

La tache septorienne du blé: Première signalisation de la présence en Algérie des deux Mating types du téléomorphe *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schröter, (anamorphe : *Septoria tritici* Rob. ex Desm.) et diversité phénotypique de l'agent pathogène

Ayad D.⁽¹⁾, Sayoud R⁽²⁾, Benbelkacem K.⁽³⁾ et Z. Bouznad⁽¹⁾

(1) Laboratoire de Phytopathologie et biologie moléculaire, ENSA El Harrach aydji@yahoo.fr;

(2) Consultant, ancien cadre ITGC et (3) INRAA Constantine

Résumé

La culture du blé reste fortement attaquée en Algérie par la tache septorienne (septoriose) causée par *Mycosphaerella graminicola* (anamorphe = *Septoria tritici*). Ce pathogène s'est montré très préjudiciable au cours des dernières décennies, pouvant réduire les rendements de plus de 60%. Cependant, aucun des travaux réalisés n'a jamais signalé la présence du téléomorphe *M. graminicola* en Algérie, principale source de variabilité du pathogène. Aussi, dans une première approche, l'étude de la diversité phénotypique de ce pathogène a porté sur une collection de 27 isolats dont 23 sont issus du blé dur et 4 du blé tendre, obtenus des régions Centre (Mitidja, Kabylie) et région Est (Constantine, Annaba). Les résultats ont montré une variabilité des isolats sur le plan cultural, morphologique et pathologique. Dans une deuxième partie, des confrontations d'isolats réalisés deux à deux ont permis pour deux couples l'obtention de pseudothèces, indiquant l'existence en Algérie des deux mating types compatibles nécessaires à la formation du téléomorphe. Ces résultats supposent donc la possibilité de formation de la reproduction sexuée dans les cultures, chose qui n'a jamais été observée à ce jour en Algérie.

Mots clés : *Mycosphaerella graminicola*, diversité phénotypique, téléomorphe, mating types.

Abstract

The wheat is strongly attacked by *Septoria* leaf blotch disease caused by *Mycosphaerella graminicola* (anamorph = *Septoria tritici*) in Algeria. This pathogen has been very damaging in recent decades, can reduce yields by more than 60%. However, any of all of the previous studies, never indicates the presence of the teleomorph *M. graminicola* in Algeria, the main source of variability of the pathogen. Also, in a first approach the phenotypic diversity of this pathogen has focused on a collection of 27 isolates which 23 are from durum wheat and 4 from soft wheat. These 27 isolates are obtained from the central regions (Mitidja, Kabylie) and Eastern Region (Constantine, Annaba). The results show a cultural, morphological and pathological variability of isolates. In the second part, confrontations of isolates are made in pairs and allowed for two couples to getting pseudothecia that indicating the existence of two compatible mating types in Algeria required for the formation of the teleomorph. These results imply the possibility of sexual reproduction in cultures, something that has never been observed to date in Algeria.

Keywords: *Mycosphaerella graminicola*, phenotypic diversity, teleomorph, mating types.

Keywords: Type your keywords here, separated by semicolons ;

INTRODUCTION

Le blé (*Triticum durum* et *T. aestivum*) est l'une des cultures céréalières les plus importantes en Algérie, qui reste fortement menacée par différents stress abiotiques et biotiques. Durant ces dernières années, de nombreuses maladies à taches foliaires sont observées. La tache bronzée causée par *Pyrenophora tritici-repentis* (anamorphe = *Drechslera tritici-repentis*) et la tache septorienne causée par *Mycosphaerella graminicola* (anamorphe = *Septoria tritici*), sont largement distribuées dans les régions céréalières de l'Algérie (2, 3). Ces deux maladies seraient à l'origine d'importants dégâts sur les variétés sensibles de blés durs et de blés tendres. L'importance des pertes dépend des cultivars utilisés et des isolats existants, pouvant ainsi réduire les rendements de plus de 60% (9); en particulier, *M. graminicola* qui s'est montré très préjudiciable au cours des dernières décennies lorsque les conditions climatiques sont favorables.

Le téléomorphe *M. graminicola* considéré souvent comme un inoculum primaire de déclenchement des épidémies a été observé et décrit pour la première fois sur des débris de culture en Nouvelle Zélande par Sanderson (1972) puis signalé par la suite dans plusieurs pays du monde, en France (13), Canada (15) en Slovaquie (21) et plus récemment reporté au Maroc (7).

La variabilité du pathogène et son épidémie, sont restées inconnues en Algérie. Cette forme de reproduction sexuée du pathogène est aussi à l'origine d'une possible variabilité pathologique et l'apparition de nouveaux pathotypes dans le champ ; elle reste inconnue en Algérie. La caractérisation du pathogène dans le monde porte souvent sur les trois aspects : cultural, morphologique et pathologique. En Algérie, les travaux antérieurs réalisés sur cette maladie, ont porté essentiellement sur la caractérisation pathologique de l'anamorphe *Septoria tritici* (18, 26, 2). Concernant la caractérisation morpho-culturale, des variations dans les aspects de culture des colonies, leur couleur, leur étendue, leur bordure ainsi que les mensurations des pycnidiospores ont été souvent rapportées dans le monde sur les *Septoria* spp. et particulièrement sur *M. graminicola* (5).

Afin de mieux connaître l'agent pathogène et maîtriser la maladie, ce travail a porté en premier temps sur une étude systématique d'une collection d'isolats de *M. graminicola* par des critères phénotypiques (aspect cultural, morphologie des conidies et pouvoir pathogène) dans le but de caractériser les isolats existant en Algérie.

Dans un deuxième temps, la réalisation des confrontations *in vitro* pour identifier les groupes de compatibilité (MAT1-1 et MAT1-2) est nécessaire pour la reproduction sexuée du pathogène au champ.

1. MATERIELS ET METHODES

2.1. Prospections : Les prospections ont été réalisées sur deux campagnes agricoles successives 2003/2004 et 2004/2005, par un échantillonnage inter régional à travers différentes régions et au sein d'une même région. La méthode d'échantillonnage est celle adoptée par Mc Donald (20). Les régions prospectées sont principalement l'Est et le Centre d'Alger (Oued Smar), Tizi Ouzou (Mekla et Freha), Constantine (Beni Mestina) et Annaba. Les régions dans lesquelles a été effectué l'échantillonnage intra-régional sont Annaba et Alger centre (Oued Smar). Huit prélèvements par champ et par région sont réalisés (Fig. 1).

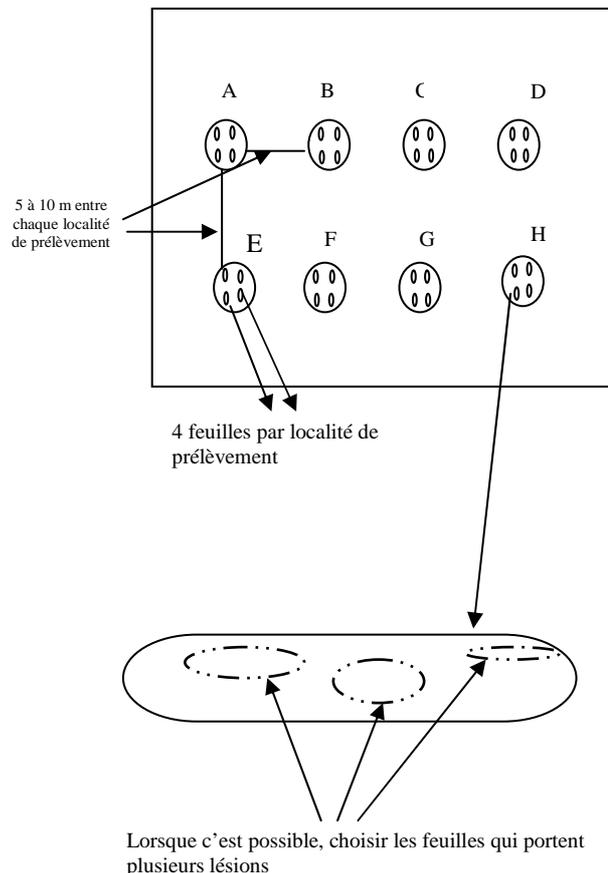


Figure 1 : Méthode d'échantillonnage de *M. graminicola* (Mc Donald, 1991).

2.2. Isolement : Les isolats de *M. graminicola*, sont obtenus en effectuant une dilacération des cirrhes issus des pycnides. A cet effet, sous une hotte stérile à flux d'air laminaire horizontale des petits fragments de feuilles

de blé (dur et tendre) de 5 à 7 cm présentant des nécroses avec beaucoup de pycnides typiques, de *M. graminicola*, sont désinfectés superficiellement à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium à 2 % pendant 7 à 10 mn, puis rincés deux fois à l'eau distillée stérile et ensuite séchés sur du papier filtre stérile. Des fragments de 4 cm sont placés dans des boîtes de Petri contenant du papier buvard stérile et humide, et sont incubés à une température ambiante du laboratoire allant de 20 à 22°C.

2.3. Caractérisation culturelle et morphologique :

Après purification et mise en culture des isolats de *M. graminicola* sur milieu YMA à une température ambiante du laboratoire allant de 20 à 22°C (24), les différences culturelles entre les colonies des isolats sont notées (aspect des colonies, couleur, superficie, forme, bordure, structure interne ainsi que la sporulation).

La variabilité morphologique étant un des critères privilégiés de la diversité des populations. Une estimation des dimensions de la longueur (L) et du diamètre (D) des pycnidiospores est réalisée ; cette mensuration est effectuée à l'aide d'un microscope photonique préalablement étalonné.

2.4. Etude du pouvoir pathogène : L'inoculation est réalisée par pulvérisation des plantules de blé dur et tendre au stade trois feuilles par une suspension de pycnidiospores à une concentration de 10^6 spores/ml. Les semis sont réalisés à raison de 09 graines par lignes et 03 lignes par terrine pour chacune des trois variétés ; les plants témoins sont pulvérisés avec de l'eau. Afin de maintenir une humidité élevée de 80% à 90 % nécessaire à l'infection et au développement des symptômes, chaque terrine est recouverte par un sac en PVC transparent. Après 72 heures d'incubation à une température variant entre 22 et 24°C à la lumière du jour, un humidificateur est placé entre les plantules et elles sont arrosées à raison de deux à quatre pulvérisations par jour. Les notations ont porté sur quatre paramètres essentiels (PI, PL, SFN et DP) exprimant la résistance et le pouvoir pathogène (10).

2.5. Etude du téléomorphe : *M. graminicola* est un champignon hétérothallique et le protocole de Kaiser et Kusmenoglu mis au point pour *Ascochyta rabiei* est adopté afin d'identifier les groupes de compatibilité de la reproduction sexuée(16). Des confrontations *in vitro* des isolats deux à deux ont été réalisées comme suit : Des feuilles et tiges de blé tendre récoltées au stade maturité (chaume), sont coupées en morceau de 5 à 7 cm. Chaque morceau de feuille de blé est recouvert par du papier aluminium pour stérilisation par autoclavage à 120 C° pendant 20 minutes.

Des suspensions de spores à la concentration de 10^6 spores / ml sont préparées pour chaque isolat. Des morceaux de feuilles stérilisés, sont plongés dans des tubes à essais contenant 20 ml de suspension conidienne des 2 isolats mélangés deux à deux à concentration égale

et volume égal durant environ 60 mn. Les morceaux de feuilles inoculés sont égouttés et placés sur 2 couches de papier filtre (Wattman) stérile dans des boîtes de Petri stériles en Pyrex. Les boîtes sont ensuite incubées à 22°C pendant 24 heures puis placées à 10°C à l'obscurité. Des observations sous la loupe et microscopiques sont réalisées quotidiennement sur les confrontations mises en incubation à partir de la quatrième semaine. Au début, l'observation des échantillons est réalisée sous la loupe pour détecter la formation sous épidermique des pseudothèces. Ces derniers sont prélevés stérilement sous hotte stérile, montés entre lames et lamelles dans une goutte d'eau, puis légèrement écrasés pour observer les asques et ascospores sous microscope photonique binoculaire au grossissement $\times 320$.

2.6. Analyse statistique : L'analyse statistique des résultats est réalisée par une analyse de la variance et une analyse hiérarchique des groupements, des individus ou des paramètres étudiés selon le logiciel STATITCF version 5.0.

Nous avons utilisé ces analyses statistiques pour montrer le rapprochement ou l'éloignement entre les deux facteurs isolats et variétés, ensuite nous avons analysé un seul facteur qui est l'isolat afin de mettre en évidence la variabilité de leur pouvoir pathogène.

3. Résultats et discussions

3.1. Collection des isolats de *Mycosphaerella graminicola*:

23 isolats sont obtenus à partir de 08 variétés différentes de blé dur provenant de 02 régions principales (Alger et Annaba) (Tabl. 1) et 04 isolats issus de 02 variétés de blé tendre provenant de 03 régions différentes (Alger, Tizi Ouzou et Constantine) (Tabl. 2).

3.2. Caractérisation phénotypique de *Mycosphaerella graminicola*

3.2.1 Caractères culturels

L'étude *in vitro* sur milieu YMA a montré une variation culturelle des 27 isolats de *M. graminicola* (Tabl. 3 et 4). En considérant les 8 caractères étudiés (l'aspect des colonies, type de culture, la couleur, l'étendue de la culture, la forme, la bordure et la structure interne de la sporulation), les isolats peuvent être regroupés en trois principaux types culturels : stromatique (crème bactérienne), mycélien filamenteux et albino (Fig. 2).

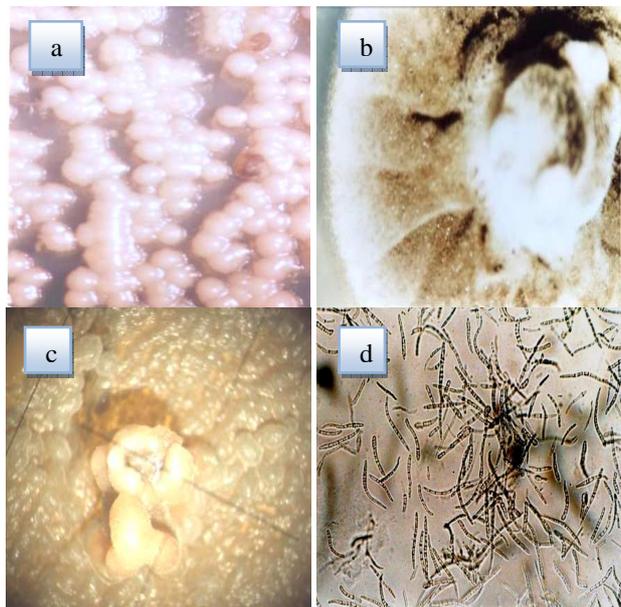


Figure 2. Types culturels et pycnidiospores de *M. graminicola*

- a- Type stromatique
- b- Type mycélien filamenteux
- c- Type albino
- d- Les micro et macro pycnidiospores de *M. graminicola* (G : $\times 32$).

3.2.2 Description des trois types culturels de *M. graminicola*:

Après plusieurs repiquages, les colonies issues de cultures monoconidiennes de *M. graminicola* ont présenté des différences culturelles très distinctes. Selon Cordo et al, (6) ces dernières ont été classées en trois types décrits comme suit :

a- Type stromatique (crème bactérienne)

Les Colonies sont minces d'aspect crème bactérien, circulaire ou parfois irrégulier, de bordure ondulée surélevée, rose clair à rose, de surface généralement radieuse et brillante (Fig. 2-a).

b- Type mycélien filamenteux

Les Colonies sont circulaires à aspect mycélien ; surface lisse et plane, rose chamois, portant une crête de mycélium cotonneux blanchâtre (Fig. 2-b).

c- Type albino

Les Colonies ont un aspect duveteux, de forme irrégulière et de bordures ondulées et dures; la couleur présente un

mélange de rose clair et gris foncé avec une surface rugueuse et filamenteuse (Fig. 2- c).

Ces variations dans l'aspect culturel des colonies, ont été souvent rapportées pour les *Septoria* spp. : *Septoria lycopersici* (20), *Stagonospora nodorum* (12), *Stagonospora avenae* (14) et particulièrement *M. graminicola* (5). D'après ces travaux, la variabilité culturelle des isolats de *M. graminicola* est exprimée par la forme des colonies, leur couleur, leur étendue et leur bordure.

Les types culturels des isolats de *M. graminicola* obtenus en Algérie, correspondent donc à des descriptions rapportées par plusieurs auteurs : Cordo et Lindkuist (4) ; Fitzgerald et Cooke (11) et Cordo et al (5).

Cette variabilité culturelle peut s'expliquer par la présence d'un gène inactif venant de la génération des parents qui devient actif et produit des changements dans les générations descendantes (5).

3.2.3 Caractères morphologiques

L'étude morphologique des pycnidiospores de *M. graminicola* en mesurant de façon aléatoire la longueur et le diamètre de 100 pycnidiospores, a permis de distinguer une forte variabilité des macro conidies et micro conidies. Il y a certainement une relation entre les différences constatées sur l'aspect culturel des colonies de *M. graminicola* et les mensurations des pycnidiospores, d'où l'intérêt qu'il lui est porté comme un indicateur privilégié de la diversité des populations.

Les résultats obtenus montrent la présence de deux types de pycnidiospores qui se distinguent par leur longueur et leur septation (Tabl. 5). Des macro-pycnidiospores (Fig. 2-d) dont la taille varie selon les régions et la plante hôte (blé dur ou blé tendre) de 25,25 – 65 (45,40) μm de longueur et de 1,20 – 2,44 (1,65) μm pour le diamètre. Les micro-pycnidiospores ont des dimensions qui varient de 8,20 – 10,90 (8,40) x 0,35 – 1,00 (0,95) μm . Ces mensurations des pycnidiospores des 27 isolats de *M. graminicola* obtenus de blé dur et blé tendre en Algérie, correspondent très sensiblement aux dimensions des pycnidiospores rapportées par Eyal et al. (10).

Cependant, des différences sont constatées entre les isolats obtenus du blé dur et du blé tendre (Tabl. 5). En effet, les mensurations de la longueur et du diamètre des pycnidiospores de *M. graminicola* obtenus du blé dur montrent une plus grande variabilité de leur taille que les isolats obtenus du blé tendre. De plus, quelques isolats ont présenté des dimensions très variables de longueur et de diamètre des macro-pycnidiospores avec une absence totale de micro-pycnidiospores, alors que d'autres ont présenté 1 % de micro-pycnidiospores (Fig.2-d). Par

ailleurs, l'examen de ces dimensions montre une longueur moyenne plus élevée et moins de variabilité (plus homogènes) pour les isolats obtenus du blé tendre que ceux isolés du blé dur (plus hétérogènes). Ces résultats sont à confirmer avec un nombre plus élevé d'isolats notamment à partir de blé tendre, car ces différences ne sont pas mentionnées par les auteurs.

L'analyse statistique révèle des différences très hautement significatives pour les deux caractères morphologiques, longueur et diamètre des macro-pycnidiospores.

Les mensurations des pycnidiospores ont été réalisées afin de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de diversité morphologique. Il y a certainement une relation entre les différences constatées sur l'aspect cultural des colonies de *M. graminicola* et les mensurations de leur pycnidiospores, d'où l'intérêt de la variabilité morphologique qui a été manifesté pendant longtemps comme un indicateur privilégié de la diversité des populations. Djerbi (6) a rapporté que le *S. tritici* montre un polymorphisme très marqué lorsqu'il est cultivé *in vitro* ; pour la germination des spores, Weber (28) avait

déjà observé la production *in vitro* de microconidies par les pycnidiospores. Benedict (1) en a donné une description plus détaillée et Djerbi (6) en fait également mention pour les pycnidiospores obtenues *in vivo*.

3.3 Variabilité du pouvoir pathogène

Quatre paramètres de la maladie : PI, PL, SFN et DP, ont permis d'apprécier le pouvoir pathogène des isolats et la résistance des génotypes.

3.3.1 Période d'incubation (PI) et Période de latence (PL) :

Les premiers symptômes de *M. graminicola* apparaissent généralement 5 à 6 jours après l'inoculation, sous forme de lésions chlorotiques (10). Ainsi, l'ensemble des isolats testés a donné des chloroses au bout du 7^{ème} jour d'incubation. Cependant, la période de latence a été plus au moins longue selon la sensibilité ou la résistance des variétés testées. L'apparition des premières chloroses est observée sur les extrémités des feuilles à partir du 5^{ème} jour chez les variétés sensibles et au bout de 10 jours chez les variétés résistantes (Fig. 3).

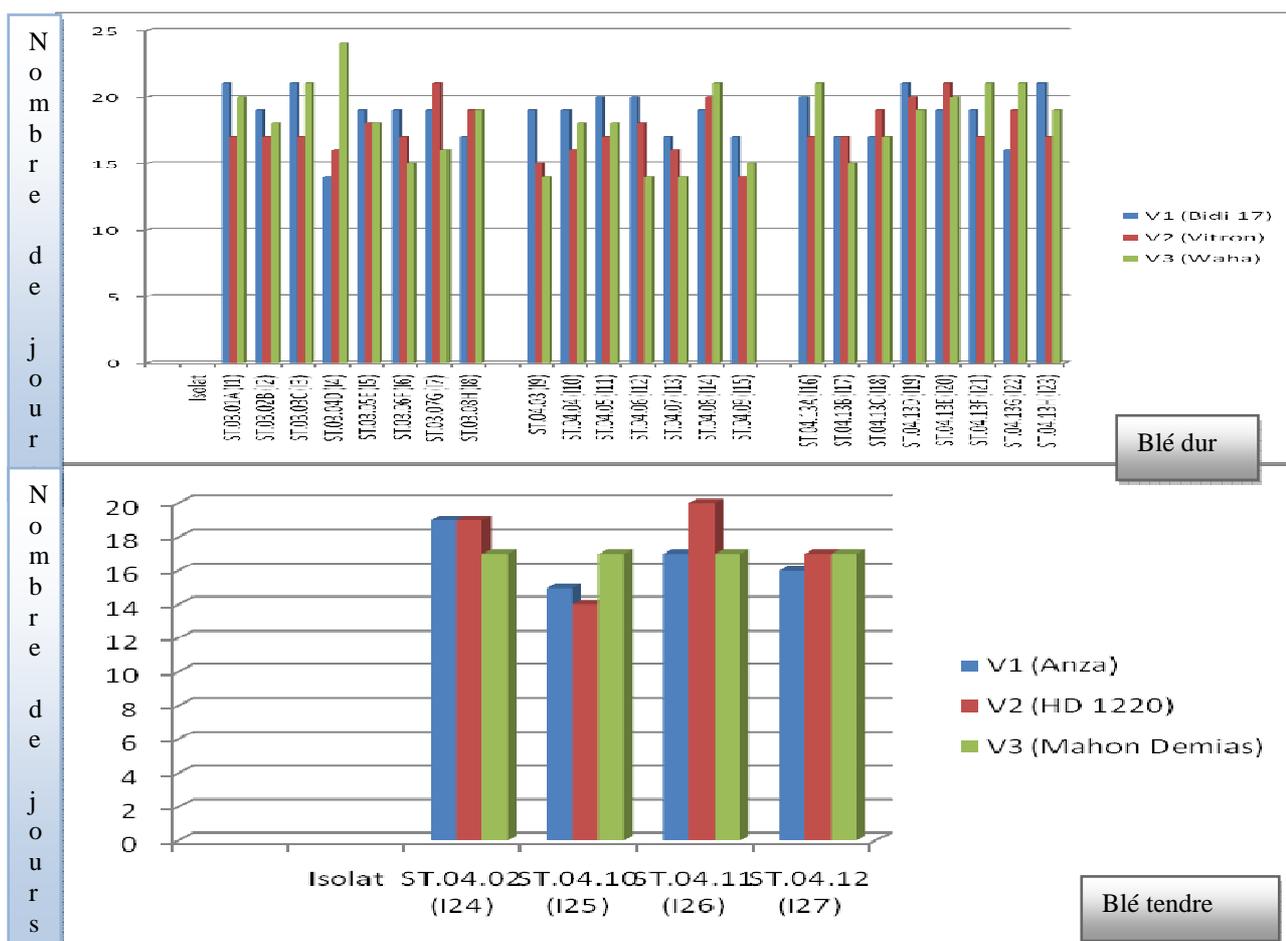


Figure 3. Périodes de latence en jours

L'apparition des pycnides sur les feuilles de blé se manifeste entre 2 à 3 semaines d'incubation. Pour ces deux périodes, il n'existe pas une différence significative entre les isolats étudiés.

Toutefois, l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les isolats pour les périodes d'incubation et de latence.

3.3.2 Indice de la surface foliaire nécrosée (SFN) et de la densité pycnidienne (DP) : Faisant suite à la surface foliaire nécrosée qui est considérée comme un des principaux paramètres d'évaluation de la septoriose à l'égard de *M. graminicola*, comme signalée par plusieurs auteurs (8), la formation des pycnides est exprimée par la densité pycnidienne (DP). Ce dernier stade de la maladie a permis d'évaluer la sévérité des isolats, mais surtout d'apprécier le niveau de résistance des variétés étudiées. Les résultats obtenus ont permis de constater que les isolats ont présenté des différences significatives dans leurs surfaces foliaires nécrosées (SFN) (Tabl. 6 et 7) ainsi que dans leur densité pycnidienne (DP) pour les deux espèces de blé étudiées (Tabl. 8 et 9).

La surface foliaire nécrosée (SFN) et la densité pycnidienne (DP) sont les principaux paramètres d'évaluation de la septoriose qui conditionnent l'extension d'une épidémie à *M. graminicola* (9).

Toutes les variétés de blé dur et tendre ont manifesté un comportement moyennement sensible à sensible à l'égard de la majorité des isolats (Tabl.10 et 11).

L'analyse de la variance pour les deux caractères SFN et DP s'est révélée très hautement significative pour les isolats ainsi que pour les variétés.

De plus, Perello et al, (23) ont rapporté que la réaction des variétés traduit les différents comportements des isolats à travers les deux variables, SFN et DP. Ces deux derniers paramètres permettent de séparer les isolats en fonction de leur comportement, mais avec un net avantage pour la DP. Ce dernier paramètre a permis de classer les isolats selon leur degré d'agressivité sur chaque variété.

3.4 Obtention du téléomorphe *M. graminicola*

Le mélange à concentration égale des isolats deux à deux et leur incubation en conditions contrôlées sur des fragments de tiges de blé a permis après 8 semaines, l'obtention de pseudothèces de *M. graminicola*, la forme sexuée de *S. tritici* pour un nombre limité de couples (Fig. 4).

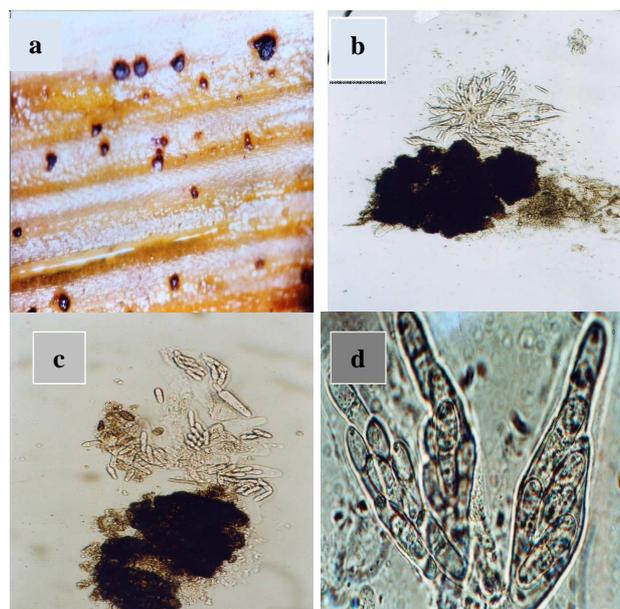


Figure 4. Formation des pseudothèces de *M. graminicola*, et libération des ascospores.

- a- Formation d'un pseudothèce, légèrement enfoncé dans les tissus de blé (chaume) (G : x8)
- b- Eclatement d'un pseudothèce et libération des asques (G : x32)
- c- Libération des ascospores (G : 4x10x0.8)
- d- Aspect des asques et ascospores bicellulaires de *M. graminicola* (G : x32)

En effet, sur les 79 confrontations réalisées, seuls deux couples d'isolats ont permis la formation de la forme parfaite *M. graminicola*. Les deux couples hétérothalliques compatibles sont : MG.BT.04.02 x MG.BT.04.11 et MG.BT.04.02 x MG.BT.04.10. Le MAT (1-1) et le MAT (1-2) qui ont permis la formation de pseudothèces sont tous issus du blé tendre et provenant de deux régions géographiques différentes. L'isolat MG.BT.04.02 provient de la région de Beni Mestina (Constantine) alors que les isolats MG.BT.04.10 et MG.BT.04.11 proviennent respectivement de Freha et de Meklaâ de la région de Tizi Ouzou.

Le nombre de pseudothèces formés est très réduit et mesurant 98,4 à 107,7 µm de diamètre (Tabl. 10). Ainsi, les asques produits dans ces pseudothèces sont bituniqués, obpiriformes, contenant 08 ascospores hyalines, bicellulaires et irrégulièrement arrangées (Fig. 4-d). Ils mesurent de 45,4 à 59,7 µm de long et 7,7 à 10,7 µm de diamètre ; les ascospores mesurent de 11,4 à 15,1 µm de long et 2,2 à 4,1 µm de diamètre (Tabl. 12).

Les pseudothèces obtenus *in vitro* correspondent parfaitement à la forme *M. graminicola* décrite par Scott et al. (26), Madariaga et Gilchrist (19) et Pastircak (21).

40 **La tache septorienne du blé: Première signalisation de la présence en Algérie des deux Mating types du téléomorphe *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schröter, (anamorphe : *Septoria tritici* Rob ex Desm.) et diversité phénotypique de l'agent pathogène**

En effet, ces derniers auteurs ont signalé que la mise en culture des ascospores de *M. graminicola* sur un milieu synthétique adéquat, produit des conidies caractéristiques à celles de *S. tritici*.

Les résultats obtenus ont montré que seules les confrontations des isolats issus de blé tendre ont permis l'obtention de la forme parfaite *M. graminicola*. En effet, Shaw et Royle, (23) ont rapporté que la reproduction sexuée est initiée par la rencontre et la fusion de deux gamètes qui sont génétiquement compatibles. Dans le cas de cette étude, la détermination des types hétérothalliques (Mating type) par la combinaison d'une série de 27 isolats de *M. graminicola* par la technique « confrontation des isolats deux à deux » a révélé l'existence des deux types (MAT1-1 et MAT1-2) sur le blé tendre. Ce résultat indique que la forme sexuée *M. graminicola* pourrait exister en conditions naturelles en Algérie et constituer une source d'inoculum primaire dans le développement de l'épidémie de la septoriose du blé. Cette forme pourrait engendrer une recombinaison génétique importante et met la résistance variétale en péril (10).

CONCLUSION GENERALE

Le présent travail a montré que la septoriose du blé prend de l'ampleur de plus en plus, dont l'agent causal *M. graminicola* est un pathogène très répandu dans différentes régions d'Algérie, notamment Annaba, Constantine, Tizi Ouzou et Alger.

La caractérisation des isolats obtenus par différents critères, a montré une diversité inter et intra régionale de

l'agent pathogène *M. graminicola*. Cette étude constitue une première approche à l'étude de la variabilité pathologique et génétique des isolats en Algérie.

Ainsi, l'étude phénotypique de l'agent pathogène ayant portée sur la caractérisation culturelle, morphologique et pathologique est très utile, mais elle reste insuffisante pour différencier clairement les souches de *M. graminicola*.

Concernant la mise en évidence en Algérie des deux groupes de compatibilité sexuel pour la formation du téléomorphe (les deux mating types) de *M. graminicola*, elle répond davantage à l'hypothèse de sa possible formation au champ sur les résidus de culture même si elle reste peu fréquente par le fait que l'un des deux groupes de compatibilité ne se rencontre pas fréquemment pour assurer un inoculum primaire dans le déclenchement des épidémies. Elle serait également à l'origine d'une probable diversité génétique de *M. graminicola*, sachant que la reproduction sexuée en général, joue un rôle très important dans la structuration génétique des champignons phytopathogènes.

Le travail réalisé a apporté donc des données nouvelles sur la connaissance de *M. graminicola* en Algérie et a ouvert des perspectives intéressantes pour des études ultérieures, en considérant un plus grand nombre d'isolats. En particulier l'utilisation d'outils moléculaires de caractérisation permettra d'approfondir les connaissances sur la diversité des populations de *M. graminicola* et des pathotypes existants en Algérie. Toutes ces données seront d'un apport précieux dans les programmes de sélection pour la résistance et la mise en place de méthodes de lutte efficaces pour garantir une agriculture durable concernant la culture du blé.

Tableau 1 : Isolats de *M. graminicola* obtenus du blé dur

Code	Espèce	Variété	Groupe échantillonnage	Région d'isolement
MG.BD.03.01A	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.03.02B	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.03.03C	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.03.04D	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.03.05E	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.03.06F	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.03.07G	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.03.08H	Blé dur	VITRON	G1	Annaba
MG.BD.04.03	Blé dur	ISLADCO		Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.04	Blé dur	OTB-2		Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.05	Blé dur	AINZEN-01		Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.06	Blé dur	AINZEN-02		Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.07	Blé dur	ACSAD/031		Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.08	Blé dur	HOGGAR		Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.09	Blé dur	VITRON		Tizi Ouzou (Mekla)
MG.BD.04.13A	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.13B	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.13C	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.13D	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.13E	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.13F	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.13G	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)
MG.BD.04.13H	Blé dur	VITRON	G2	Alger (Oued Smar)

G1 et G2 représentent les deux groupes d'échantillonnage intra régionales de *M. graminicola* selon le modèle de Mc Donald (1991).

Tableau 2 : Isolats de *M. graminicola* obtenus du blé tendre

Code	Espèce	Variété	Région d'isolement
MG.BT.04.02	Blé tendre	HD1220	Constantine (Beni Mestina)
MG.BT.04.10	Blé tendre	HD1220	Tizi Ouzou (Freha)
MG.BT.04.11	Blé tendre	HD1220	Tizi Ouzou (Mekla)
MG.BT.04.12	Blé tendre	TRACHA'S'//CMH76-25/PVN'S'	Alger (Oued Smar)

Tableau 3: Caractères cultureux des 23 isolats de *M. graminicola* du blé dur observés sur le milieu de culture YMA.

Caractères cultureux Isolats	TC(1)	AS(2)	CL(3)	ET(4)	FO(5)	BO(6)	SI(7)	SP(8)
MG.03.01A (I1)	ST	ST	GC	RA	C	ON	O	A
MG.03.02B (I2)	ST	ST	RE	L	I	ON	T	A
MG.03.03C (I3)	LE	ST	RC	RU	C	SO	SO	P
MG.03.04D (I4)	ST	ST	RE	RA	I	ON	T	A
MG.03.05E (I5)	ST	ST	RC	L	C	ON	O	P
MG.03.06F (I6)	M	CO	B	CO	I	F	O	A
MG.03.07G (I7)	LE	F	GC	F	I	SO	O	A
MG.03.08H (I8)	ST	ST	RC	RA	I	ON	T	P
MG.04.03 (I9)	ST	ST	RC	RA	I	ON	SO	A
MG.04.04 (I10)	LE	F	GO	RU	I	SO	O	A
MG.04.05 (I11)	ST	ST	GC	L	I	ON	T	A
MG.04.06 (I12)	LE	ST	RE	RU	C	SO	T	P
MG.04.07 (I13)	M	F	RC	F	I	F	O	A
MG.04.08 (I14)	ST	ST	RC	RA	I	ON	T	P
MG.04.09 (I15)	M	F	GC	F	I	F	O	P
MG.04.13A (I16)	LE	ST	RC	RU	C	SO	T	A
MG.04.13B (I17)	LE	F	RE	F	I	SO	O	A
MG.04.13C (I18)	ST	ST	RE	RA	I	ON	SO	P
MG.04.13D (I19)	LE	ST	GC	RU	C	SO	SO	P
MG.04.13E (I20)	ST	ST	RC	L	I	ON	T	A
MG.04.13F (I21)	LE	F	GC	RU	C	SO	SO	P
MG.04.13G (I22)	LE	F	GO	F	I	SO	O	A
MG.04.13H (I23)	ST	ST	RE	RA	I	ON	T	A

Tableau 4: Caractères cultureux des 04 isolats de *M. graminicola* du blé tendre observés sur le milieu de culture YMA.

Caractères cultureux Isolats	TC(1)	AS(2)	CL(3)	ET(4)	FO(5)	BO(6)	SI(7)	SP(8)
MG.04.02 (I24)	ST	ST	RC	RA	I	ON	T	A
MG.04.10 (I25)	MY	CO	B	CO	I	F	O	A
MG.04.11 (I26)	ST	ST	RE	RA	I	ON	T	A
MG.04.12 (I27)	ST	ST	RE	RA	C	ON	SO	P

Légende :

- (1) TC (Type de culture) : ST (Stromatique) ; LE (Levure) ; MY (Mycélienne).
- (2) AS (Aspect des colonies) : CO (Cotonneuse) ; F (Filamenteuse)
- (3) CL (Couleur) : RO (Rose obscur) ; RC (Rose clair) ; GC (Gris clair) ; GO (Gris obscur) ; RE (Rose) ; B (Blanc).
- (4) ET (Etendue) : L (Lisse) ; RU (Rugueuse) ; RA (Radiéeuse (brillante)) ; CO (Cotonneuse) ; F (Filamenteuse).

42 La tache septorienne du blé: Première signalisation de la présence en Algérie des deux Mating types du téléomorphe *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schröter, (anamorphe : *Septoria tritici* Rob ex Desm.) et diversité phénotypique de l'agent pathogène

(5) FO (Forme) : C (Circulaire) ; I (Irrégulière).

(6) BO (Bordure): F (Filamenteuse); ON (Ondulée); SO (Solide).

(7) SI (Structure interne) : O (Opaque) ; SO (Solide) ; T (Transparente).

(8) SP (Sporulation) : A (Abondante) ; P (Pauvre).

Tableau 5 : Mensuration des pycnidiospores des isolats de *M. graminicola* obtenues des blés dur et tendre

Isolats	Macro-pycnidiospores (µm)		Micro-pycnidiospores (µm)	
	Longueur	x Diamètre	Longueur	x Diamètre
Blé dur Annaba	33,5 – 52,70(48)	x 1, 45 - 1, 81 (1,62)	8, 2 – 9, 2 (8,62)	x 0, 80 – 0, 90 (0,85)
Blé dur Alger	25, 25 – 65 (45, 40)	x 1, 20 – 2,44 (1,65)	8, 20 – 10, 90 (8,40)	x 0, 35 – 1,00 (0,75)
Blé Tendre	45,70 - 47,70 (56,90)	x 1, 51 – 1, 56 (1,54)	8, 90 – 10, 10 (9,65)	x 0, 87 – 1,00 (0,95)

Tableau 6 : Indice de la SFN, obtenu sur les feuilles de blé dur.

Variétés Isolats	V1 (Bidi 17)	V2 (Vitron)	V3 (Waha)	Indice moyen
MG.03.01A (I1)	7.33	8.00	2.33	5.88
MG.03.02B (I2)	6.66	7.33	6.66	6.88
MG.03.03C (I3)	8.33	6.33	6.00	6.88
MG.03.04D (I4)	7.66	8.66	1.66	5.99
MG.03.05E (I5)	6.66	7.00	3.33	5.66
MG.03.06F (I6)	5.66	5.00	1.66	4.10
MG.03.07G (I7)	7.33	4.33	2.33	4.66
MG.03.08H (I8)	6.33	5.66	1.33	4.44
MG.04.03 (I9)	8.33	9.00	8.66	8.66
MG.04.04 (I10)	5.66	6.33	1.66	4.55
MG.04.05 (I11)	5.33	6.00	1.66	4.33
MG.04.06 (I12)	6.33	8.33	5.00	6.55
MG.04.07 (I13)	6.66	6.00	3.33	5.33
MG.04.08 (I14)	5.66	3.00	2.33	3.66
MG.04.09 (I15)	6.00	9.00	8.66	7.88
MG.04.13A (I16)	7.00	5.33	3.66	5.33
MG.04.13B (I17)	6.33	4.66	4.66	5.21
MG.04.13C (I18)	6.66	6.33	4.66	5.88
MG.04.13D (I19)	6.33	5.33	3.66	6.44
MG.04.13E (I20)	7.33	8.00	4.00	6.44
MG.04.13F (I21)	4.00	6.33	3.66	4.66
MG.04.13G (I22)	7.33	9.00	4.00	6.88
MG.04.13H (I23)	7.66	8.66	4.33	6.88

Tableau 7 : Indice de la SFN, obtenu sur les feuilles de blé tendre.

Variétés Isolats	V1 (Anza)	V2 (HD 1220)	V3 (Mahon Demias)	Indice moyen
MG.04.02 (I24)	3.33	5.66	8.66	5.88
MG.04.10 (I25)	6.66	9.00	9.00	8.22
MG.04.11 (I26)	3.00	9.00	9.00	7.00
MG.04.12 (I27)	4.00	9.00	9.00	7.33

Tableau 8 : Densités pycnidiennes obtenues avec les isolats de blé dur.

Variétés Isolats	V1 (Bidi 17)	V2 (Vitron)	V3 (Waha)
MG.03.01A (I1)	1.33	2.00	2.33
MG.03.02B (I2)	3.00	2.00	3.66
MG.03.03C (I3)	3.66	3.00	2.00
MG.03.04D (I4)	1.33	1.33	0.66
MG.03.05E (I5)	1.33	3.66	2.66
MG.03.06F (I6)	1.33	1.00	0.66
MG.03.07G (I7)	1.66	2.33	1.33
MG.03.08H (I8)	2.66	3.33	1.33
MG.04.03 (I9)	2.33	4.00	3.66
MG.04.04 (I10)	1.33	1.66	2.66
MG.04.05 (I11)	0.33	1.66	2.66
MG.04.06 (I12)	2.00	3.66	1.00
MG.04.07 (I13)	1.66	3.66	2.66
MG.04.08 (I14)	2.33	2.66	3.00
MG.04.09 (I15)	3.66	4.00	4.00
MG.04.13A (I16)	2.66	1.00	0.66
MG.04.13B (I17)	2.00	3.33	4.00
MG.04.13C (I18)	2.66	2.33	2.00
MG.04.13D (I19)	2.00	3.33	3.00
MG.04.13E (I20)	2.33	3.00	2.00
MG.04.13F (I21)	2.00	4.00	2.33
MG.04.13G (I22)	3.66	3.66	3.00
MG.04.13H (I23)	3.66	4.00	4.00

Tableau 9 : Densités pycnidiennes obtenues avec les isolats de blé tendre.

Variétés Isolats	V1 (Anza)	V2 (HD 1220)	V3 (Mahon Demias)
MG.04.02 (I24)	3.33	4.00	3.66
MG.04.10 (I25)	3.00	4.00	3.33
MG.04.11 (I26)	3.00	3.66	3.33
MG.04.12 (I27)	3.33	4.00	3.00

Tableau 10 : Réponses des variétés étudiées vis-à-vis des isolats de blé dur.

Variétés Isolats	V1 (Bidi 17)	V2 (Vitron)	V3 (Waha)
MG.03.01A (I1)	MR	MR	MS
MG.03.02B (I2)	MS	MR	S
MG.03.03C (I3)	S	MS	MR
MG.03.04D (I4)	MR	MR	R
MG.03.05E (I5)	MR	S	MS
MG.03.06F (I6)	MR	R	R
MG.03.07G (I7)	MR	MS	MR
MG.03.08H (I8)	MS	S	MR
MG.04.03 (I9)	MS	S	S
MG.04.04 (I10)	MR	MR	MS
MG.04.05 (I11)	R	MR	MS
MG.04.06 (I12)	MR	S	R
MG.04.07 (I13)	MR	S	MS
MG.04.08 (I14)	MS	MS	MS
MG.04.09 (I15)	S	S	S
MG.04.13A (I16)	MS	R	R
MG.04.13B (I17)	MR	S	S
MG.04.13C (I18)	MS	MS	MR
MG.04.13D (I19)	MR	S	MS
MG.04.13E (I20)	MS	MS	MR
MG.04.13F (I21)	MR	S	MS
MG.04.13G (I22)	S	S	MS
MG.04.13H (I23)	S	S	S

44 La tache septorienne du blé: Première signalisation de la présence en Algérie des deux Mating types du téléomorphe *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schröter, (anamorphe : *Septoria tritici* Rob ex Desm.) et diversité phénotypique de l'agent pathogène

Tableau 11 : Réponse des variétés étudiées vis-à-vis des isolats de blé tendre.

Variété \ Isolat	V1 (Anza)	V2 (HD 1220)	V3 (Mahon Demias)
MG.04.02 (I24)	S	S	S
MG.04.10 (I25)	MS	S	S
MG.04.11 (I26)	MS	S	S
MG.04.12 (I27)	S	S	MS

Légende :

MR : Moyennement résistante

MS : Moyennement sensible

R : Résistante

S : Sensible

Tableau 12: Dimensions observées des structures de reproduction *M. graminicola* comparés à celles rapportées dans la littérature

Source d'information	Pseudothèces (µm)	Asques (µm)		Ascospores (µm)	
		Longueur	Diamètre	Longueur	Diamètre
Dimensions observées					
	98.4 - 107,7	45.4 – 59.7	7.7 – 10.7	11.4 – 15.1	2.2 - 4.1
Dimensions reportées dans la littérature					
Pastircak, 2005	88.4 - 137.7	35.4 - 61.4	7.1 - 11.5	12.7 - 17.4	3.2 - 5.3
Madariaga & Gilchrist, 1990	-	-	-	13-16	-
Scott et al., 1988	90 - 140	30 - 55	10 - 20	10 - 18	3 - 4.5

References Bibliographiques

[1]. Benedict, W.G., 1971. Differential effect of light intensity on the infection of wheat by *Septoria tritici* Desm. under controlled environmental conditions. *Physiological Plant Pathology* 1: 55–66.

[2]. Benkorteby H. , Mekliche L. and Z. Bouznad. 2004. Results of screening in greenhouse and *in vitro* conditions to evaluate some durum wheat varieties and their F 5 descendants selected in Algeria for resistance to *Septoria tritici*. 56 th International Symposium of crop protection, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences 4 may 2004, Ghent University, Gand Belgium. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 69(4): 611-617

[3]. Benslimane H., L. Lamari, A. Benbelkacem, R. Sayoud and Z. Bouznad. 2011. Distribution of races of *Pyrenophora tritici-repentis* in Algeria and identification of a new virulence type. *Phytopathologia Mediterranea*, 50, 2: 203-211

[4]. Cordo, C.A., and J.C. Lindquist, 1987. Analisis cualitativo de la variabilidad cultural de *Septoria tritici*. *Boletin de la sociedad Argentina de Botanica* 25 : 59-77.

[5]. Cordo, C.A., Perello, H.E.A. et Arriaga, H.O. 1997. Morpho cultural variants of *Septoria tritici* isolates. *Rev. Iberoam Micology* 14: 168-172.

[6]. Djerbi, M. 1978. Contribution à l'étude de la fusariose à *Fusarium roseum* (Link) Snyder et Hans. et de la septoriose à *Septoria tritici* Rob. ex Desm. du blé. Thèse de doctorat d'état es sciences naturelles. Université Pierre et Marie Curie. Paris VI. 180p.

[7]. El bakaly Ay., A. Ramdani, B. Tisserant, C. Deweer, A. Siah, Ph. Reignault, and P. Halama, 2010. Both mating types of the wheat pathogen *Mycosphaerella graminicola* are present in Morocco. Poster, 62nd International Symposium on Crop Protection, Gand, Belgique. *Communication in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 75(4): 643-647.

[8]. El Bouami, F., et M. Jlibene, 1996. Hérité de la résistance partielle à *Septoria tritici* chez le blé, *Triticum aestivum* L. *Al Awamia* 95, 21-38.

- [9]. Eyal, Z., 1971. The genetic of pycnidiospore liberation in *Septoria tritici*. *Can.J.Botany* 49: 1095-1099.
- [10]. Eyal, Z.; Scharen, A.L.; Prescott, J.M.; Ginkel, M. Van.1987. The septoria diseases of wheat: Concepts and methods of disease management vi, 52 p.
- [11]. Fitzgerald w., and B.M. Cook, 1989. Spore germination and pycnidial development in wheat and barley isolates of *Septoria nodorum* on cellulose film. In: III International workshop on *Septoria* species of cereals. Dublin, Department of plant pathology, Faculty of Agriculture, 4.
- [12]. Griffiths, E. and H.C. Ao, 1980. Variation in *Septoria nodorum*. *Ann. Rev. Appl. Biology* 94: 294-296.
- [13]. Halama, P. 1996. The occurrence of *Mycosphaerella graminicola*, teleomorph of *Septoria tritici* in France. *Plant pathol.*45, 135-138.
- [14]. Hooker, A.L., 1957. Cultural variability in *Septoria avenae* through successive single-macrospore transfers. *Phytopathology* 47: 460-468.
- [15]. C. Hoorne, L. Lamari, and G.M. Ballance. 2002. First report of *Mycosphaerella graminicola*, the sexual state of *Septoria tritici*, in Manitoba, Canada. *Can. J. Plant Pathol.*24: 445-449
- [16]. Kaiser. J. And I. Kusmenoglu 1997. Distribution of mating types and the teleomorph of *Ascochyta rabiei* on chickpea in Turkey. *Plant Disease*. Vol. 81, 11, PP : 1284-1287
- [17]. Kema G.H.J, Anane J.G, Sayoud R, Van Silfiout C.H, Maarten V.G and Joop De Bree. 1996. Genetic variation for virulence and resistance in wheat *Mycosphaerella graminicola* pathosystem. Interaction between pathogen isolates and host cultivars. *Phytopathology* 86: 200-212.
- [17]. Lyazidi, M., 2002. Etude de la septoriose des blés causée par *Septoria tritici* Rob. ex Desm : évaluation de la résistance d'une collection de variétés sélectionnées en Algérie ; Mémoire Ing. El Harrach, 57p.
- [18]. Madriaga, B.R.and Gilchrist, D.G. 1990. Comparison of *Mycosphaerella* species in wheat stubble. *Phytopathology* 80: 1046.
- [19]. Mc Donald, B.A., 1991. Gametic disequilibrium among anonymous, nuclear RFLP loci in a *Septoria tritici* population. *Phytopathology* 81 : 1190.
- [20]. Pastircak, M. 2005. Occurrence of *Mycosphaerella graminicola*, teleomorph of *Septoria tritici*, in Slovakia. *Phytoparasitika* 33(4): 377-379.
- [21]. Perello A, C.a.y. Cordo, H.E. Alippi, 1990. Características morfológicas y pathogénicas de aislamientos de *Septoria tritici* Rob. ex Desm. *Agronomie* 10, 641-648.
- [22]. Perello A, Wolcan, S., Alippi H.E. 1991. Unavariante miceliar albino de *Septoria lycopersici* (Speg). *Turrialba*, 41: 190-195.
- [23]. Ricardo M., B., and A.L. Sharen, 1985. *Septoria tritici* blotch in Chilean wild coat. *Plant Dis.* 69 (2) : 126 - 127.
- [24]. Shaw, M.W., and D.J. Royle. 1989. An epidemiologically based forecasting scheme for *Septoria tritici*. P. 107-109. In P.M. Fried (Ed) Proc.In : Workshop Sept. Dis. Cereales, 3rd, Zurich, Switzerland.
- [25]. Scott, P.R., F.R. Sanderson, and P.W. Benedikz, 1988. Occurrence of *Mycospfaerella graminicola*, teleomorphe of *Septoria tritici*, on wheat debris in the UK. *Plant Pathol.* 37 : 285-290.
- [26]. Touati-Hattab S., 2005. Etude de la septoriose du blé à *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Shröt (*Septoria tritici* Rob. ex Desm) en Algérie : spécialisation parasitaire et pouvoir pathogène. Mém. Magister. INA. El Harrach, Alger. 87p.
- [27]. Weber, G. 1922. *Septoria* disease of wheat. *Phytopathology*, 12: 537-585.