



Effet de la fertilisation par différents niveaux de N P K sur le développement des maladies foliaires du riz

Nawal IMRANI, Abdellatif OUAZZANI CHAHDI, Mohamed CHLIYEH, Jihane TOUATI, Amina OUAZZANI TOUHAMI, Rachid BENKIRANE et Allal DOUIRA

Université Ibn Tofaïl, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, B.P. 133, Kenitra, Maroc.

*Auteurs correspondants, E-mail: navalimrani@yahoo.fr; douiraallal@hotmail.com

Mots clés : Maroc, Riz, Helminthosporiose, Curvulariose, *Helminthosporium*, *Curvularia lunata*, Nutrition, Azote-Phosphore-Potassium

Keywords: Morocco, Rice, *Helminthosporium*, *Curvularia lunata*, Nutrition, Nitrogen-Phosphorus-Potassium.

1 RÉSUMÉ.

Les manifestations symptomatiques des plantes de riz inoculées par les *Helminthosporium* (*H. oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum*, *H. australiensis*) et *Curvularia lunata* montrent que la plante hôte ne se comporte pas de la même manière vis-à-vis des espèces fongiques testées et le traitement fertilisant incorporé dans le sol. Ainsi, le nombre des feuilles sévèrement attaquées, la sévérité de la maladie et les coefficients d'infection les plus élevés sont observés lors des traitements riches en azote seul ou combiné avec l'un des deux autres éléments (potassium ou phosphore) ou les trois à la fois (azote, potassium et phosphore) pour toutes les espèces étudiées, alors qu'elle est faible avec les traitements riches en phosphore et en potassium seul ou les deux à la fois. Et par conséquent, le poids frais, le poids sec et la longueur de la partie aérienne ont été plus importants chez les plantes de riz traitées par le potassium seul ou le phosphore seul ou les deux à la fois et n'ont pas été influencés par l'inoculation artificielle par les espèces fongiques étudiées. Ils sont plus faibles chez les plantes traitées par l'azote et favorisent le développement des *Helminthosporium* et *Curvularia lunata*. Sur tous les traitements, *H. oryzae* s'est montré le plus pathogène suivi de *H. sativum* puis viennent *H. spiciferum*, *H. australiensis* et *C. lunata* en dernière place. Des hypothèses ont été émises pour expliquer comment l'azote aurait pu intervenir pour favoriser le développement de la maladie et comment le potassium augmente la vigueur de la plante et la rend plus résistante contre la maladie.

Effect of fertilization with different levels of N P K on the development of foliar rice diseases

SUMMARY

Symptomatic manifestations of rice plants inoculated with the fungi *Helminthosporium* (*H. oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum*, *H. australiensis*) and *Curvularia lunata* show that the



host plant did not behave in the same manner against the tested fungal species and the fertilizer treatment incorporated in the soil. Thus, the number of severely affected leaves, the severity of the disease and the highest infection coefficients were observed in rich nitrogen treatments only or combined with one (potassium or phosphorus) or two other elements (potassium and phosphorus) or three simultaneously (nitrogen, phosphorus and potassium). Infection was low with the rich treatment of phosphorus and potassium alone or both together. And therefore, fresh weight, dry weight and length of the aerial part was greater in the rice plants treated with potassium or phosphorus alone or only two at a time and were not influenced by artificial inoculation by fungal species studied. They were lower in plants treated with nitrogen and promote the development of *Helminthosporium* and *Curvularia lunata*. On all treatments, *H. oryzae* was the most pathogenic followed by *H. sativum* then, *H. spiciferum*, *H. australiensis* and *C. lunata* in last place. Hypotheses have been put forward to explain how nitrogen could have intervened to support the development of the disease and how potassium increases the vigor of the plant and makes it more resistant against disease.

2 INTRODUCTION

Le Riz est sujet à diverses maladies cryptogamiques qui compromettent la récolte en quantité et/ou en qualité, parfois dans des proportions considérables. Au Maroc, la plupart des variétés cultivées dans le Gharb et dans le Loukkous (Nord-Ouest du Maroc) sont sensibles à plusieurs espèces fongiques telles que *Pyricularia oryzae*, responsable de la pyriculariose (Benkirane *et al.*, 1994 ; Benkirane, 2001 ; El Oirdi *et al.*, 1995 ; Tajani, 2000), *Curvularia lunata*, agent de la curvulariose (Hassikou *et al.*, 1997, 2001 ; Hassikou, 2000), *Helminthosporium oryzae* (Bousslim *et al.*, 1997), *H. spiciferum* (Ennaffah *et al.*, 1999), *H. australiensis* et *H. sativum*, occasionnent l'helminthosporiose (Ouazzani Touhami *et al.*, 2000). *Pyricularia oryzae* et *Helminthosporium oryzae* sont deux espèces dominantes, mais l'observation microscopique montre la présence de plusieurs champignons potentiellement pathogènes sur une même lésion foliaire (Benkirane *et al.*, 1995). Des études réalisées sur l'effet de la nutrition sur les maladies du riz ont montré une progression de la pyriculariose suite à un apport des fertilisants azotés (Long, 1999). Alors que le développement de *Septoria tritici* est limité par un apport de potassium (Ben Mohamed *et al.*,

2000). Cette pratique qui consiste à mettre à la disposition des plantes des réserves en éléments minéraux assimilables est connue pour donner un bon rendement pour la plante du riz (Tinarelli, 1989), et pour être capable d'agir sur le pathogène, l'infection et la réaction de la plante hôte (Agrios, 1980). De plus, parce qu'elle existe une interaction entre les nutriments et les maladies des plantes (Anderson, 2002), que la nutrition est impliquée dans le mécanisme de défense de la plante (Huber, 1980) et aussi dans l'arsenal pathogénique des pathogènes (Williams, 1979). La nutrition minérale est très sollicitée en tant que moyen de prévention contre de nombreuses maladies (Freeman, 1964). Dans certains cas, elle peut remplacer l'utilisation des fongicides (Hervieux *et al.*, 2002). Ainsi, dans le but de vérifier l'effet de la fertilisation sur les maladies foliaires du riz, la sévérité de la maladie a été évaluée chez les plantes du riz inoculées avec quatre espèces pathogènes du riz (*Helminthosporium oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum*, *H. australiensis* et *Curvularia lunata*) se développant sur des substrats ayant subis différents traitements NPK.



3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Matériel végétal : Les grains de la variété de riz Elio ont été désinfectés par trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium à 15 % pendant 10 minutes. Ils ont été par la suite rincés plusieurs fois à l'eau distillée stérile, puis déposés dans des boîtes de Petri contenant du coton stérile imbibé d'eau distillée stérile. L'incubation a lieu à l'obscurité et à 28°C. Trois jours après la mise en germination des grains, les plantules issues des grains pré germés ont été repiquées dans des pots contenant le sol de la forêt de la Mamora (Azote total: 0,02% ; phosphore assimilable (Olsen) : 0,042% et potassium échangeable : 0,077%), amendé avec différents niveaux de NPK. Les plantules (3 /pot).sont mises en serre et arrosées quotidiennement avec l'eau de robinet jusqu'au stade requis pour l'inoculation (4 à 5 feuilles)

3.2 Les sources NPK utilisées : Le nitrate d'Ammonium (NH₄NO₃) est utilisé comme source d'azote, le disodium hydrogénophosphate (Na₂HPO₄) comme source de phosphore et le chlorure de potassium (KCl) comme source de potassium.

N0 P0 K0= témoin (les conditions du sol)

N1= 0,5 g de nitrate d'ammonium à 33,5% d'azote

P1= 0,85 g de superphosphate à chaud à 18% de P20

K1= 0,31 g de sulfate de potassium à 50% de K20

3.3 Matériel fongique : *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan et *Helminthosporium spiciferum* (Bainier) Nicot ont été isolés à partir des lésions foliaires de la variété de riz Triomphe; tandis que *Helminthosporium sativum* Pammel, King et Bakke, *Helminthosporium australiensis* Bugnic et *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn ont été collectés respectivement des lésions des variétés Bahja, Samar et Kenz. *Helminthosporium oryzae* et *H. sativum* ont été cultivés sur milieu Farine de riz (farine de riz: 14 g; extrait de levure: 4 g; agar-agar: 15 g; eau

distillée: 1000 ml). *Curvularia lunata*, *Helminthosporium spiciferum* et *H. australiensis* ont été cultivés sur milieu PSA (pomme de terre: 200 g, saccharose: 20 g : agar-agar: 15 g, eau distillée: 1000 ml). Tous ces milieux gélosés ont été préalablement stérilisés en autoclave à 120°C pendant 30 min. Quand ils se refroidissent et atteignent une température d'environ 50°C, les milieux ont été coulés dans des boites de Petri à raison de 30 à 40 ml par boite additionné de 100 mg/l de chloramphénicol. Après 15 jours d'incubation pour l'*H. oryzae* et 10 jours pour les autres espèces fongiques testées, la surface chargée de spores est raclée stérilement à l'aide d'une spatule métallique, le mycélium est mis en suspension dans l'eau distillée stérile, puis agité pendant une minute. La suspension résultante est filtrée à travers de la mousseline pour séparer les spores des fragments mycéliens, la suspension sporale est ensuite ajustée avec l'eau distillée stérile contenant 0,05% de Tween 20 et 0,5% de gélatine de façon à avoir une concentration finale de 10⁶ spores/ml.

3.4 Inoculation et notation : L'inoculation des plantes a été faite par pulvérisation de 60 ml de la suspension conidienne de chaque pathogène testé (3 pots/pathogène). Les plantes ont été ensuite placées pendant 48 heures sous des housses noires en plastique, pulvérisées d'eau stérile permettant de maintenir une humidité relative élevée, nécessaire à la germination et à la pénétration directe des conidies (sans blessure). Les pots ont été par la suite transférés en serre (température variant entre 28 à 34°C en été). La notation des résultats a été faite 7 jours après l'inoculation. L'indice de sévérité de la maladie est déterminé par le pourcentage de la surface foliaire malade (S.F.M) estimée d'après l'échelle de notation de Nottoghem *et al.* (1980) (Tab. I) et son incidence (nombre de feuilles infectées par traitement).



Tableau 1: Échelle de notation de Notteghem *et al.* (1980)

Note	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SFM (%)	0	0,05	0,5	1,5	3,5	7,5	17,5	37,5	62,5	87,5

SFM = Surface foliaire malade

L'indice de sévérité est calculé selon la formule: $IS = (\sum Xi.ni / 9 Nt) \times 100$

IS : Indice de sévérité de la maladie

Xi : sévérité de la maladie (Note)

Ni : nombre de plantes présentant la sévérité i

Nt : nombre total des plantes observées

9 : note-la plus élevée de l'échelle

Le coefficient d'infection est calculé en multipliant l'incidence par la sévérité (Loegering, 1959).

La longueur de la partie aérienne des plantes ainsi que le poids frais et le poids sec des plantes ont été relevés pour chaque traitement.

4 RÉSULTATS

4.1 Incidence, sévérité et coefficient

d'infection : Après inoculation des plantules de riz par chacun des pathogènes testés, différents symptômes ont été observés sur les feuilles des plantes du riz. Les lésions engendrées par *P.H. oryzae* sont de forme circulaire ou ovale avec un contour brun et un centre marron foncé et celles induites par *P.H. sativum* sont de forme effilée et de contour marron (Figure 3). Les symptômes de *H. spiciferum* se présentent sous formes des petites taches brunâtres, de forme effilée qui fusionnent avec le temps pour donner des plages nécrosées, qui se rejoignent par la suite et conduisent au dessèchement de la feuille (Figure 1). Les lésions induites par *P.H. australiensis*, se présentent sous forme de petites taches minuscules avec une bordure de couleur marron et un centre brun (Figure 2). Les symptômes développés en présence de *C. lunata*, se présentent sous forme de nombreuses taches de couleur brune à noire, allongées ou

circulaires, plus sombre au contour. L'infection commence à partir de la périphérie de la feuille et se répand vers le centre. Les feuilles sèchent et sévèrement infectées finissent par se faner. Les manifestations symptomatiques des plantes du riz montrent que ces dernières ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis des espèces fongiques (Tab. 2). De même, le comportement de ces espèces est variable selon les traitements utilisés. En effet, l'incidence, la sévérité et le coefficient d'infection les plus importants sont observés chez *P.H. oryzae* et ceci quel que soit le traitement utilisé. Cependant, un apport en phosphore seul permet de réduire légèrement la maladie (CI = 234,4) par rapport au témoin (CI = 306,8). Les plantes témoins inoculées par *H. sativum* ont présenté un coefficient d'infection important (CI = 222,8) et qui reste identique à celui des plantes ayant subi un traitement avec l'azote seul (CI = 228) et l'azote combiné avec le phosphore et le potassium (CI = 244). Une réduction de moitié



est observée pour les traitements par le phosphore et le potassium seuls, ou les deux combinés, ou chacun d'eux, les coefficients d'infection varient entre 113 et 168. L'*H. spiciferum*, *H. australiensis* et *C. lunata* se sont montrés moins pathogènes que l'*H. oryzae* et *H. sativum* vis-à-vis des feuilles des plantes de la variété Elio de riz (les CI sont respectivement 100, 140 et 171,6). De plus, une réduction de

l'incidence et de la sévérité est observée après un apport en phosphore seul, en potassium seul ou les deux combinés dans les cas d'*H. spiciferum* (CI égaux à 97,8 ; 65,7 et 84,4). Par contre, chez *H. australiensis* et *C. lunata* la réduction est observée quand le potassium est apporté seul (CI respectivement 84,2 et 97,1) ou en combinaison avec le phosphore (CI respectivement 86,5 et 62,2) (Tab. 2).



Tableau 2: Effet de différentes combinaisons N P K sur l'incidence (I), la sévérité (S) et le coefficient d'infection (CI) des *Helminthosporium* et de *Curvularia lunata* sur le riz, variété Elio.

Espèces fongiques															
	<i>H.oryzae</i>			<i>H.sativum</i>			<i>H.spiciferum</i>			<i>H.australiensis</i>			<i>C.lunata</i>		
	I	S	CI	I	S	CI	I	S	CI	I	S	CI	I	S	CI
NoPoKo	40	7.67	306.8b	36	6.18	222.8a	24	4.61	100cd	26	5.31	140.0b	34	5.02	171.6a
N1P0K0	44	8.89	391.4a	32	7.12	228.0a	20	5.85	117.1b	21	5.19	109.2cd	26	4.25	110.èbc
N0P1K0	36	6.59	234.4b	21	5.85	122.8b	21	4.65	97.8d	24	4.52	108.7cd	24	4.97	119.2bc
N0P0K1	37	8.27	306.2ab	20	5.8	116.0b	17	3.86	65.7 e	15	5.61	84.2cd	21	4.62	97.1c
N1P1K0	41	7.76	318.1ab	23	7.31	168.1b	29	5.56	161.4a	30	5.47	164.2ab	27	6.11	165.0a
N1P0K1	39	8.23	321.3ab	29	5.58	161.8b	25	5.75	143.8ab	32	5.66	181.4a	28	4.88	136.6ab
N0P1K1	30	7.62	286.4ab	21	5.4	113.5b	20	4.2	84.4cd	20	3.42	68.5d	19	3.27	62.2d
N1P1K1	40	8.73	349.5a	32	7.63	244.2a	26	5.25	136.6ab	27	4.39	118.57bc	20	5.64	112.8bc

NOP0K : Témoin (conditions du sol) ; N1: 0,5 g de nitrate d'ammonium à 33,5% d'azote ; P1 : 0,85 g de superphosphate à chaud, 18% de P20; P1 : 0,85 g de superphosphate à chaud, 18% de P20

Deux résultats lus sur la même colonne et accompagnés de la même lettre ne diffèrent significativement au seuil de 5% par le test de P. P. D. S.



4.2 Croissance de la partie aérienne :

L'analyse des résultats a montré que sur un sol pauvre en nutriments, la croissance du témoin est égale à 30,21 cm et elle est réduite après inoculation des plantes par les différents pathogènes (varie entre 18,77 cm chez les plants inoculés par *H. australiensis* et 26,11 chez ceux inoculés par *H. spiciferum*). L'addition du phosphore dans le sol est bénéfique pour la croissance du système aérien des plants de la variété Elio du riz, la longueur moyenne des plants témoins est 39,16 cm, celle des plants inoculés par *H. oryzae* est de 38,27 cm, avec des feuilles bien développées. Par contre, une légère réduction de la croissance a été observée chez les plants inoculés par les autres espèces (Figure 4). L'addition du potassium seul au substrat n'a pas influencé la croissance des plants, inoculés par *H. sativum* (L = 35,22 cm). La combinaison phosphore et potassium induit une bonne croissance des plants témoins (L = 40,72 cm) et celle des plants inoculés par les *Helminthosporium* (*H. oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum* et *H. australiensis*) et *C. lunata*, les longueurs des plants varient entre 30,44 et 40,55 cm.

L'incorporation de l'azote dans le sol réduit la croissance en longueur aussi bien chez les plants témoins (L = 24,77 cm) que chez ceux inoculés par *H. oryzae* (L = 22,22 cm), *H. sativum* (L = 21,05 cm), *H. australiensis* (L=19,77 cm) et *C. lunata* (L = 22,77 cm). Cependant, l'addition du phosphore et de potassium ou les deux à la fois n'a pas pu améliorer la croissance des plants. L'incorporation de l'azote seul ou combiné avec les autres éléments réduit la croissance de la partie aérienne des plants de riz inoculés par les espèces fongiques testées

(Figure 5) Dans le cas d'un traitement avec l'azote seul (N1P0K0), la longueur des parties aériennes varie entre 19,77 cm chez les plants inoculés avec *H. australiensis* et 22,22 cm chez ceux inoculés par *H. oryzae*. Dans le cas de la combinaison azote/ phosphore (N1P1K0), la croissance de la partie aérienne varie entre 18,11 cm chez les plants inoculés avec *H. australiensis*. et de 23,88 cm chez celles infectés par *H. spiciferum*. Dans le cas de la combinaison des trois éléments (N1P1K1), la croissance oscille entre 18,5 cm chez les plants inoculés par *C. lunata* et *H. sativum* et 21,22 cm chez ceux inoculés par *H. spiciferum*. Dans le cas de la combinaison N1P0K1, cette croissance est de 22,38 cm chez les plants infectés par *C. lunata* et de 37 cm chez les plants inoculés par *H. oryzae*. Ces résultats sont presque identiques à ceux observés sur un sol pauvre en éléments nutritifs. En effet, la croissance de la partie aérienne varie entre 18,77 cm chez les plants inoculés avec *H. australiensis* et 24,11 cm chez ceux infectés par *H. oryzae*. L'addition au substrat du phosphore seul, de potassium seul ou les deux combinés conduisent à une amélioration de la croissance de la partie aériennes des plants du riz inoculés par les pathogènes testés. Après incorporation du phosphore seul dans le sol, la longueur des plants inoculés par *H. australiensis* et *H. oryzae* varie respectivement entre 26,44 et 38,27 cm. Pour le traitement NPK1, la croissance varie entre 24,77 et 35,61 cm chez les plants infectés respectivement par *H. spiciferum* et *H. oryzae*. Dans le cas du traitement N0P1K1, la croissance varie entre 30,44 cm pour *C. lunata* et 40,55 cm pour les plants inoculés avec *C. lunata* et *H. oryzae*.

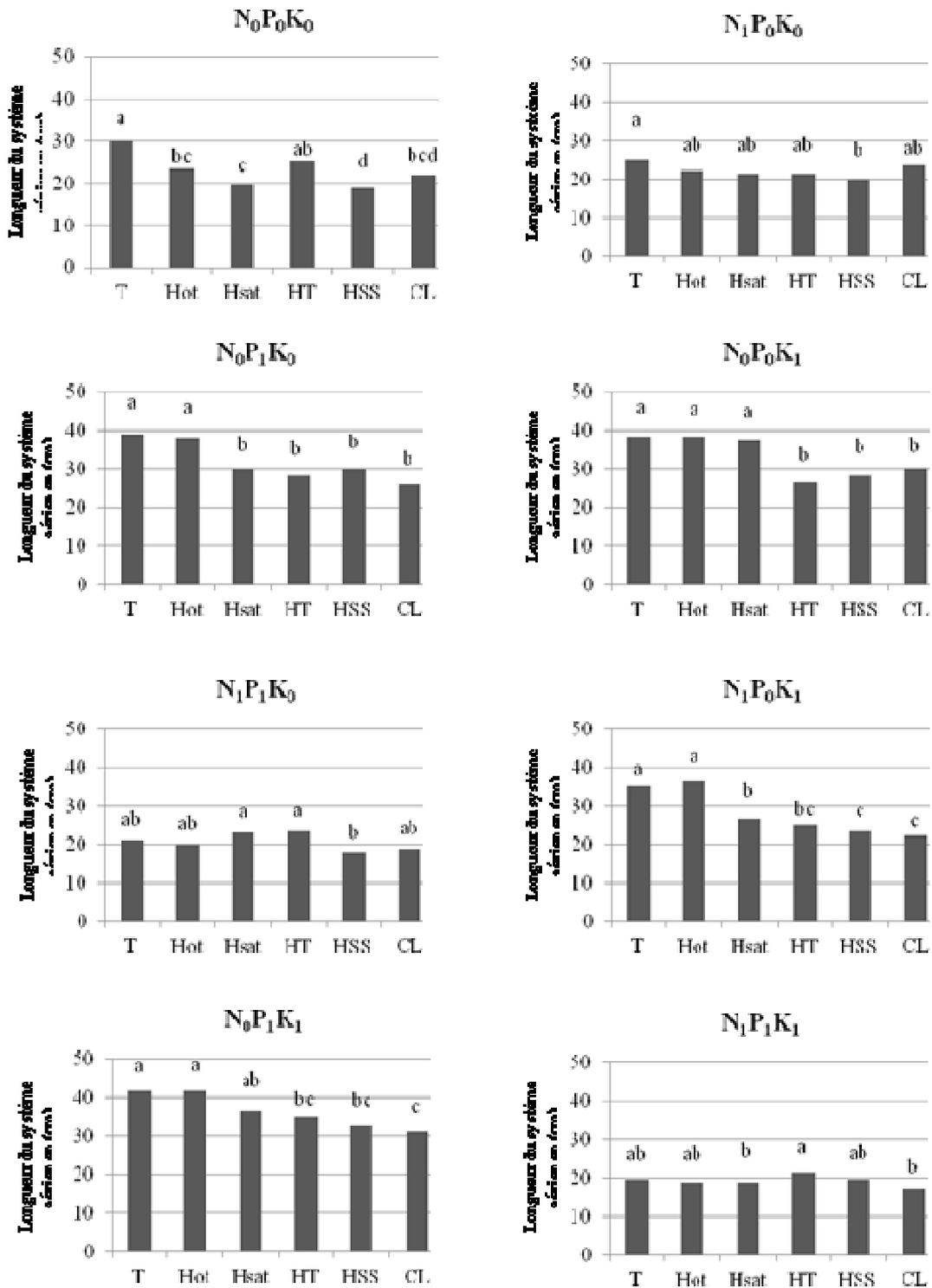


Figure 4 : Comparaison de la longueur des plants de riz, variété Elio, inoculées par les *Helminthosporium* et *Curvularia lunata* à chaque niveau de traitement par NPK.



T : Témoin ; **Hot** : *H.oryzae* ; **Hsat** : *H.sativum* ; **HT** : *H.spiciferum* ; **HSS** : *H.australiensis* ; **CL** : *C.lunata*.

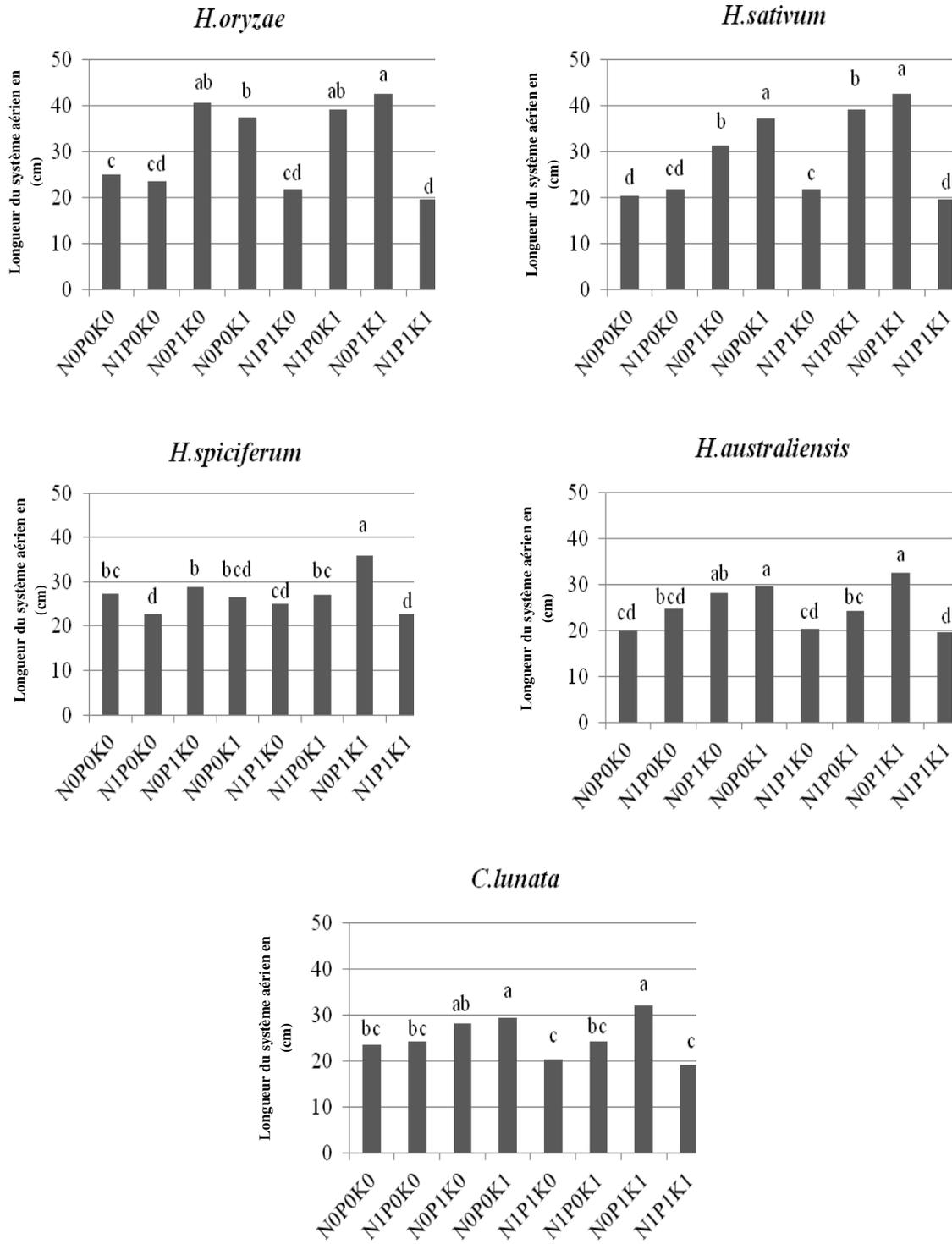


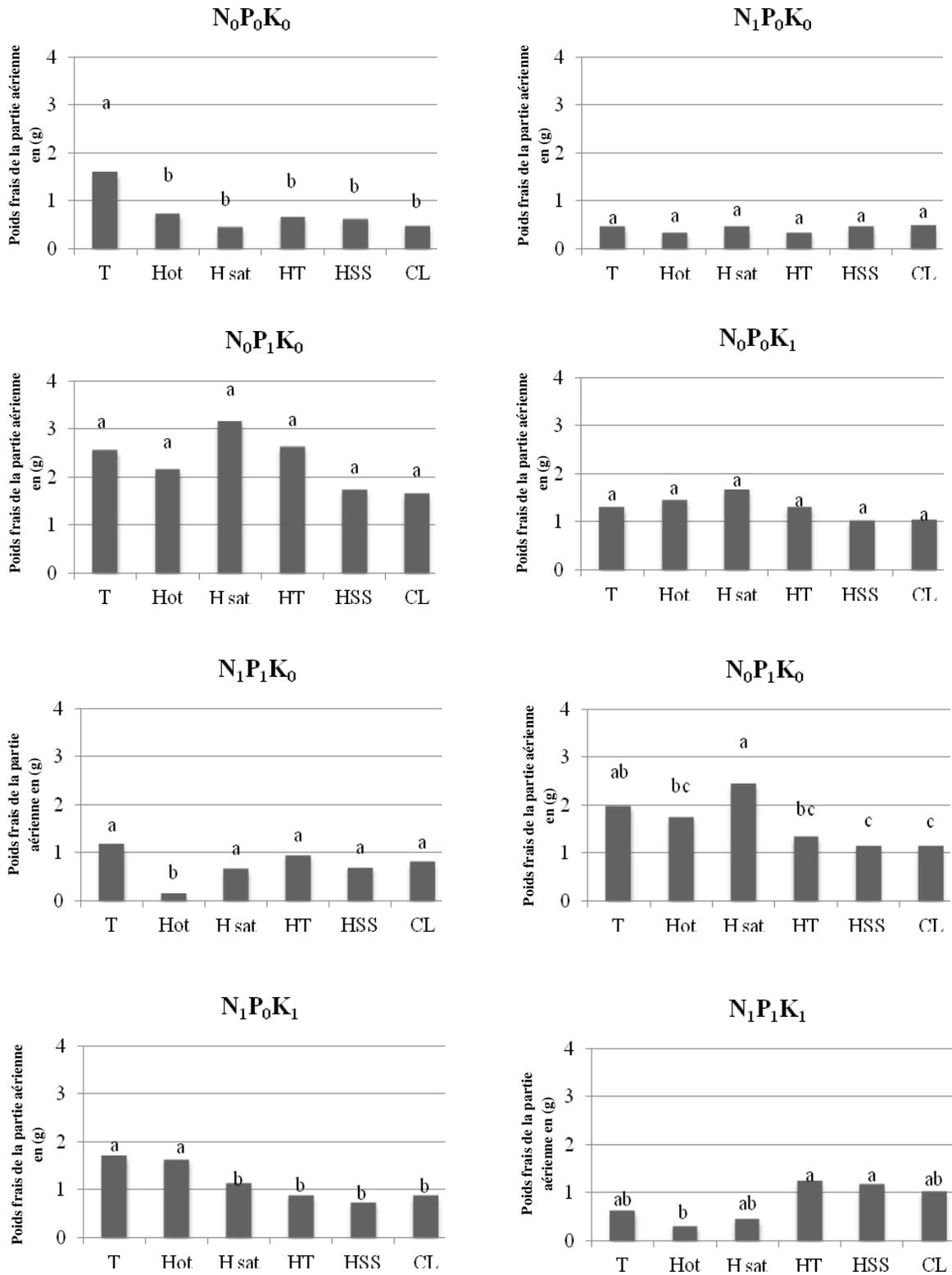
Figure 5 : Comparaison des longueurs des feuilles des plantes de la variété de riz Elio inoculées par chacune des espèces fongiques testées après différents traitements par NPK.



4.3 Poids frais et sec des plants de riz :

Une comparaison du poids frais des plants témoins et inoculés a été réalisée et ceci pour chaque niveau de traitement de sol. En effet, pour un sol ne contenant aucun apport en nutriments, le poids frais est 1,57 g chez les plants témoins, et est réduit chez les plants inoculés avec *H. oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum*, *australiensis* et *C. lunata* (varie entre 0,68 et 0,5g). Le poids frais des plants témoins et inoculés devient faible suite à l'incorporation de l'azote seul dans le substrat, 0,4 g pour les plants témoins et varie entre 0,46 et 0,33g pour les plants inoculés par les différents pathogènes. Quand l'azote est combiné avec le phosphore, une réduction importante du poids frais est observée chez les plants inoculés par *H. oryzae* (0,31 g) par rapport au témoin (1,1 g). Cependant, un apport d'azote combiné avec le potassium n'a aucun effet sur le poids frais du système aérien des plantes inoculées par *H. oryzae* (1,61 g) par rapport au témoin, alors

qu'une réduction du poids frais est observée chez les plants inoculés par les autres pathogènes : *H. sativum* (1,1g), *H. spiciferum* (0,83 g), *H. australiensis* (0,73 g) et *C. lunata* (0,83 g). Un apport du phosphore seul n'a eu aucun effet sur les poids frais du système aérien des plants inoculés par *H. oryzae* et *H. spiciferum* dont le poids frais est respectivement de 1,71 et 1,9 g, alors qu'il l'a stimulé pour les plants inoculés par *H. sativum* (2,43 g) et il l'a réduit pour ceux infectés par *H. australiensis* et *C. lunata*, respectivement 1,16 et 1,13 g. Le potassium n'a eu aucun effet ni sur le poids frais des plants témoins (1,33 g) ni sur ceux inoculés par les différents pathogènes. De même, une combinaison des deux éléments a permis d'avoir un poids frais important aussi bien chez les plants témoins (2,5 g) que chez ceux inoculés par les différents *Helminthosporiums*, le poids frais des plants varie entre 3,1 et 1,6 g. (Figure 6).



3612
Figure 6 : Poids frais de la partie aérienne des plants de la variété Elio du riz, inoculés par chacune des espèces fongiques testées après différents traitements par NPK.



La comparaison du poids frais de la partie aérienne des plants de riz, inoculés par chacune des espèces fongiques testées après différents traitements par le NPK a montrée que l'apport d'azote seul ou combiné avec les autres éléments a réduit le poids frais des plants inoculés. Pour le traitement N1P0K0, le poids frais varie entre 0,31 g chez les plants inoculés par *H. oryzae* et 0,46 g pour ceux infectés par *C. lunata*. Lorsque l'azote est combiné avec le phosphore, cas du traitement N1P1K0, le poids frais des plants oscille entre 0,13 g pour les plants inoculés avec *H. oryzae* et 0,9 g pour ceux infectés par *H. spiciferum*. Le poids varie également, cas du traitement N1P0K1, entre 0,73 g chez les plants inoculés avec *H. australiensis* et 1,61 g pour ceux inoculés avec *H. oryzae*. Pour le traitement N1P1K1, le poids frais varie entre 0,26 g pour les plants infectés

par *H. oryzae* et 1,16 g pour ceux inoculés avec *H. australiensis*. Lorsque le substrat est non amendé (N0P0K0), le poids frais varie entre 0,46 et 0,68 g chez les plants inoculés respectivement par *H. sativum* et *H. oryzae*. Un apport en phosphore et en potassium seul ou les deux combinés a permis d'augmenter le poids frais des plants inoculés par les différents pathogènes testés. Le poids frais varie entre 1,6 g chez les plants inoculés par *C. lunata* et 3,1 g chez les plants inoculés par *H. sativum* (Figure 7). Les mêmes observations peuvent être faites dans le cas de la mesure du poids sec (Figures 8 et 9). Les meilleurs rendements en poids sec sont observés dans le cas des traitements de substrat avec le phosphore et le potassium seuls ou les deux à la fois. Mais, avec la présence d'azote dans le substrat, il y a une réduction du poids sec des plants.

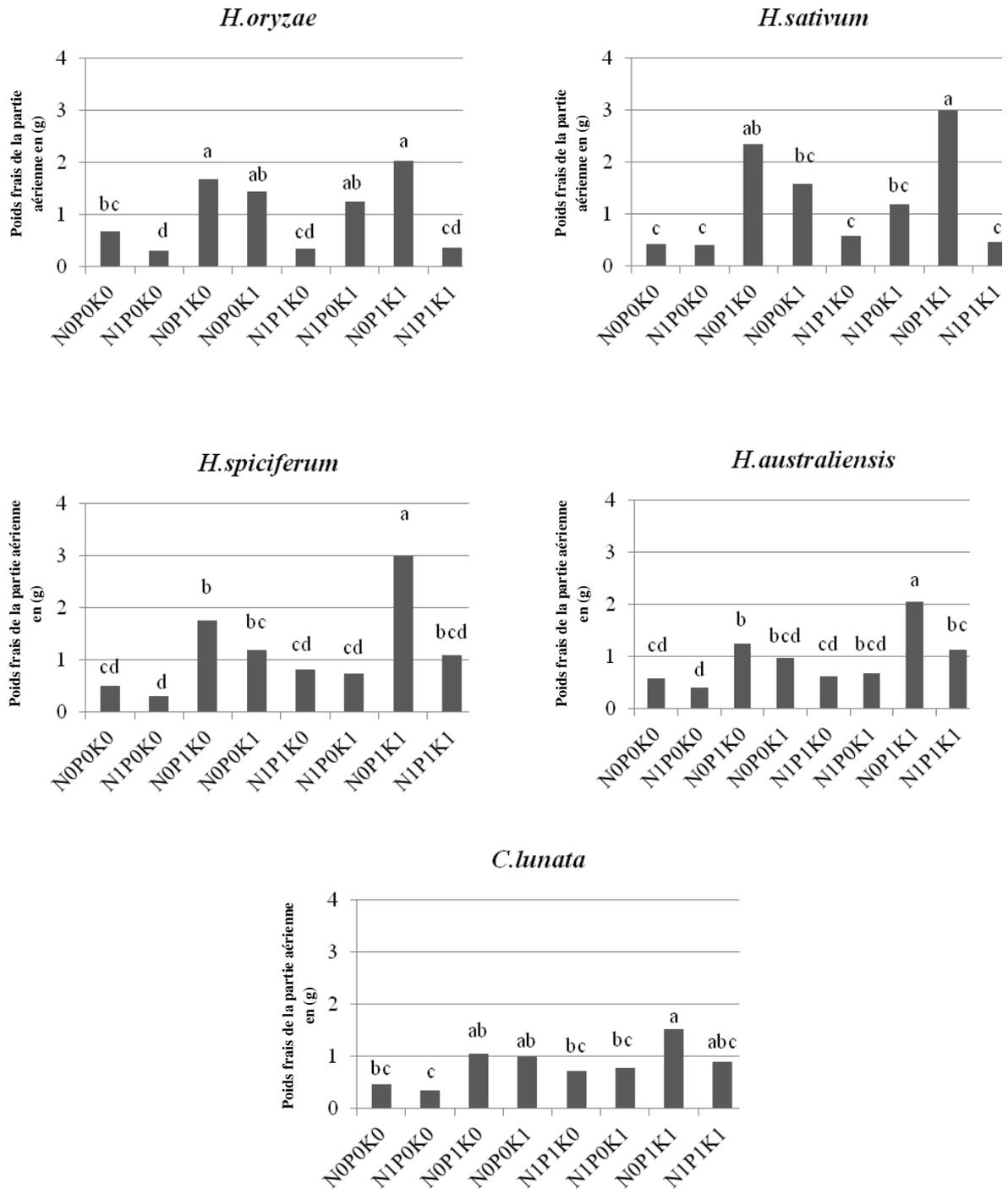


Figure 7 : Poids frais des feuilles des plantes de riz inoculés par chacune des espèces fongiques testées après différents traitements par NPK.



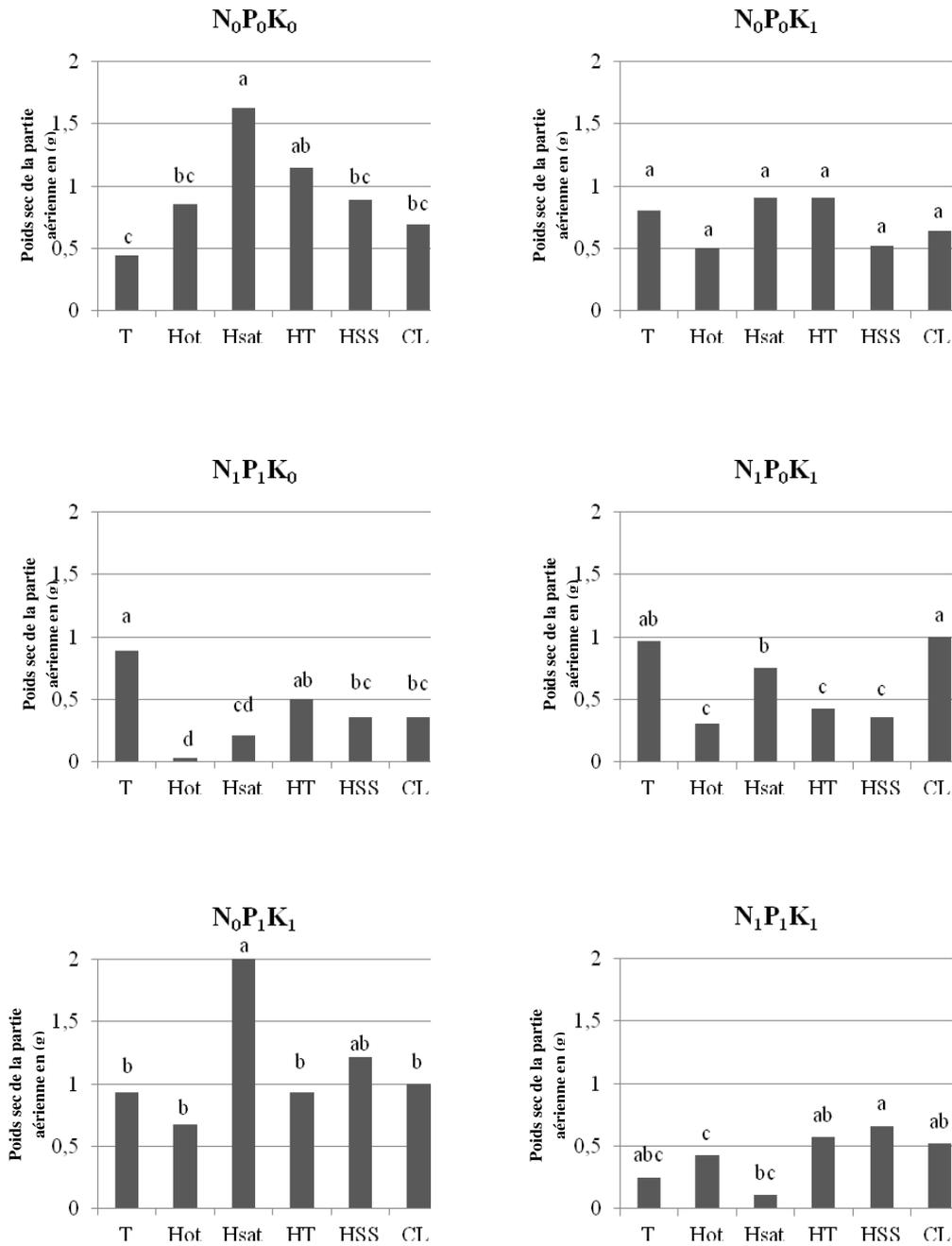


Figure 8 : Poids sec des feuilles des plantes du riz inoculés par les *Helminthosporium* et *Curvularia lunata* à chaque niveau de traitement par NPK.

T : Témoin ; **Hot :** *H.oryzae* ; **Hsat :** *H.sativum* ; **HT :** *H.spiciferum* ; **HSS :** *H.australiensis* ; **CL :** *C.lunata*.

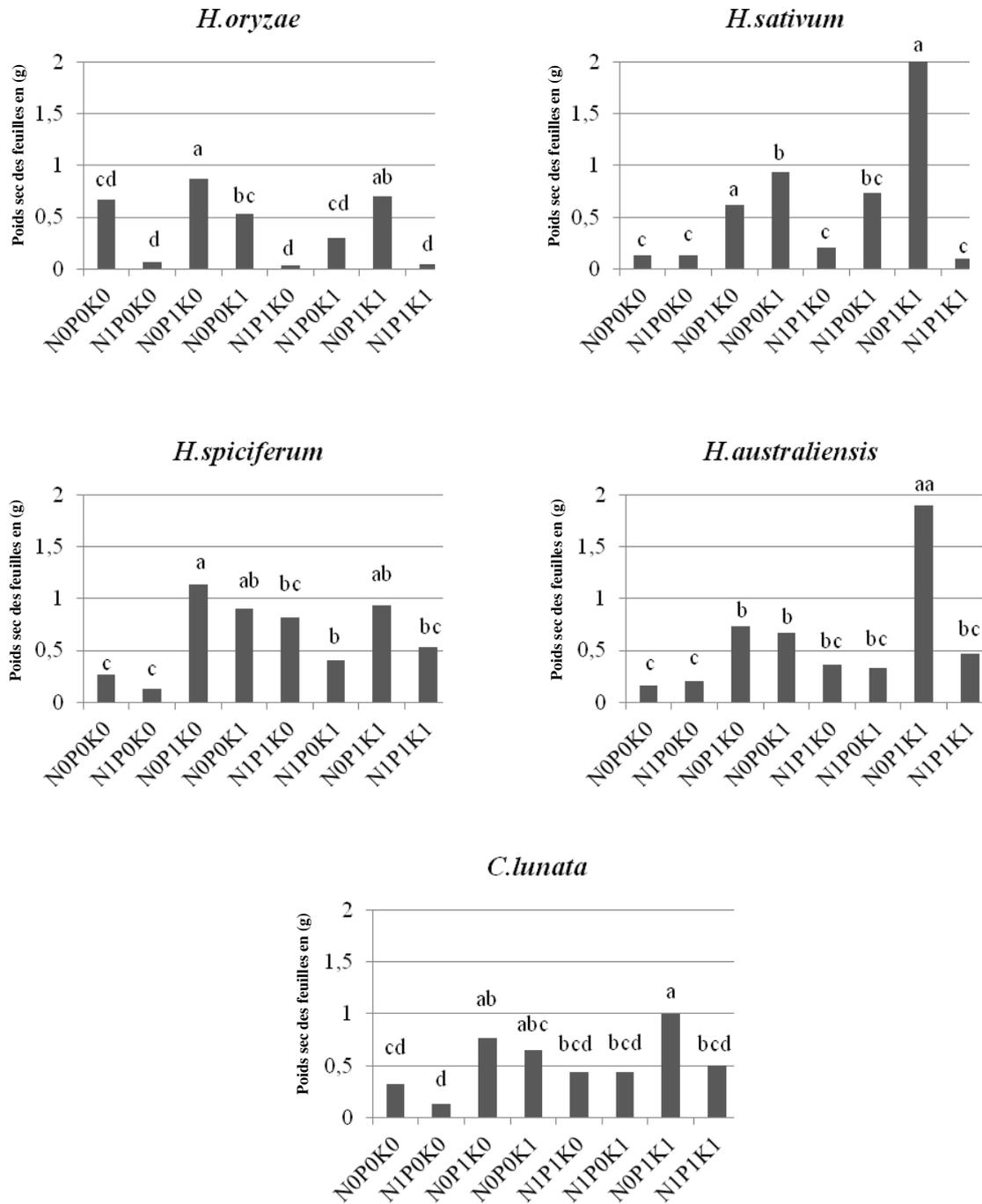


Figure 9 : Poids sec des feuilles des plants de riz inoculés par chacune des espèces fongiques testées après différents traitements par NPK.



5 DISCUSSION ET CONCLUSION

La fertilisation est l'un des facteurs les plus importants qui agissent sur le rendement des cultures. Mengel et Kirkby (1982) ont indiqué que l'azote est un élément essentiel à la croissance des végétaux. Lafon *et al.* (1985) ont rapporté que l'azote minéral absorbé par la plante sert à la synthèse des acides aminés, et joue un rôle très important dans la croissance. L'azote est également un élément fondamental des tissus végétaux, il entre dans la formule de nombreux constituants de structure (protides), de fonction (enzyme et coenzymes) et de réserves (de nombreux grains). L'azote joue un rôle dans le développement de l'appareil végétatif (feuillage), le lieu de synthèse des hydrates de carbone par le phénomène de photosynthèse (Mrhari, 1997). Pour la production des céréales et dans le cas du riz, 2/3 de l'azote absorbé par la plante est fourni par le sol (Russo, 1996). Le phosphore est également un élément essentiel pour la vie de plante. Des trois éléments majeurs, le phosphore est reconnu comme avoir un effet sur la croissance racinaire, ceci montre l'importance de la fumure phosphatée localisée, ou d'un sol riche sur croissance rapide des plantes. Une bonne alimentation en phosphore pour le système racinaire est nécessaire (Ben Tassil, 1981). Le potassium est un élément majeur indispensable pour la croissance des végétaux, ses principales fonctions dans la plante sont la photosynthèse et la translocation (les assimilés, l'ouverture et la fermeture des stomates et l'activation enzymatique) (Mengel *et al.*, 1982). Les besoins en éléments fertilisants majeurs de la plante du riz sont connus (Hagiwara *et al.*, 1958, cité par Brown, 1993). La formule d'engrais utilisée varie d'un riziculteur à un autre, selon la nature du sol et le précédent cultural, la moyenne est autour de 150 unités d'azote, 100 unités de P₂₀ et 100 unités de K₂₀, l'azote est donné en 3 applications: avant le

semis, au tallage et à l'initiation de la panicule. Cependant, la grande variation dans les apports en fertilisants minéraux peut altérer la production car ces nutriments mis à la disposition des plantes au lieu d'améliorer le rendement de riz peuvent le diminuer ou n'ont pas d'effet (Hsieh, 1992). Dans ce travail, il a été noté que l'azote (N) favorise l'effet de l'helminthosporiose et de la curvulariose chez les plants du riz de la variété du riz Elio inoculés par *H. oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum*, *H. australiensis* et *C. lunata* et se développant sur des substrats ayant reçu différents traitement NPK. L'effet de ces maladies est plus important en présence d'azote qu'en présence de phosphore (P) et de potassium (K). Ce constat rejoint les observations rapportées dans les travaux de Ledingham (1970), Papendick *et al.* (1974), Smiley *et al.* (1972), Cook (1980), Ben Mohamed *et al.*, (2000) et Lafraoui (1997). Par contre, d'autres études ont affirmé une diminution de la maladie avec l'apport de l'azote (N), (Shen, 1940; Piening *et al.*, 1969; Afanas'eva & Chulkina, 1977). Cependant, l'apport du phosphore et de potassium a réduit l'effet des *Helminthosporium* et de *Curvularia lunata*. Ce résultat est conforme aux travaux de Förster *et al.* (1998), en ce qui concerne le phosphore et le potassium. Certains éléments nutritifs peuvent avoir un grand impact sur le développement des maladies des plantes que d'autres, et la résistance aux maladies peut être affectée par la nutrition minérale. Anderson (2002) a montré la présence d'interactions entre les plantes, les nutriments et les espèces pathogènes. Cependant, les variétés ayant une haute résistance génétique aux maladies sont moins affectées par les changements nutritifs que les plantes seulement tolérantes aux maladies (Engelhard, 1993). Dans le cas d'un traitement par l'azote (N), Anderson (2002) a noté qu'une teneur adéquate de ce dernier est



essentielle à la formation des différentes structures, protéines et enzymes qui sont à leur tour essentielles pour le développement et la résistance à la maladie. De plus, Robinson et Hodges (1977) ont rapporté que l'augmentation du pouvoir germinatif des spores de *Cochlibolus sativus*, la longueur du tube germinatif et la ramification de ce tube sur la surface foliaire de *Poa pratensis* sont favorisées par l'azote sous toutes les formes qui ont été testées. En effet, l'excès peut provoquer des conditions favorables pour la maladie et les dommages dus aux insectes. Également, une augmentation de la production des sucs rend la paroi cellulaire fragile, d'où une susceptibilité de l'infection à la plante un retard de la maturité, et prolonge le temps nécessaire pour l'infection et le développement de la maladie. En général, l'abondance l'azote peut augmenter l'incidence et la sévérité de la maladie quand la disponibilité de l'azote est plus grande que la capacité de la plante à l'utiliser efficacement et lorsque la disponibilité de l'azote est plus grande que la disponibilité des autres éléments nutritifs (Huber et Thompson, 2007). Quant au potassium, de tous les nutriments, il est probablement le plus efficace contre les maladies des plantes (Huber et Watson, 1974). Il est également considéré comme un régulateur mobile de l'activité enzymatique (Marschner, 1986) et il est impliqué dans les principales fonctions cellulaires qui influencent la sévérité de la maladie. Lorsque le sol est déficitaire en potassium la sévérité de la maladie est plus prononcée que lorsque celui-ci possède une teneur adéquate en cet élément (Shipton *et al.*, 1971; Ben Mohamed *et al.*, 2000). Les recherches sont encore rares concernant les niveaux de potassium dans les tissus des plantes à partir desquels les maladies peuvent débiter. Ainsi, l'obtention d'un contrôle bénéfique de la

maladie peut être compliquée. Usherwood (1980) a noté, dans le cas des combinaisons, teneur adéquate en potassium accompagné d'un excès d'azote et de phosphore, qui peuvent rendre la plante plus susceptible à la maladie, que le potassium est le facteur majeur dans la réduction des maladies foliaires. En effet, dans le cas d'un manque de potassium, les exsudats de la plante peuvent contenir certains composants en quantité importante (sucres acides aminés), qui provoquent l'établissement de grandes infections fongiques. Ainsi un manque de potassium peut réduire les composés antifongiques naturels de la plante dans le site d'infection. Le potassium joue également un rôle essentiel dans le développement de la cuticule qui constitue une barrière physiologique contre l'infection et la pénétration par les piqûres d'insectes (Usherwood, 1980). En ce qui concerne le comportement des différents agents pathogènes testés, il est évident que chaque espèce entraîne des réponses variables vis-à-vis des combinaisons de NPK testées. En effet, l'agression de la plante par le pathogène est le résultat de plusieurs composantes dépendantes, soit de la plante hôte, soit du parasite lui-même (Notteghem *et al.*, 1979), ou encore l'existence d'une interaction, entre les plantes, les nutriments et les espèces pathogènes qui est très complexe et qui n'est pas complètement comprise (Anderson, 2002). A la lumière de ces données, il serait intéressant d'analyser le taux en éléments minéraux dans les feuilles de la plante de riz, et les perturbations métaboliques que peuvent engendrer les apports des fertilisants minéraux, notamment ceux de l'azote et de mettre au point la dose et la forme des éléments minéraux permettant la réduction de la maladie.



Figure 1 : Symptômes foliaires développés sur les feuilles des plantes de riz de la variété Triomphe inoculées par *Helminthosporium spiciferum* (Ouazzani)

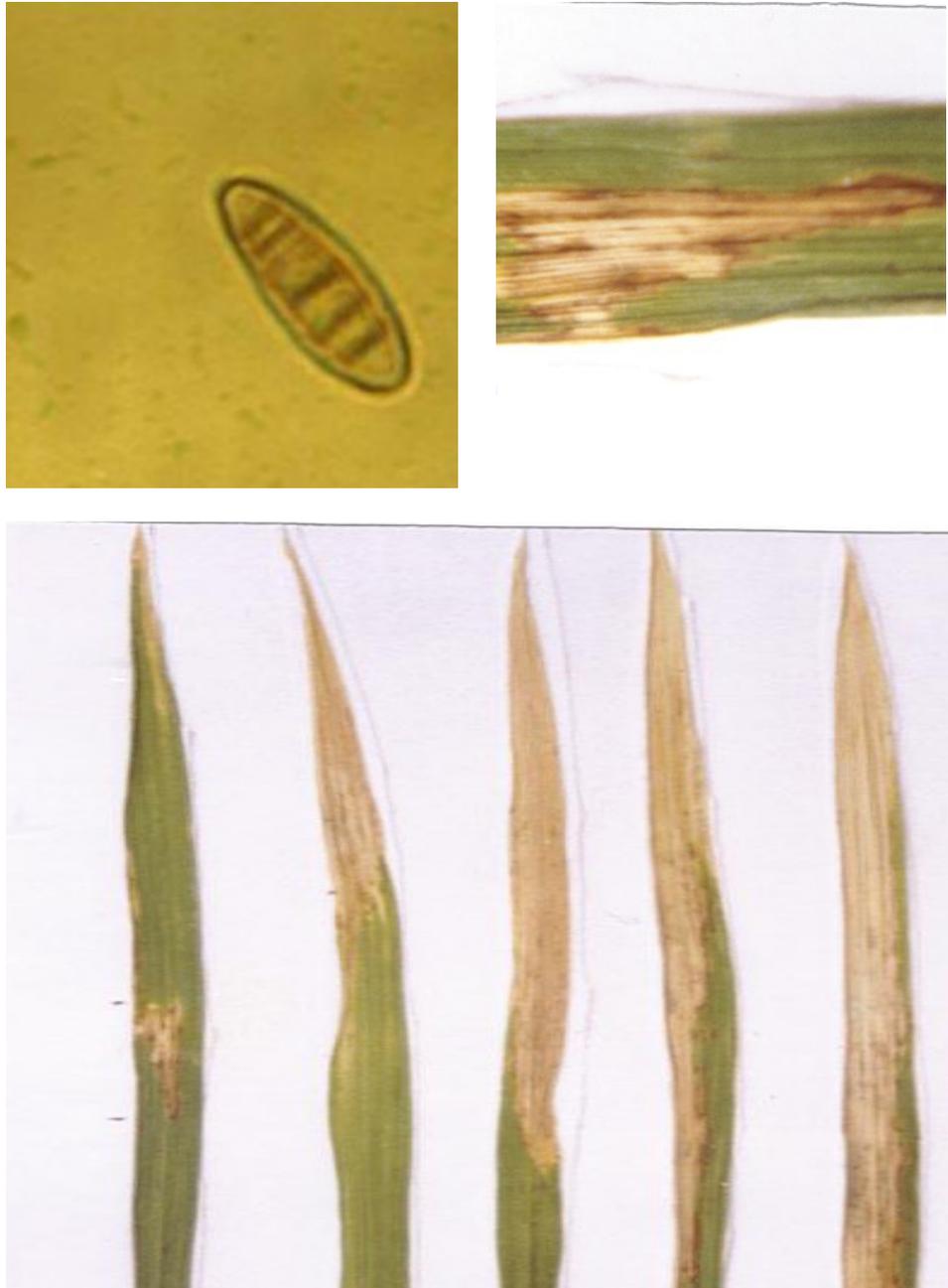


Figure 2 : Symptômes foliaires développés sur les feuilles des plantes de riz de la variété Triomphe inoculées par *Helminthosporium australiensis* (Ouazzani Touhami, 2001)

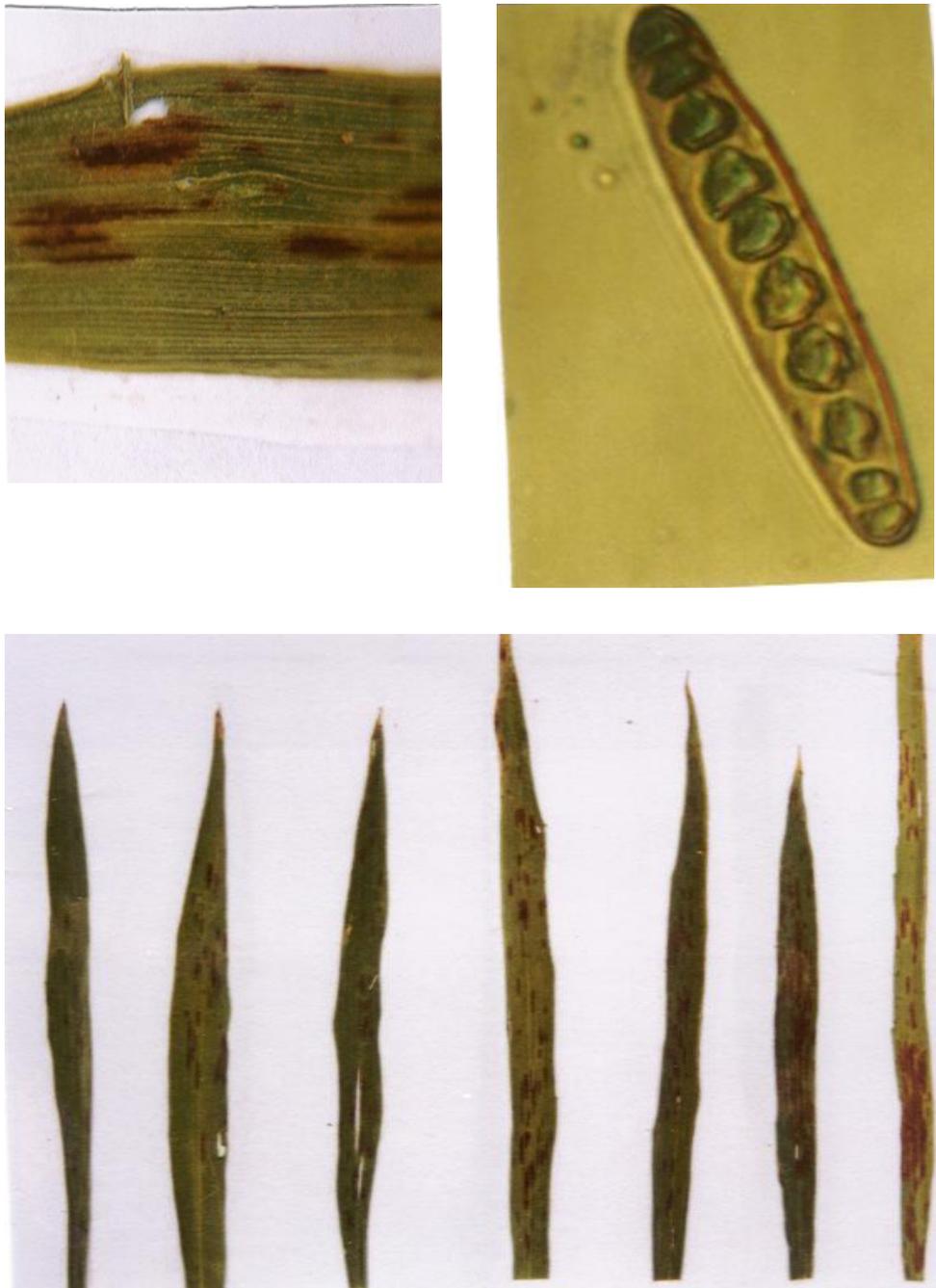


Figure 3 : Symptômes foliaires développés sur les feuilles des plantes de riz de la variété Triomphe inoculées par *Helminthosporium sativum* (Ouazzani Touhami, 2001)



6 RÉFÉRENCES

- Afanas'eva, M. M. & Chulkina, V. A., 1977. Effects of mineral fertilizers on numbers of *Helminthosporium sativum* conidia in soil. Mikologiyai Fitopatologiya 11(2): 131-135.
- Agrios G.N., 1980. Escape from disease. p. 17-37. J.G. Horsfall et E.B. Cowling Plant disease. V. How plant defend themselves. Academic Press, Inc.
- Anderson S., 2002. The Relationship between nutrients and other elements to Plant diseases. Diseases Management pp. 26-32.
- Ben Mohamed L., Rouaissi M., Sebei A., Hamza S. et Harrabi M., 2000. Effet du génotype, de la date de semis, de la fertilisation azotée et potassique et des fongicides sur le développement de *Septoria tritici*. Institut National Agronomique de Tunisie. CIHEAM-IAMZ: 349-356.
- Ben Tassil A., 1981. Contribution à l'étude de l'enracinement et de l'absorption du phosphore et du potassium chez la betterave sucrière et le maïs. Mémoire de 3ème cycle Agronomie IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Benkirane R., Douira A., El Oirdi M., Ouazzani Touhami A., Bouslim F., Karmoussi M., et El Haloui N.E., 1994. Study of the fungi flora associated with the rice seed in Morocco. - Fifth Arab Congress of Plant Protection", Fes, Maroc, 27 November – 2 December 1994, p 47.
- Benkirane R., 1995. Contribution à l'étude des maladies du riz au Maroc: cas de la pyriculariose due à *Pyricularia oryzae*. Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Faculté des Sciences, Kénitra, Maroc, 145p.
- Benkirane R., 2001. Étude d'une population marocaine de *Magnoportha grisea* (*Pyricularia grisea*). Caractérisation, spécificité parasitaire et recherche de sources de résistances chez le riz (*Oryza sativa*) à la pyriculariose. Thèse de Doctorat d'État es Sciences. Université Ibn Tofail, Faculté des sciences, Kénitra, Maroc, 214 p.
- Benkirane R., Douira A., El Oirdi M., Ouazzani Touhami A., Bouslim F., Karmoussi M., El Hassani N., El Haloui N.E., 1995. Relation symptômes-agents pathogènes isolés à partir des plantes maladies du riz. 2ème Congrès AMPP, Rabat, Maroc, 6-7 décembre 1995, p 24-28.
- Ben Mohamed L., Rouaissi M., Sebei A., Hamza S., Harrabi M., 2000. Effet du génotype, de la date de semis, de la fertilisation azotée et potassique et des fongicides sur le développement de *Septoria tritici*. In : Royo C. (ed.), Nachit M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Zaragoza : CIHEAM, 2000. p. 349-356 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40)
- Bouslim F., Ennaffah B., Ouazzani Touhami A., Douira A., et El Haloui N.E., 1997. Pathogénie comparée de quelques isolats d '*Helminthosporium oryzae* vis-à-vis de certaines variétés du riz (*Oryza sativa*). Al Awamia, 98: 47-56.
- Brown Ph., 1993. Fertilisation en Camargue. Perspectives Agricoles, 183 : 21-23.
- Cook R. J., 1980. *Fusarium* foot rot of wheat and its control in the Pacific Northwest. Plant Diseases, 64: 1061-1066.
- EL Oirdi M., Douira A., Benkirane R., Ouazzani Touhami A., Boustim F., Karmoussi M., EL Hassani N., EL Haloui N. E., 1995. Comparaison du caractère pathogène de quelques isolats marocains de *Pyricularia oryzae* vis-à-vis de certaines variétés de riz. Revue du Réseau de l'amélioration du milieu aride, 7: 231-240.



- Engelhard Arthur W., 1993. Soilborne plant pathogens management of diseases with macro- and microelements. American phytopathological Society. Ed. St. Paul, Minn.: APS Press, 217p.
- Ennaffah B., Ouazzani Touhami A., & Douira A., 1999. Pathogenic capacity of *Helminthosporium spiciferum*, foliar parasite of rice in Morocco. *Journal of Phytopathology Z.*, 147 : 377-379.
- Förster J. E., Adaskaveg D. H., & Stanghellini M. E., 1998. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and Crown Rot in hydroponic culture. *Plant diseases*, 10: 1165-1170.
- Freeman R.E., 1964. Influence of nitrogen on severity of *Pyricularia grisea* infection of St Augustaine grass. *Phytopathology*, 54: 1187- 1189.
- Hassikou K., 2000. Contribution à l'étude de *Curvularia lunata*, agent de la curvulariose du riz au Maroc. Application de quelques moyens de lutte chimique et biologique. Thèse Doctorat, Fac. Sci., Univ. Ibn Tofail, Kénitra, Maroc, 187 p.
- Hassikou K., Hassikou R., Douira A., 1997. Behavior of some rice cultivars in relation to *Curvularia lunata*. - *Phytopath. Med.*, 73: 445-457.
- Hassikou K., Hassikou R. & Douira A., 2001. Étude du pouvoir pathogène de *Curvularia lunata* sur certaines variétés du riz cultivées dans la région du Gharb - Maroc. *Les Cahiers de la recherche*, Université Hassan II. Maroc, Volume III numéro I : 19-31.
- Hervieux V., Yaganza. E. S., Arul J., & Tweddeil R. J., 2002. Effect of organic and inorganic salts on the development of *Helminthosporium solani*, the causal agent of Potato Silver Scurf. *Plant diseases*, 86 (9): 1014-1018.
- Hsieh C.F., 1992. Nutrition management of food crops in proceeding of the workshop on paddy rice and upland crops production. Taichung District Agricultural Improvement Station. Republic of China.
- Huber D. M., 1980. The role of mineral nutrition in defense. In "Plant disease" (J. G. Horsfall and E. B. Cowling, eds.), Vol. 5, pp: 381-406. Academic, Press, Inc.
- Huber D.M., Thompson I.A., 2007. Nitrogen and plant disease. In : L. E. Datnoff, W. H. Elmer, D. M. Huber (Eds.), *Mineral nutrition and plant disease*. APS Press, Saint Paul, MN, USA. pp. 31-44
- Huber D.M., Watson R.D., 1974. Nitrogen form and plant disease. *Annual Review of Phytopathology*, 12, 139-165.
- Lafon J.P., Prayer C.T. & Levy G., 1985. *Biologie des plantes cultivées*. Tome I. Organisation de la physiologie de la nutrition, édition de l'A.R.P.E.P.S Anger, pp.166-180.
- Lafroui A., 1997. Importance de la pourriture racinaire du blé et de l'orge dans le Nord-Ouest du Maroc. Influence de la nutrition minérale sur le développement de la maladie et sur la biologie de *Cochliobolus sativus*. Doctorat de 3ème cycle, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc, 108p.
- Ledingham R. J., 1970. Effects of straw and nitrogen on common root rot of wheat. *Canadian Journal of plant Science*, 41: 479-486
- Loegering W. D., 1959. Method for recording cereals rust data. Washington, International spring Wheat Rust Nursery, 1959, USDA.
- Long D. H., 1999. Effect of nitrogen fertilization on diseases progress of rice blast on susceptible and resistant cultivars. *Plant diseases*, 4: 403- 408.
- Marschner, H., 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. Chapitre 8 : functions of



- mineral nutrients: macronutrients. Academic Press, pp. 195-267.
- Mengel K., & Kirkby A., 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, 655p.
- Mrhari A. H., 1997. Diagnostic de la fertilité des sols plantés en canne à sucre dans le périmètre du Gharb. Mémoire de DESA, Université ibn Tofail, Faculté des sciences, Kénitra, Maroc, 60p.
- Notteghem J. L., Anriatempo G. M., Chatel M. & Dechanet R., 1980. Technique utilisée pour la sélection de variété de riz possédant la résistance horizontale à la pyriculariose, Annual Phytopathology, 12: 199-226.
- Notteghem J.L., Andriatempo G.M., 1979. Quelques facteurs de la résistance horizontale du riz à la pyriculariose. - Agron. Trop. (Paris), 34, 180-195.
- Ouazzani Touhami A., Ennaffah B., El Yachoui M, et Douira A., 2000. Pathogénie comparée de 4 espèces d'*Helminthosporium* obtenues à partir des plantes malades du riz au Maroc. J. Phytopathol., 148(4): 221-226.
- Papendick R. L., Cook R. J., 1974. Plant water stress and development of *Fusarium* foot rot in wheat subjected to different cultural practices. Phytopathology, 64: 358-363.
- Piening L. J., Edwards R., & Walker D., 1969. Effects of some cultural practices on rot of barley in central Alberta. Canadian Journal of Plant Diseases, 56: 41-45.
- Robinson P.W. & Hodges C.F., 1977. Effect of nitrogen fertilization on amino acid and soluble sugar content of *Poa pratensis* and on infection and disease severity by *Drechslera sorokiniana*. Phytopathology, 67: 1239-1244.
- Russo S., 1996. Rice yield as affected by the spilt method of "N" application and nitrification inhibitor DCD in Chataigner. J. edition. Perspectives agronomiques de la culture du riz en Méditerranée. Consommation de l'eau et des engrais. CIHEAM 5: p. 43-52.
- Shen A., 1940. Soil conditions and the *Fusarium culmorum* seedling blight of wheat. Annual applied Biology, 27: 323-329.
- Smiley R. W., Cook R. J., & Papendick R. I., 1972. *Fusarium* root rot of wheat and peas as influenced by soil application of anhydrous ammonia and ammonium potassium azide solutions. Phytopathology, 62: 86- 91.
- Shipton, W. A., Boyd, W.J.R., Rosielle, A.A. et Sharen, B.L., 1971. The common Septoria diseases of wheat. Bot. Rev., 27: 231-262
- Tajani M., 2000. Étude de quelques contraintes de la riziculture marocaine, cas de la pyriculariose due à *Magnaporthe grisea* : Impact et moyen de lutte. Thèse Doct. État es-Sciences. Fac. Sci., Univ. Ibn Tofail, Kénitra, Maroc, 131 p.
- Tinarelli A., 1989. El arroz. Madrid (Spain): Ediciones Mundi-Prensa, pp. 165-175.
- Usherwood N. R., 1980. The effects of potassium on plant diseases. In Potash and Phosphate Institute (ed.), Potassium for Agriculture: A Situation Analysis. Potash and Phosphate Institute, Atlanta, GA, pp. 151-164.
- Williams P.H., 1979. How fungi induce disease. P. 163-179. in J.G. Horsfall et E.B Cowling Plant disease. IV. How plants defend themselves. Academic Press, Inc.