

La culture de riz (*Oryza sativa*) et ses principaux problèmes phytosanitaires: Une mise au point sur la région du Gharb

A. MOININA¹, M. BOULIF¹, R. LAHLALI¹

(Reçu le 28/02/2018; Accepté le 05/03/2018)

Résumé

Le riz (*Oryza sativa*) constitue l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale. Sa production est confrontée à plusieurs contraintes biotiques. En effet, la pyriculariose du riz (*Pyricularia oryzae*) et l'helminthosporiose du riz (*Helminthosporium oryzae*), des adventices et des oiseaux granivores impactent négativement le rendement. Cette synthèse bibliographique a pour objectifs d'identifier les principaux organismes nuisibles à la culture du riz et d'établir la protection phytosanitaire contre ces derniers. Une mise au point a été faite sur la plaine du Gharb au Maroc. Il ressort que les pratiques culturales telles que le nivellement du sol sont importantes pour toutes les méthodes à suivre alors que la lutte biologique n'était pas très adoptée dans le monde due à ses coûts, son efficacité et les conditions climatiques au champ. Les méthodes traditionnelles restent les méthodes les plus utilisées sur le plan écologique pour effrayer les oiseaux granivores. Cependant, la lutte chimique contre la pyriculariose et l'helminthosporiose du riz via le tricyclazole et le propiconazole, respectivement sont les matières actives les plus efficaces pour inhiber la sévérité de ces champignons. Le mélange raisonnable d'herbicides pour contrôler des adventices était efficace. Ceci est une des solutions pour éviter le problème de résistance. Au regard de ces méthodes de lutte, le renforcement des pratiques culturales et la surveillance du développement des organismes nuisibles permettent de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires pour la protection de la culture de riz et de l'environnement.

Mots-clés: *Oryza sativa*, plaine du Gharb, *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, adventices, oiseaux granivores

The rice crop (*Oryza sativa*) and its major phytosanitary problems: A focus on the Gharb region

Abstract

Rice (*Oryza sativa*) is the staple food of more than half of the world's population. Its production is confronted with several biotic constraints. As a matter of fact, rice blast (*Pyricularia oryzae*) and brown spot of rice (*Helminthosporium oryzae*), weeds, and granivorous birds have negative impacts on rice yield. This literature review aimed at identifying the main pests and fungal diseases of rice and to establish integrated management strategies against them. An update was performed on the plain of Gharb in Morocco. It appeared that cultural practices such as soil levelling are of paramount importance for all methods that proceed. In contrast, biological control is not widely adopted in the world due to its cost, efficacy and climatic conditions in the field. Traditional methods remain the most widely used ecological methods for scaring away granivorous birds. However, for the chemical control of rice blast and brown spot of rice, tricyclazole and propiconazole, respectively, are the most efficient active ingredients for inhibiting the severity of these fungi. The rational mixture of herbicides to control weeds is effective and is one of the solutions to avoid resistance problems. With regard to these control methods, the reinforcement of cultural practices and the monitoring of the development of pests and diseases make it possible to reduce the use of phytosanitary products for the protection of rice crop and the environment.

Keywords: *Oryza sativa*, Gharb plain, *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, weeds, granivorous birds

INTRODUCTION

Le riz (*Oryza sativa*) constitue l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale. La demande mondiale de riz devrait passer de 676 millions de tonnes en 2010 à 763 millions de tonnes en 2020. La production pourrait augmenter de 40 % d'ici 2030 pour satisfaire la demande (Khush, 2005, 2013). L'augmentation de la production du riz est un défi majeur aux pays en développement qui dépendent de cette céréale pour assurer leur sécurité alimentaire.

Au Maroc, le rendement moyen brut du riz de l'ordre de 77,7 qx/ha sur une superficie récoltée de 4999 ha (ORMVAG, 2013). En 2004, une étude réalisée dans le Gharb a montré que le secteur réalise un chiffre d'affaires de 200 millions de Dh, considéré trop faible par rapport

au potentiel réel qui était de 600 millions de Dh. Le Plan Maroc Vert (PMV) vise l'exploitation de 9 000 ha à l'horizon 2020 (L'économiste, 2016).

Le riz est évidemment menacé par divers accidents, ennemis et maladies. La pyriculariose de riz est répartie dans environ 85 pays dans tous les continents où le de riz est cultivé, tant dans les conditions de rizières que de hautes terres. Bien que le dommage soit fortement influencé par les facteurs environnementaux, cette maladie est reconnue comme l'une des maladies les plus dévastatrices de la culture du riz dans le monde (Ou, 1985).

Au Maroc, des prospections dans la zone rizicole et une étude de la mycoflore du riz ont permis d'identifier plusieurs agents pathogènes responsables des maladies

¹ Département de Protection des Plantes et de l'Environnement, École Nationale d'Agriculture de Meknès. Correspondance: rlahlali@enamknes.ac.ma

foliaires. Parmi ces maladies, la pyriculariose du riz (*Pyricularia oryzae*) et l'helminthosporiose du riz (*Helminthosporium oryzae*) sont les plus dominantes, mais leurs effets sur le rendement ne sont pas connus pour une région méditerranéenne comme le Maroc (Tajani *et al.*, 2001). Ceci suggère que les maladies foliaires du riz au Maroc réduisent principalement le poids des grains. Les pertes de rendement ainsi évaluées diffèrent selon la sévérité d'attaque et l'efficacité des fongicides au stade du traitement. Les épidémies précoces se sont avérées plus destructives que les épidémies tardives (près de 15 % de réduction de rendement).

Il est évident que les conditions de la culture du riz (terres fertiles, humidité constante, et température élevée) sont particulièrement favorables au développement des mauvaises herbes. Dans les zones de hautes terres humides à hydromorphes, certains des problèmes de mauvaises herbes les plus fréquents dans le riz sont *Cyperus sp.*, *Panicum sp.*, et *Echinochloa sp.* Les espèces du genre *Echinochloa* constituent des mauvaises herbes de pelouse les plus importantes et répandues dans les rizicultures à travers le monde entier (Holm *et al.*, 1977).

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente synthèse bibliographique qui a comme principaux objectifs: **1)** Identifier et quantifier les principales maladies fongiques de la culture du riz dans le Gharb. Ceci nous permettrait de contrôler le taux d'infection afin de maximiser le rendement; **2)** Inventorier les mauvaises herbes dans les rizières et déterminer leur importance économique; **3)** Identifier les ravageurs vertébrés dans les rizières du Gharb; et **4)** Établir la protection phytosanitaire de la culture du riz contre tous les principaux nuisibles liés à la production rizicole.

LA CULTURE DU RIZ DANS LE MONDE

La population de consommateurs de riz augmente de 1,8 % par an. La production annuelle actuelle de riz est de 560 millions de tonnes et devrait être portée à 850 millions de tonnes d'ici 2025. Ainsi, des variétés de riz ayant un potentiel de rendement et une stabilité de rendement plus élevés sont nécessaires pour relever les défis de l'augmentation de la production de riz et répondre aux besoins d'une population mondiale grandissante (Khush, 1997).

Origine et taxonomie du riz

Le riz cultivé appartient à la famille des *Poaceae*. Il y a deux espèces cultivées et 21 espèces sauvages du genre *Oryza*. *Oryza sativa* est le riz cultivé en Asie et partout dans le monde (Khush, 1997, 2005). Le riz cultivé en Afrique, *Oryza glaberrima*, est cultivé à petite échelle en Afrique de l'Ouest. Le genre *Oryza* est probablement apparu il y a environ 130 millions d'années dans le Gondwana. Les espèces cultivées provenaient d'un ancêtre commun avec le génome AA.

La production du riz

Environ 85 % de la superficie totale du riz se trouve dans cinq pays d'Asie, à savoir la Chine, l'Inde, l'Indonésie, le Bangladesh et les Philippines. Comparativement, l'Afrique n'a que 8 % (FAOSTAT, 2016). La production rizicole est largement influencée par le potentiel de rendement des variétés de riz. Par conséquent, l'amélioration

du potentiel de rendement du riz est la principale stratégie pour accroître la production mondiale de riz (Khush, 2013).

Le riz est cultivé et consommé dans 38 pays d'Afrique subsaharienne. La production locale de riz ne peut pas répondre à la demande croissante de riz dans de nombreux pays africains (Balasubramanian *et al.*, 2007). Par conséquent, toute augmentation de la production nationale de riz provient d'une expansion de la superficie plutôt que d'une augmentation substantielle de la productivité.

Le riz est cultivé dans diverses conditions de croissance. Quatre grands écosystèmes sont généralement reconnus : la riziculture irriguée, la riziculture inondée, la riziculture pluviale et la riziculture de submersion profonde. La superficie rizicole se distingue selon les écosystèmes rizi-coles dans différentes régions du monde (Khush, 1997).

Tableau 1: Production, superficie et productivité du riz en 2016

Région	Superficie (ha)	Production (T)	Rendement (T/ha)
Asie	140485,4	667932,2	4,8
Afrique	12503,3	32497,8	2,6
Afrique de l'Est	2659,8	7821,7	2,9
Afrique du Sud	1,16	3,18	2,7
Afrique de l'Ouest	8244,3	17292,7	2,1
Amérique	6123,4	36029,5	5,9
Europe	665,4	4219,4	6,3
Australie	26,6	273,9	10,3
Monde	159807,7	740961,4	4,6

Source: FAOSTAT (2016)

LE RIZ AU MAROC

Au Maroc, la consommation de riz est considérée comme l'une des plus basses au monde (1,2 kg de riz par habitant), ce qui représente une contrainte majeure pour le développement de la production de riz dans le pays (FAO, 2003). La production rizicole du Gharb estime le rendement moyen brut de l'ordre de 77,7 qx/ha correspondant à une superficie récoltée de 4999 ha (ORMVAG, 2013). En 2004, une étude réalisée sur le Gharb a montré que le secteur a réalisé un chiffre d'affaires de 200 millions de Dh, considéré trop faible par rapport au potentiel réel qui était de 600 millions de Dh. Le Plan Maroc Vert (PMV) vise l'exploitation de 9.000 ha à l'horizon 2020 (L'économiste, 2016).

L'ORMVAG (2013) a constaté certaines contraintes d'ordre technique, économiques et organisationnelles restent à lever ou, du moins, atténuer leurs effets pour une vraie mise à niveau de cette filière dans le cadre du Plan Agricole Régional.

D'après Lage (1997), les problèmes phytosanitaires qui pourraient freiner la production sont la présence de la pyriculariose, de l'helminthosporiose et des mauvaises herbes (*Echinochloa crus-Galli*, *Panicum spp.*, *Cyperus spp.* et *Typha spp.*).

Filière rizicole du Gharb au Maroc

La filière riz revêt une importance socio-économique capitale dans la région de Gharb. Cette filière génère environ 1,5 millions de journées de travail annuellement

dont environ 350 000 journées de travail en aval. Le Gharb compte environ 2100 riziculteurs.

Actuellement la superficie aménagée pour cette culture s'élève à 12 000 ha (Figure 1), mais les réalisations fluctuent d'une année à l'autre en raison essentiellement des possibilités de commercialisation du riz par les rizeries. La superficie moyenne emblavée pour les cinq dernières années s'élève à 5240 ha. Les zones de couleur vert représentent la superficie emblavée.

Sur la base des pratiques moyennes des riziculteurs, le Tableau 2 présente le coût de production moyen d'un hectare de riz. Il en ressort que les postes de charge les plus importants sont l'eau d'irrigation et la main d'œuvre. Mais il faut noter que le prix d'un mètre cube d'eau d'irrigation ne dépasse guère 0,37 Dh y compris la taxe de pompage, les droits de l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou et la TVA. Une diminution des charges est possible à des niveaux acceptables moyennant la reprise du nivellement (économie d'eau) et la maîtrise du désherbage chimique.

Tableau 2: Coût de production moyen d'un hectare de riz dans le Gharb

Désignation	Coût (dh/ha)	%
Préparation du sol	650	4,6
Intrants		
Engrais	2300	16,2
Semences	1800	12,7
Main d'œuvre	2800	19,7
Irrigation	4800	33,8
Récolte	1000	7,0
Transport	450	3,1
Traitements	400	2,9
Total	14 200	100

Source: ORMVAG, 2013

Évolution de la culture du riz dans le Gharb

D'après Tajani *et al.*, (1997), la culture du riz a été introduite dans la région du Gharb au nord-ouest du Maroc en 1949. La superficie moyenne emblavée a oscillé entre 6209 ha en 2009 et 2524 ha en 2011.

Tableau 3: Évolution des réalisations de la culture du riz dans le Gharb

Année	Superficie Récoltée (ha)	Rendement (Qx/ha)	Production (Qx)
1996	9324	57	531 468
1997	8138	45	366 210
1998	3712	57	211 584
1999	7698	50	384 900
2000	5394	46	248 124
2001	6129	51	312 579
2002	5124	52	266 448
2003	2287	64	146 368
2004	3465	64	221 760
2005	6294	70	440 580
2006	4993	75	374 475
2007	4525	75	339 375
2008	5620	76	427 120
2009	6209	65,6 (*)	407 300
2010	5861	75,6	443 309
2011	2513	75,7	190 327
2012	5981	66,2 (**)	395 636
2013	4999	77,7	388 415

(*) La chute de rendement en 2009 est due à l'attaque de la culture par la pyriculariose (maladie cryptogamique). (**) La chute de rendement en 2012 est due aux précipitations abondantes des mois d'octobre et novembre 2012

Le rendement moyen enregistré entre 1996 et 2004 est de l'ordre de 54 qx/ha, tandis que celui enregistré entre 2004 et 2010 s'élève à quasi 73 qx/ha, soit une augmentation du rendement moyen de l'ordre de 35 % en 6 ans ce qui pourrait

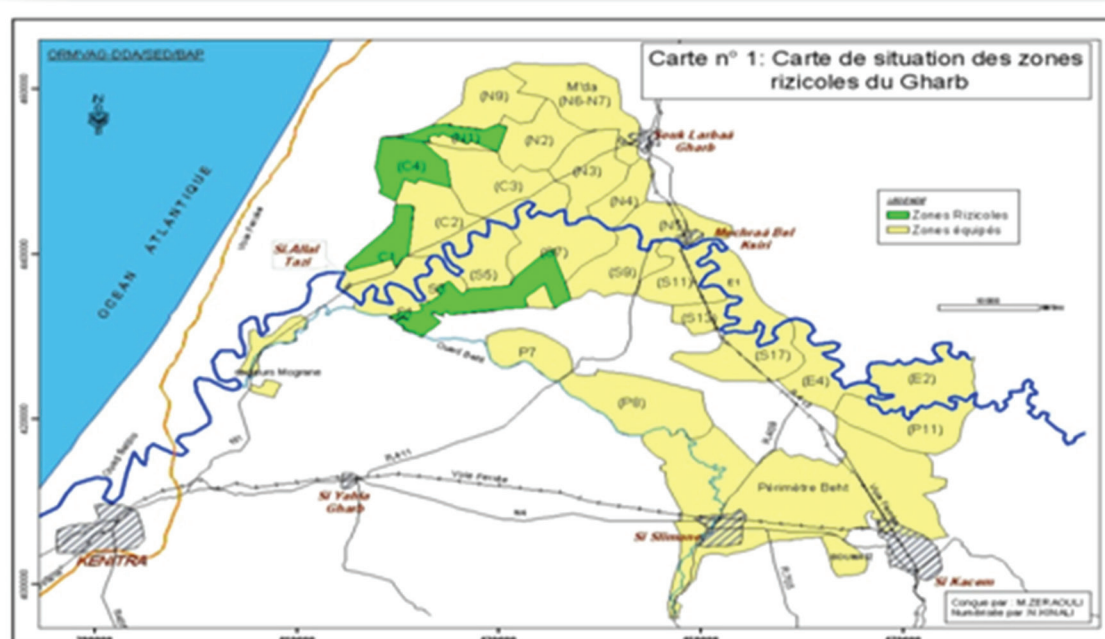


Figure 1: Carte de situation des zones rizicoles du Gharb (ORMVAG, 2013)

être considéré comme substantielle et met en évidence l'importance de la marge d'amélioration de la productivité et la rentabilité de cette culture sachant que ces niveaux de performance dépassent ceux de certains pays rizicoles et montrent en même temps le potentiel important de la région pour cette culture. La production maximale durant cette période a atteint 530 000 qx qui a été enregistrée durant l'année 1996 grâce à la superficie emblavée (plus de 9300 ha emblavées).

Mais depuis la mise en œuvre du Plan Maroc Vert et devant la nécessité de mettre à niveau cette importante filière au niveau régional, le gouvernement marocain s'est engagé à lui apporter l'appui requis dans le cadre d'un Contrat Programme le liant à une interprofession. La mise sur pieds d'une interprofession était la condition sine qua non de l'adoption du dit Contrat Programme.

Tableau 4: Indicateurs globaux de la filière rizicole à l'horizon 2020

Indicateurs	Situation initiale (2010)	Horizon 2020
Superficie totale (ha)	4 500	9 000
Rendement moyen (T/ha)	7,5	8,0
Production (T)	33 750	72 000
Valeur ajoutée (MDH)	54,00	112,6
Marge brute (DH/ha)	8 400	10 000
Emploi (1.000 j.t)	306	585
Nombre de projet d'agrégation	4 projets	5
Nombre d'agrégés	-	100

Source: ORMVAG, 2013

Caractéristiques pédoclimatiques de la région du Gharb et impact sur la culture du riz

Le Maroc occidental présente des climats très variés, depuis l'étage bioclimatique aride jusqu'à l'étage bioclimatique sub-humide. Les principaux facteurs qui régissent la répartition des climats sont la continentalité et la latitude (Zidane *et al.*, 2010).

Température et humidité

La température optimale pour le développement et la croissance du riz se situe entre 25 et 35°C avec des spécificités selon le stade phénologique (l'optimum pour le tallage est situé entre 25 et 31°C et 30 à 33°C pour l'épiaison). D'après l'ORMVAG (2013), des températures inférieures à 10°C ou supérieures à 45°C sont inappropriées pour le riz. Dans le Gharb les conditions thermiques en fin de printemps et le long de l'été sont adéquates pour cette culture.

Selon Tajani *et al.*, (1997), la quantité de pluie annuelle est très variable, la pluviométrie annuelle moyenne varie entre 450 et 600 mm avec une concentration de 90 % entre octobre et avril. La température moyenne quotidienne varie de 11°C en hiver à 27°C en été. Le temps est favorable à la culture du riz de la mi-avril à la fin septembre. Cependant, le riz est généralement semé de juin à juillet en raison du manque de disponibilité en eau avant cette date.

Les sols

La quasi-totalité des types de sols bien structurés sauf ceux trop drainant (perméables) ou trop compacts. Dans le Gharb les *tirs* (vertisols) et les sols *merjas* (vertisols hydromorphes et hydromorphes) conviennent parfaitement à la riziculture (FAO, 2003). Leur teneur en calcaire total varie entre 0 et 49 % (Miège, 1951). Leur teneur en matières organiques oscille entre 0,74 et 2,88 % et leur pH est généralement basique, rarement franchement basique et rarement légèrement acide (6,75-8,57) (Zidane *et al.*, 2010). De plus, la teneur de NaCl a varié entre 0,2 g/l et 1,7 g/l dans l'eau superficielle et entre 0,25 g/l et 3 g/l dans l'eau interstitielle (El Bildi *et al.*, 2006).

Le riz au Maroc est conduit d'une façon intensive et mécanisée. Il est cultivé dans des clos aménagés pour assurer l'irrigation par submersion. Cette culture a permis une valorisation des terres hydromorphes de la région du Gharb (Lage, 1997).

Les techniques de production du riz au Gharb

Le travail du sol et la période de semis

Le travail du sol débute au mois de Mai et dépend de la disponibilité du matériel et des conditions climatiques. Le sol doit être légèrement sec. Cette tâche est coordonnée par l'ORMVAG et financée par le Plan Maroc Vert (PMV). Avant que le travail ait lieu, un riziculteur dépose un cahier des charges au niveau de l'ORMVAG. Ce cahier est confirmé par le président de Coopérative des Riziculteurs.

Le travail de sol est effectué par la Société de Travaux Agricoles Marocains (STAM). Le labour de profondeur est de 14 à 15 cm et effectué à l'aide du *stubble plow* à un seul passage. Ensuite, deux passages du *covercrop* pour initier le nivellement et planage du sol. Ce dernier est complété en utilisant une surfaceuse ou planche car l'opération nivellement est importante pour toutes les opérations à suivre.

Le riz est semé à la main ou à la machine sur des champs secs; de nombreux agriculteurs sèment du riz, après l'avoir trempé dans l'eau, sur des champs submergés. Le sol est labouré 1 à 2 fois. Il est semé entre 140 et 200 kg/ha (Tajani *et al.*, 1997).

Principales variétés

Les principales variétés utilisées dans la plaine du Gharb sont Elio, Megassa et Thaiparla pour les variétés du riz rond et Thaibonet, Lido, Arba et Puntal pour les variétés du riz long. D'après Chataigner, (1997) la variété la plus cultivée est Elio qui occupe 80 % de la superficie rizicole.

Selon FAO (2003), les génotypes de riz à grains courts sont les plus cultivés au Maroc en raison de leur résistance aux maladies, par rapport aux génotypes à long grain. Ces derniers sont en maturation précoce et ont une bonne capacité de rendement, mais nécessitent une bonne gestion de l'irrigation et un bon nivellement des terres.

Besoins en éléments fertilisants

La pratique courante dans cette région est l'application de l'engrais de fond juste après le travail du sol. Le phosphate de diammonium (DAP) à la dose de 3 qx/ha est appliqué soit manuellement (à la volée) soit par l'épandeur d'engrais.

En ce qui concerne l'application de l'engrais de couverture, l'urée à la dose de 10 qx/ha est répartie en 2 ou 3 apports durant la croissance de la culture en jours après semis (jas). Le rendement des céréales dépend de l'apport d'azote. Il est recommandé de maintenir au moins 15 jours entre des apports (Tajani *et al.*, 1997).

Cependant, l'apport en excès d'engrais azoté entraîne souvent la pollution de l'environnement, la verse et les maladies surtout la pyriculariose du riz (*Pyricularia oryzae*), d'où une répartition judicieuse de cet engrais est jugée nécessaire.

Technique d'irrigation

Au Maroc, la culture est toujours faite par submersion, qui peut commencer même avant l'ensemencement et dès la préparation du sol. Le nivellement des terres est très important pour obtenir une submersion uniforme des parcelles recevant le riz.

Selon FAO, (2003) la disponibilité de l'eau est le facteur le plus limitant dans les rizières du Gharb. Les faibles précipitations (450-530 mm) entraînent un stockage de l'eau dans les barrages, limitant ainsi l'augmentation de la superficie du riz. Au cours de son cycle, 4 à 5 remplissages et vidanges sont obligatoire pour que le pied reste submergé. La première vidange s'effectue après la levée et le remplissage de 2 à 3 cm est nécessaire après deux jours.

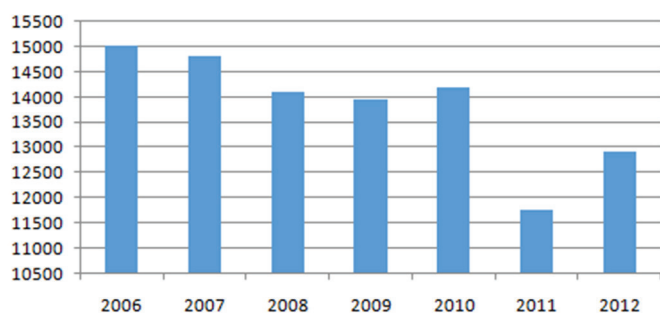


Figure 2: Consommation moyenne en m³/ha du riz dans le Gharb entre 2006 et 2012

La figure 2 montre aussi que la consommation durant les cinq dernières années (entre 2008 et 2012) est restée comprise entre 11 700 et 14 200 m³/ha, soit une moyenne arithmétique non pondérée équivalente à 12 950 m³/ha correspondant à 2059 m³/ha de moins par rapport à 2006 pour un rendement moyen équivalent. Cependant, le plus frappant au cours de la campagne 2011 est la faible consommation d'eau d'irrigation dont la moyenne a été ramenée à moins de 11 800 m³/ha, soit 3233 m³/ha de moins par rapport à la consommation moyenne de 2006.

Le principal avantage de ce système d'irrigation est la grande taille du bassin (2-2,5 ha), qui est l'un des plus importants au monde, qui nécessite l'entretien du nivellement des terres et un débit élevé d'approvisionnement en eau (45 l/s) pour assurer une bonne efficacité d'irrigation.

Commercialisation

Le riz est un produit sous contrat entre le producteur et la rizerie. Cette dernière accorde aux riziculteurs, à crédit remboursable à la récolte, les facteurs suivants: les semences, les engrais et les avances pour le paiement de

la main d'œuvre. La production réceptionnée est payée par les rizeries selon un barème d'agrèage aux prix moyens allant de 280 à 380 Dh/q (ORMVAG, 2013). Ces volets relatifs au prix et au système d'agrèage constituent un problème majeur entre les rizeries et les producteurs. Ces derniers accusent les usines de pratiquer des taux de défalcation trop élevés sur l'humidité et les impuretés.

LES PROBLÈMES PHYTOSANITAIRES DU RIZ

Dans la production de riz, les mauvaises herbes, les animaux nuisibles et les agents pathogènes, en particulier la pyriculariose du riz (*Pyricularia oryzae*) et l'helminthosporiose du riz (*Helminthosporium oryzae*), sont régulièrement d'une grande importance économique. Oerke (2006) a estimé les pertes potentielles de ces nuisibles à 37, 25 et 13 %, respectivement. Les prospections dans les rizières au Maroc ont permis (Tajani *et al.*, 2001) d'identifier ces maladies fongiques dominantes mais leurs effets sur le rendement n'y sont pas connus.

Les principales maladies fongiques: La pyriculariose et l'helminthosporiose

La pyriculariose du riz

La pyriculariose de riz est répartie dans environ 85 pays dans tous les continents où la culture du riz est cultivée, tant dans les conditions de rizières que de hautes terres. C'est l'une des maladies les plus dévastatrices du riz (*Oryza sativa* L.) dans des conditions favorables (Miah *et al.*, 2017; Ou, 1985). En plus du riz, *Pyricularia oryzae* infecte également d'autres cultures importantes sur le plan agronomique, telles que l'orge, le blé et le millet (Valent *et al.*, 1991).

Agent causal

L'agent pathogène de la pyriculariose du riz a été connu comme *Pyricularia oryzae* Cavara en 1892, mais il est impossible de le distinguer de *Pyricularia grisea*, qui provoque des taches grasses sur d'autres graminées (Agrios, 2005). Le genre *Pyricularia* décrite pour la première fois en 1880 était *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc., le nom donné à l'anamorphe des isolats de digitale. Selon Chauhan *et al.*, (2017), *Magnaporthe grisea* (Hebert Barr) est le téléomorphe de la pyriculariose, un champignon ascomycète filamenteux et appartient à la famille des Magnaporthaceae. Le champignon produit plusieurs toxines, par exemple pyricularine et α -picolinique, qui semblent contribuer au développement de la pyriculariose du riz (Agrios, 2005)

Le cycle de la pyriculariose du riz

L'épidémiologie pyriculariose du riz est polycyclique selon les conditions météorologiques favorables. Selon Hamer *et al.*, (1988), le processus d'infection par *Pyricularia oryzae* peut être résumé en cinq étapes de base: (1) la formation et dispersion des conidies, (2) la fixation d'une conidie sur une surface hôte, (3) la formation d'*appressorium*, (4) la pénétration de l'*appressorium*; et (5) la croissance des hyphes invasifs (Figure 3).

La pyriculariose du riz se caractérise par une caractéristique commune, la production de conidies pyriformes à trois cellules (Ou, 1985). Le pathogène passe des saisons sous forme de mycélium et conidie sur la paille de riz infectée et les graines, et éventuellement sur les hôtes de mauvaises herbes.

Le champignon produit et libère des conidies pendant des périodes de haute humidité relative (c'est-à-dire 90 % ou plus) et une température comprise entre 28-30°C (Kato, 2001; Miah *et al.*, 2017). Lorsque les feuilles de riz ou les surfaces de la tige sont humides, les conidies germent et le tube germinatif produit un *appressorium* à travers lequel le champignon pénètre dans les surfaces végétales ou pénètre à travers les stomates (Agrios, 2005; Miah *et al.*, 2017; Wilson et Talbot, 2009). Les conidies, disséminées par le vent, peuvent produire des symptômes dans les 4-5 jours d'infection et par le vent (Agrios, 2005; Chauhan *et al.*, 2017; Kato, 2001).

Une seule lésion folle peut générer 20 000 conidies et un épillet de riz infectée peut produire jusqu'à 60 000 conidies dans une nuit (Kato, 2001; Wilson et Talbot, 2009)

pour maintenir le cycle d'infection de la pyriculariose des feuilles. Il est également courant que l'incidence d'environ 5 % ou plus d'une infection par pyriculariose de feuilles peut entraîner une incidence de coups sur la même culture

Symptômes

Les symptômes initiaux apparaissent comme des lésions ou des taches blanches à gris-vert, avec des bordures vert foncé. La pyriculariose du riz peut infecter la plupart des organes de riz à l'exception du système racinaire (Lanoiselet, 2008).

Les graines infectées sont une source d'inoculum primaire. Les graines infectés mortes pourraient servir d'inoculum primaire lorsqu'elles sont placées sur le champ pendant le développement des semis (Hubert *et al.*, 2015; Long *et al.*, 2000). Si l'infection de la panicule se produit tôt, les grains ne se remplissent pas et la panicule reste érigée. Si la panicule est infectée tardivement, les grains deviennent partiellement remplis et, en raison du poids des grains, la base de la panicule se casse et la panicule baisse (Agrios, 2005).

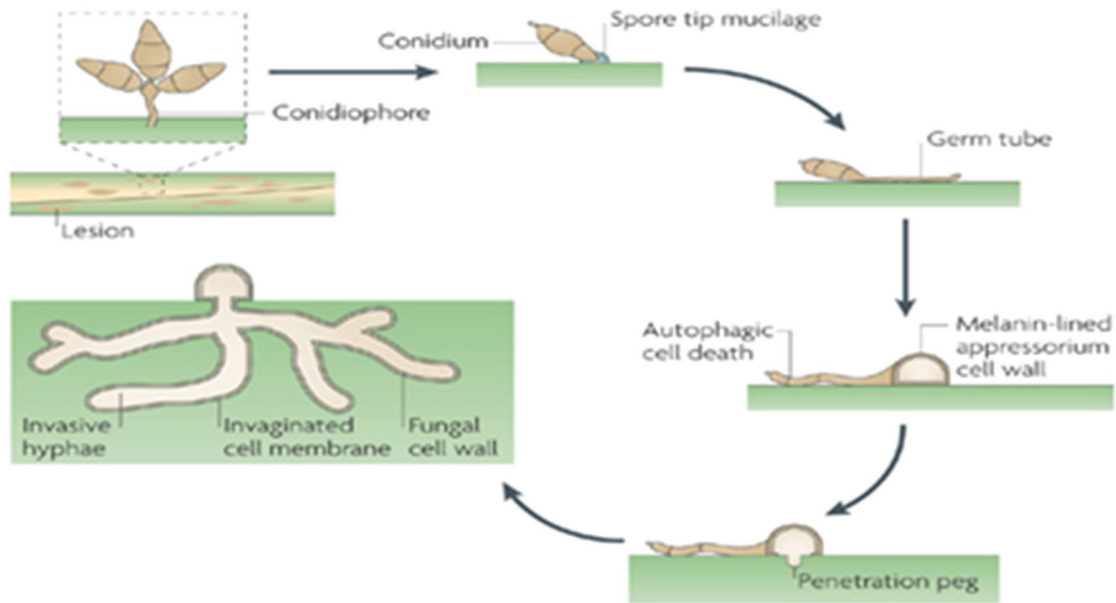


Figure 3: Le cycle de la pyriculariose du riz, *Pyricularia oryzae* (Wilson et Talbot, 2009)

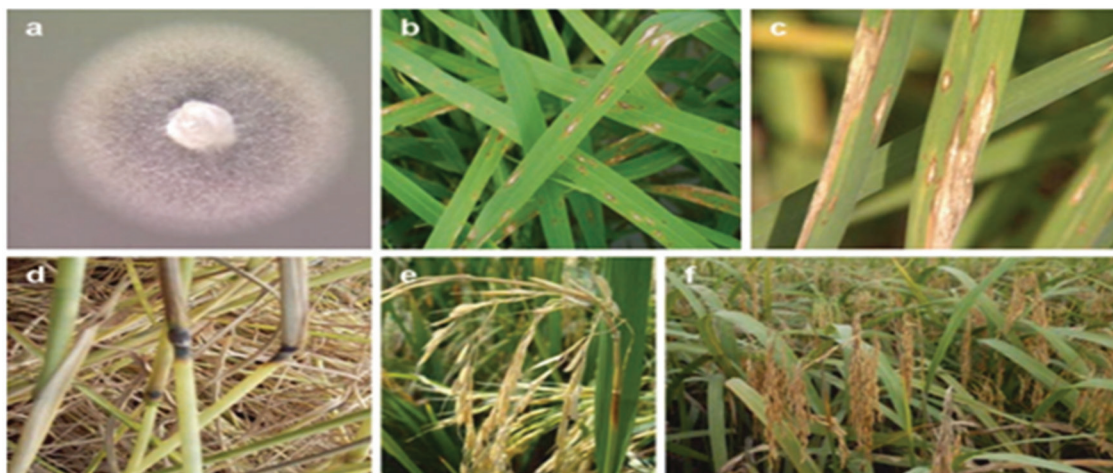


Figure 4: Symptômes et pathogène de la pyriculariose du riz (Chauhan *et al.*, 2017): a) *Pyricularia oryzae*, organisme causal de la pyriculariose du riz; (b) des lésions mineures par la pyriculariose sur les feuilles; (c) des lésions elliptiques caractéristiques sur les feuilles; (d) la pyriculariose du nœud; (e) la pyriculariose de la panicule; (f) champ de riz infecté par la pyriculariose

L'helminthosporiose du riz

La maladie des taches brunes semble être plus sur le riz pluvial où le riz est cultivé dans des sols pauvres couplé avec des pluies irrégulières ou l'approvisionnement en eau et les déséquilibres nutritionnels, en particulier l'azote et le potassium disponible (Chauhan *et al.*, 2017).

La maladie a été signalée dans tous les pays producteurs de riz (Ou, 1985). La maladie est plus sévère dans le riz semé directement. La maladie est d'une grande importance dans plusieurs pays et a été rapportée comme causant d'énormes pertes de rendement en grains (jusqu'à 90 %) (Sunder *et al.*, 2014).

Agent causal

L'helminthosporiose du riz a été décrite pour la première fois par Breda de Hann en 1900 comme *Bipolaris oryzae* (anciennement *Helminthosporium oryzae*) (Téléomorphe: *Cochliobolus miyabeanus*) (Sunder *et al.*, 2014). Cet agent pathogène s'appelait *Drechslera oryzae* en 1966. L'agent pathogène *Bipolaris oryzae* se réfère à la germination bipolaire des spores. Les tailles des conidiophores et des conidies varient respectivement de 68 à 688 × 4-20 µm et de 15-170 × 7-26 µm dans différents pays (Ou, 1985).

La symptomatologie et les conditions favorables

La maladie apparaît sur les coléoptiles, la gaine foliaire et le limbe foliaire sous forme de taches brunes à centre gris

ou blanchâtre, de forme cylindrique ou ovale (Chauhan *et al.*, 2017). Sur les glumes, des taches noires ou brunes foncées sont produites, ce qui entraîne des graines décolorées et ratatinées.

La température optimale pour la croissance et la germination des conidies est respectivement de 27-30°C et 25-30°C. Une inoculation réussie par des conidies nécessite une humidité relative supérieure à 89 % à 25°C et l'infection est favorisée par la présence d'eau sur la surface foliaire. Les conidies germent à une gamme de pH de 2,6-10,9 (Ou, 1985).

Le pathogène provoque également des lésions brunes à brun foncé sur la panicule. Ces lésions s'étendent généralement vers le bas sous la gaine, ce qui entraîne une forte pourriture humide (Figure 6) et l'apparition d'une croissance mycélienne grisâtre (Sunder *et al.*, 2005).

Le cycle de l'helminthosporiose du riz

L'inoculum primaire est normalement initié par la graine infectée sous forme de lésions nécrotiques sur coléoptile et la gaine des premières feuilles. Les lésions subséquentes sur les feuilles résultent d'une infection secondaire par des spores aérogènes produites sur des lésions primaires (Ou, 1985).

Les adventices: Les principales adventices du riz

Il existe différents agroécosystèmes dans lesquels le riz est cultivé, c'est-à-dire des terres irriguées, des basses terres

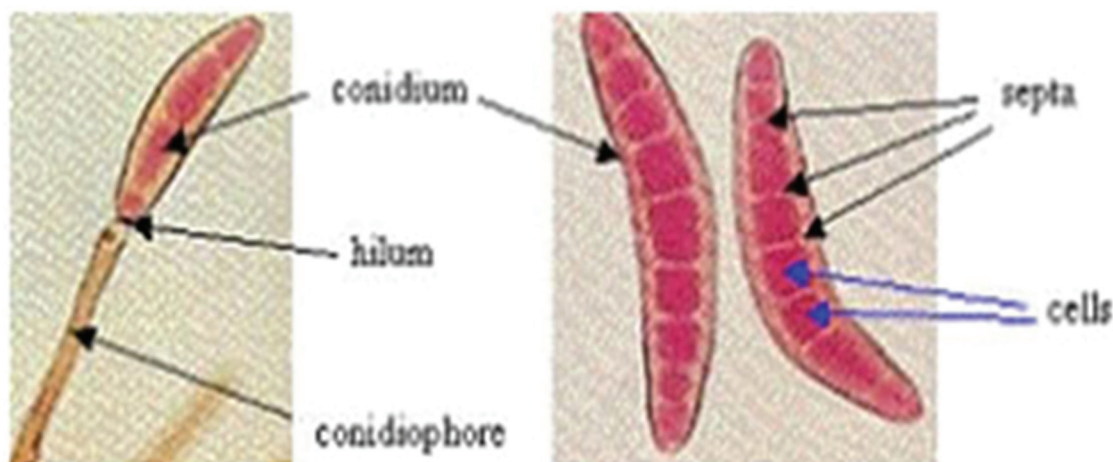


Figure 5: Les conidies de l'helminthosporiose du riz (Nyvall, 1999)

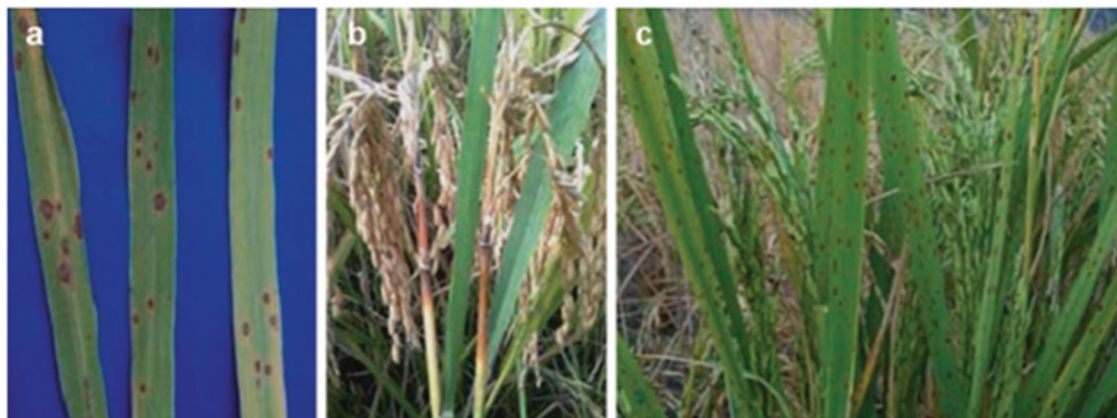


Figure 6: Les symptômes de l'helminthosporiose du riz (Chauhan *et al.*, 2017). (a) taches brunes typiques sur les feuilles de riz; (b) la phase de pourriture de la tige (c) champ infecté par l'helminthosporiose

peu profondes, des terres moyennes, des eaux profondes et des hautes terres. Dans ces différents écosystèmes, différents types d'espèces de mauvaises herbes sont observés (Singh *et al.*, 2008).

Selon la FAO (2003), les espèces des adventices du riz les plus répandues dans la région méditerranéenne appartiennent aux Poaceae et aux Cyperaceae. *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv et *Cyperus difformis* L. parmi les annuelles et *Scirpus maritimus* L. et *Scirpus rotundus* parmi les plantes vivaces. Parmi les plantes adventices, les plus communes dans le Gharb sont les Panicum (*P. repens* L. *obtusifolium* Del.), les Typha (*T. latifolia* L., *T. angustifolia* L., *T. marsii* Bat.), les joncs, les Scirpus (*S. maritimus* L. *S. frutescens* Laub., *S. lacustris*), les Cyperus (*C. aristatus* R. *C. distachyos* AH., *C. flavescens* L...) et *Echinochloa spp* (Miège, 1951).

La famille des Poaceae

La famille des Poaceae est la famille qui a plus d'espèces des mauvaises herbes et aussi comprend plusieurs espèces des cultures importantes qui nourrissent les humains (Zimdahl, 2007). Les Poaceae et les Cyperaceae représentent 27% des problèmes de mauvaises herbes au monde (Holm *et al.*, 1977).

Le panic rampant (*Panicum repens* L.)

Le genre *Panicum* possède des graines dures qui conservent pendant de longues années. Elles ressemblent étonnamment à la culture du riz et ne s'en distinguent que difficilement avec une grande facilité germinative. *Panicum repens* est l'une des espèces adventices les plus nuisibles dans la plaine du Gharb au Maroc (Tajani *et al.*, 1997).

Le panic des marais (*Echinochloa crus-galli*)

Les espèces du genre *Echinochloa* constituent une des mauvaises herbes de pelouse les plus importantes et répandues dans le riz dans le monde entier (Holm *et al.*, 1977). *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. est parmi les mauvaises herbes les plus nocives du monde en raison de sa biologie supérieure et de sa grande adaptation écologique (Bajwa *et al.*, 2015; Caton, 2010). Cette mauvaise herbe est un danger permanent pour la culture du riz dans la plaine du Gharb avec un degré d'infestation très élevé (Bouhache *et al.*, 1983). Selon Bajwa *et al.*, (2015), *Echinochloa crus-galli* a un fort potentiel allélopathique, ce qui favorise la concurrence des ressources pour causer des pertes de rendement. Au Maroc, les pertes de rendement en riz vont de 30 à 100 % sous de fortes infestations (FAO, 2003).

La famille de Cyperaceae

Les espèces de cette famille sont propagées par les graines et par les rhizomes. Les plantes vivaces *Cyperus rotundus* et *C. esculentus* sont fréquemment rencontrées sur des zones hydromorphes (Rodenburg et Johnson, 2009). Les tubercules et les graines peuvent rester inactifs pour survivre aux inondations périodiques ou aux saisons sèches. Ces espèces peuvent se multiplier rapidement à travers des tubercules qui peuvent être fortement accélérées par le travail du sol (Johnson *et al.*, 2004).

Les ravageurs animaux: Les ravageurs les plus importants

Les principaux ravageurs vertébrés de riz restent les rongeurs et les oiseaux. Les dommages causés par les rats sont répandus dans les régions rizicoles du monde (Moody, 1990). Miège (1951) ajoute que les rats aussi peuvent causer d'importants dégâts sur le riz, de la pépinière à la récolte. Selon Oerke (2006), environ 25% de la production mondiale de riz est perdue à cause des animaux nuisibles. Les oiseaux granivores, principalement le Quelea à bec rouge, *Quelea quelea* (de Mey *et al.*, 2012), subsistent sur les cultures céréalières en Afrique et causent des dégâts considérables. De Grazio (1978) explique que les principaux granivores des céréales (riz et blé) et du tournesol au Maroc sont le moineau domestique (*Passer domesticus*) et le moineau espagnol (*Passer hispaniolensis*).

LA PROTECTION INTÉGRÉE DU RIZ DANS LE MONDE

Gestion intégrée des principales maladies fongiques

Plusieurs stratégies de gestion ont été proposées et évaluées pour minimiser l'incidence de la pyriculariose. Les pratiques culturales, la résistance des plantes hôtes et l'utilisation de fongicides synthétiques sont les trois stratégies adoptées pour lutter contre cette maladie (Ghazanfar *et al.*, 2009).

Pratiques culturales

Le riz doit être semé à une densité optimale avec une bonne gestion du sol. Une utilisation équilibrée des engrais et une irrigation adaptée contribuent à la résolution de différents problèmes phytosanitaires (Lamrani *et al.*, 2012). La culture intercalaire de variétés de riz augmente l'efficacité de la lutte contre la pyriculariose en réduisant la probabilité de son occurrence (Han *et al.*, 2016). L'apport réduit d'azoté (Matsuyama, 1975) est la méthode de lutte la plus employée contre la pyriculariose de riz.

Au Maroc, la plupart des variétés de riz cultivées sont sensibles à plusieurs espèces fongiques (Lamrani *et al.*, 2012). Les variétés Elio et Thaibonnet sont actuellement les variétés les plus cultivées par les riziculteurs marocains et elles ont un bon niveau de résistance partielle à la pyriculariose du riz (El Guilli *et al.*, 2000).

Lutte biologique

Cette méthode de lutte n'est pas très adaptée à la riziculture dans le monde due à ses coûts, son efficacité et les conditions climatiques au champ. Des souches bactériennes comprenant *Bacillus circulans*, *B. subtilis*, *B. megaterium* et *Pseudomonas fluorescens* réduisent significativement la sévérité de la pyriculariose du riz par rapport au témoin, mais leurs efficacités restent inférieures à celle obtenue avec un traitement fongicide (Padasht *et al.*, 2004). Les antagonistes antifongiques sont également capables d'arrêter la croissance des hyphes de différents pathogènes fongiques. Le traitement de semences et la pulvérisation foliaire par *Trichoderma harzianum* ont démontré une réduction significative de la sévérité de la pyriculariose du riz (Khalili *et al.*, 2012).

Lutte chimique

La lutte chimique contre la pyriculariose du riz

Pour limiter les pertes dues à ces champignons pathogènes, la lutte chimique demeure la méthode la plus efficace à effet immédiat. Selon Tajani *et al.*, (2001), les applications des fongicides lors des premiers stades végétatifs (stades 5 feuilles et 7 feuilles) peuvent réduire considérablement les pertes en rendement. Le fongicide dont la matière active est le Tebuconazole contrôle les maladies foliaires en plein champ. Il peut donc être préconisé comme produit efficace contre les attaques de la pyriculariose au Maroc.

Parmi les fongicides utilisés avec succès contre la pyriculariose du riz, se trouve le Tricyclazole. Ce fongicide est très actif vis-à-vis de *Pyricularia oryzae* et *Helminthosporium oryzae*. Le tricyclazole permet de combattre la pyriculariose. L'application de ce fongicide systémique

sur les semences, en pulvérisation foliaire ou sur le sol de la pépinière et en trempage des racines, donne des résultats efficaces et durables. Les semences traitées par le tricyclazole présentent un taux de germination élevé et donnent naissance à des plantules plus vigoureuses (Geetha et Sivaprakasam, 1993). L'application du fongicide BEAM 75 WP (matière active; Tricyclazole 750 g/kg) lors des conditions favorables à l'apparition de la pyriculariose (*Pyricularia oryzae*) diminuera le dégât. Ce traitement s'effectue aux parties aériennes à la dose de 0,3 kg/ha (Lamrani *et al.*, 2012). Le délai avant récolte (DAR) recommandé est de 15 jours (ONSSA, 2017).

La lutte chimique contre l'helminthosporiose du riz

L'utilisation des fongicides systémiques comme Propiconazole est également efficace contre la maladie (ONSSA, 2017).

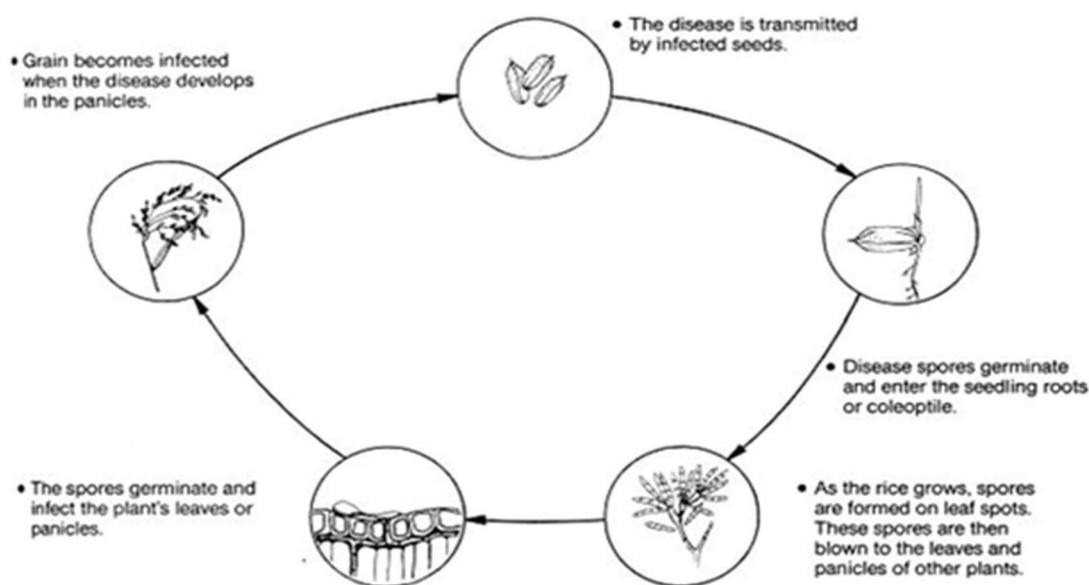


Figure 7: Cycle de développement de l'helminthosporiose du riz (Nyvall, 1999)

Tableau 5: Les matières actives les plus efficaces contre la pyriculariose du riz.

Matières actives	Résultats	Auteurs
Application au stade de plein tallage de benomyl et tricyclazole 400 g a.i./ha chacun	Suppression de la maladie et une augmentation de rendements en grains par 18,9 % et 42,2 % respectivement par rapport au témoin	Enyinnia, (1996)
Application trois fois à intervalle hebdomadaire à partir du stade d'épiaison de tricyclazole 22 % + Hexaconazole 3 % SC	Diminution de la sévérité et une augmentation de rendement en grains par 56,1 % par rapport au témoin	Magar <i>et al.</i> , (2015)
Application au stade de tallage de tricyclazole 75 % WP	Une réduction de l'incidence par 78,1 %	Nirmalkar <i>et al.</i> , (2017)
Trifloxystrobin 25 % + tebuconazole 50 %	Indice de pourcentage de la maladie « Percent Disease Index (PDI) » de 17,02	Mahantashivayogayya <i>et al.</i> , (2016)

Tableau 6: Les matières actives les plus efficaces contre l'helminthosporiose du riz

Matières actives	Résultats	Auteurs
Propiconazole	Plus efficace avec une inhibition maximale de 97 % à une concentration de 250 ppm	Gupta <i>et al.</i> , (2013)
Propiconazole 25 % EC	Inhibition plus élevée de la croissance radiale (89,2 %) du champignon	Mahapatra, (2014)
Hexaconazole et propiconazole	Réduction de la sévérité par 86,2 et 78,7 % respectivement	Sunder <i>et al.</i> , (2005)

Gestion intégrée des adventices dans les rizières

Pratiques culturales

L'établissement des cultures est un facteur clé dans la détermination des résultats des interactions entre mauvaises herbes et cultures et des mesures préventives de gestion des mauvaises herbes. L'établissement des cultures peut être amélioré grâce au labour du sol, au nivellement des terres, à l'utilisation de semences propres et certifiées, et à la gestion des nutriments en temps opportun. De telles pratiques de gestion intégrée de la culture du riz peuvent réduire les problèmes d'herbe dans les rizières des terres humides et ont montré qu'elles augmentaient leur productivité de 4 à 25 % selon le niveau de contrôle de l'eau (Becker et Johnson, 1999). Cependant, l'application d'azote sans gestion appropriée des mauvaises herbes améliore la vigueur et la capacité compétitive des mauvaises herbes (FAO, 2003). Selon Miézan *et al.*, (1997), comparé au semis direct, le repiquage permet d'économiser les semences, de réduire la période que le champ sera occupé, et plus important, il offre à la culture un avantage. D'après Gitsopoulos et Froud-Williams, (2004) pour la lutte contre *E. crus-galli*, l'inondation est une méthode recommandée de lutte contre les mauvaises herbes dans les rizières en raison de conditions anaérobies.

Désherbage mécanique et manuel

À condition que la main-d'œuvre requise soit disponible, le désherbage manuel reste une méthode efficace pour empêcher aux adventices de produire des semences. Le désher-

bage manuel est l'intervention la plus pratiquée contre les mauvaises herbes sur les petites fermes de riz en Afrique.

Le contrôle mécanique des mauvaises herbes peut être appliqué en tant qu'intervention dans la culture et comme mesure préventive dans le cadre de la préparation de la terre de pré-saison ou du travail du sol sec sur la saison sèche. Le travail du sol dans le travail du sol sec est souvent trop superficiel pour enterrer les graines de mauvaises herbes ou pour contrôler les espèces pérennes (Miézan *et al.*, 1997), en particulier lorsque la mécanisation est limitée.

Lutte chimique

Les herbicides sont des méthodes de contrôle importantes dans les bas-fonds et dans les rizières (Miézan *et al.*, 1997). L'utilisation d'herbicides est économiquement attrayante puisqu'il nécessite moins de temps de désherbage et permet aux riziculteurs d'utiliser des méthodes de plantation à l'aide du temps et du travail, telles que l'ensemencement direct.

Dans des rizières du Gharb, les herbicides CLINCHER (Cyhalofop butyl 200 g/l), RAINBOW (Penoxsulame, 25 g/l) et FESTIVAL (Oxadiazon 250 g/l) à raison de 0,8 à 1 l/ha sont les principaux herbicides utilisés (ONSSA, 2017). D'après Gitsopoulos et Froud-Williams (2004), les mauvaises herbes inondées pourraient être plus susceptibles et mieux contrôlées lorsqu'elles sont également traitées avec de l'oxadiargyl par rapport à la production de riz dans l'agriculture méditerranéenne. Ces auteurs suggèrent la dose de 75 g a.i./ha sur le riz à semis sec et de 25 g a.i./ha sur le riz prégermé.



Figure 8: Une rizière infestée par *Echinochloa crus-galli* dans la région de Gharb

Tableau 7: Efficacité de l'application d'un mélange de pendiméthaline et d'anilofos en sur *Echinochloa spp.* et le rendement du riz irrigué (Source: Singh *et al.*, 2008)

Traitement	Dose de matière active (g/ha)	<i>Echinochloa spp.</i> per m ² à 60 jas*	Rdt** en grains (kg/ha)
Pendiméthaline	1 000	3,4	5 525
Anilofos	400	43,3	2 333
Anilofos	600	21,7	3 458
Pendiméthaline+Anilofos	1 000 + 400	0,0	5 479
Pendiméthaline+Anilofos	500 + 400	14,7	5 279
Pendiméthaline+Anilofos	500 + 600	1,2	5 369
Présence d'adventices		103,3	1 333
Absence d'adventices			6.028
Test de PPDS			497

*: JAS: Jours Après Semi, **:Rendement du riz

Une bonne maîtrise de l'eau dans la riziculture de bas fond est essentielle en vue d'une utilisation efficace des herbicides. L'association d'un herbicide de prélevée ajouté à une gestion efficace de l'eau peut conduire à lutter efficacement contre les adventices tout au long de la saison (Ampong-Nyarko, 1996). Dans les sols à inondation incontrôlés, à l'instar des zones hydromorphes et les bas fond non aménagés, l'efficacité des herbicides peut toutefois s'avérer être très faible (Akobundu, 1987).

Des applications en cuve mixte d'anilofos et de pendiméthaline ont été essayées pour réduire la dose de pendiméthaline car elle est beaucoup plus coûteuse que l'anilofos (Tableau 7). La pendiméthaline à la moitié de la dose recommandée en association avec l'anilofos à 400 g/ha a donné un résultat équivalent à la dose recommandée de pendiméthaline (1,0 kg ha⁻¹). Ce mélange a pour avantage de contrôler ces adventices et d'augmenter ainsi le rendement.

Les herbicides sont probablement plus utiles dans les zones où la main-d'œuvre est rare. En vue d'une utilisation efficace et sécurisée des herbicides, le produit approprié, l'équipement d'application et les taux d'application sont importants (Zimdahl, 2007).

La gestion intégrée des adventices pourrait associer des mesures préventives avec interventions (Figure 9), et des approches à court et à long terme en vue de réduire durablement les pertes de rendement induites par les adventices. Cela peut contribuer à la réduction des achats d'intrants et à la durabilité de la gestion des adventices.

Méthodes de contrôle des animaux nuisibles

Les agriculteurs indiquent que l'efficacité des méthodes traditionnelles est insuffisante, ce qui suggère que la surveillance et le contrôle des populations contre les invasions massives sont plus urgents que l'amélioration de l'efficacité moyenne des mesures curatives (de Mey *et al.*, 2012). Au cours du stade laiteux de la production de riz, les oiseaux sont entraînés loin des fermes de riz pendant la journée (Ejiogu et Okoli, 2012). La protection directe implique l'utilisation de l'épouvantail, de la fronde et du canon pour effrayer les oiseaux granivores sont de différentes formes de bruits traditionnels.

L'application de répulsifs chimiques tels que Thiram, est effectuée pour repousser les canards et les oiseaux granivores qui endommagent les graines au moment du semis et à maturité (Ejiogu et Okoli, 2012).

Tableau 8: liste des herbicides utilisés dans les rizières en Afrique

Matière(s) active(s)	Exemple de nom commercial	Dose (Kg/ha)	Période	Cible	Ecosystème rizicole
2,4-D	Dacamine	0,5-1,5	Post-levée tardive	D/C ^a	H/B ^a
	Fernoxone				
	Herbazol				
2,4-D + Dichlorprop	Weedone	1-1,5 (l/ha)	Post-levée	D/C	H/B
Bensulfurone	Londax	0,05-1,0	Post-levée	D/C	B
Bentazone	Basagran	1,0-3,0	Post-levée	D/C	H/B
Bifénox	Foxpro D	1,5-2,4	Pré-levée	D/(G)	H/B
Butachlore	Machete	1,0-2,5	Pré/précoce/ post-levée	AG/(D) ^b	H/B
Cinosulfurone	Set of 20WG	0,05-0,08	Post-levée	C/D	H
Dymrone (K-223)	Dymrone	3,0-5,0	Pré-levée	S/(G/D)	B
Fluorodifène	Preforan	2,0-3,5	Pré-levée	AD	H/B
MCPA	Herbit	0,5-1,5	Post-levée	D/C	H/B
Molinate	Ordram	1,5-4,0	Pré/précoce/ post-levée	G/S/(D)	B
Oxadiazon	Ronstar 25EC	0,6-1,5	Pré/précoce/post-levée	G/D/C	H/B
Paraquat	Gramoxone	0,5-1,0	Pré/post	A	B
Pendiméthaline	Stomp 500	0,5-1,5	Pré-levée	G/D/C	H/B
Pipérophos	Rilof 500	0,5-2,0	Pré/post	G/C	H/B
Pipérophos + Cinosulfurone	Pipset 35 WP	1,5	Post-levée	G/C/D	H
Prétilachlore + Diméthamétryne	Rifit extra 500 EC	1,5 / 0,5	Pré-levée	G/D	H/B
Propanil ^c	Stam F34	2,5-4,0	Précoce post	A	H/B
Propanil + Bentazone	Basagran PL2	6-8 (l/ha)	Post-levée	D/C	H/B
Propanil + Triclopyr	Garil	5 (l/ha)	Post-levée	G/C/(D)	H/B
Propanil + Oxadiazon	Ronstar PL	5 (l/ha)	Post-levée	G/D/C	H/B
Quinclorac	Facet	0,25- 0,5	Pré/post	G	B
Thiobencarb	Saturn	1,5-3,0	Pré/précoce post	G/D/C	H/B
Triclopyr	Garlon	0,36-0,48	Post-levée	D/C	H

^aD=adventices aux feuilles larges (adventices dicotylédones), C=cypéracées, G=graminées, A=annuelles, H= Haute terres, B= Bas-fonds.

^bLes types d'adventice entre parenthèses indiquent que le produit peut lutter contre certaines espèces de ce groupe ou à certains stades (précoces).

^cLe propanil est souvent appliqué en mélange avec d'autres matières actives : MCPA, molinate, oxadiazon, 2,4-D, fluorodifène, thiobencarb, bentazone et butachlor.

Sources: Akobundu, 1987; Akobundu et Fagade, 1978; Ampong-Nyarko, 1996; Babiker, 1982; Diallo *et al.*, 1997; Okafor, 1986; Van Rijn, 2001; Wopereis *et al.*, 2007; Zimdahl, 2007

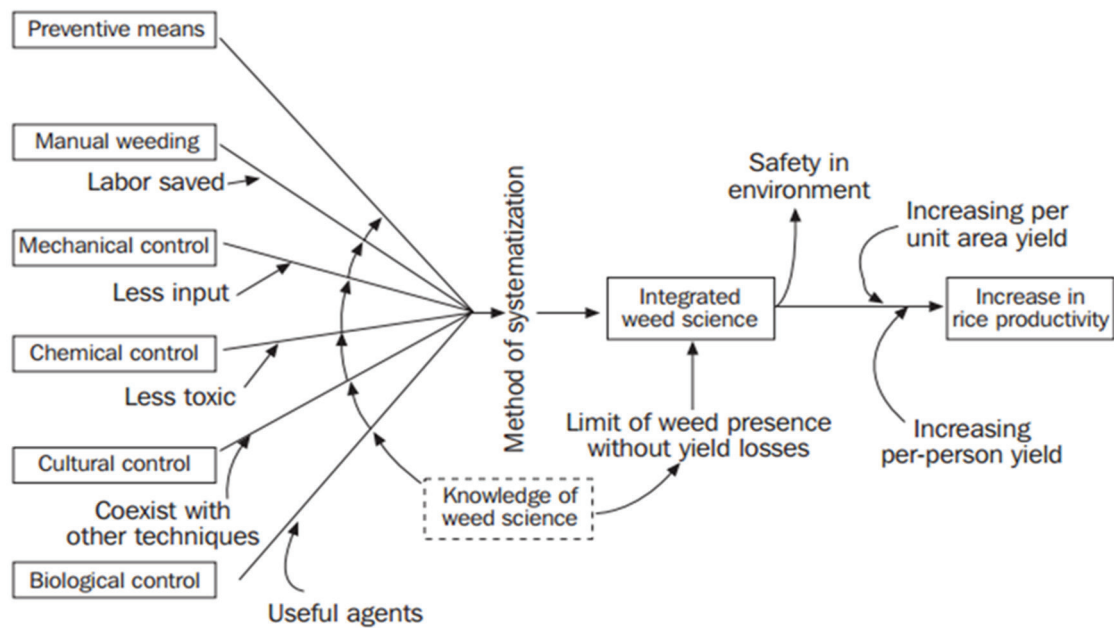


Figure 9: Un modèle conceptuel de lutte intégrée contre les mauvaises herbes (IRRI, 2008)

CONCLUSION

Le riz est l'aliment de base de près de la moitié de la population mondiale, ce qui en fait une culture d'un grand intérêt. Sa production est confrontée à plusieurs contraintes biotiques. En effet, les adventices, les ravageurs vertébrés et les agents pathogènes impactent négativement son rendement.

La pyriculariose et l'helminthosporiose sont les deux maladies fongiques les plus redoutables du riz et les fongicides à base de triazole sont efficaces pour réduire leur sévérité.

La gestion des nutriments en temps opportun et les inondations régulières pour la riziculture irriguée peuvent réduire les problèmes des maladies et des adventices.

La lutte biologique contre les ravageurs vertébrés n'est pas prise en considération à cause de sa complexité.

Compte tenu de la mauvaise combinaison de ces différentes méthodes de lutte pratiquées par les riziculteurs, il est recommandé de renforcer les pratiques culturales et de surveiller le développement des organismes nuisibles afin de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires pour la protection de la culture de riz et minimiser ainsi leurs effets indésirables sur l'environnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agrios G.N. (2005). Plant pathology. 5th Edition
- Akobundu O.I. (1987). Weed science in the tropics. Principles and practices. John Wiley & Sons. ISBN 471915440. 522 pages. *Journal of Tropical Ecology*, 5: 126-126.
- Akobundu I.O., Fagade S.O. (1978). Weed problems of African rice lands. *Rice in Africa*, 181-192.
- Ampong-Nyarko K. (1996). Weed management in rice in Africa. *FAO Plant Production And Protection Papers*, 181-182.
- Babiker A.G.T. (1982). Chemical weed control in irrigated direct-seeded rice in the Sudan Gezira. *Weed Research*, 22: 117-121.
- Bajwa A.A., Jabran K., Shahid M., Ali H.H., Chauhan B.S. (2015). Eco-biology and management of *Echinochloa crus-galli*. *Crop Protection*, 75: 151-162.
- Balasubramanian V., Sie M., Hijmans R.J., Otsuka K. (2007). Increasing rice production in sub-Saharan Africa: challenges and opportunities. *Advances in agronomy*, 94: 55-133.
- Becker M., Johnson D.E. (1999). Rice yield and productivity gaps in irrigated systems of the forest zone of Côte d'Ivoire. *Field Crops Research*, 60: 201-208.
- Bouhache M., Boulet C., Hammoumi M. (1983). [A study of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. seed stock in soil of paddy fields in the area of Gharb (Morocco)]. [French]. *Actes de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II*.
- Caton B.P. (2010). A practical field guide to weeds of rice in Asia. *Int. Rice Res. Inst.*, Second Edition ed.).
- Chataigner J. (Ed.) (1997). Maladies du riz en région méditerranéenne et les possibilités d'amélioration de sa résistance 15 (3) Montpellier: CIHEAM.
- Chauhan B.S., Jabran K., Mahajan G. (Eds.). (2017). *Rice production worldwide* (Vol. 247). Springer.
- De Grazio J.W. (1978). World bird damage problems.
- de Mey Y., Demont M., Diagne M. (2012). Estimating bird damage to rice in Africa: evidence from the Senegal River Valley. *Journal of Agricultural Economics*, 63: 175-200.
- Diallo S., Johnson D.E. (1997). Les adventices du riz irrigué au Sahel et leur contrôle. *Irrigated rice in the Sahel: prospects for sustainable development. WARDA, Dakar*, 311-323.
- ECONOMISTE. (2016). Culture du riz. Le Maroc pourrait-il s'inspirer du Vietnam? Retrieved from <http://www.leconomiste.com/article/1001215-culture-du-riz>

- Ejiogu A., Okoli V. (2012). Bird scaring technologies in rice production: The need for policies prohibiting participation of women and children. *Journal of Food Science and Technology*, 1: 31.
- El Blidi S., Fekhaoui M., Serghini A., El Abidi A. (2006). Rizières de la plaine du Gharb (Maroc): qualité des eaux superficielles et profondes. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 28: 55-60.
- El Guilli M.J.A., Milazzo J., Adreit H., Ismaili M., Farih A.R., Lyamani A., Nottoghem J.L., Tharreau D. (2000). Évaluation de la résistance à la pyriculariose des variétés de riz utilisées au Maroc. *Al Awamia*, 102: 73-81.
- Enyinnia T. (1996). Effect of two systemic fungicides on rice blast control in a rainforest zone of Nigeria. *International journal of pest management*, 42: 77-80.
- FAO. (2003). Rice Irrigation in the Near East: Current Situation and Prospects for Improvement
- FAOSTAT. (2016). Rice production, area, and productivity of rice.
- Geetha D., Sivaprakasam K. (1993). Treating rice seeds with fungicides and antagonists to control seedborne diseases. *International Rice Research Notes*, 18: 30-31.
- Ghazanfar M.U., Waqas W., Sahi S.T. (2009). Influence of various fungicides on the management of rice blast disease. *Mycopath*, 7: 29-34.
- Gitsopoulos T.K., Froud-Williams R.J. (2004). Effects of oxadiargyl on direct-seeded rice and *Echinochloa crus-galli* under aerobic and anaerobic conditions. *Weed Research*, 44: 329-334.
- Gupta V., Shamas N., Razdan V.K., Sharma B.C., Sharma R., Kaur K., Kumar A. (2013). Foliar application of fungicides for the management of brown spot disease in rice (*Oryza sativa* L.) caused by *Bipolaris oryzae*. *African Journal of Agricultural Research*, 8: 3303-3309.
- Hamer J.E., Howard R.J., Chumley F.G., Valent B. (1988). A mechanism for surface attachment in spores of a plant pathogenic fungus. *Science*, 239: 288-290.
- Han G.Y., Lang J., Sun Y., Wang Y.Y., Zhu Y.Y., Lu, B.R. (2016). Intercropping of rice varieties increases the efficiency of blast control through reduced disease occurrence and variability. *Journal of Integrative Agriculture*, 15: 795-802.
- Holm L.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., Herberger J.P. (1977). *The world's worst weeds. Distribution and biology*.
- Hubert J., Mabagala R.B., Mamiro D.P. (2015). Efficacy of Selected Plant Extracts against *Pyricularia grisea*, Causal Agent of Rice Blast Disease. *American Journal of Plant Sciences*, 6: 602-611.
- IRRI. (2008). Direct Seeding of Rice and Weed Management in the Irrigated Rice-Wheat Cropping System of the Indo-Gangetic Plains.
- Johnson D.E., Wopereis M.C.S., Mbodj D., Diallo S., Powers S., Haefele S.M. (2004). Timing of weed management and yield losses due to weeds in irrigated rice in the Sahel. *Field Crops Research*, 85: 31-42.
- Kato H. (2001). Rice blast disease *Japan Crop Protection Association (JCPA)*.
- Khalili E., Sadravi M., Naeimi S., Khosravi V. (2012). Biological control of rice brown spot with native isolates of three *Trichoderma* species. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43: 297-305.
- Khush G.S. (1997). Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.*, 35: 25-34.
- Khush G.S. (2005). What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant Mol. Biol.*, 59: 1-6.
- Khush G.S. (2013). Strategies for increasing the yield potential of cereals: case of rice as an example. *Plant Breeding*, 132: 433-436.
- Lage M. (1997). Production rizicole et consommation de riz au Maroc. In: Chataigner J. (ed.). *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*. Montpellier: CIHEAM, 1997. *Cahiers Options Méditerranéennes*, p.147-150.
- Lamrani N., EL Abdellaoui F., Touhami A.O., Benkirane R., Badoc A., Douira A. (2012). Effet *in vitro* et *in vivo* du tricyclazole sur trois pathogènes du riz. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, p.85-104.
- Lanoiselet V. (2008). Rice blast. *Plant Health Australia*.
- Long D.H., Lee F.N., TeBeest D.O. (2000). Effect of Nitrogen Fertilization on Disease Progress of Rice Blast on Susceptible and Resistant Cultivars. *The American Phytopathological Society*, 84: 403-409.
- Magar P., Acharya B., Pandey B. (2015). Use of Chemical Fungicides for the Management of Rice Blast (*Pyricularia Grisea*) Disease at Jyotinagar, Chitwan, Nepal. 3 (3): 5.
- Mahantashivayogayya K., Reddy B.G.M., Gowdar S.B., Chethana B.S. (2016). Bio-efficacy of a Combination Fungicide against Blast and Sheath Blight Diseases of Paddy.
- Mahapatra S.S. (2014). Chemical management of brown spot disease of rice in Odisha. *Journal of Plant Protection and Environment*, 11: 67-70.
- Matsuyama N. (1975). The effect of ample nitrogen fertilizer on cell-wall materials and its significance to rice blast disease., Vol. 41.
- Miah G., Rafii M.Y., Ismail M. R., Sahebi M., Hashemi F.S.G., Yusuff O., Usman M.G. (2017). Blast disease intimidation towards rice cultivation: a review of pathogen and strategies to control. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(4).
- Miège E. (1951). La question du Riz au Maroc. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, p. 294-312.
- Miézan K.M., Wopereis M., Dingkuhn M., Deckers J., Randolph T.F. (1997). *Irrigated rice in the Sahel: prospects for sustainable development*. Bouaké, Côte d'Ivoire: WARDA [West Africa Rice Development Association].
- Moody K. (1990). Pest interactions in rice in the Philippines. In *Pest management in rice* (pp. 269-299). Springer, Dordrecht.
- Nirmalkar V.K., Said P.P., Kaushik D.K. (2017). Efficacy of Fungicides and Bio-Agents against *Pyricularia gresia* in Paddy and Yield Gap Analysis Thought Frontline Demonstration. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6: 2338-2346.
- Nyvall R. (1999). *Field crop diseases*. Iowa: State University Press, Ames, Iowa.

- Oerke E.C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*.
- Okafor L.I. (1986). Chemical weed control in direct-seeded irrigated rice in the Lake Chad Basin, Nigeria. *Crop Protection*, 5: 203-208.
- ONSSA. (2017). Index Phytosanitaire Maroc. *Association Marocaine de Protection des Plantes*, p.241.
- ORMVAG. (2013). *Présentation de la filière rizicole dans le Gharb*.
- Ou S.H. (1985). Rice diseases, 2nd edition. Wallingford, UK, CABI Publishing.
- Padasht D.F., Popushoi I., Izadyar M., Khodakaramiyan G., Dudabei Nejad E., Purfarhang H. (2004). Biological control of Rice Blast Disease in the field condition.
- Rodenburg J., Johnson D.E. (2009). Chapter 4 - Weed Management in Rice-Based Cropping Systems in Africa. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy*, 103:149-218, Academic Press.
- Singh Y. e., International Rice Research Inst., L. B. P. e., Singh V. P. e., Chauhan B. e., Orr A. e., Mortimer A. M. e., Hardy B.e. (2008). Direct seeding of rice and weed management in the irrigated rice-wheat cropping system of the Indo-Gangetic Plains.
- Sunder S., Singh R., Dodan D.S., Mehla D.S. (2005). Effect of different nitrogen levels on brown spot (*Drechslera oryzae*) of rice and its management through host resistance and fungicides. *Plant Disease Research-Ludhiana*, 20:111-114.
- Sunder S., Singh R., Agarwal R.A.S. (2014). Brown spot of rice: an overview. *Indian Phytopathol.*, 67: 201-215.
- Tajani M., Douira A., El Haloui N., Benkirane R. (1997). Impact of fertilization on disease development and yield components. In J. Chataigner (Ed.), *Maladies du riz en région méditerranéenne et les possibilités d'amélioration de sa résistance*, 15: 95-99. Montpellier: CIHEAM.
- Tajani M., Benkirane R., Douira A., El Haloui N. (2001). Impact des maladies foliaires sur les composantes de rendement du riz (*Oryza sativa*) au Maroc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 21: 83-86.
- Valent B., Farrall L., Chumley F.G. (1991). *Magnaporthe grisea* genes for pathogenicity and virulence identified through a series of backcrosses. *Genetics*, 127: 87-101.
- Van Rijn P.J. (2001). Weed management in the humid and sub-humid tropics: Koninklijk Instituut voor de Tropen (KIT)(Royal Tropical Institute, RTI).
- Wilson R.A., Talbot N.J. (2009). Under pressure: investigating the biology of plant infection by *Magnaporthe oryzae*. *Nat. Rev. Microbiol.*, 7: 185-195. doi:10.1038/nrmicro2032
- Wopereis, M. C. S., Defoer, T., Idinoba, P., Diack, S. and Dugué. M.J. (2007). Participatory learning and action research (PLAR) for integrated rice management (IRM) in inland valleys of sub-Saharan Africa: Technical manual. *WARDA, Cotonou, Benin/IFDC, Muscle Shoals, USA*.
- Zidane L., Salhi S., Fadli M., El Antri M., Taleb A., Douira A. (2010). Étude des groupements d'adventices dans le Maroc occidental. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement/Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 14:153-166.
- Zimdahl R.L. (2007). *Fundamentals of Weed Science* (Third edition ed.).