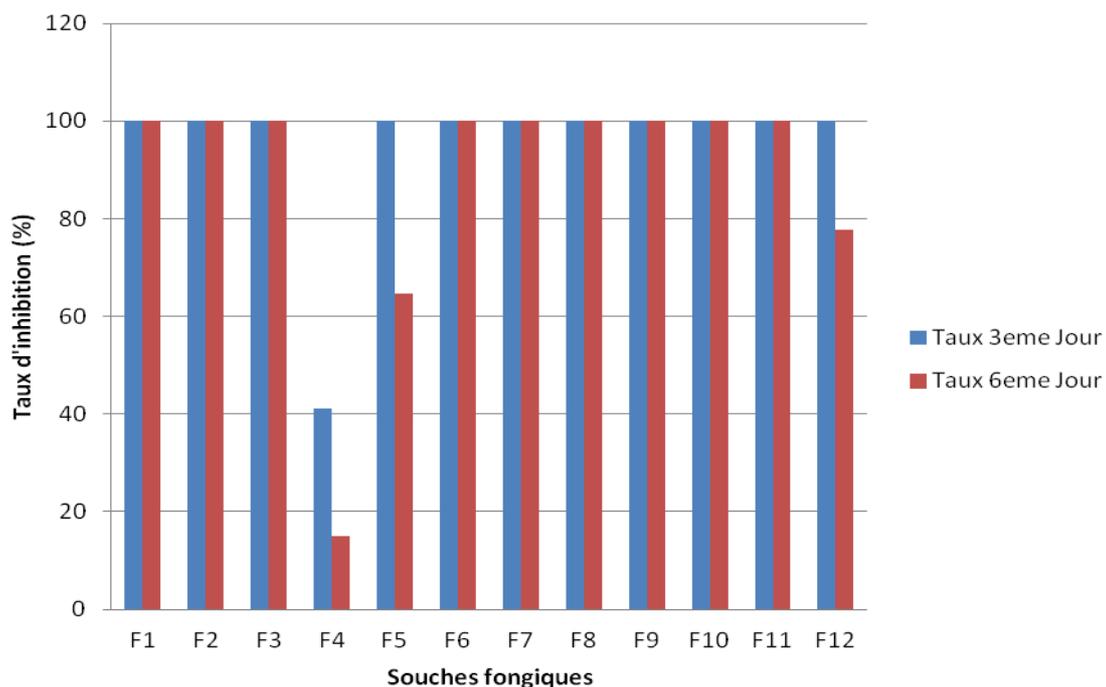
**Figure n° 19 :** Confrontation directe entre le champignon et la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* sur le milieu PDA après six jours d’incubation.

**b). Sur le milieu MRS Agar**

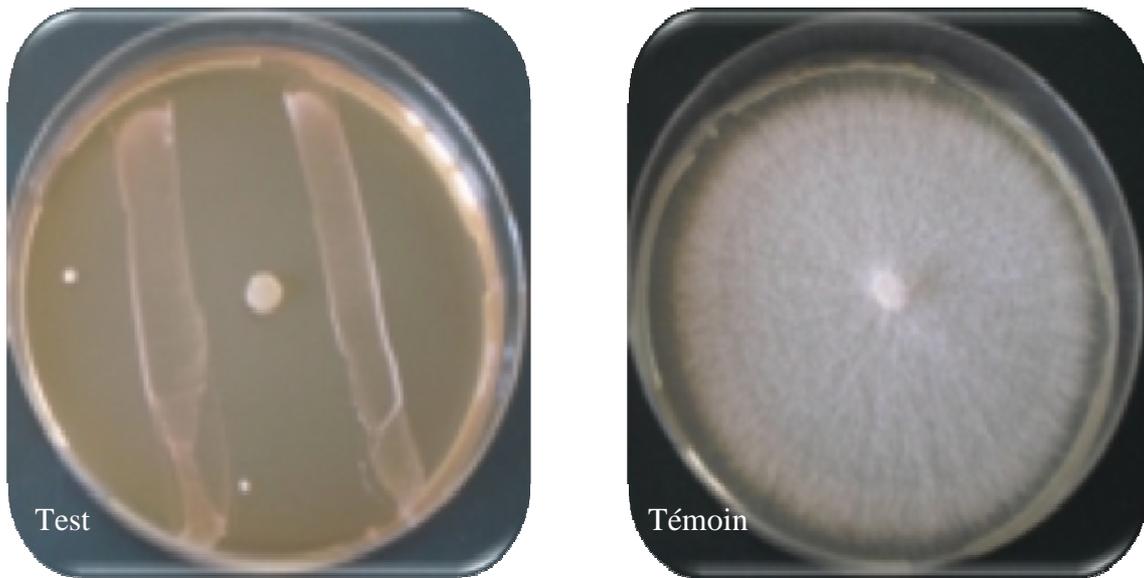
La confrontation directe de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* avec le champignon sur le milieu MRS Agar a donné un taux d'inhibition du champignon qui varie entre 41.17 % avec la souche F4 et 100 % d'inhibition pour toutes les autres souches fongiques 3<sup>ème</sup> et entre 14.92 % pour la souche F4 et 100 % pour les souches : F1, F2, F3, F6, F7, F8, F9, F10 et F11 au 6<sup>ème</sup> jour, comme on a remarqué une diminution du taux d'inhibition à ce jour là pour les souches : F4, F5 et F12. Les résultats sont illustrés sur la Figure n° 20 et 21 ci-dessous, ainsi qu'au Tableau n° 10 en Annexe n° 3.

A la vu de ces résultats, on peut dire que la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* a un effet inhibiteur sur la totalité des souches fongiques au 3<sup>ème</sup> jour d'incubation, vu que le taux d'inhibition a dépassé les 20 %, mais avec une diminution de ce taux au 6<sup>ème</sup> jour pour les souches : F4, F5 et F12.

On remarque aussi que la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* a un effet inhibiteur maximum, lorsqu'elle est sur son milieu spécifique (MRS).



**Figure n° 20 :** Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* sur le milieu MRS Agar



**Figure n° 21** : Confrontation directe entre le champignon et la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* sur le milieu MRS Agar après six jours d'incubation.

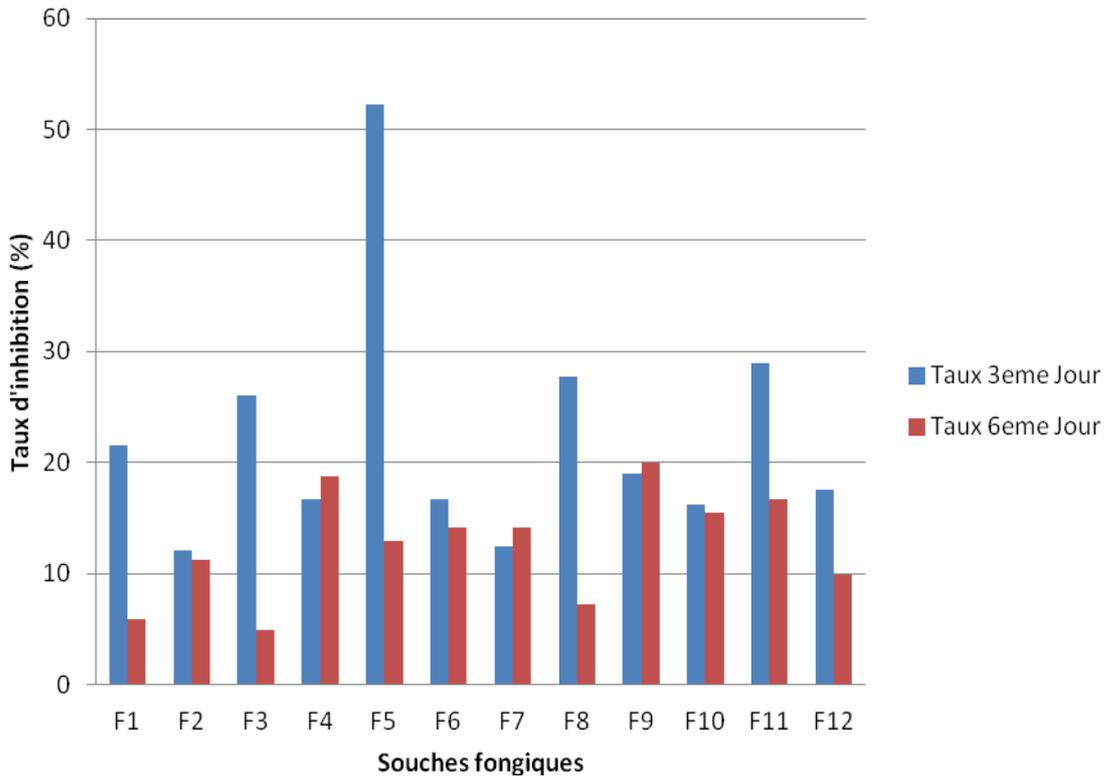
### **II.1.3. La confrontation directe avec *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides***

#### **a). Sur le milieu PDA**

La confrontation directe *in vitro* de la souche lactique industrielle *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, isolée à partir du Roquefort, avec le champignon sur le milieu PDA a donné un taux d'inhibition qui varie entre 12.12 % pour la souche F2 et 28.94 % pour la souche F11 au 3<sup>ème</sup> jour, et entre 4.87 % avec la souche F3 et 16.66 % avec la souche F11 au 6<sup>ème</sup> jour. Ces résultats sont illustrés sur la Figure n° 22 et 23. Le Tableau n° 11 en Annexe n° 3 représente les résultats de la mesure des distances radiales.

On remarque aussi que le taux d'inhibition est plus élevé pendant le 3<sup>ème</sup> jour d'incubation par rapport au 6<sup>ème</sup> jour.

Les résultats obtenus, montrent que les croissances radiales des souches fongiques tests sont très inférieures à celles des témoins, ce qui veut dire qu'il y a eu une inhibition.



**Figure n° 22 :** Représentation graphique des taux d’inhibitions du champignon par la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* sur le milieu PDA.

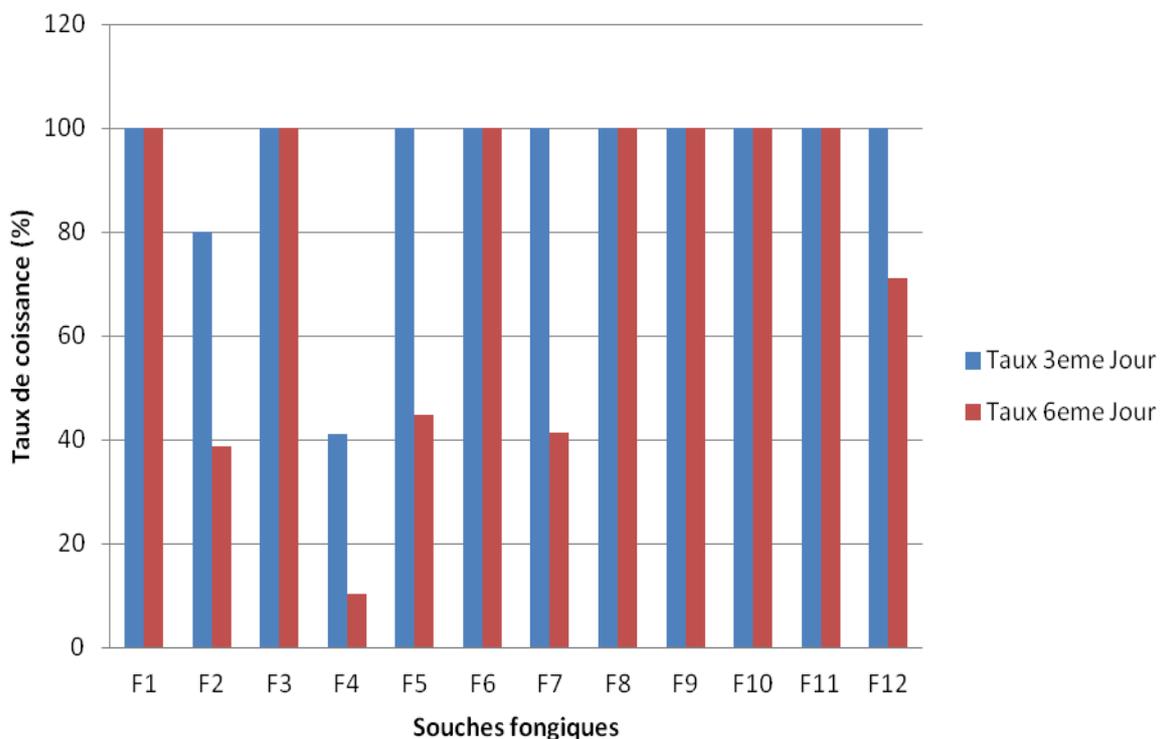


**Figure n° 23 :** Confrontation directe entre le champignon et la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* sur le milieu PDA après 6 jours d’incubation.

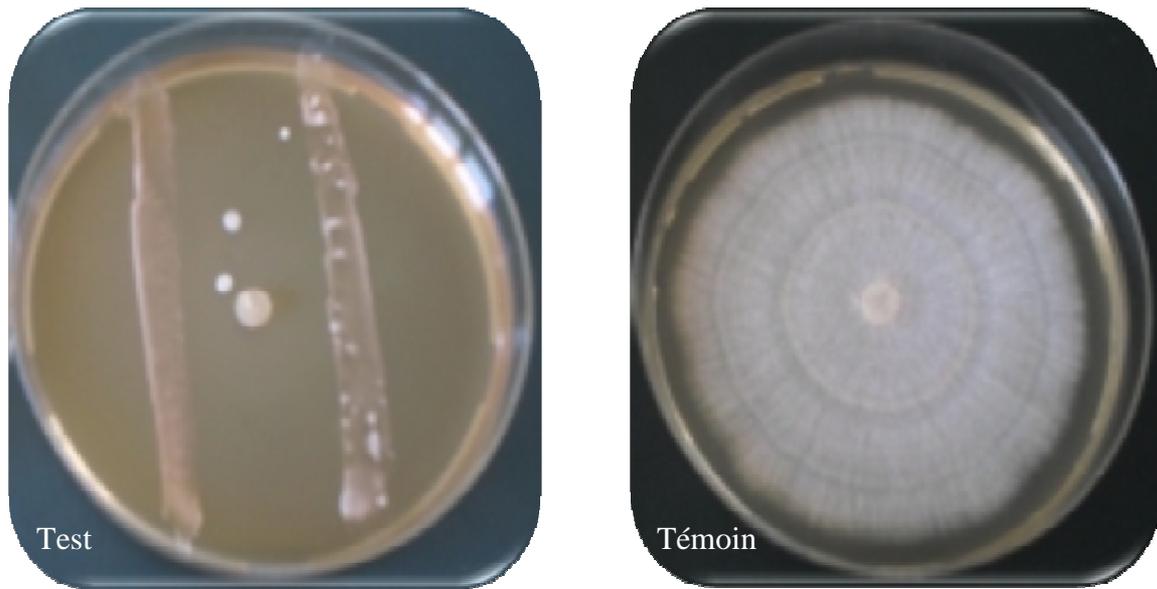
**b). Sur le milieu MRS Agar**

La confrontation directe de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* avec le champignon sur le milieu MRS Agar a donné un taux d'inhibition qui varie entre 41.17 % avec la souche F4 et 100 % d'inhibition pour toutes les autres souches fongiques, sauf pour les souches F2 et F4 qui présentent respectivement un taux d'inhibition de 80 et 10.44%. Pour les souches : F1, F3, F6, F8, F9, F10 et F11 le taux d'inhibition reste égale à 100% jusqu'au au 6<sup>eme</sup> jour, Par contre ce taux diminue au bout du sixième jour pour le reste des souches testées : F2, F4, F5, F7 et F12. Les résultats sont illustrés sur la Figure n° 24 et 25. Le Tableau n° 12 en Annexe n° 3 représente les résultats de la mesure des distances radiales.

A la vu de ces résultats, on peut dire que la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* a un effet inhibiteur sur la totalité des souches fongiques au 3<sup>eme</sup> jour d'incubation. On remarque aussi que la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* a un effet inhibiteur maximum, lorsqu'elle est sur son milieu spécifique (MRS).



**Figure n° 24 :** Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* sur le milieu MRS Agar



**Figure n° 25** : Confrontation directe entre le champignon et la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* sur le milieu MRS Agar après six jours d'incubation.

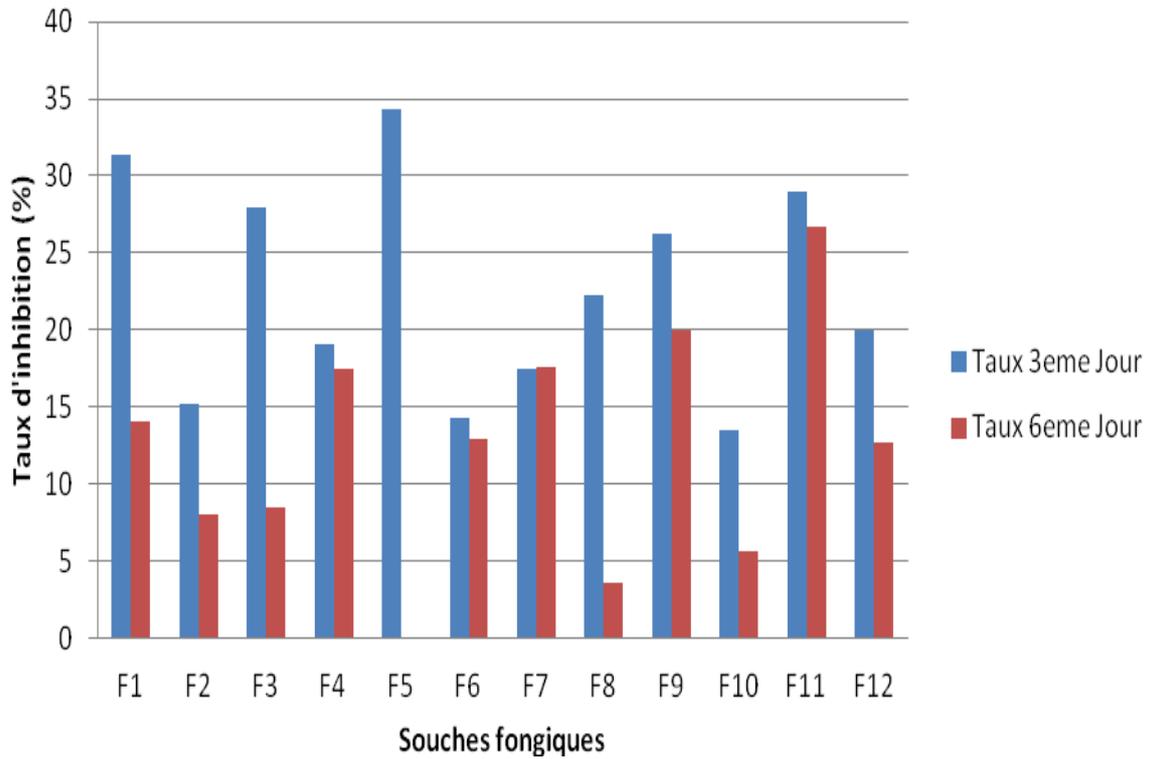
#### II.1.4. La confrontation directe avec la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*

##### a). Sur le milieu PDA

La confrontation directe *in vitro* de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*, isolée à partir du lait de chamelle, avec le champignon sur milieu PDA a donné un taux d'inhibition du champignon qui varie entre 13.51 % vis-à-vis la souche fongique F10 et 34.32 % avec la souche F5 au 3<sup>ème</sup> jour, et entre 0 % avec la souche F5 et avec la souche F11 au 6<sup>ème</sup> jour. Ces résultats sont illustrés sur la Figure n° 26 et 27.

On remarque aussi que le taux d'inhibition est plus élevé pendant le 3<sup>ème</sup> jour d'incubation par rapport au 6<sup>ème</sup> jour, là où il a eu une inhibition seulement de la souche F11.

Les résultats obtenus, illustrés dans le Tableau n° 13 (Annexe n° 3), montrent que les croissances radiales des souches fongiques tests sont inférieures à celles des témoins, ce qui veut dire qu'il y a eu une inhibition au 3<sup>ème</sup> jour, mais au 6<sup>ème</sup> jour le champignon a poussé sur les stries de la bactérie.



**Figure n° 26** : Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* sur le milieu PDA.



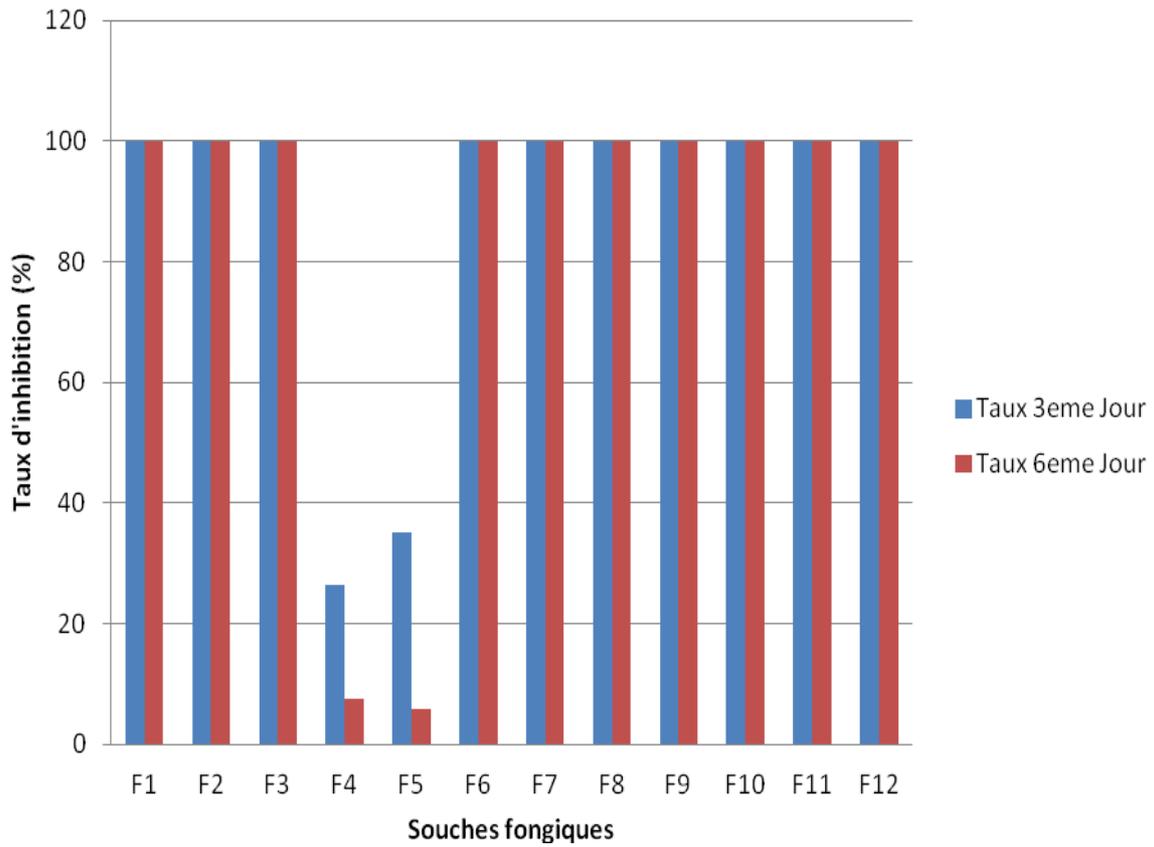
**Figure n° 27** : Confrontation directe entre le champignon et la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* sur le milieu PDA après six jours d'incubation.

**b). Sur le milieu MRS Agar**

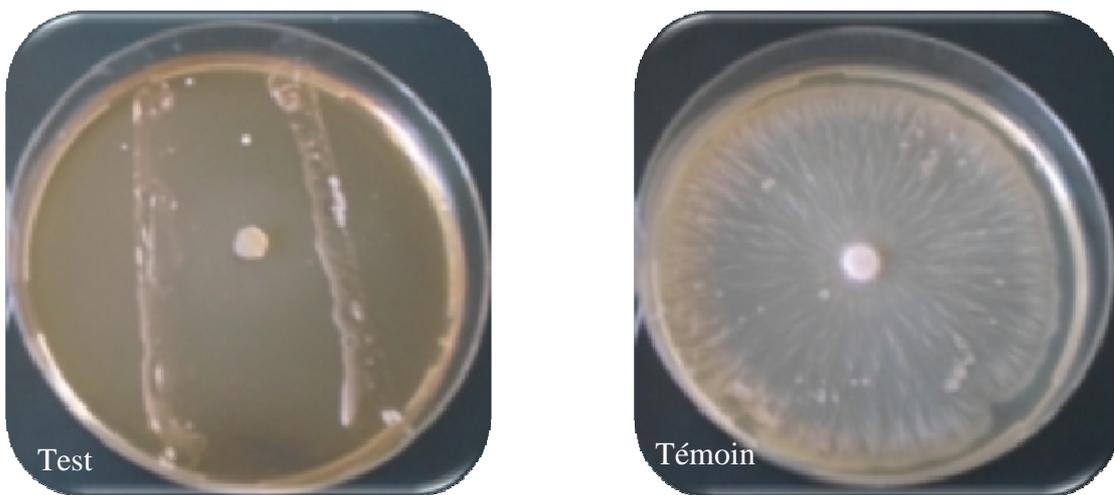
La confrontation directe de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* avec le champignon sur le milieu MRS Agar a donné un taux d'inhibition du champignon qui varie entre 26.47 % avec la souche F4 et 100 % d'inhibition pour toutes les autres souches fongiques, sauf pour la souche F5 qui est représenté par 35.08 % d'inhibition au 3<sup>ème</sup> et entre 5.88 % pour la souche F5 et 100 % pour toutes les souches, sauf F4 qui est représenté par 7.46 % d'inhibition au 6<sup>ème</sup> jour. Les résultats sont illustrés sur la Figure n° 28 et le Tableau n° 14 (Annexe n° 3).

A la vu de ces résultats, on peut dire que la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* a un effet inhibiteur sur la totalité des souches fongiques au 3<sup>ème</sup> et au 6<sup>ème</sup> jour d'incubation, sauf pour les souches F4 et F5 vu que le taux d'inhibition est de 100 %. On remarque aussi que la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* a un effet inhibiteur maximum, lorsqu'elle est sur son milieu spécifique (MRS).

La Figure n° 29 montre qu'il n'y a pas une croissance fongique sur le milieu MRS Agar en présence de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* même au 6<sup>ème</sup> jour d'incubation pour la majorité des souches fongiques. Par contre, il y a eu une croissance des souches fongiques témoins en absence de la souche lactique *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* sur le même milieu. Et cela, revient à ce que la souche lactique produit des substances inhibitrices sur son milieu spécifique (MRS).



**Figure n° 28** : Représentation graphique des taux d’inhibitions du champignon par la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* sur le milieu MRS Agar



**Figure n° 29** : Confrontation directe entre le champignon et la souche lactique *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* sur le milieu MRS Agar après six jours d’incubation.

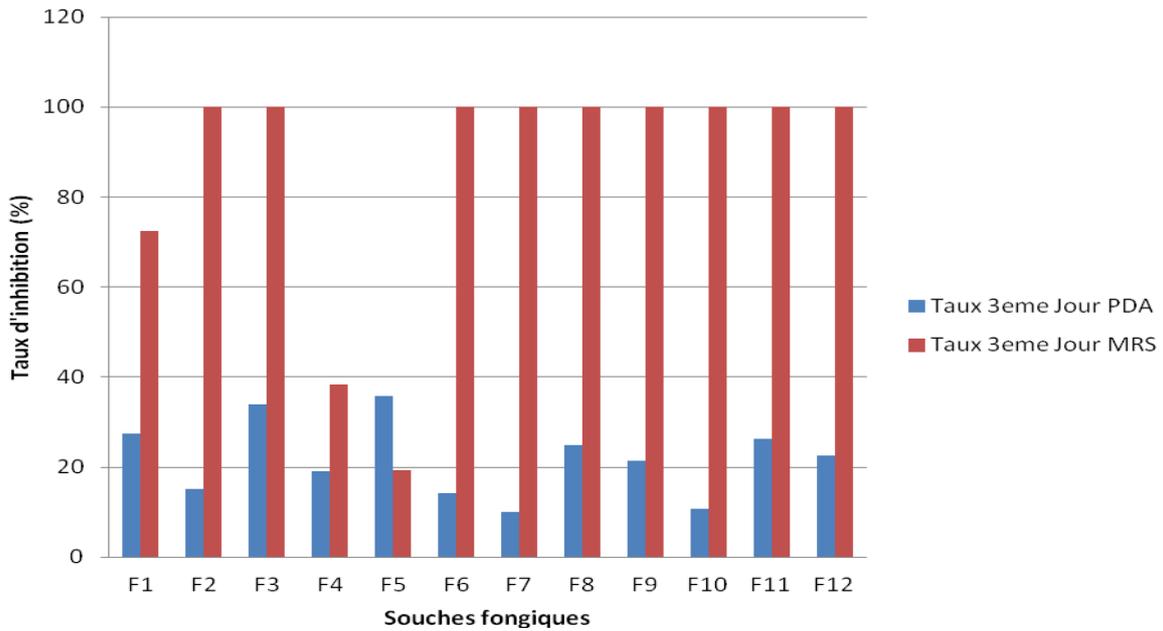
### **II.1.5. Influence du milieu de culture sur le taux d'inhibition**

Selon les résultats précédents, on a remarqué que le taux d'inhibition des quatre souches lactiques est plus important sur le milieu MRS Agar que sur le milieu PDA, vu que c'est le milieu spécifique de ces bactéries lactiques.

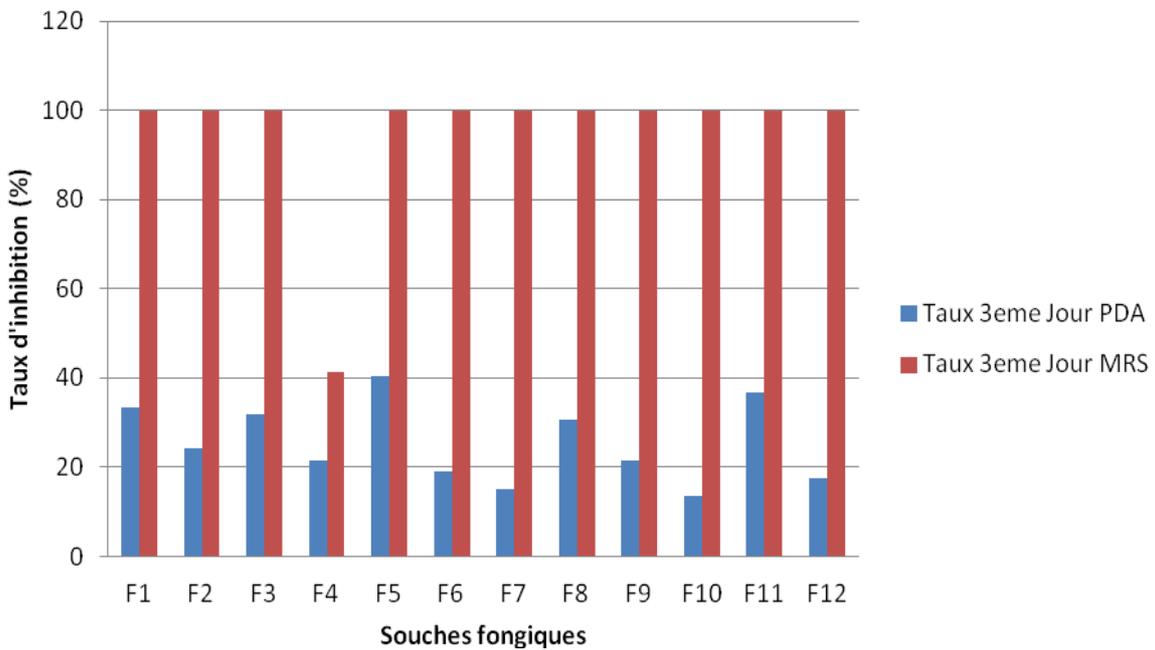
Les résultats illustrés sur les Figures n° 30, 31, 32 et 33 ci-dessous, présentent une comparaison entre les taux d'inhibition des quatre souches lactiques au 3<sup>ème</sup> sur les deux milieux de culture utilisés pour la confrontation (PDA et MRS Agar), pour voir leur influence sur l'inhibition de l'agent pathogène *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Cette comparaison est réalisée pour choisir le milieu le plus favorable à l'inhibition, et pour réaliser les tests qui viendront par la suite.

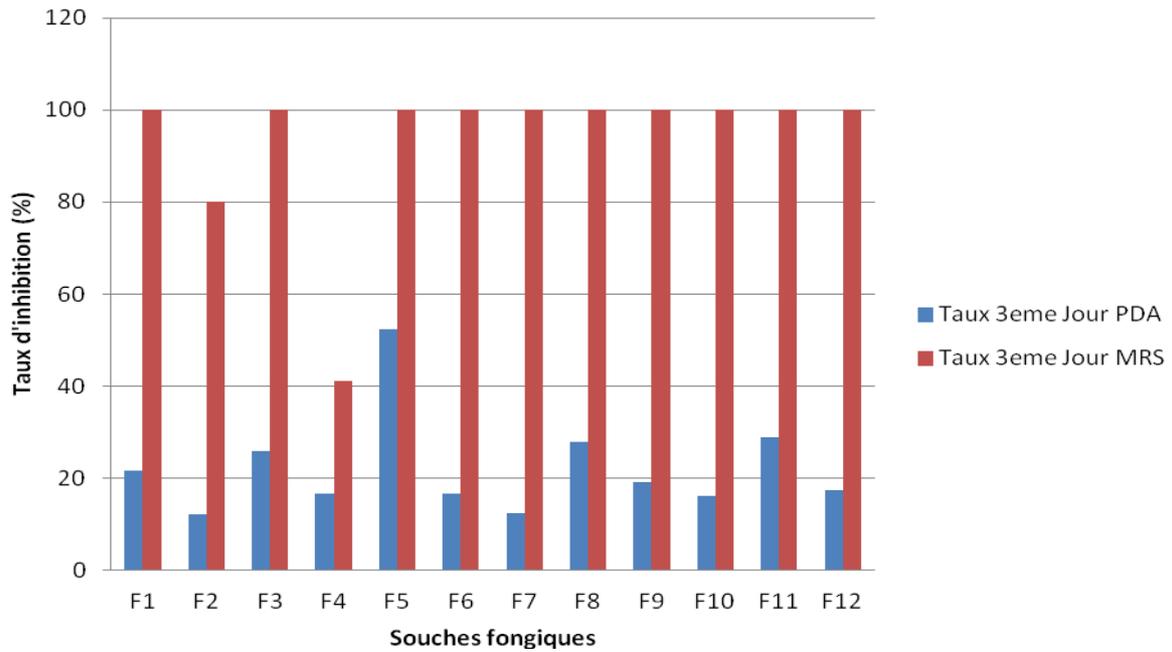
D'après les résultats obtenus, on remarque très bien que l'inhibition est maximale et atteint les 100 % sur le milieu MRS Agar pour toutes les souches lactiques vis-à-vis la majorité des souches fongiques. Par contre, elle ne dépasse pas les 52.23 % avec *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* (Figure n° 32), les 40 % avec *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* (Figure n° 31), les 35.82 % avec *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (Figure n° 30) et les 34.32 avec *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* (Figure n° 33).



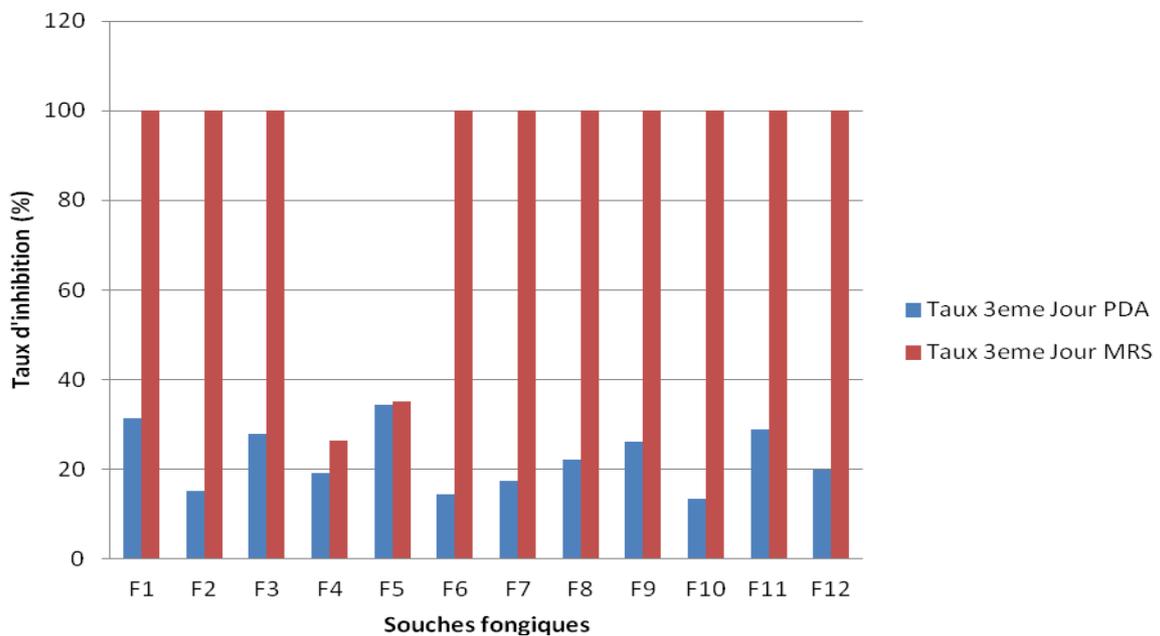
**Figure n° 30 :** Représentation graphique des taux d’inhibitions du champignon par la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* sur le milieu PDA et MRS Agar au 3<sup>ème</sup> jour d’incubation.



**Figure n° 31 :** Représentation graphique des taux d’inhibitions du champignon par la souche *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* sur le milieu PDA et MRS Agar au 3<sup>ème</sup> jour d’incubation.



**Figure n° 32** : Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* sur le milieu PDA et MRS Agar au 3<sup>eme</sup> jour d'incubation.



**Figure n° 33** : Représentation graphique des taux d'inhibitions du champignon par la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* sur le milieu PDA et MRS Agar au 3<sup>eme</sup> jour d'incubation.

## **II.2. Méthode de diffusion dans le milieu gélosé (méthode des puits)**

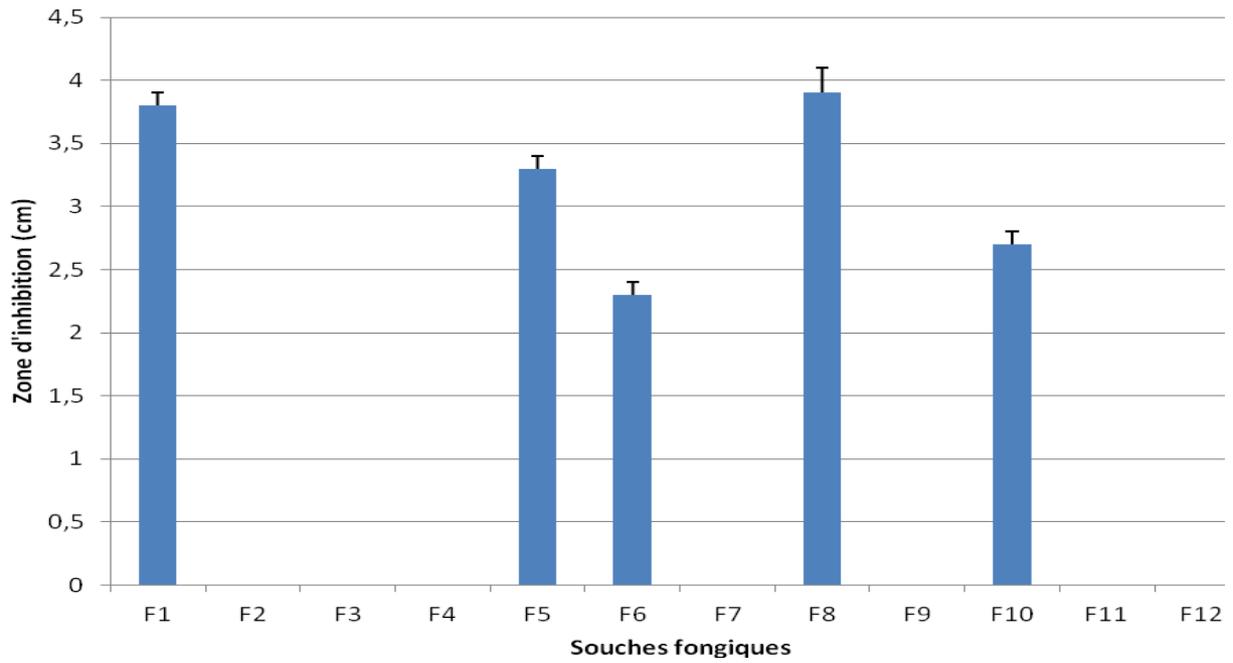
Cette technique des puits consiste à tester l'effet des substances antifongiques secrétées par les bactéries lactiques et leur pouvoir inhibiteur.

Les Figures n° 34, 35, 36 et 37, illustrées ci-dessous, représentent les zones d'inhibition induites par les quatre souches lactiques, avec prise en compte de la marge d'erreur (écartype).

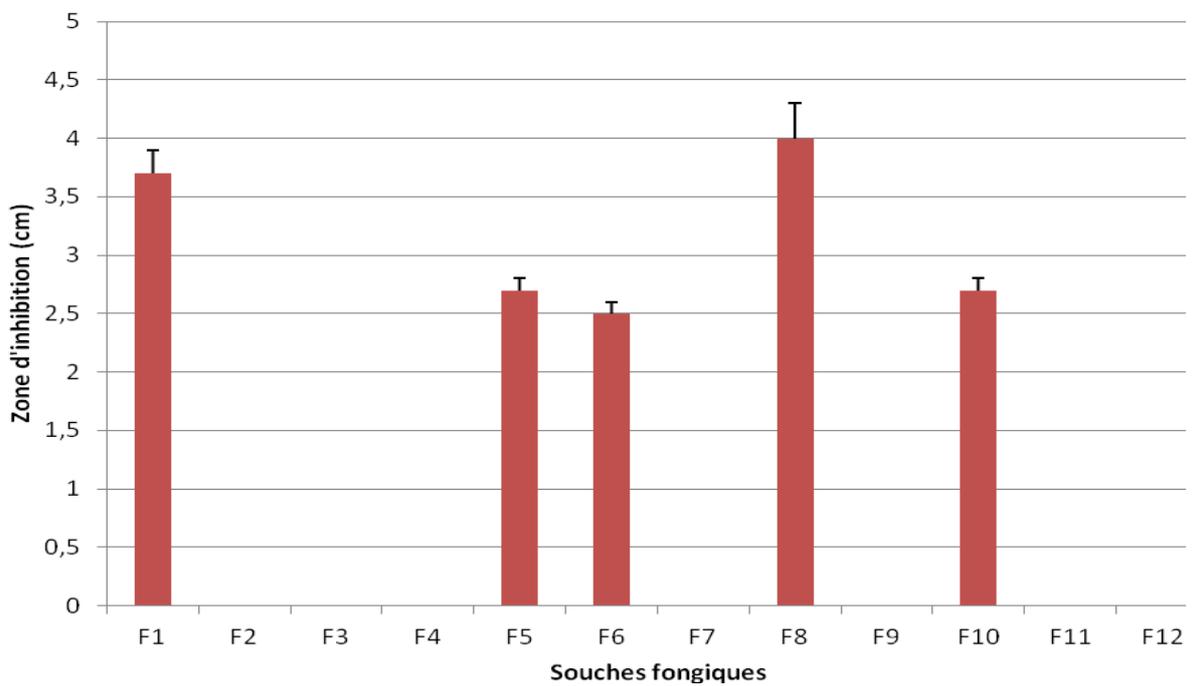
D'après les résultats illustrés sur les Figures n° 34, 35, 36 et 37, on remarque qu'il y a eu une inhibition de sporulation par les quatre souches lactiques (S1, S2, S3 et S4) seulement sur cinq souches fongiques (F1, F5, F6, F8 et F10), avec une valeur de zone d'inhibition qui varie entre 3.7 cm et 4 cm vis-à-vis la souche fongique F8, avec un écartype qui varie entre  $\pm 0.1$  cm et 0.3 cm.

Comme on a remarqué, l'absence de zones d'inhibition pour les souches fongiques (F2, F3, F4, F7, F9, F11 et F12).

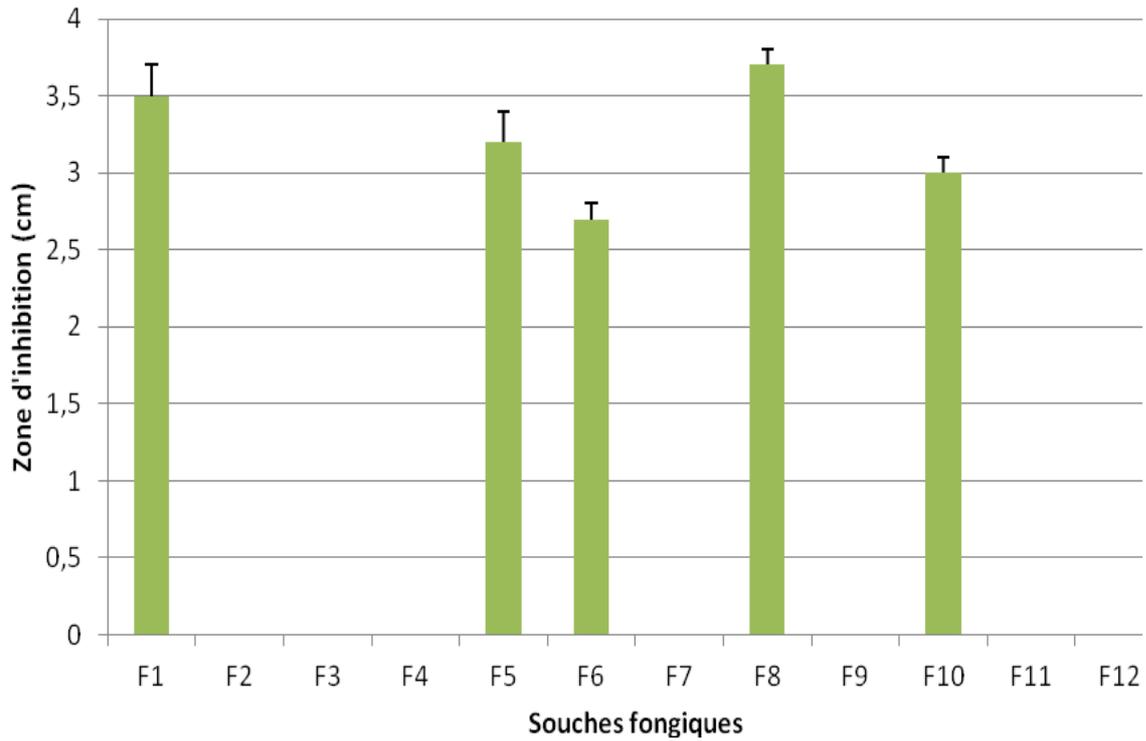
D'après la Figure n° 38, on remarque qu'il y a une inhibition de la croissance du champignon par les quatre souches lactiques. Par contre, on voit une croissance d'un mycélium fin autour des puits centraux qui contiennent de l'eau distillée et qui représente le « témoin ».



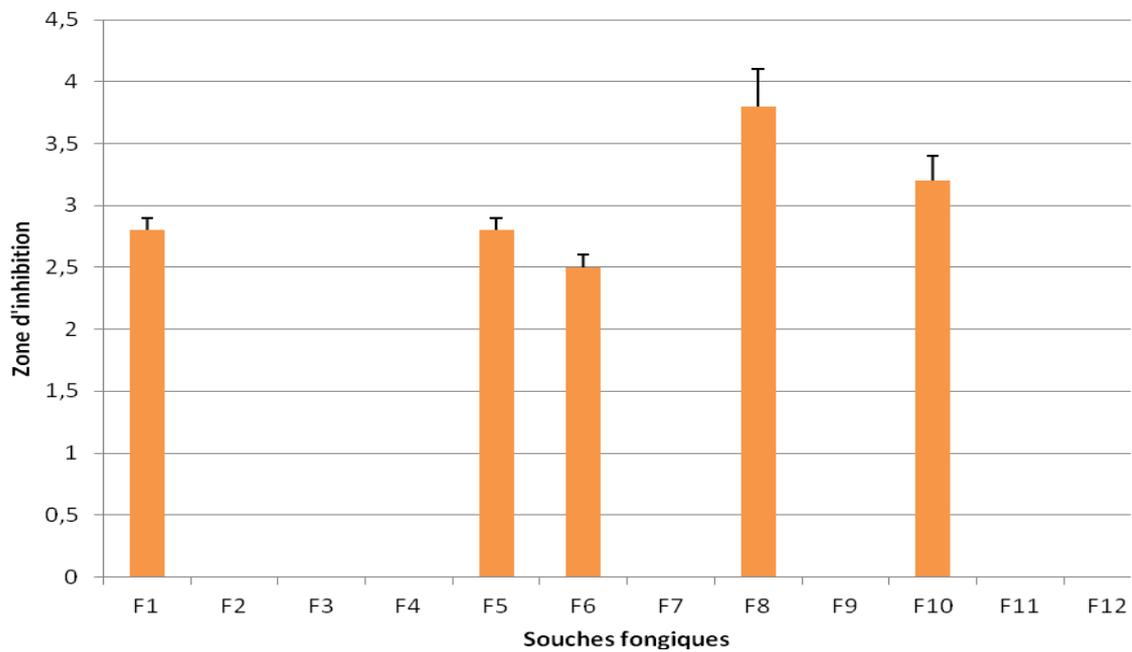
**Figure n° 34 :** Représentation graphique des zones d’inhibitions du champignon par la souche lactique *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* par la méthode des puits.



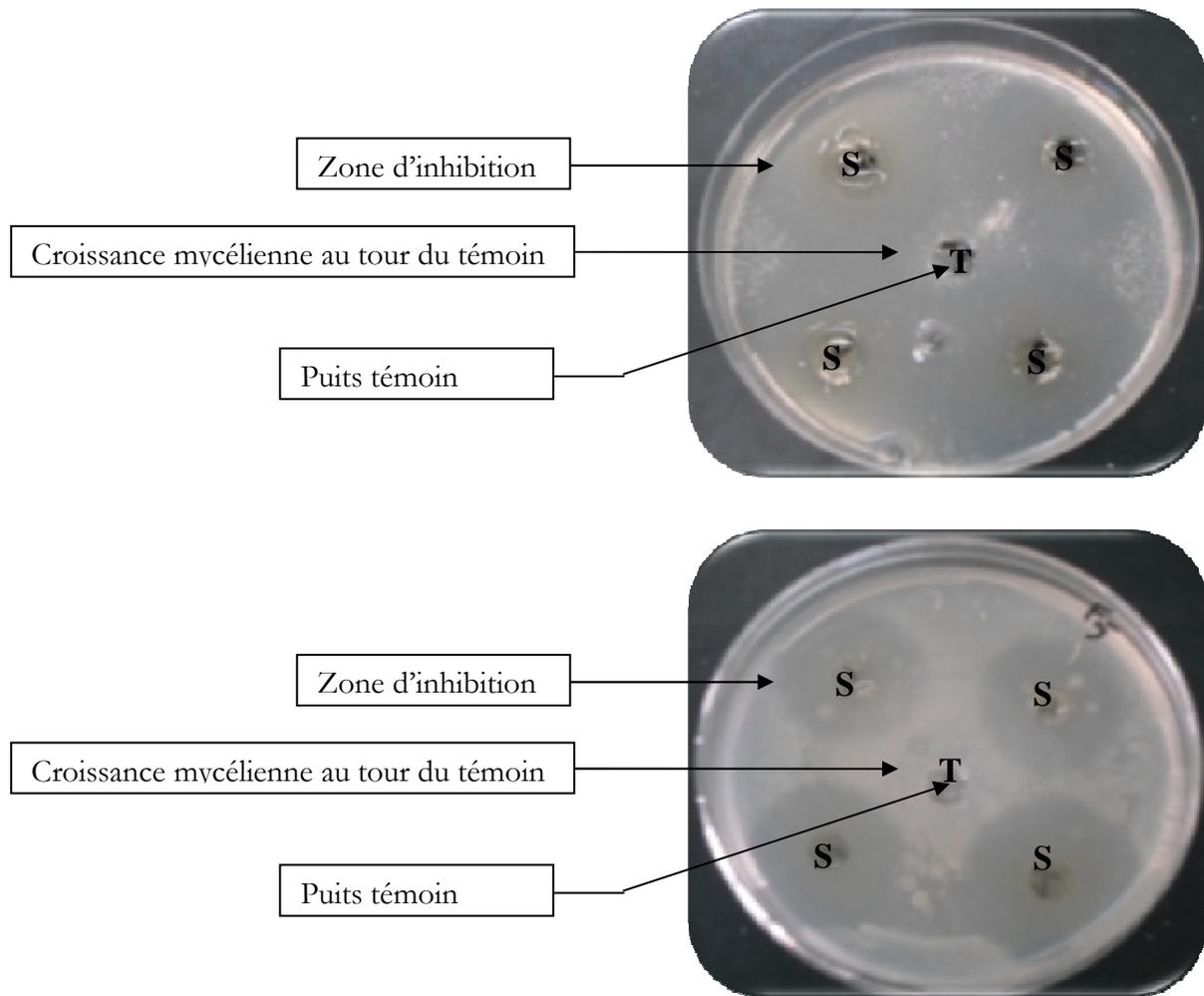
**Figure n° 35 :** Représentation graphique des zones d’inhibitions du champignon par la souche lactique *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* par la méthode des puits.



**Figure n° 36 :** Représentation graphique des zones d'inhibitions du champignon par la souche lactique *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* par la méthode des puits.



**Figure n° 37 :** Représentation graphique des zones d'inhibitions du champignon par la souche lactique *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* par la méthode des puits.



**Figure n° 38 :** Inhibition de la croissance du champignon après 48 heures par les quatre souches lactiques.

**S1:** *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*; **S2:** *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*; **S3:** *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*; **S4:** *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*; **T :** Témoin.

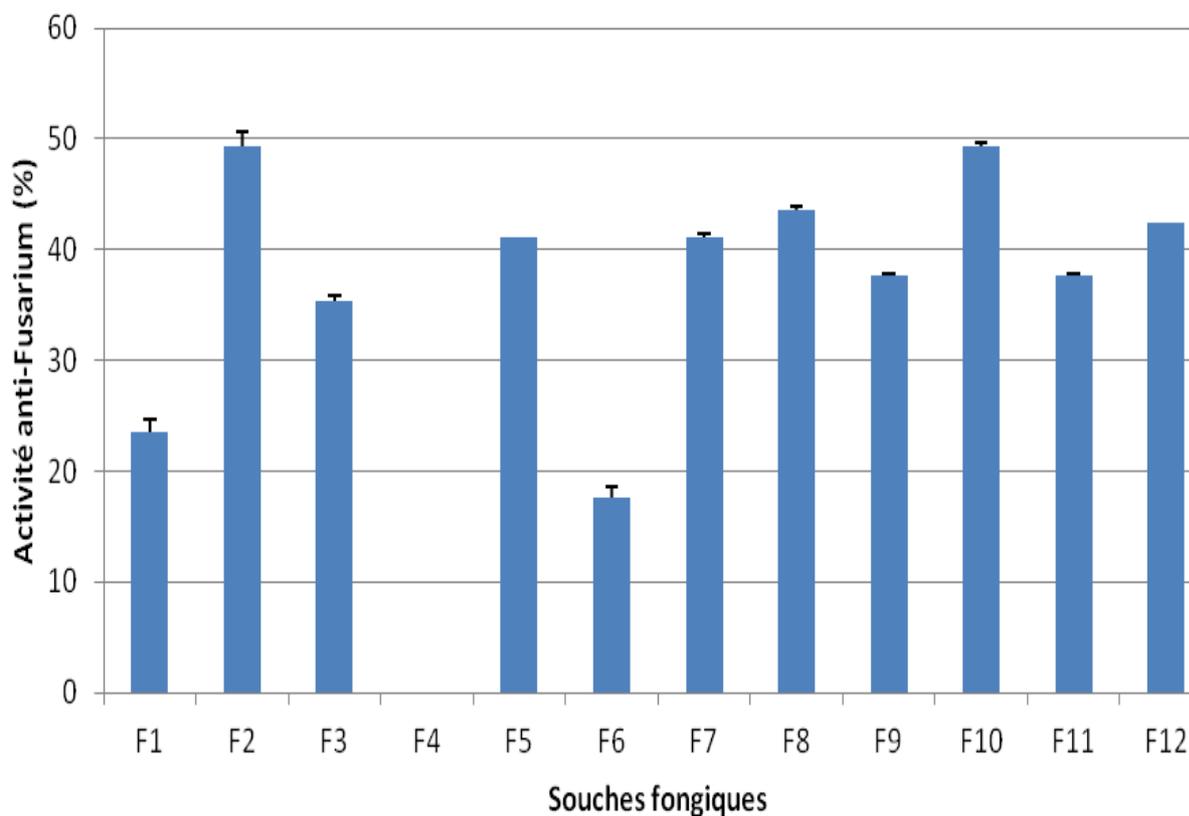
### II.3. Méthode de la double couche (La confrontation indirecte)

Cette méthode, appelée aussi « méthode de recouvrement » a été réalisée pour la recherche de l'activité anti-*Fusarium*. Les Figures n° 39, 40, 41 et 42, représentent le pourcentage de l'activité anti-*Fusarium*, avec prise en compte de la marge d'erreur (écartype), et on voit clairement qu'il y a une croissance seulement au tour des deux stries des bactéries lactiques, avec un pourcentage d'inhibition qui atteint 49.41 %.

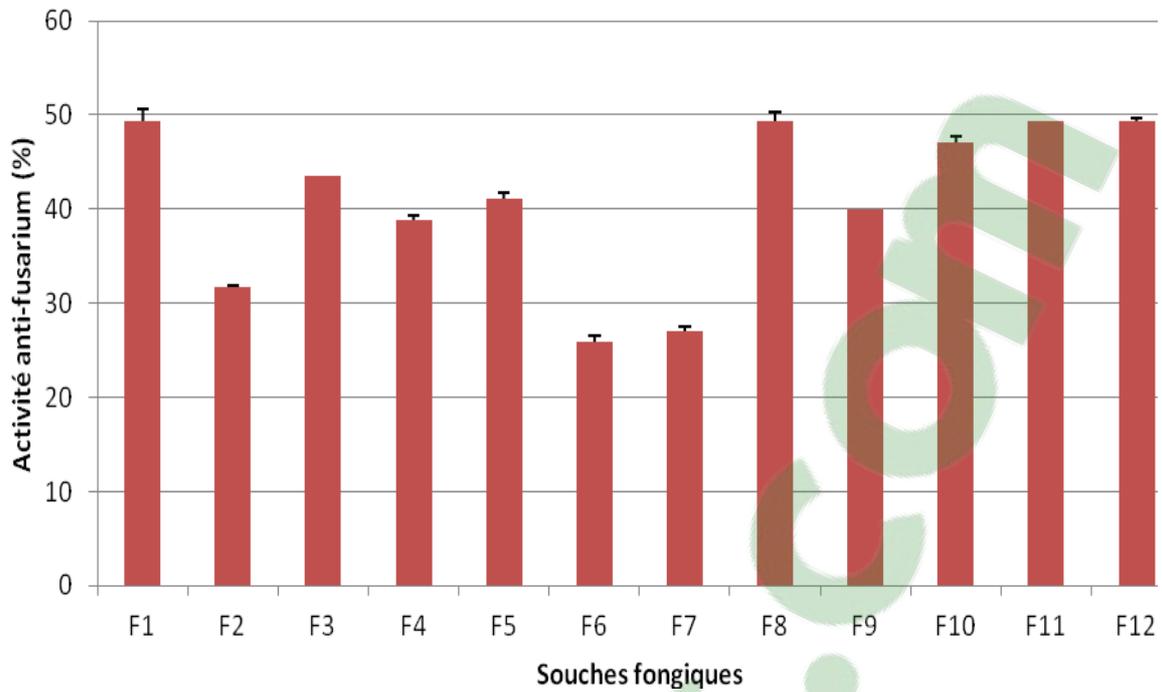
La méthode de la double couche a été réalisée pour confirmer que les souches lactiques utilisées ont une activité anti-*Fusarium*.

Les résultats présentés sur les Figures n° 43, démontrent que les bactéries lactiques utilisées sont capables de produire des composés bioactifs après 72 h et inhiber la croissance du champignon, sauf dans le cas de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* vis-à-vis F4 et *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* vis-à-vis F6, là où il n'y a pas eu une inhibition.

On a réalisé des observations microscopiques dans les zones de confrontation du champignon avec les bactéries lactiques, et comme le montre la Figure n° 44, on a observé qu'il y avait mycélium stérile (absence de sporulation), cela veut dire que les bactéries lactiques utilisées inhibent la sporulation.



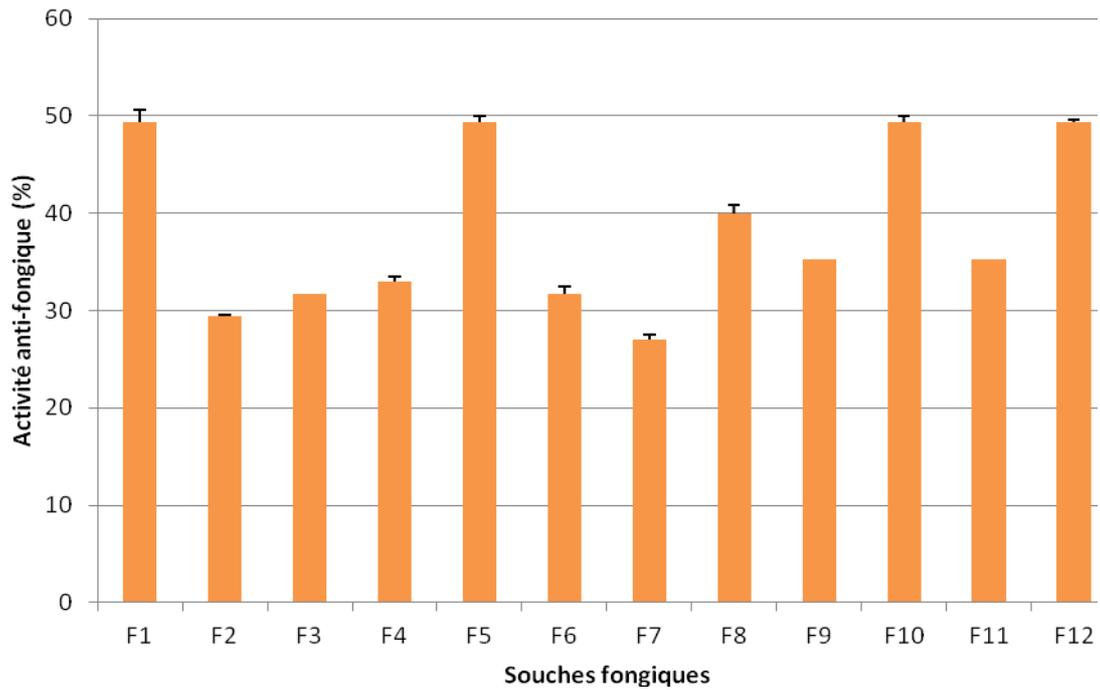
**Figure n° 39 :** Représentation graphique de l'activité anti-*Fusarium* de la souche lactique *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*



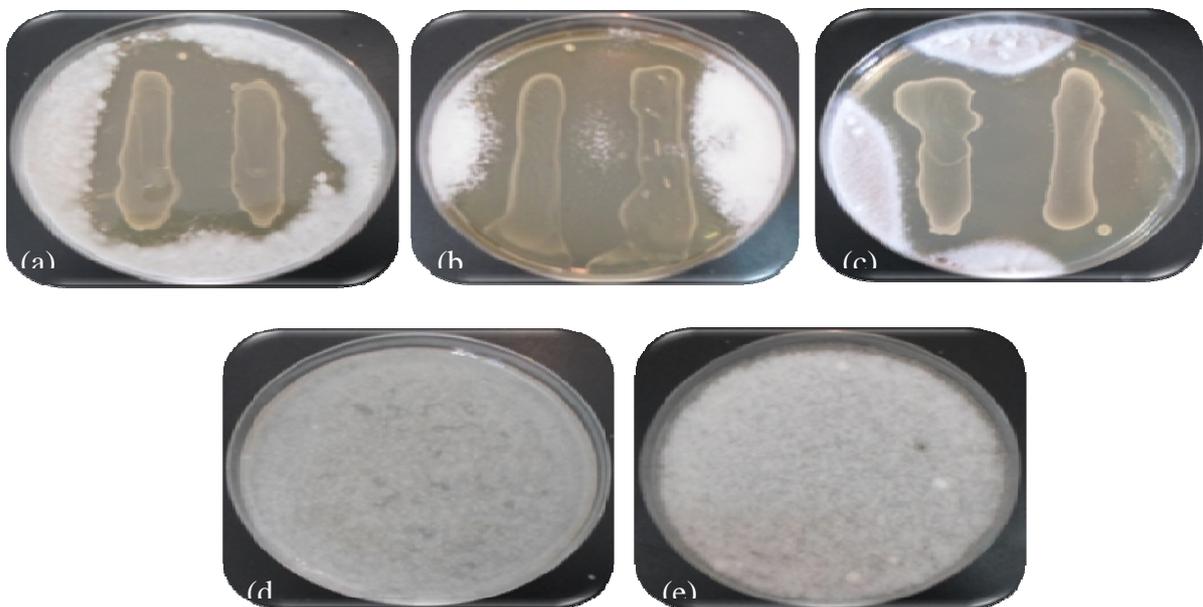
**Figure n° 40 :** Représentation graphique de l'activité anti-*Fusarium* de la souche lactique *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*



**Figure n° 41 :** Représentation graphique de l'activité anti-*Fusarium* de la souche lactique *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*.

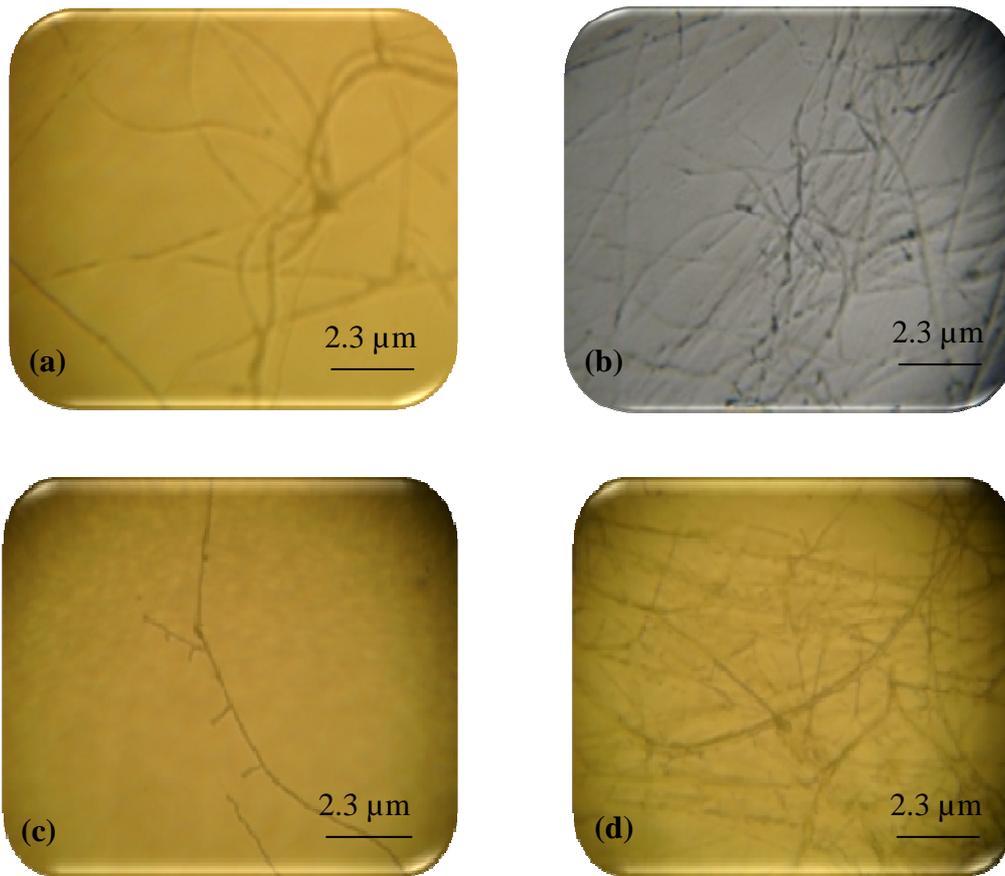


**Figure n° 42 :** Représentation graphique de l'activité anti-*Fusarium* de la souche lactique *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*.



**Figure n° 43 :** Inhibition de la croissance du champignon par les bactéries lactiques et mise en évidence de l'activité anti-*Fusarium* sur le milieu MRS Agar, après 24 h d'incubation

**(a) :** +++ inhibition par *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* ; **(b) :** +++ inhibition par *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* ; **(c) :** +++ inhibition par *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* **(d) :** - inhibition par *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, et **(e) :** Témoin.

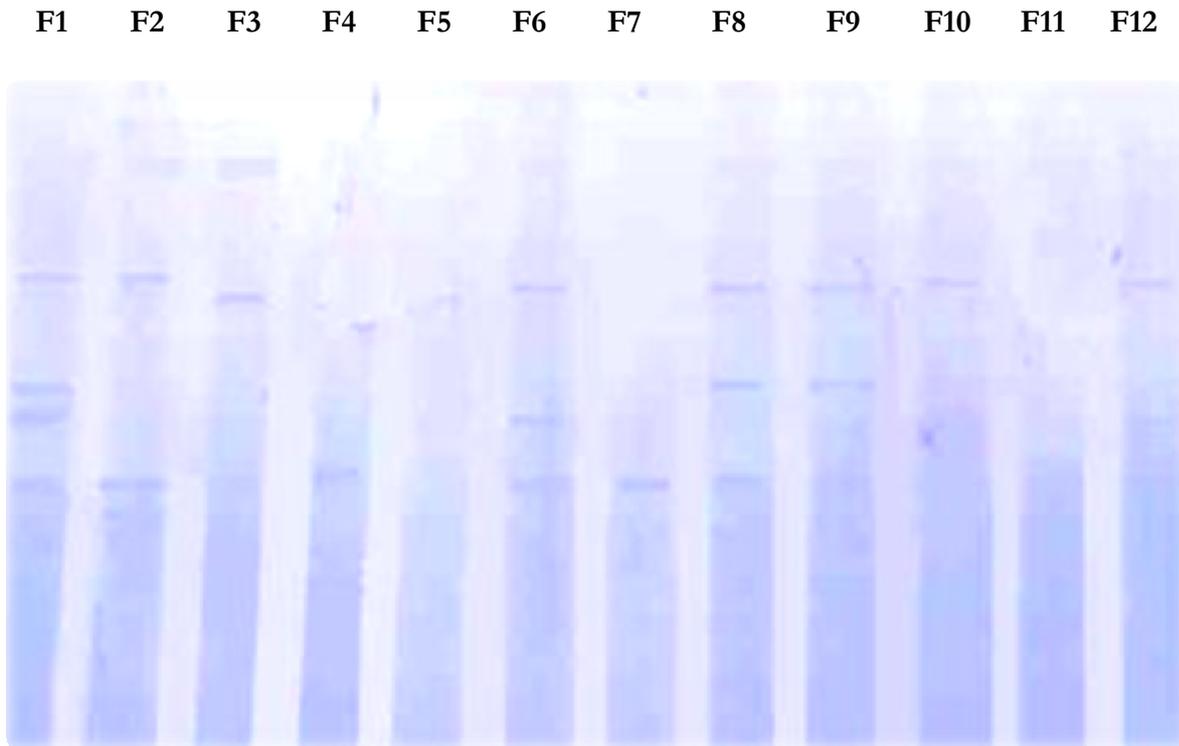


**Figure n° 44** : Observation microscopique de la zone de confrontation du champignon avec les bactéries lactiques sur le milieu PDA.

**(a)** : *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ; **(b)** : *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* ; **(c)** : *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* et **(d)** : *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*.

### III. ÉLÉCLECTROPHORÈSE SDS-PAGE

La révélation des protéiques totales sur le gel de polyacrylamide en présence du SDS, montre la présence de plusieurs bandes sur un profil électrophorétique presque similaires pour tous les isolats de *F.o.a* (Figure n° 45).



**Figure n° 45 :** Profil électrophorétique sur gel de poly-acrylamide système SDS-PAGE

Le dosage des protéines de nos isolats par le réactif de Bradford, nous a montré que nos extraits étaient dosés en protéines, vu que nous avons observé plusieurs bandes protéiques.

# *Discussion*

Durant les dernières années, des efforts considérables ont été dirigés pour étudier l'activité antifongique des bactéries lactiques, dans le but de diminuer la sporulation fongique sur les végétaux (Crowley *et al.*, 2012 ; Mauch *et al.*, 2010 ; Voulgari *et al.*, 2010 ; Gerez *et al.*, 2009 ; Valerio *et al.*, 2009 ; Ryan *et al.*, 2008).

Ce travail de mémoire se proposait de prévenir la croissance de du champignon toxigène *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, responsable avéré de la fusariose vasculaire et producteur de mycotoxines sur le palmier dattier par l'utilisation de l'antagonisme microbien généré par certains microorganismes. Notre choix s'est porté sur les bactéries lactiques dont leur activité antibactérienne et leur innocuité sont largement décrites.

Les enjeux de ce travail étaient d'explorer la capacité des souches lactiques à inhiber la croissance de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Ces études sont essentielles pour une meilleure utilisation de ces souches lactiques comme agents de bioprotection.

L'observation microscopique a montré la présence d'un thalle cloisonné avec de courtes monophialides portant des microconidies, ainsi, la présence de macroconidies et de chlamydozoospores. Cela signifie qu'il s'agit de l'espèce *Fusarium oxysporum*.

La morphologie des isolats étudiés de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* est très instable. La variabilité se manifeste aussi bien entre les clones provenant d'un même isolat (variabilité inter-clonale) qu'entre les sous-clones issus d'un même clone (variabilité intraclonale). Quand elle existe, la variabilité inter-clonale se manifeste même dans la descendance de cultures jeunes. Cela signifie que les microconidies récoltées dans le thalle jeune sont hétérogènes et que, du point de vue morphologique, la culture est en quelque sorte constituée d'une mosaïque de cellules ayant des potentialités différentes. Autrement dit, la variabilité morphologique est une propriété constitutive de l'isolat (Henni *et al.*, 1994).

L'activité antibactérienne des souches lactiques est largement décrite tandis que très peu d'études traitent de leur activité antifongique. Des bactéries lactiques démontrant une activité antifongique ont pourtant été isolées de plusieurs produits végétaux prêts à l'emploi tels que les tomates, les choux et les chicorés (Vaughan *et al.*, 1994).

Selon Dalie (2010), il est possible de contrôler les moisissures du genre *Fusarium* productrices de fumonisines par sélection de bactéries lactiques autochtones de maïs.

Récemment Rouse *et al.* (2008) ont isolé des bactéries lactiques à partir de matériel végétal, corroborant les travaux antérieurs entrepris par Magnusson *et al.* (2003). Les bactéries lactiques présentant des activités antifongiques ont été également isolées d'autres systèmes biologiques tels que les ensilages (Magnusson & Schnürer, 2001), le lait cru et les saucissons (Schwenninger *et al.*, 2005). Les bactéries lactiques sont depuis des décennies utilisées pour réaliser la fermentation des produits et assurer leur conservation, elles ont de ce fait acquis le statut GRAS (Generally Recognized As Safe) (Dalie, 2010).

Guo *et al.* (2012) ont testé l'activité antifongique de *Lactobacillus* isolée à partir du fromage vis-à-vis des champignons provoquant des mycoses à l'homme (*Microsporium canis*, *Microsporium gypseum* et *Epidermophyton floccosum*), de même pour Bola et Damsa (2011) qui ont utilisé *Lactobacillus* isolée de la salade pour tester leur activité antifongique sur le même type de champignon. Ainsi, Mundt *et al.* (1967) ont rapporté la présence d'une variété de bactéries lactiques incluant les espèces de *Lactococcus* et *Leuconostoc* dans les plantes. De ce fait on a utilisé des bactéries lactiques isolées à partir à partir des produits laitiers (Lait de chamelle et Roquefort) pour les tests de lutte biologique contre *F.o.a.*

Les résultats les plus probants sont obtenus lorsque la bactérie est inoculée dans le milieu de culture 48 heures avant l'ensemencement du champignon. Selon Dalie, (2010), une activation importante de la production de toxines associée à une réduction de croissance fongique est observée.

L'activité « anti-*Fusarium* » des souches lactiques utilisées se trouve augmentée lorsqu'elle est cultivée sur milieu MRS suggérant l'existence dans ce milieu de composés qui activeraient ou qui agiraient en synergie avec les entités produites par les souches lactiques. Ces hypothèses sont dans la continuité des conclusions de certains auteurs (Schillinger et Villarreal, 2010 ; Gerez *et al.*, 2009 ; Cabo *et al.*, 2001), à savoir que certains composés du milieu MRS en l'occurrence l'acétate de sodium influenceraient l'activité antifongique des bactéries lactiques, tel que le remplacement du glucose par le sorbitol, mannitol et tréhalose (Laref *et al.*, 2013).

L'observation microscopique des zones de confrontation du champignon avec les bactéries lactiques a montré l'apparition d'un mycélium stérile, qui veut dire qu'il y a une inhibition de la sporulation. Ces résultats sont confirmés par les travaux de : Laref et Guessas, 2013 ; Muhialdin et Hassan, 2011 et Ström, 2005).

Dans la méthode des puits, il y a eu apparition des zones d'inhibition après 24 h d'incubation, ces mêmes observations ont été faites par Adebayo et Aderiye (2010), tandis que Vanne *et al.* (2000) ont rapporté une activité inhibitrice sur les champignons après 48 h. Ce qui tend à suggérer la puissance élevée des composés antifongiques de nos bactéries lactiques.

L'activité antifongique en utilisant le surnageant stérile a été aussi observée sur les espèces *Aspergillus niger*, *Aspergillus tubingensis* et *Penicillium crustosum* par Ndagano (2012), et sur le genre *Weissella* par Valerio *et al.* (2009), qui ont aussi mesuré une forte activité inhibitrice.

Dalie *et al.* (2010), ont démontré que l'activité anti-*Fusarium* développée par *Pediococcus pentosaceus* L006 n'était pas liée à la production d'acides organique tels que l'acide lactique, principal acide organique produit par *Pediococcus pentosaceus* L006. Cette conclusion est tout à fait concordante avec certaines études antérieures qui soutiennent que l'acide lactique est un faible agent inhibiteur de la croissance des champignons (Gourama, 1997; Corsetti *et al.*, 1998 ; Niku-Paavola *et al.*, 1999). Ceci nous a donc amené à ne pas tamponner le pH du milieu de culture.

Selon Zhao (2011) et Rodriguez *et al.* (1997), le traitement par la catalase ne change pas l'activité de la catalase et son addition au milieu MRS n'est pas nécessaire pour éliminer le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), et cela est due à la présence d'extrait de levure qui a l'activité de la catalase (Porubcan et Sellans, 1979), et c'est pour cela qu'on a pas ajouté la catalase au milieu MRS pour extraire le surnageant.

Toutes les bactéries lactiques utilisées dans cette étude (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* et *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*) ont montré une activité antifongique vis-à-vis des différentes souches fongiques utilisées. Ces résultats sont les mêmes que celles de

Bianchini (2010) qui a travaillé sur l'effet des composés antifongiques produits par *Lactobacillus plantarum* sur la croissance d'*Aspergillus* spp.

Selon Li *et al.* (2012) et Dalie *et al.* (2010), l'inhibition des champignons et des mycotoxines par les bactéries lactiques apparaît comme une stratégie promotrice pour le bio-contrôle des moisissures qui contaminent les aliments et les végétaux.

L'étude du polymorphisme isoenzymatique, par la révélation des protéines totales de nos isolats du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, nous a montré une similarité des profils électrophorétiques entre les isolats pour chaque système révélé. Le même constat a été fait par (Bounaga, 1985).

*Conclusion*

La collection de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* fait partie de la mycothèque du Laboratoire de Phytopathologie de l'Université D'Oran. Les souches ont été isolées à partir des rachis de palmiers dattiers présentant les symptômes de Bayoud de différentes régions d'oasis algérien (Adrar, Bechar et Ghardaïa). Ces souches là ont servaient pour d'autres études précédentes dans le même laboratoire par (Fesraoui, 2014 ; Karkachi, 2013 ; Yezli, 2010 et Zabouri, 2010), dans le but de faire une étude approfondie de ce champignon.

L'étude morphologique qu'on a réalisée nous a confirmé qu'il s'agit de 12 isolats de l'espèce *Fusarium oxysporum*. Le test du pouvoir pathogène de ces a montré que tous les isolats sont pathogènes appartenant à la forme spéciale *albedinis*.

Les résultats de la méthode de la confrontation directe des quatre souches lactiques vis-à-vis les douze isolats de *F.o.a* sur le milieu PDA et MRS Agar ont montré qu'il y a une performance d'inhibition par les souches lactiques sur le milieu MRS Agar vu que c'est leur milieu favorable, mais sa n'empêche pas qu'il y a eu une inhibition même sur le milieu PDA. La souche *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* a donné le taux d'inhibition le plus efficace, vu qu'il a varié entre 13.51 % et 40.29 % sur le milieu PDA et entre 41.17 % et 100 % sur le milieu MRS Agar, suivie de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, qui a donné les mêmes résultats sur le milieu MRS Agar, mais un faible taux d'inhibition sur le milieu PDA qui a varié entre 4.87 % et 28.94 %. La souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* est classée après, avec un taux d'inhibition entre 26.47 % et 100 % sur le milieu MRS Agar et qui atteint 34.32 % sur le milieu PDA devancée par la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, qui a donné un taux d'inhibition entre 10 % et 35.82 % sur le milieu PDA et entre 19.29 % et 100 % sur le milieu MRS Agar.

Les résultats de la méthode de diffusion sur milieu gélosé (puits) ont montré que les bactéries lactiques utilisées sécrètent des substances bioactifs et qui ont un effet anti-*Fusarium*, vu qu'il y a eu une inhibition de la sporulation par les quatre souches lactiques, avec une valeur de zone d'inhibition qui varie entre 3.7 cm et 4 cm, avec un écartype qui varie entre  $\pm 0.1$  cm et 0.3 cm.

Les résultats de la méthode de double couche démontrent que les bactéries lactiques utilisées sont capables de produire des composés bioactifs après 24 h et inhiber la

croissance du champignon au tour des stries avec un pourcentage d'inhibition qui atteint 49.41 % et un écartype qui varie entre  $\pm 0$  cm et 1.2cm, sauf dans le cas de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* vis-à-vis F4 et S3 vis-à-vis F6, là où il n'y a pas eu une inhibition.

Les observations microscopiques dans les zones de confrontation du champignon avec les bactéries lactiques, ont montré qu'il y a un mycélium stérile, ce qui veut dire que les bactéries lactiques utilisées inhibent la sporulation.

La révélation des protéiques totales sur le gel de polyacrylamide en présence du SDS, montre la présence de plusieurs bandes sur un profil électrophorétique presque similaires pour tous les isolats de *F.o.a.*

Dans le cadre de ce travail, il reste encore comme perspectives, l'identification et la purification des substances sécrétées par ces bactéries lactiques et qui sont responsables de l'inhibition de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, ainsi qu'il faut les tester *in vivo*, dans le but de trouver une solution pour éradiquer ce fléau sans nuire à l'écosystème.

# *Annexes*

Clicours.COM

## Annexe n° 01 : Composition des milieux de culture

- Tous les milieux de culture sont autoclavés à 120 °C pendant 20 minutes sous une pression de 1 bar.

### Milieu PDA (g/ l) : pH à 5,5.

Pomme de terre	.....	200 g
Glucose	.....	20 g
Agar agar	.....	20 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

### Gélose 2 % :

Agar agar	.....	20 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

### Milieu CLA : pH = 6,5

Feuille d'œillet		
Agar agar	.....	20 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

### Milieu Czapek (g/ l): pH = 5,6

Saccharose	.....	30 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	.....	1 g
KCl	.....	0,5 g
Na <sub>2</sub> No <sub>3</sub>	.....	2 g
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	.....	0,5 g
FeSO <sub>4</sub>	.....	0,1 g
Agar agar	.....	20 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

### Milieu Man Rogosa et Sharpe « MRS » (g/ l): pH = 6,2

Extrait de Levure	.....	5 g
Extrait de viande	.....	10 g
Peptone	.....	10 g
Citrate de Sodium	.....	2 g
Acetate de Sodium	.....	5 g
MgSO <sub>4</sub>	.....	0,25 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	.....	2 g
MnSO <sub>4</sub>	.....	0,05 g
Agar agar	.....	15 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

## Annexe n° 02 : Composition des solutions d'électrophorèse

### Tampon de charge (SDS-PAGE) :

(Tris-HCl: 0,125 M; SDS: 4%; Glycérol: 20%; 2- Mercaptoethanol 0,04 %; pH= 6 ,8)

Tris-HCl (0,5 M)	.....	1,25 ml
SDS 10 %	.....	2 ml
Glycérol	.....	5 ml
2- Mercaptoethanol	.....	0,5 ml
Bleu de Bromophénol 1 %	.....	1 ml
Eau Distillée q.s.p.	.....	10 ml

Le tampon est réparti à raison de 0,5 ml par tube à hémolyse avant d'être conservé au congélateur jusqu'au moment de l'emploi.

### Tampon de migration :

(Tris : 0,25 M ; Glycine : 1,92 M ; SDS : 0,1 % ; pH=8,3)

Tris	.....	3,03 g
Glycine	.....	14,4 g
SDS (pour le système SDS-PAGE)	.....	1 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

Le tampon est conservé au réfrigérateur.

### Tampon de séparation (Tris-HCl : 1,5 M ; pH = 8,8) :

Tris	.....	36,3 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	100 ml

Le pH est ajusté avec environ 24 ml d'HCl 1N, puis complété à 200 ml avec de l'eau distillée.  
Après filtration la solution est conservée à 4°C.

### Tampon de concentration (Tris-HCl : 0,5 M ; pH = 6,8) :

Tris	.....	3 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	20 ml

Le pH est ajusté avec environ 24 ml d'HCl 1N, puis complété à 200 ml avec de l'eau distillée.  
Après filtration la solution est conservée à 4°C.

### Tampon Na-phosphate 0,1 M – pH = 7,1 :

Solution A : $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , $\text{H}_2\text{O}$	.....	2,76 g dans 100 ml $\text{H}_2\text{O}$
Solution B : $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 2 $\text{H}_2\text{O}$	.....	7,12 g dans 100 ml $\text{H}_2\text{O}$

Ajuster le pH de la solution A à 7,1 avec la solution B.

**Tampon Acétate 0,05 M – pH = 5 :**

Acétate de Sodium, 3H <sub>2</sub> O	.....	3,4 g
Eau Distillée q.s.p.	.....	475 ml

Ajuster à pH = 5 avec HCl 1N, Compléter à 500 ml avec H<sub>2</sub>O.

**Solution de fixation :**

Acide acétique	.....	200 ml
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

**Solution de coloration :**

Bleu de coomassie G250	.....	1,5 g
Ethanol	.....	250 ml
Acide acétique	.....	40 ml
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

**Solution de décoloration :**

Ethanol	.....	250 ml
Acide acétique	.....	20 ml
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

**Solution de conservation :**

Acide acétique	.....	70 ml
Eau Distillée q.s.p.	.....	1000 ml

**Annexe n° 03 : Résultats de la mesure de la distance radiale lors de la confrontation directe.**

**Tableau n° 07 :** Confrontation directe de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	1,5	1,4	1,7	1,5	2,2	1,3	1,4	1,2	1,5	1,5	1,2	1,2
	1,6	1,4	1,8	1,5	2,2	1,3	1,5	1,2	1,6	1,6	1,2	1,2
	1,5	1,4	1,7	1,5	2,2	1,3	1,4	1,2	1,5	1,5	1,2	1,2
J2	2,6	2,2	2,5	2,5	3	2,5	2,1	2,1	2,5	2,5	2,8	2,7
	2,9	2,3	2,5	2,6	3,1	2,5	2	2,1	2,7	2,7	2,9	2,8
	2,6	2,2	2,5	2,5	3	2,5	2,1	2,1	2,5	2,5	2,8	2,7
J3	3,7	2,8	3,3	3,4	4,3	3,6	3,6	2,7	3,3	3,3	2,8	3,1
	3,7	2,8	3,2	3,5	4,4	3,5	3,5	2,6	3,4	3,4	2,9	3,3
	3,7	2,8	3,3	3,4	4,3	3,6	3,6	2,7	3,3	3,3	2,8	3,1
J4	4,7	3,7	4,2	4,5	6,1	5	4,8	3,2	4,1	4,3	3,3	4
	4,6	3,8	4,2	4,4	6	5	4,6	3,1	4,3	4,4	3,5	4,2
	4,7	3,7	4,2	4,5	6,1	5	4,8	3,2	4,1	4,3	3,3	4
J5	5,8	4,5	5,3	5,6	8,2	6,4	5,5	4,1	5,1	5,3	3,7	5
	5,9	4,6	5,2	5,5	8,2	6,5	5,6	4	5,3	5,2	3,5	5,1
	5,8	4,5	5,3	5,6	8,2	6,4	5,5	4,1	5,1	5,3	3,7	5
J6	7	5,3	5,9	6,7	8,5	7,6	6,3	5,1	6,2	6,2	4,3	5,9
	6,9	5,5	6	6,5	8,5	7,5	6,5	5,2	6,3	6,3	4,4	6
	7	5,3	5,9	6,7	8,5	7,6	6,3	5,1	6,2	6,2	4,3	5,9

**Tableau n° 08 :** Confrontation directe de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	0,7	0	0	0,9	1,1	0	0	0	0	0	0	0
	0,7	0	0	0,9	1,1	0	0	0	0	0	0	0
	0,6	0	0	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0
J2	0,9	0	0	1,1	2,1	0	0	0	0	0	0	0
	0,9	0	0	1,1	2,1	0	0	0	0	0	0	0
	0,8	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
J3	1,1	0	0	2,1	4,6	0	0	0	0	0	0	0
	1,1	0	0	2,1	4,8		0	0	0	0		0
	1	0	0	2	4,8	0	0	0	0	0	0	0
J4	2,6	0	0	3,6	7,4	0	1,7	0	0	0	0	0
	2,5	0	0	3,6	7,4	0	1,8	0	0	0	0	0
	2,5	0	0	3,7	7,3	0	1,7	0	0	0	0	0
J5	3,8	0	0	4,3	8,3	0	2,6	0	0	0	0	0
	3,8	0	0	4,6	8,5	0	2,8	0	0	0	0	0
	3,8	0	0	4,5	8,5	0	2,7	0	0	0	0	0
J6	5,5	0	0	5,7	8,5	0	3,9	0	0	0	0	0
	5,6	0	0	6	8,5	0	4	0	0	0	0	0
	5,4	0	0	5,9	8,5	0	4,1	0	0	0	0	0

**Tableau n° 09** : Confrontation directe de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	1,3	1,3	1,5	1,4	1,9	1,3	1,5	1,1	1,5	1,5	1,1	1,2
	1,4	1,3	1,6	1,5	2	1,3	1,6	1,2	1,5	1,5	1	1,3
	1,3	1,3	1,5	1,4	1,9	1,3	1,5	1,1	1,5	1,5	1,1	1,2
J2	2,4	1,8	2,6	2,3	2,7	2,3	2,4	1,9	2,5	2,3	1,9	2,3
	2,3	2	2,7	2,5	2,8	2,3	2,6	2,1	2,7	2,5	2	2,5
	2,4	1,8	2,6	2,3	2,7	2,3	2,4	1,9	2,5	2,3	1,9	2,3
J3	3,4	2,5	3,4	3,3	4	3,4	3,4	2,5	3,3	3,2	2,4	3,3
	3,3	2,7	3,5	3,4	4,1	3,5	3,3	2,7	3,2	3,4	2,5	3,4
	3,4	2,5	3,4	3,3	4	3,4	3,4	2,5	3,3	3,2	2,4	3,3
J4	4,4	3,4	4,5	4,3	5,5	4,8	4,7	3	4,2	4,1	2,9	4,3
	4,5	3,7	4,4	4,4	5,7	4,9	4,6	3,2	4,2	4	3	4,5
	4,4	3,4	4,5	4,3	5,5	4,8	4,7	3	4,2	4,1	2,9	4,3
J5	5,2	4,3	5,9	5,5	7,5	6,2	6	4	5,1	5	3,6	5,5
	5	4,4	6	5,5	7,6	6,3	6,2	4,4	5,3	5,3	3,5	5,5
	5,2	4,3	5,9	5,5	7,5	6,2	6	4	5,1	5	3,6	5,5
J6	6,5	5,2	7,3	6,5	8,5	7,6	7,2	5,3	6	6	4,1	6,6
	6,7	5,3	7,3	6,6	8,2	7,7	7,3	5,5	6,2	6,3	4,2	6,5
	6,5	5,2	7,3	6,5	8,5	7,6	7,2	5,3	6	6	4,1	6,6

**Tableau n° 10** : Confrontation directe de la souche *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0
J5	0	0	0	4,3	1,1	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	4,5	1,3	0	0	0	0	0	0	1,1
	0	0	0	4,5	1,1	0	0	0	0	0	0	1,1
J6	0	0	0	5,7	3	0	0	0	0	0	0	1,7
	0	0	0	5,8	3,2	0	0	0	0	0	0	1,8
	0	0	0	6	3,3	0	0	0	0	0	0	1,9

**Tableau n° 11** : Confrontation directe de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	1,7	1,3	1,8	1,6	1,8	1,4	1,4	1,3	1,6	1,3	1,1	1,2
	1,8	1,4	1,9	1,4	1,8	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,1	1,4
	1,7	1,3	1,8	1,6	1,8	1,4	1,4	1,3	1,6	1,3	1,1	1,2
J2	2,9	2	2,7	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	2,6	2,3	2,1	2,2
	3	2,2	2,5	2,6	2,8	2,7	2,7	2,2	2,7	2,3	2,3	2,1
	2,9	2	2,7	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	2,6	2,3	2,1	2,2
J3	4	2,9	3,7	3,5	3,2	3,5	3,5	2,6	3,4	3,1	2,7	3,3
	4,2	2,9	3,6	3,7	3,3	3,6	3,6	2,5	3,3	3,2	2,6	3,3
	4	2,9	3,7	3,5	3,2	3,5	3,5	2,6	3,4	3,1	2,7	3,3
J4	5,2	3,8	4,8	4,4	4,3	4,8	4,8	3,4	4,3	4	3,3	4,2
	5	3,8	4,9	4,5	4,4	4,9	4,7	3,4	4,2	4,1	3,2	4,1
	5,2	3,8	4,8	4,4	4,3	4,8	4,8	3,4	4,3	4	3,3	4,2
J5	6,6	4,7	6,3	5,5	5,7	6,1	6	4,2	5,2	4,9	3,8	5,3
	6,5	4,8	6,4	5,6	5,7	6,2	6,6	4,1	5,4	4,8	3,9	5,5
	6,6	4,7	6,3	5,5	5,7	6,1	6	4,2	5,2	4,9	3,8	5,3
J6	8	5,5	7,8	6,5	7,4	7,3	7,3	5,1	6	6	5	6,4
	8,2	5,7	8	6,6	7,5	7,5	7,5	5,2	6,1	6	5,1	6,5
	8	5,5	7,8	6,5	7,4	7,3	7,3	5,1	6	6	5	6,4

**Tableau n° 12** : Confrontation directe de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.

	F1	F2	0	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0,7	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0,7	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0,8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0,9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0,9	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	2,2	0	4	1,4	0	2	0	0	0	0	0,8
	0	2	0	4	1,4	0	2	0	0	0	0	0
	0	2,1	0	4	1,3	0	2,1	0	0	0	0	0,9
J5	0	3,2	0	4,6	2,6	0	2,8	0	0	0	0	1,2
	0	3,2	0	4,7	2,5	0	2,9	0	0	0	0	1,3
	0	3,3	0	4,6	2,5	0	3	0	0	0	0	1,2
J6	0	4,9	0	6	4,7	0	4,1	0	0	0	0	2,2
	0	5	0	6,1	4,9	0	4,2	0	0	0	0	2,3
	0	5,1	0	6,2	4,8	0	4,3	0	0	0	0	2,2

**Tableau n° 13** : Confrontation directe de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* vis-à-vis le champignon sur le milieu PDA.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	1,4	1,4	1,6	1,4	2	1,3	1,1	1,3	1,4	1,4	1,2	1,3
	1,4	1,5	1,6	1,5	2,1	1,3	1,2	1,3	1,5	1,5	1,2	1,3
	1,4	1,4	1,6	1,4	2	1,3	1,1	1,3	1,4	1,4	1,2	1,3
J2	2,4	2,2	2,7	2,4	3	2,6	2,4	2,2	2,4	2,5	2,2	2,3
	2,5	2,2	2,9	2,5	3,2	2,7	2,5	2,2	2,5	2,5	2,3	2,3
	2,4	2,2	2,7	2,4	3	2,6	2,4	2,2	2,4	2,5	2,2	2,3
J3	3,5	2,8	3,6	3,4	4,4	3,6	3,3	2,8	3,1	3,2	2,7	3,2
	3,6	2,9	3,6	3,6	4,5	3,7	3,4	2,7	3,3	3,1	2,8	3,4
	3,5	2,8	3,6	3,4	4,4	3,6	3,3	2,8	3,1	3,2	2,7	3,2
J4	4,6	3,8	4,8	4,5	6,3	4,9	4,6	3,5	4,2	4,4	3,2	4
	4,5	3,8	4,9	4,6	6,2	5	4,5	3,5	4,4	4,5	3,3	4,3
	4,6	3,8	4,8	4,5	6,3	4,9	4,6	3,5	4,2	4,4	3,2	4
J5	6	4,7	6,2	5,6	8,3	6	5,8	4,4	5	5,5	3,6	5,2
	6,2	4,8	6,1	5,6	8,5	6,1	5,9	4,5	5,1	5,6	3,5	5,1
	6	4,7	6,2	5,6	8,3	6	5,8	4,4	5	5,5	3,6	5,2
J6	7,3	5,7	7,5	6,6	8,5	7,4	7	5,3	6	6,7	4,4	6,2
	7,5	5,8	7,5	6,7	8,5	7,5	7,3	5,2	6,2	6,6	4,5	6,1
	7,3	5,7	7,5	6,6	8,5	7,4	7	5,3	6	6,7	4,4	6,2

**Tableau n° 14** : Confrontation directe de la souche *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* vis-à-vis le champignon sur le milieu MRS Agar.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
J1	0	0	0	1,1	1,8	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1,1	1,8	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1,2	1,7	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	1,8	2,5	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1,8	2,5	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1,7	2,4	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	2,5	3,7	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	2,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	2,4	3,6	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	4	6,5	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	4,2	6,7	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	4	6,5	0	0	0	0	0	0	0
J5	0	0	0	5	7,6	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	5,2	7,9	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	5,1	7,9	0	0	0	0	0	0	0
J6	0	0	0	6,2	8	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	6,5	8,5	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	6,5	8,3	0	0	0	0	0	0	0

**Tableau n° 15** : Croissance fongique sur le milieu PDA (Témoin PDA).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
<b>J1</b>	2,1	1,5	2,1	1,6	2,6	1,6	1,3	1,7	2	1,8	1,7	1,8
	2,1	1,4	2	1,5	2,5	1,5	1,3	1,6	1,9	1,9	1,7	1,8
	2,1	1,5	2,1	1,6	2,6	1,6	1,3	1,7	2	1,8	1,7	1,8
<b>J2</b>	3,5	2,7	3,6	2,9	4,5	2,8	2,6	2,9	3,2	3	2,9	2,9
	3,4	2,6	3,5	3	4,5	2,9	2,6	3	3,1	3,1	3	3
	3,5	2,7	3,6	2,9	4,5	2,8	2,6	2,9	3,2	3	2,9	2,9
<b>J3</b>	5,1	3,3	5	4,2	6,7	4,2	4	3,6	4,2	3,7	3,8	4
	5,1	3,3	5	4,2	6,7	4,2	4	3,6	4,2	3,7	3,8	4
	5,1	3,3	5	4,2	6,7	4,2	4	3,6	4,2	3,7	3,8	4
<b>J4</b>	6,7	4,3	6	5,6	8,5	5,8	5,5	4,3	5,5	5	4,8	5
	6,7	4,3	6	5,6	8,5	5,8	5,5	4,3	5,5	5	4,8	5
	6,7	4,3	6	5,6	8,5	5,8	5,5	4,3	5,5	5	4,8	5
<b>J5</b>	8	5,2	7	6,7	8,5	7	7,4	4,9	6,4	5,8	5,4	6
	8	5,1	6,9	6,6	8,5	7	7,3	5	6,5	5,9	5,4	5,9
	8	5,2	7	6,7	8,5	7	7,4	4,9	6,4	5,8	5,4	6
<b>J6</b>	8,5	6,2	8,2	8	8,5	8,5	8,5	5,5	7,5	7,1	6	7,1
	8,5	6,2	8,2	8	8,5	8,5	8,5	5,5	7,5	7,1	6	7,1
	8,5	6,2	8,2	8	8,5	8,5	8,5	5,5	7,5	7,1	6	7,1

**Tableau n° 16** : Croissance fongique sur le milieu MRS Agar (Témoin MRS Agar).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
<b>J1</b>	0,8	0,8	1,1	1	1,2	1,1	1	0	1,2	1,1	0	1
	0	1	1	0,9	1,4	1	0,9	0	1	1,1	0	0,9
	0	0,8	1,1	1	1,2	1,1	0,9	0	1	1	0	0,8
<b>J2</b>	1,9	1,9	2,5	2	3	2	1,9	1,6	2,3	2,1	1,2	2
	2,1	1,9	2,1	2,1	3,3	2,5	2,1	1,8	2,1	2,2	1,2	1,9
	2	1,8	2,3	2,1	3,2	2,3	2	1,6	2,1	2	1	2
<b>J3</b>	4	4,5	5,2	3,4	5,7	3,5	3,6	3,2	4,2	3,9	3,2	4
	4	4,4	5,4	3	6	3,4	3,4	3,4	4,3	4	3,2	4,1
	4	4,4	5,2	3,3	5,9	3,4	3,6	3,4	4,3	4,2	3	4,2
<b>J4</b>	5,4	6,4	6,5	4,8	7,5	5	5,2	4,4	6	5,6	4,8	5,7
	5,3	6,1	6,2	4,9	7,6	4,8	5,1	4,3	5,8	5,8	4,9	5,5
	5,4	6,2	6,2	4,8	7,8	4,9	5	4,5	5,9	5,8	5	5,4
<b>J5</b>	6,2	7,2	7,8	5,6	8,1	5,8	6	5	6,8	6,4	5,7	6,7
	6	7,2	7,6	5,5	8,2	6	6	5,2	6,6	6,5	5,6	6,6
	6,1	7,1	7,6	5,6	8,1	6,1	6,2	5	6,5	5,5	5,7	6,7
<b>J6</b>	7,1	8	8,2	6,7	8,5	7	7	5,9	7,3	7,1	6,7	7,6
	7,1	7,9	8,5	6,5	8,5	6,7	7,1	6,3	7,5	7,5	6,5	7,3
	7	7,9	8,2	6,6	8,5	6,9	7	6,1	7,3	7,3	6,6	7,5

*Références  
Bibliographiques*

- Accolas, J. P., Veaux, M. & Auclair, J. (1971). Etude des interactions entre diverses bactéries lactiques thermophiles et mésophiles, en relation avec la fabrication des fromages à pâte cuite. *Le lait* 51, 249-272.
- Adebayo, C. O. & Aderiye, B. I. (2010). Antifungal activity of bacteriocins of lactic acid bacteria from some Nigerian fermented foods, 5, 1070-1082.
- Agarwal, K. N. & Bhasin, S. K. (2002). Feasibility studies to control acute diarrhoea in children by feeding fermented milk preparations Actimel and Dahi. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, S56–S59.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*, 5th ed., Elsevier Academic Press, USA UK.
- Albouvette, C., Couteaudier, Y. & Louvet, J. (1986). Recherches sur la résistance des sols aux maladies. X-comparaison de la mycoflore colonisant les racines de melons cultivés dans un sol résistant ou dans un sol sensible aux fusarioses vasculaires. 4, 735-740.
- Alais, C. (1984). *Science du lait : principes des techniques laitière*. IV<sup>e</sup> édition. Paris, Ed. SEPAIC. 814 p.
- Alves-Santos, F. M., Martinez-Bermejo, D., Rodriguez-Molina, M. C. & Diez, J. J. (2007). Cultural characteristics, pathogenicity and genetic diversity of *Fusarium oxysporum* isolates from tobacco fields in Spain. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 71, 26-32. In : Hamini, N. (2010). Diversité génétique des populations de *Fusarium* pathogène de la tomate sur le pourtour méditerranéen. Thèse de doctorat, Université d'Oran, Algérie.
- Anonyme. Journal El Moudjahid. (12-12-2010). [Phoeniculture : Prévision de production de plus de 7 millions de quintaux de dattes pour la campagne 2010-2011](http://www.forum-algerie.com/economie/41038-1-algerie-accroit-sa-production-de-dattes.html). El Moudjahid. Tire de <http://www.forum-algerie.com/economie/41038-1-algerie-accroit-sa-production-de-dattes.html>. (Consulter le: 01-05-2014).
- Arib, H. (1998). Isolement et caractérisation des *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* de la région de Beni Abbes. Mémoire pour l'obtention du D.I.E, Institut d'Agronomie, Centre Universitaire de Mascara, Algérie.
- Armstrong, G. M. & Armstrong, J. K. (1981). *Formae specialis* and races of *Fusarium oxysporum* causing wilt diseases. In : Nelson, P. E., Tousson, T. A. & Cook, R. J. (Eds.), *Fusarium : Diseases, Biology and Taxonomy*. The Pennsylvania State University Press, University Park and London, p. 391-399.
- Axelsson, L. (2004). Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology. In: Salminen, S., Von Wright, A. & Ouwehand, A. (Eds.), *Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects*. 3rd rev. and exp. ed. Marcel Dekker, Inc., New York, pp.1-66.
- Azco'n-Aguilar, C., & Bare, J. M. (1997). Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Sci Hort.* 68, 1-24.

- Bianchini, A. (2010). Antifungal activity of lactic acid bacteria: Factors Affecting Production and Stability of Antifungal Compounds of *Lactobacillus plantarum*, and Effects of the Antifungal Compounds on Growth and Aflatoxin Production by *Aspergillus* spp. Thèse de doctorat, Université de Nebraska, Lincoln, U.S.A.
- Blom, H., Katla, T., Holk, A., Sletten, K., Axelsson, L. & Holo, H. (1999). Characterization, production and purification of leucocin H.a two-peptide bacteriocin from *Leuconostoc* MF215B. *Current Microbial.* 39: 43-48.
- Bola, A. & Damsa, I. (2011). Antifungal Capacity of Lactic Acid Bacteria Isolated From Salad Vegetables. *Afr. J. Biomed. Res.*, 14, 137-141.
- Booth C. (1971). The genus *Fusarium* Commonwealth Mycolgical. Institute, Kew, Surrey, 237 p.
- Booth, C. (1985). The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, 3ème Edition.
- Bouguedoura, N. (1979). Contribution à la connaissance du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L. Etude des productions axillaires. Thèse de doctorat troisième cycle, UST d'Alger, Algérie.
- Bouhot, D. & Billotte, J. M. (1964). Studies on the ecology of parasitic fungi in the soil: II Choise of a nutritive medium for the selective isolation of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* from the soil, *Ann. Epiphyt.*, 15, 45-56.
- Bounaga, N. (1975). Germination de microconidies et macroconidies de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 66, 39-44.
- Bounaga, N. (1991). Le Palmier Dattier : rappels biologiques et problèmes physiologique. In : Riedcker, A., Dreyer E., Pafadnam C., Joly H. & Bory, G., (Eds). *Physiologie des Arbres et Arbustes en Zone Arides et Semi-Arides*, Groupe d'Etude de l'Arbre, John Libbey Eurotext, Paris, France. pp. 323-336.
- Bounaga, N. (1991). Le Palmier Dattier, rappels biologiques et problèmes physiologique. In : Riedcker, A., Dreyer, E., Pafadnam, C., Joly, H. & Bory, G. (Eds)., *Physiologie des Arbres et Arbustes en Zone Arides et Semi-Arides*, Groupe d'Etude de l'Arbre, John Libbey Eurotext, Paris, France, p. 323-336.
- Bounaga, N., & Djerbi, M. (2009). *Pathologie du Palmier dattier*, Unité de Recherche sur les Zones Arides. Institut National de la Recherche Agronomique, El Harrach, Algérie.
- Bounaga, N., (1985). Contribution à l'étude de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* (Killian & Maire) Gordon, agent de la fusariose du palmier dattier. Thèse de Doctorat d'état. Université des Sciences et technologies Houari Boumedienne, Alger, Algérie.

- Bounaga, N., Ben khalifa, A., & Brac de la Perrière, R. A. (1992). Lutte contre la fusariose du dattier par l'utilisation d'une diversité génétique entretenue. In : Complexes d'Espèces, Flux.
- Bourel, G., Henni, S., Krantar, K., Oraby, M., Divies, C. & Garmyn, D. (2001). Métabolisme sucre-citrate chez *Leuconostoc mesenteroides*. Le lait, 81, 75-82.
- Bouricha, M. (2011). La sélection des souches de *Leuconostoc mesenteroides* productrices de substances antimicrobiennes. Mémoire de magister. Université d'Oran, Algérie.
- Brac de la Perrière, R. A. & Bounaga, N. (1990). Etude du verger phœnicicole d'une palmeraie (Béni-Abbes, sud-ouest Algérien). I. Inventaire exhaustif et composition variétale. Rev. Rés. Amélior. Pro. Agréc. Milieu Aride.2, 9-18.
- Brochard, P., Benzaza, S., Dubost, D. & Hetener, P. (1970). Progression du bayoud en Algérie et résultats des prospections entreprises. In : Congrès d'agronomie Saharienne, Zagora, avril 1970, 14 p.
- Bulit, J., Bouhot, D., Louvet, J. & Toutain, G. (1967). Recherches sur les fusarioses. I. Travaux sur le bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier en Afrique du Nord. Ann. Epiphy., 18, 213-239.
- Bulletin OEPP, 2003. Protocoles de diagnostic pour les organismes réglementés. *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Bulletin n° 33, 265-269. PM 7/16. 75016. Paris. France.
- Burgess, L. W. & Liddell, C. M. (1983). Laboratory manual for *Fusarium* research. University of Sydney, 162 p.
- Cabo, M. L., Murado, M. A., Gonzalez, M. P. & Pastoriza, L. (2001). Dose-response relationships. A model for describing interactions, and its application to the combined effect of nisin and lactic acid on *Leuconostoc mesenteroides*. Journal of Applied Microbiology, 88, 756-763.
- Calistru, C., McLean, M. & Berjak, P. (1997). In vitro studies on the potential for biological control of *Aspergillus flavus* and *Fusarium moniliforme* by *Trichoderma* species. Mycopathologia, 137, 115-124.
- Carr, F. J., Chill, D. & Maida, N. (2002). The lactic acid bacteria: A literature survey. Critical Rev. Microbiol., 28, 281-370.
- Castano, S., Desbata, B., Delfour, A., Dumas, J. M., Silva, A. & Dufourcq, J. (2005). Study of structure and orientation of mesenterocin Y105, a bacteriocin from Gram-positive *Leuconostoc mesenteroides*, and its Trp-substituted analogues in phospholipids en vironements. Bioch. Bioph. Acta., 1668, 87-98.
- Cavaglieri, L. R., Orlando, J., Rodriguez, M. I., Chulze, S. & Etcheverry, M. (2005). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level. Research in Microbiology., 156, 748-754.

- Cavaglieri, L. R., Passone, A. & Etcheverry, M. (2004a). Screening procedures for selecting rhizobacteria with biocontrol effects upon *Fusarium verticillioides* growth and fumonisin B-1 production. *Research in Microbiology*, 155, 747-754.
- Cavaglieri, L. R., Passone, A. & Etcheverry, M. G. (2004b). Correlation between screening procedures to select root endophytes for biological control of *Fusarium verticillioides* in *Zea mays* L. *Biological Control*, 31, 259-267.
- Cheikh-Aissia, A. (1990). Les possibilités de désinfection d'un foyer primaire de Bayoud du palmier dattier à l'aide du bromure de méthyle. INPV, Ghardaïa, 9 p.
- Ciegler, A., Peterson, R. E., Lagoda, A. A. & Hall, H. H. (1966). *Appl. Microbiol.*, 14, 826.
- IRAD & GRET. (2002). *Mémento de l'agronome*. Edit. Quae. (2002). ISBN 2876145227. 1691 p. CIRAD/ Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement France, GRET/ Groupe de Recherche d'Echanges Technologiques.
- Cogan, T.M. (1975). Citrate utilisation in milk by *Leuconostoc cremoris* and *Streptococcus lactis*. *J. Bacteriol.*, 89, 937-942.
- Corbier, C., Krier, F., Mulliert, G., Vitoux, B. & Revol-Junelles, A. M. (2001). Biological activities and structural properties of the atypical bacteriocins mesenterocin 52B and leucocin B-TA33a. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67, 1418-1422.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., Rossi, J. & Damiani, P. (1998). Antimould activity of sourdough lactic acid bacteria: identification of a mixture of organic acids produced by *Lactobacillus sanfrancisco* CB1. *Applied Microbiology and biotechnology*, 50, 253-256.
- Crowley, S., Mahony, J. & Sinderen, D. V. (2012). Broad-spectrum antifungal-producing lactic acid bacteria and their application in fruit models. *Folia. Microbiol.*, DOI 10.1007/s12223-012-0209-3.
- Dalie, D. K. D. (2010). Biocontrôle des moisissures du genre *Fusarium* productrices de fumonisines par sélection de bactéries lactiques autochtones de maïs. Thèse de doctorat. Université Bordeaux I, France.
- Dalie, D. K. D., Deschamps, A. M., Atanasova-Penichon, V. & Richard-Forget, F. (2010). Potential of *Pediococcus pentosaceus* (L006) Isolated from Maize Leaf To Suppress Fumonisin-Producing Fungal Growth. *Journal of Food Protection*, 73, 1129-1137.
- De Vuyst, L. & Degeest, B. (1999). Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *Fems Microbiology Reviews*, 23, 153-177.
- Debourgogne, A. (2013). Typage moléculaire du complexe d'espèces *Fusarium solani* et détermination de son mécanisme de résistance au voriconazole. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, France.

- Dellaglio, F. (1994). Caractéristiques générales des bactéries lactiques. Bactéries lactiques, Vol 1. (Eds.) Lorica Lavoisier, Paris, pp. 1-37.
- Desmazaud, M. J. (1983). L'état des connaissances en matière de nutrition des bactéries lactiques. *Le lait*, 63, 267-316.
- Di Pietro, A., Madrid, M. P., Caracuel, Z., Delgado-Jarana, J. & Roncero, M. I. G. (2003). *Fusarium oxysporum*: exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus. *Molecular Plant Pathology*, 4, 315-325.
- Djerbi, M. (1982). Bayoud disease in North Africa: history, distribution, diagnosis and control. *Date Palm Journal*, 1, 153-197.
- Djerbi, M. (1983). Diseases of the date palm *Phoenix dactylifera*. FAO, Baghdad, Iraq.
- Djerbi, M. (1988). Les maladies du palmier dattier. Projet régional de lutte contre le Bayoud, 84, pp. 127.
- Djerbi, M. (1994). Précis de phoeniciculture. FAO, 192 p.
- El Hadrami, A., El Idrissi-Tourane, A., El Hassni, M., Daayf, F. & El Hadrami, I. (2005). Toxin-based in-vitro selection and its potential application to date palm for resistance to the bayoud *Fusarium* wilt. *Plant Biology and Pathology*, C. R. Biologies, 328, 732-744.
- Ennahar, S., Sashihara, T., Sonomoto, K. & Ishizaki, A. (2000). Class IIa bacteriocins: Biosynthesis, structure and activity. *Fems. Microbiol. Rev.*, 24, 85-106.
- Euzéby, J. P. (2010). List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature – Genus *Leuconostoc*.
- F.A.O. (2012). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. FAOSTAT. Tiré de <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Consulter le: 01.05.2014.
- Fernandez, D., Lourd, M., Ouinten, M., Tantaoui, A. & Geiger, J. P. (1995). Le Bayoud du palmier dattier. Une maladie qui menace la phoeniciculture. *Phytoma. La défense des végétaux*. N° 469.
- Fesraoui, A. F. Z. (2014). Etude des activités enzymatiques chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et évaluation de l'effet antifongique de quelques molécules chimiques. Mémoire de magister, université d'Oran, Algérie.
- Frederiks, M. & Dembreber, K. (1991). Efficacité du bromure de méthyle et d'un mélange de bromure de méthyle et de chloropicrine sur le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (Bayoud) dans le sol. Table ronde sur le Bayoud (19-20 Septembre 1988), Alger, p 27-35.

- Frederixs, M. J. J. & Den Brader, K. (1989). Résultats des essais de désinfection des sols contenant des échantillons de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* FAO/ PNUD/ RAB/ 88/024. Ghardaïa, Alger.
- Gäumann E. (1957). Influence de la nutrition du fer sur la sensibilité des plantes de tomates en vers la *Lycomara sanium*.
- Gerez, C. L., Torino, M. I., Rollan, G. & De Valdez, F.G. (2009). Prevention of bread mould spoilage by using lactic acid bacteria with antifungal properties. Food Control 20, 144-148.
- Ghomari, F. N. (2009). Moyens de Luttés Chimique et Biologique Contre le *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* Agent Causal du Bayoud Chez le Palmier Dattier *Phœnix dactylifera* L. Mémoire de magister. Université d'Oran, Algérie.
- Gibson, G. R. & Fuller, R. (2000). Aspects of in vitro and in vivo research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use . J. Nutr., 130, 391S-395S.
- Gordon T. R. (1965). Pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. Can. J. Bot., 43, 1309-1318.
- Gordon, W. L. (1952). The occurrence of *Fusarium* species in Canada. Can. J. Bot., 30, 209-251.
- Gourama, H. & Bullerman, L. B.(1995). Antimycotic and Antiaflatoxigenic Effect of Lactic Acid Bacteria. J. Food Protection, 57, 1275-1280.
- Gourama, H. (1997). Inhibition of growth and mycotoxin production of *Penicillium* by *Lactobacillus* species. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, 30, 279-283.
- Guillemat, J. & Montegut, J. (1958). Troisième contribution à l'étude de la microflore fongique des sols cultivés. Ann. Epiphyt., 9, 27-54.
- Guo, J., Brosnan, B., Furey, A., Arendt, E. K., Murphy, P. & Coffey, A. (2012). Antifungal activity of *Lactobacillus* against *Microsporum canis*, *Microsporum gypseum* and *Epidermophyton floccosum*. Bioengineered Bugs, 3, 1-10.
- Hadjari, M. & Kadi Hanifi, M. (2005). La mise en œuvre de la fermentation de jus de datte étude cinétique et biochimique. Mémoire d'ingénieur en sciences alimentaire, Mascara, Algérie.
- Hécharde, Y., Berjeaud, J. M. & Cenatiempo, Y. (1999). Characterization of the *mesB* gene and expression of bacteriocins by *Leuconostoc mesenteroides* Y105. Current microbial., 39, 265-269.
- Hemme, D., Foucaud-Scheunemann, C. (2004). *Leuconostoc*, characteristics, use in dairy technology and prospects in functional foods. International Dairy, p. 467-494.

- Henni, J. E., Boisson, C. & Geiger, J. P. (1994). Variabilité de la morphologie chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Phytopathol. Medit.*, 33, 51-58.
- Holzapfel, W. H., Haberer, P., Geisen, R., Bjorkroth, J. & Schillinger U. (2001). Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73, 365-373.
- Horsfall, J. G. & Dimond, A. E. (1960). *Plant pathology Anadvanced Treatise*. New York-London.
- IMI. (1994). *Distribution Maps of Plant Diseases No. 240 (Eds. 3)*. CAB International, Wallingford, Royaume-Uni.
- Joffe, A. Z. (1974). A modern system of *Fusarium* taxonomy. *Mycopathol. Mycol. Appl.*, 53, 201-228.
- Jones, J. P., & Woltz, S. S., (1981). *Fusarium* incited diseases of tomato and potato and their control. Basis for a diseases control system in *Fusarium* diseases. *Biology and taxonomy*, p. 340-349.
- Karkachi, N. (2013). Evaluation de l'effet de triazoliques vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Thèse de doctorat, université d'Oran, Algérie.
- Karunaratne, A., Wezenberg, E. & Bullerman, L. B. (1990). Inhibition of Mold Growth and Aflatoxin Production by *Lactobacillus* Spp. *Journal of Food Protection*, 53, 230-236.
- Keenan, T. W., Lindsay, R. C. (1966). Removal of green flavor from ripened butter cultures. *J. Dairy Sci.*, 49, 1563-1565.
- Kihal, M. (1996). Etude de la production du dioxyde de carbone par *Leuconostoc mesenteroides*, éléments d'application en technologie fromagère type fromage bleu. Thèse de doctorat d'Etat, Université d'Oran, Algérie.
- König, H., Fröhlich, J. (2009). *Lactic Acid Bacteria, Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Koulla, L. & Saaidi, M. (1985). Etude du rôle des inflorescences et de fruits du palmier dattier dans la dissémination du Bayoud. Séminaire National sur l'Agronomie Saharienne, INRA, Marrakech, p. 67-70.
- Laenlmi, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227, 680-685.
- Lafont, R. (2005). *Biologie et Multimédia*. Université Pierre et Marie Curie, UFR de Biologie.

- Lamprecht, S. C., Marasas, W. F. O., Thiel, P. G., Shneider, D. J. & Knox-Davies, P.S. (1986). Incidence and toxigenicity of seedborne *Fusarium* species from annual Medicago species in South Africa. *Phytopathology*, 76, 1040-1042.
- Laref, N. & Guessas, B. (2013). Antifungal activity of newly isolates of lactic acid Bacteria. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 13, 80-88.
- Laref, N., Guessas, B. & Kihal, M. (2013). Antifungal compounds production in different temperatures, pH and modified MRS Agar by *Lactobacillus* strains. *Journal of Biological Sciences*, 13, 94-99.
- Lavermicocca, P., Valerio, F., Evidente, A., Lazzaroni, S., Corsetti, A. & Gobetti, M. (2000). Purification and characterization of novel antifungal compounds from the sourdough *Lactobacillus plantarum* strain 21B. *Applied Environment Microbiology*, 66. 4084-4090.
- Lawrence, R. C., Thomas, T. D. & Terzaghi B. E. (1976). Cheese starters. *J. Dairy Res.*, 43, 141-193.
- Leberre, M. (1978), Mise au point sur le problème du ver de la datte. *Myelois ceratoniae* Zell. In : *Bull. Agr. Sabar.*, 1, 1-35.
- Lemanceau, P. & Alabouvette, C. (1993). Suppression of *Fusarium* wilt by fluorescent *Pseudomonas* : Mechanisms and application. *Edition Biocontrol. Sc. technol.*, 3, 219-324.
- Li, H., Liu, L., Zhang, S., Cui, W. & Lv, J. (2012). Identification of Antifungal Compounds Produced by *Lactobacillus casei* AST18. *Curr. Microbiol.*, DOI 10.1007/s00284-012-0135-2.
- Lillehoj, E. B., Ciegler, A. & Hall, H. H. (1967). Aflatoxin B, uptake by *Flavobacterium aurantiacum* and resulting toxic effects. *J. Bact.* 93, 464.
- Louvet, J. (1977). Observation sur la localisation des chlamydo-spores de *Fusarium oxysporum* dans les tissus des plantes parasites. *Travaux dédiés à G. Viennot-Bourgin, I.N.R.A., Société Française de Phytopathologie, Paris*, 193-197.
- Louvet, J. (1991). Que devons-nous faire pour lutter contre le Bayoud. In : *Physiologie des Arbres et Arbustes en zones arides et semi-arides* (Eds. Riedaker, A., Dreyer, E., Pafadnam, C., Joly, H. & Bory, G.). Groupe d'étude de l'arbre, Jhon Libbey Eurotext, Paris, France, 337-346.
- MacHardy, W. E. & Beckman, C. H. (1981). Vascular wilt Fusaria: infection pathogenesis. In : *Fusarium: Diseases, Biology Taxonomy* (Eds. Nelson, P. E., Toussoun, T.A. & Cook, R. J.), The Pennsylvania State University Press, University Park, 365-390.
- Magnusson J. (2003). Antifungal Activity of Lactic Acid Bacteria. Thèse de doctorat. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

- Magnusson, J. & Schnürer, J. (2001). *Lactobacillus coryniformis* subsp. *coryniformis* strain Si3 produces a broad-spectrum proteinaceous antifungal compound. *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 1-5.
- Magnusson, J., Strom, K., Roos, S., Sjogren, J. & Schnurer, J. (2003). Broad and complex antifungal activity among environmental isolates of lactic acid bacteria. *Fems Microbiology Letters*, 219, 129-135.
- Malençon, G. (1934). Nouvelles observations concernant l'étiologie du Bayoud. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 19, 59-62.
- Malençon, G. (1947). Mission d'étude dans les oasis du territoire d'Ain-Safra et de l'annexe du Tidikelt concernant une maladie du palmier dattier. *Ann. Agr. Alg.*, 2, 139-158.
- Mauch, A., Dal Bello, F., Coffey A. & Arendt, E. K. (2010). The use of *Lactobacillus brevis* PS1 to in vitro inhibit the outgrowth of *Fusarium culmorum* and other common *Fusarium* species found on barley. *International Journal of Food Microbiology*, 141, 116-121.
- Mayo, B., Aleksandrzyk-Piekarczyk, T., Fernández, M., Kowalczyk, M., Álvarez-Martín, P. & Bardowski, J. (2010). Updates in the Metabolism of Lactic Acid Bacteria. *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: Novel Applications 2010*. Blackwell Publishing, p. 3-34.
- Mc Mullen, M. P. & Stack, R. W. (1983). Effect of isolation techniques and media on the differential isolation of *Fusarium* species. *Phytopatology*, 73, 458-462.
- Messaoudi, H. & Messaoudi L. (1989). Etude phytopathologique, morphologique et physiologique de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Mémoire pour l'obtention du D.E.S. Messiaen, C. M. & Cassini, R. (1968). Recherches sur les Fusarioses. IV. La systématique des *Fusarium*. *Ann. Epiphyt.*, 19, 387-454.
- Messiaen, C. M. & Lafon, R. (1970). Les maladies des plantes maraîchères. (Eds.) INRA. Paris. 431 p.
- Michielse, C. B. & Rep, M. (2009). Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. *Molecular Plant Pathology*, 10, 311-324.
- Monchois, V., Willemot, R. M. & Monsan, P. (1999). Glucansucrases : Mechanism of action and structure-function relationships. *Fems Microbiology Reviews*, 23, 131-151.
- Montaigne, D. M. & Fall, A. M. (1986). La protection sanitaire des palmeraies en Mauritanie. *Phytoma*, 9, 41-45.

- Morisset, D. & Frère, J. (2002). Heterogousere, expression of bacteriocins using the mesentericin Y105 dedicated transport system by *Leuconostoc mesenteroides*. *Bioch.*, 84, 569-576.
- Mourichon, X. (2003). Informations nécessaires à l'Analyse du Risque Phytosanitaire (ARP) de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* pour les zones Antilles. CIRAD, pp. 10.
- Muhialdin, B. J. & Hassan, Z. (2011). Screening of Lactic Acid Bacteria for Antifungal Activity against *Aspergillus oryzae*. *American Journal of Applied Sciences*, 8, 447-451.
- Mundt, J. O., Graham, W. F. & Mc Carty, I. E. (1967). Spherical lactic acid-producing bacteria of southern-grown raw and processed vegetables. *Appl. Microbiol.*, 15, 1303-1308.
- Munier, P. (1973). *Le Palmier dattier*, Paris : Maisonneuve et Larose, 15-72.
- Ndagano, D. (2012). Etude de l'activité antifongique des bactéries lactiques isolées de produits alimentaires fermentés et caractérisation de leurs métabolites inhibiteurs. Thèse de doctorat, université de Liège, Belgique.
- Nelson, P. E., Tousson T. A. & Marasas, W. F. (1983). *Fusarium* species. An illustrated manuel for identification. Penn. Stat. Univer. Press., 193 p.
- Nelson, P. E., Tousson, T. A. & Cook, R. K. J. (1981). *Fusarium*. Diseases, Biology and Taxonomy. Penn. Stat. Univ. Press., 457 p.
- Niku-Paavola, M. L., Laitila, A., Mattila-Sandholm, T. & Haikara, A. (1999). New types of antimicrobial compounds produced by *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Applied Microbiology*, 86, 29-35.
- Ollaguier, M., & Renard, J. L. (1976). Influence du potassium sur la résistance du palmier à huile à la fusariose. *Oléagineux*, 5, 203-209.
- Ouinten, M. (1995). *Le palmier dattier dans le système oasien*.
- Ouinten, M. (1996). Diversité et structure génétique des populations Algériennes de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*, agent causal de la fusariose vasculaire (bayoud) du palmier dattier. Thèse de doctorat, université de Montpellier II, 170 p.
- Ozbay, N. & Newman, S. E. (2004). *Fusarium* crown and root rot of tomato and control methods. *J. Plant. Pathol.*, 3, 9-18.
- Palumbo, J. D., O'Keeffe, T. L. & Mahoney, N. E. (2007). Inhibition of ochre toxin : A production and growth of *Aspergillus* species by phenolic antioxidant compounds. *Mycopathologia*, 164, 241-248.

- Penaud, S. (2006). Analyse de la séquence génomique et étude de l'adaptation à l'acidité de *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ATCC 11842. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique de Paris-Grignon, France.
- Pereau Leroy, P. (1958). Le palmier dattier au Maroc. Min. Agric. Maroc, Ser. Rech. Agron. Et Inst. Français Rech. Fruit Outre Mer, Rabat, 142 p.
- Peyron, G. (2000). Cultiver le palmier. (Eds.) CIRAD. N° ISBN 2876143992. 110 p.
- Plocková, M., Stiles, J., Chumchalová, J. & Halfarová, R. (2001). Control of mould growth by *Lactobacillus rhamnosus* VT1 and *Lactobacillus reuteri* CCM 3625 on milk agar plates. Czech J. Food Sci., 19, 46-50.
- Porubcan, R. S. & Sellars, R. I. (1979). Lactic starter culture concentrates. Microbiol. Technology, Vol. 1. Microbiol. processes (Eds.) Pepller, H. J. & Perlman, D. pp. 59-92. New York Academic Press Inc.
- Raillo, A. J. (1950). Fungi of the genus *Fusarium*. Government Publishers of Agricultural Literature, Moscow.
- Rebell, G. (1981). *Fusarium* infections in human and veterinary medicine. In : *Fusarium* : Diseases, Biology and Taxonomy. (Eds.) Nelson, P. E., Tousson, T. A. & Cook, R. J. The Penn. State Univ. Press. Univ. Park and London.
- Riedacker, A. (1990). Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, John Libbey, Eurotext. ISBN 2742000194. 489 p.
- Rodriguez, J. M., Martinez, M. I., Suarez, A. M., Martinez, J. M. & Hernandez, P. E. (1997). Research note: Unsuitability of the MRS medium for the screening of hydrogen peroxide-producing lactic acid bacteria. Letters in Applied Microbiology, 25, 73-74.
- Roger, C. (1990). Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Edit. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 285 p.
- Rouse, S., Harnett, D., Vaughan, A., & Van Sinderen, D. (2008). Lactic acid bacteria with potential to eliminate fungal spoilage in foods. Journal of Applied Microbiology, 104, 915-923.
- Ryan, L. A. M., Dal Bello, F. & Arendt, E. K. (2008). The use of sourdough fermented by antifungal LAB to reduce the amount of calcium propionate in bread. Int J Food Microbiol., 125, 274-8.
- Saaidi, M. & Rodet J. (1974). Lutte contre le Bayoud : II. Efficacité de deux fongicides sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* agent du Bayoud *in vitro*.

- Saaidi, M. (1992). Comportement au champ de 32 cultivars de palmier dattier vis-à-vis du Bayoud : 25 ans d'observations. *Agronomie*, 12, 259-370.
- Sandine, W. E., Radich, P.C. & Elliker, P.R. (1972). Ecology of the lactic streptococci: A review. *J. Milk Food Techn.*, 35, 176-185.
- Schillinger, U. & Villarreal, J. V. (2010). Inhibition of *Penicillium nordicum* in MRS medium by lactic acid bacteria isolated from foods. *Food Control*, 21: 107-111.
- Schleifer, K. H., Kraus, J., Dvorak C., Kilpper-Balz, R., Collins, M. D. & Fischer, W. (1985). Transfert of *Streptococcus lactis* and related streptococci to the genus *Lactococcus*. *Gen. Nov. System. Appl. Microbiol.*, 6, 83-195.
- Schwenninger, S. M., Ah, U., Von Niederer, B., Teuber, M. & Meile, L. (2005). Detection of antifungal properties in *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* SM20, SM29, and SM63 and molecular typing of the strains. *Journal of Food Protection*, 68, 111-119.
- Seifert, K. A. (2001). *Fusarium* anamorphic generic concepts. In: *Fusarium*. (Eds. Summerell, B. A., Leslie, J. F., Backhouse, D., Bryden, W. L. & Burgess L. W), APS Press St. Paul, USA.
- Singleton, P. (1984). Abrégés de bactériologie. Ed. Masson, Paris : 353 – 364.
- Sneath, P. H. A. & Holt, J. G. (2001). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2<sup>nd</sup> edition. Vol 1, p. 64. A Waverly Company, Williams & Wilkins, Springer-Verlag, New York, USA.
- Snyder, W. C., et Hansen, H.N. 1940. The species concept in *Fusarium*. *Amer. J. Bot.*, 27: 64-67.
- Stiles, J., Penkar, S., Plockova, M., Chumchalova, J. & Bullerman, L. B. (2002). Antifungal activity of sodium acetate and *Lactobacillus rhamnosus*. *J. Food Prot.*, 65, 1188-1191.
- Stiles, J., Plocková, M., Toth, V. & Chumchalová, J. (1999). Inhibition of *Fusarium* sp. DMF 0101 by *Lactobacillus* strains grown in MRS and Elliker broth *Adv. Food Sci.*, 21, 117–121.
- Stiles, M. E. & Holzappel, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *International Journal of Food Microbiology* 36, 1-29.
- Streit F. (2008). Influence des conditions de récolte et de concentration sur l'état physiologique et la cryotolérance de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CF11. Thèse de doctorat. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro. Paris Tech.)

- Ström, K. (2005). Fungal inhibitory lactic acid bacteria characterization and application of *Lactobacillus plantarum* Mi LAB 393. Thèse de doctorat, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Summerell, B. A., Leslie, J. F., Backhouse, D., Bryden, W. L. & Burgess, L. W. (Eds.). (2001). *Fusarium* : Paul E. Nelson Memorial Symposium. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota. 408 pp.
- Tabti, M. (2008). Effet de *Lactococcus lactis* locales sur des bactéries pathogènes impliquées dans la pathologie digestive *in vitro*. Mémoire de magister, université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie.
- Takrouni, L., Rhouma, A., Khoualdia, O. & Allouchi, B. (1988). Observations préliminaires sur deux graves maladies d'origine inconnue du Palmier dattier en Tunisie. INRA, Tunisie, 61, 2-16.
- Tantaoui A. (1989). Contribution à l'étude de l'écologie du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* agent causal du bayoud. Densité et répartition de l'inoculum au sein du peuplement fusarien. D.E.S., Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.
- Tantaoui, A., Quinten, M., Geiger, J. P. & Fernandez, D. (1996). Characterization of a signale clonal lineage of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* causing Bayoud disease of date palm in Morocco. Phytopathol., 86, pp. 787.
- Toutain, G. (1965). Note sur l'épidémiologie du bayoudh en Afrique du Nord. El Awamia, 15, 37-45.
- Valerio, F., Favilla, M., De Bellis, P., Sisto, A., De Candia, S. & Lavermicocca, P. (2009). Antifungal activity of strains of lactic acid bacteria isolated from asemolina ecosystem against *Penicillium roqueforti*, *Aspergillus niger* and *Endomyces fibuliger* contaminating bakery products. Systematic and Applied Microbiology, 32, 438-448.
- Vanachter, A. (1991). Désinfection des sols à l'aide des fumigants : cas du Bayoud. Bulletin du Réseau Maghrébin de Recherche, 1, 14-20.
- Vandamme, P., Pot, B., Gillis M., De Vos, P., Kersters, K. & Swings, J. (1996). Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics. Microbiol. Rev., 60, 407-438.
- Vanne, L., Kleemola, T. & Haikara, A. (2000). Microbial assessment and quality evaluation of ogi during spoilage. World J. Microbiol. Biotech., 18, 731-737.
- Vaughan, E. E., Caplice, E., Looney, R., O'Rourke, N., Coveney, H., Daly, C. & Fitzgerald, G. F. (1994). Isolation from food sources, of lactic bacteria that produced antimicrobials. Journal of Applied Bacteriology, 76, 118-123.

- Vedamuth, E. R. (1994). The dairy *Leuconostoc* : Use in dairy products. J. Dairy Sci.77:2725-2737.
- Vilardebo A. (1973). Principaux parasites de la datte et du dattier. In : Munier P., Le Palmier dattier. Paris : Maisonneuve et Larose, 67-95.
- Vilardebo, A. (1975). Enquête diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. In : Bull. Agron. Sahar., 01, 1-27.
- Voulgari, K., Hatzikamari, M., Delepoglou, A. & Tzanetakis, N. (2010). Antifungal activity of non-starter lactic acid bacteria isolates from dairy products. Food Control, 21, 136-142.
- Waltz, S. S. & Johnes, J. P. (1981). Nutritionale quirements of *Fusarium oxysporum*. Basis for a disease control system.
- Wang, X., Yu, J., Wang, Y. & Wang, L. (2002). Mechanism-based quantitative structure activity relationships for the inhibition of substituted phenols on germination rate of *Cucumis sativus*. Chemosphere, 46, 241-250.
- Wollenweber, H. W. & Reinking, O. A. (1935). Die *Fusarien*, ihre Beschreibung, Schadwirkung and Bekämpfung. Berlin. Paul Parey., 355 p.
- Yezli, W. (2010). Étude morphologique, pouvoir pathogène et activité protéolytique chez *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Mémoire de magister, université d'Oran, Algérie.
- Zaarour, K. (2010). Contribution à l'étude microbiologique et technologique des espèces de *Leuconostoc mesenteroides* isolées de différents écosystèmes. Mémoire de magister, université d'Oran, Algérie.
- Zabouri, Y. (2010). Étude de l'activité pectinolytique, pouvoir pathogène et compatibilité végétative chez *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Mémoire de magister, université d'Oran, Algérie.
- Zaïd, A. (2002). Date Palm Cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper. 156 Rev.1. ISSN 0259-2517, ISBN 92-5-104863-0.
- Zhao, D. (2011). Isolation of antifungal lactic acid bacteria from sources and their use to inhibit mold growth in cheese. Mémoire de master, université San Luis Obispo, California, U.S.A.

## RÉSUMÉ

Dans ce travail, quatre bactéries lactiques (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* et *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*), ont été examinés *in vitro* pour leur capacité à lutter contre douze souches de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa), agent causal du « Bayoud », la maladie la plus destructrice du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) en Algérie.

Les résultats de la méthode de la confrontation directe des quatre souches lactiques vis-à-vis des douze isolats de *F.o.a* sur le milieu PDA et MRS Agar ont montré une meilleure inhibition par les souches lactiques sur le milieu MRS Agar. La souche lactique *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* a donné le taux d'inhibition le plus élevé, 13.51 % et 40.29 % sur le milieu PDA et 41.17 % et 100 % sur le milieu MRS Agar, suivie par les autres souches avec des taux d'inhibition qui ont atteint 35.82 % sur le milieu PDA et 19.29 % et 100 % sur le milieu MRS Agar.

Les résultats de la méthode de diffusion sur milieu gélosé et de la double couche ont montré que les bactéries lactiques utilisées sécrètent des substances bioactifs après 24 h d'incubation, ces substances ont un effet anti-*Fusarium*, avec un pourcentage d'inhibition qui atteint 49.41 %.

Les observations microscopiques dans les zones de confrontation du champignon avec les bactéries lactiques, ont montré qu'il y a un mycélium stérile, ce qui veut dire que les bactéries lactiques utilisées inhibent la sporulation.

L'étude réalisée par électrophorèse système SDS-PAGE a révélé qu'il y a une similarité des profils électrophorétiques chez les isolats de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

### **Mots clés :**

Palmier Dattier; *Phoenix Dactylifera* L.; *Fusarium Oxysporum Albedinis*; Lutte Biologique; *Lactococcus Lacti*; *Lactococcus Lactis Diacetylactis*; *Leuconostoc Mesenteroides*; *Leuconostoc Mesenteroides Dextranicum*; SDS-PAGE.