

## PARAMÈTRES PHYSICOCHEMISTIQUES ET FLORE FONGIQUE DES SOLS DE RIZIÈRES MAROCAINES(\*)

*Hinde BOUDOUDOU* <sup>(1)</sup>, *Rachida HASSIKOU* <sup>(1)</sup>, *Amina OUAZZANI TOUHAMI* <sup>(1)</sup>, *Alain BADO* <sup>(2)</sup>, *Allal DOUIRA* <sup>(1)</sup>

*Les paramètres physicochimiques des horizons de surface des sols de six clos de rizières de la région du Gharb au Maroc présentent une variation entre le début et la fin du cycle végétatif du Riz. Les clos sont caractérisés par un pH basique lié à la submersion, une teneur appréciable en matière organique et une sodicité variable associée à une forte capacité d'échange cationique.*

*La mycoflore est dominée par le genre *Fusarium*, représenté par six espèces, suivi de *Gliocladium roseum*, *Leptodontidium elatius*, *Aspergillus clavatus*, *Cladosporium herbarum*, *Stachybotrys atra*, *Curvularia lunata* et *Trichoderma harzianum*.*

*Par analyse factorielle des correspondances, trois groupes ont été délimités. Le premier est formé par des espèces indicatrices des milieux oxygénés telles que *Leptodontidium elatius*. Le second est caractérisé par une qualité de sol peu appréciable et fortement riche en matière organique, représenté essentiellement par les *Trichoderma*. Le troisième montre une indifférence vis-à-vis des variations écologiques du milieu et renferme *Curvularia lunata* et *Fusarium oxysporum*.*

---

(\*) *Manuscrit reçu le 26 décembre 2005.*

(1) *Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, Département de Biologie, Faculté des Sciences, BP 133, Université Ibn Tofaïl, 14000 Kénitra, Maroc. hboundou2001@yahoo.fr, touhami01@hotmail.com, douiraallal@hotmail.com*

(2) *GESVAB-EA 3675, Faculté des Sciences pharmaceutiques, Université Victor Segalen Bordeaux 2, ISVV, 210 Chemin de Leysotte, CS 50008, 33882 Villenave-d'Ornon. alain.badoc@u-bordeaux2.fr*

## INTRODUCTION

Les rizières sont des milieux complexes ayant à la fois un biotope aquatique et édaphique, d'où une richesse nutritive liée à une diversité végétale, animale et microbienne [34].

Le Riz est l'espèce la plus importante pour la nutrition humaine, adoptée sur les cinq continents, de l'équateur jusqu'à plus de 45° de latitude Nord, en plaine comme en montagne [1]. Au Maroc, la riziculture se localise dans la région du Gharb et de Larache (Nord-Ouest du Maroc). L'emplacement de ces rizières est dû à la présence de trois facteurs : un climat chaud et peu humide, la proximité de l'oued Sebou où s'effectue le pompage de l'eau d'irrigation, et la nature propice du sol [2].

Le sol constitue un élément clé pour la culture du Riz, qui tend à l'épuiser. C'est un milieu vivant, dont la qualité peut être altérée de façon irréversible par des interventions humaines inadaptées. Le rendement et la qualité du Riz peuvent être sensiblement diminués par les conditions environnementales, les mauvaises herbes, les parasites, les ravageurs, et surtout les maladies cryptogamiques, telles que la pyriculariose due à *Pyricularia oryzae*, l'helminthosporiose causée par divers *Helminthosporium*, notamment *H. oryzae* [27], et la curvulariose causée par *Curvularia lunata* [12].

Pour apprécier la qualité chimique, physique et biologique des sols des rizières marocaines, divers paramètres ont été étudiés : texture, pH, matière organique, éléments minéraux, flore fongique au cours du cycle végétatif du Riz. Les données ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances (AFC) afin de mettre en évidence d'éventuels changements subis par les sols des rizières et d'en dégager des affinités avec les espèces fongiques.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Échantillonnage

Six clos, correspondant à six rizières du Gharb au Nord-Ouest du Maroc, choisis arbitrairement et espacés de 15 à 25 km, ont été étudiés en 2002 au 60<sup>e</sup> et au 100<sup>e</sup> jour après le semis.

Après évaluation de l'apparence, de la topographie et de la végétation du terrain, chaque clos a été subdivisé en deux unités représentatives de 100-150 m<sup>2</sup> (périphérie et centre de la rizière). Un prélèvement sol a été effectué aux coins de chaque unité de 200 à 500 g de la couche superficielle du sol sur les 15 derniers cm, horizon où s'implante le premier enracinement du Riz [33]. Les échantillons ont été collectés 60 et 100 jours après le semis en juillet et septembre 2002 dans des sachets en plastique.

Au Département des Sciences du Sol de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, les échantillons ont été séchés à l'air libre, débarrassés des pierres et gros cailloux, broyés pour réduire les mottes compactes, tamisés de manière à obtenir des particules inférieures à 2 mm et analysés juste après pour leurs caractéristiques physicochimiques. Le sol destiné à l'étude microbiologique est séché sur papier filtre à l'incubateur dans des boîtes de Petri, puis broyé sans tamisage.

### **Paramètres physiques**

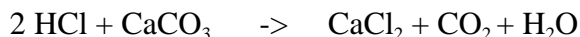
L'analyse granulométrique des particules inférieures à 2 mm est inspirée de la méthode de Robinson [35]. On part de 20 g de sol sec, on détruit la matière organique par le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 6 %) et le sol est rincé à l'eau déminéralisé, séché à 105°C, refroidi dans un dessiccateur et pesé. Les sables sont séparés des particules plus fines par plusieurs lavages avec une solution de carbonate de sodium. Les sables sont lavés, séchés et peuvent être fractionnés par tamisage en sables fins et grossiers. Les particules plus fines réunies dans une éprouvette d'un litre sont additionnées d'un dispersant alcalin, l'hexamétaphosphate de sodium 2 % (1 ml/100 ml de surnageant) et on ajuste le pH à 8,5-9 avec Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Après agitation, les particules sédimentent en fonction de leur taille et de la température ambiante selon la loi de Stokes. Pour 20°C, on prélève 25 ml à l'aide d'une pipette à 10 cm de la surface à 46 secondes, 4 minutes 48 secondes et 8 heures, correspondant aux particules de 50 (limons grossiers), 20 (limons fins) et 2 μ (argile). Chaque prélèvement est recueilli dans un pèse-matière, évaporé à 90°C, porté 1 h à 105°C puis pesé. Après calculs, la texture est appréciée à partir du triangle textural américain.

### Paramètres chimiques

- Le pH d'une suspension diluée de 10 g de sol et 25 ml d'eau distillée a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre à électrode en verre à température ambiante avec agitation magnétique.

- La matière organique, qui renferme en moyenne 58 % de carbone, est estimée à partir du carbone organique déterminé par la méthode de Walkley et Black [42] décrite par Nelson et Sommers [24]. Le carbone d'1 g de sol est oxydé en présence de 20 ml d'acide sulfurique par 10 ml de bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  N. Après agitation puis un repos de 30 minutes, la réaction est arrêtée avec 200 ml d'eau distillée, 10 ml de chlorure de baryum  $BaCl_2$  et 5 ml d'acide orthophosphorique  $H_3PO_4$ . On titre l'excès de bichromate de potassium par le sulfate ferreux  $FeSO_4$  0,5 N en présence de quelques gouttes de diphénylamine jusqu'à l'obtention d'une couleur vert-clair. Le carbone organique est converti en matière organique en le multipliant par le facteur 1,724.

- Le calcaire total a été déterminé par gravimétrie après attaque des carbonates par l'acide chlorhydrique :



Dix ml d'HCl 3 N sont pesés dans un Becher de 50 ml ( $P_1$ ), puis on ajoute 0,5 à 1 g de sol, l'ensemble constituant le poids  $P_2$ , et on effectue une pesée après 30 min d'attaque ( $P_3$ ). De  $P_3 - P_2$  on en déduit le nombre de moles de  $CO_2$  dégagé, correspondant à autant de moles de  $CaCO_3$  du sol.

- La capacité d'échange cationique (CEC), exprimée en mEq/100 g de sol correspond à la somme des principaux cations alcalins, ammonium, calcium, sodium et potassium.

Les cations  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  de 5 g de sol sont extraits avec 25 ml d'acétate de sodium NaOAc 1 N à pH 8,2 [5]. Après 10 min d'agitation, le mélange est centrifugé 5 min à 2000 t/min et le surnageant est transvasé dans une fiole jaugée de 100 ml. L'opération est répétée quatre fois pour aboutir à un volume final d'environ 100 ml.

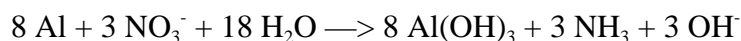
Pour le dosage de  $Na^+$ , l'excès d'acétate de sodium est éliminé par quatre lavages avec 25 ml d'éthanol, agitation 10 min et centrifugation. Le culot est repris par 25 ml d'acétate d'ammonium  $NH_4OAc$ , agité 10 min, centrifugé 5 min à 2000 t/min et le filtrat est versé dans une fiole jaugée de 100 ml, cette opération étant répétée quatre fois pour aboutir à un volume final d'environ 100 ml.

Ces trois cations sont dosés par spectrométrie à émission de flamme (= spectrométrie d'absorption atomique) en s'aidant d'une courbe d'étalonnage [5].

- L'azote minéral (ammoniums et nitrates) a été déterminé par la méthode d'extraction au chlorure de calcium.

Les ions ammoniums de 10 g de sol sont déplacés par agitation une heure avec 100 ml de solution aqueuse de  $\text{CaCl}_2$  à 0,01 M, puis 50 ml du filtrat sont prélevés dans un tube contenant 0,5 g d'oxyde de magnésium  $\text{MgO}$  pour réduire  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$ . Le mélange est distillé à la vapeur d'eau et l'ammoniac est récupéré dans un Erlenmeyer contenant 10 ml d' $\text{H}_3\text{BO}_3$  (l'acide borique en excès piège l'ammoniac et ne réagit pas avec lui car il est faible) et trois gouttes d'un indicateur coloré mixte (rouge de méthyle - bleu de méthylène), jusqu'à l'obtention d'un volume de 75 ml. Ce volume est titré par une solution d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$   $5 \cdot 10^{-3}$  M) jusqu'au virage de l'indicateur coloré du vert au violet.

Pour le dosage des nitrates, aux 50 ml restants de filtrat, 0,5 g d'alliage de Devarda, alliage d'aluminium et de manganèse, est ajouté. L'aluminium réduit les ions nitrates en ammoniac :



Le mélange est distillé puis titré comme précédemment.

- Le pourcentage de sodium échangeable (ESP), encore appelé la sodicité, est calculé par la formule suivante :

$$\text{ESP} = 100 \times \text{Na échangeable} / \text{CEC}$$

- La conductivité électrique donne une indication sur la teneur en électrolytes hydrosolubles (salinité) et a été mesurée sur un extrait aqueux de sol (1/5 p/v) moyennant un conductimètre à électrode. Elle est effectuée après une demi-heure d'agitation et 5 min de repos.

- Le phosphore assimilable est déterminé selon la méthode d'Olsen *et al.* [26] : l'extraction des formes de phosphore solubles se fait grâce à la formation d'acide carbonique par dissolution de bicarbonate de sodium ; les anions orthophosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour donner de l'acide phosphomolybdique qui est réduit par l'acide ascorbique en bleu de molybdène dont l'absorbance est proportionnelle à la concentration en phosphore. À 2,5 g de sol, on ajoute

50 ml de  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M. Après 30 min d'agitation, la suspension est filtrée, 1 ml de ce filtrat est récupéré dans un tube à spectrophotomètre contenant 3 ml d'eau distillée et 1 ml de réactif B (0,789 mg d'acide ascorbique dans 140 ml de réactif A). Le réactif A est préparé en dissolvant 12,7 g de paramolybdate d'ammonium ( $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}, 4 \text{H}_2\text{O}$ ) dans 250 ml d'eau distillée, 0,2908 g de tartrate de potassium et d'antimoine ( $\text{KSbOC}_4\text{H}_4\text{O}_6, 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ) dans 100 ml d'eau distillée q.s.p. 1 litre d' $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 N. Après dix minutes, temps nécessaire pour le développement de la couleur, la lecture des résultats est effectuée par spectrophotocolorimétrie à 882 nm à partir d'une courbe d'étalonnage préalablement préparée.

### **Flore fongique**

La flore fongique des échantillons de sol a été analysée 60 et 100 jours après le semis en utilisant la méthode des suspensions-dilutions [35].

Pour éliminer l'eau du sol rizicole, 10 g de sol sont étalés dans des boîtes de Petri contenant deux rondelles de papier-filtre stérile superposées jouant le rôle d'absorbant. Les boîtes sont ensuite placées dans un incubateur à 28°C jusqu'à évaporation totale de l'eau.

Un gramme de sol sec est prélevé et mis dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau distillée stérile. Le mélange est agité afin de mettre en suspension les particules de sol ainsi que les spores et le mycélium qui y sont attachés.

La suspension obtenue correspond ainsi à la dilution  $10^{-1}$ , à partir de laquelle 1 ml est pris aseptiquement et mis dans un autre tube contenant 9 ml d'eau distillée stérile, ce qui permet d'obtenir la dilution  $10^{-2}$ . Des dilutions successives sont ainsi réalisées jusqu'à la concentration  $10^{-6}$ .

Les différentes manipulations sont réalisées le plus près possible d'une flamme à l'abri des courants d'air pour éviter les contaminations.

Ensuite, 0,1 ml de chaque suspension est étalée sur la surface d'un milieu gélosé avec un étaloir en verre stérile. Deux boîtes de Petri ont été préparées pour chaque dilution ; une a été placée à l'obscurité dans l'incubateur à 28°C et l'autre à la lumière blanche.

Le milieu PSA a été utilisé pour l'isolement et un milieu à base de Farine de Riz a servi pour la purification des souches. Ces milieux ont été

autoclavés 20 min à 120°C. Une petite quantité de chloramphénicol est additionnée comme antibiotique au milieu en surfusion (50°C) pour limiter l'apparition et le développement des bactéries.

Le dénombrement, l'isolement et la purification des colonies sont effectués après une semaine ; à l'aide d'une aiguille mince, un fragment de mycélium est prélevé à la périphérie de chaque colonie et déposé sur un substrat nutritif.

L'identification des isolats purs est réalisée selon leurs caractères macro et microscopiques.

L'analyse macroscopique porte essentiellement sur les caractères cultureux, la forme des colonies (arrondie, rayonnante...), l'aspect du mycélium aérien (dense, poudreux...), la couleur de la colonie dépendant fréquemment du milieu utilisé, la sporulation, ainsi que le revers de la culture qui donne une idée sur la pigmentation du milieu ; l'odeur peut également parfois orienter l'identification.

L'examen microscopique se fait sur un petit fragment de colonie placé entre lame et lamelle avec une goutte de bleu Coton. L'identification se base sur la structure du mycélium (siphonné, cloisonné, épais, coloré...), les éléments de la reproduction asexuée (spores : forme, cloisons, couleur, taille...) et sexuée, et sur les formes de résistance (chlamydo-spores solitaires, en paires ou en chaînes), avec l'aide de différentes clés d'identification [35].

### **Analyse factorielle des correspondances**

Elle a été réalisée au Laboratoire de Botanique et protection des plantes sur PC avec le logiciel StatBox permettant des analyses factorielles des correspondances.

L'analyse a porté sur un tableau de douze relevés (6 clos à 60 et 100 jours avec trois répétitions) et six variables physicochimiques (pH, matière organique, conductivité électrique, azote, potassium et phosphore assimilable).

## RÉSULTATS

### Paramètres physicochimiques

La texture des sols est argileuse à l'exception du clos C1 qui affiche une texture équilibrée (Figure 1).

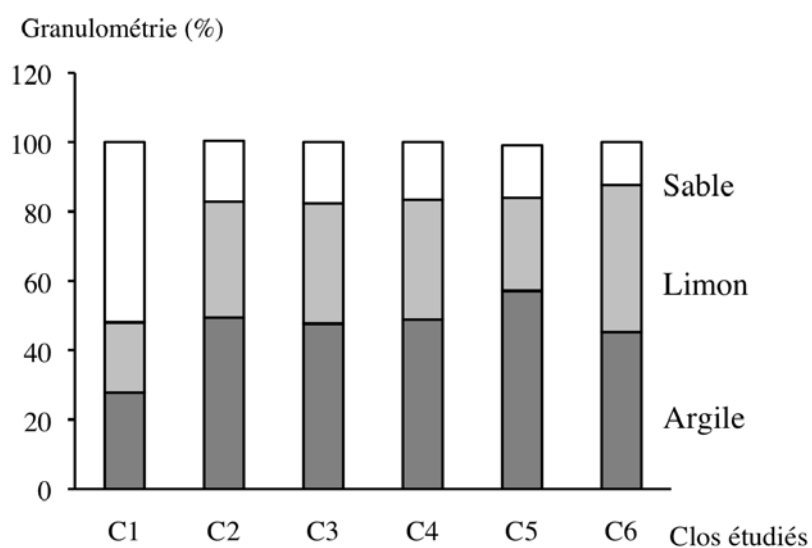


Fig. 1 : Caractérisation granulométrique des sols (horizon 0-15 cm) de six clos de rizières du Gharb.

Sous l'effet de la submersion, le pH est passé de 7,95-8,05-8,15 en début de cycle à 8,03-8,21-8,60 en fin de cycle (Figure 2). Les six clos analysés ne présentent pas une grande variabilité de pH.

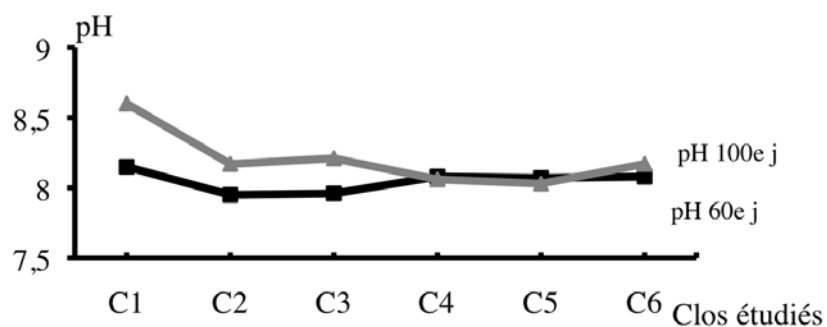


Fig. 2 : pH des sols de six clos de rizières du Gharb 60 et 100 jours après semis.



La teneur en matière organique oscille de 2,15-2,52-2,79 à 2,69-3,02-3,31 % entre le 60<sup>e</sup> et le 100<sup>e</sup> jour après semis (Figure 3). Les valeurs sont presque similaires pour les différents clos.

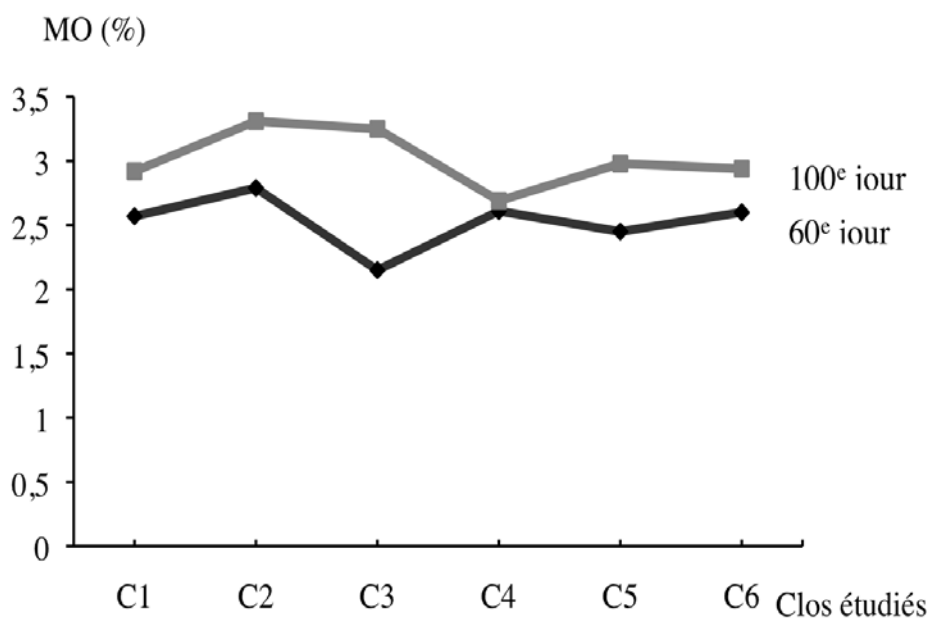
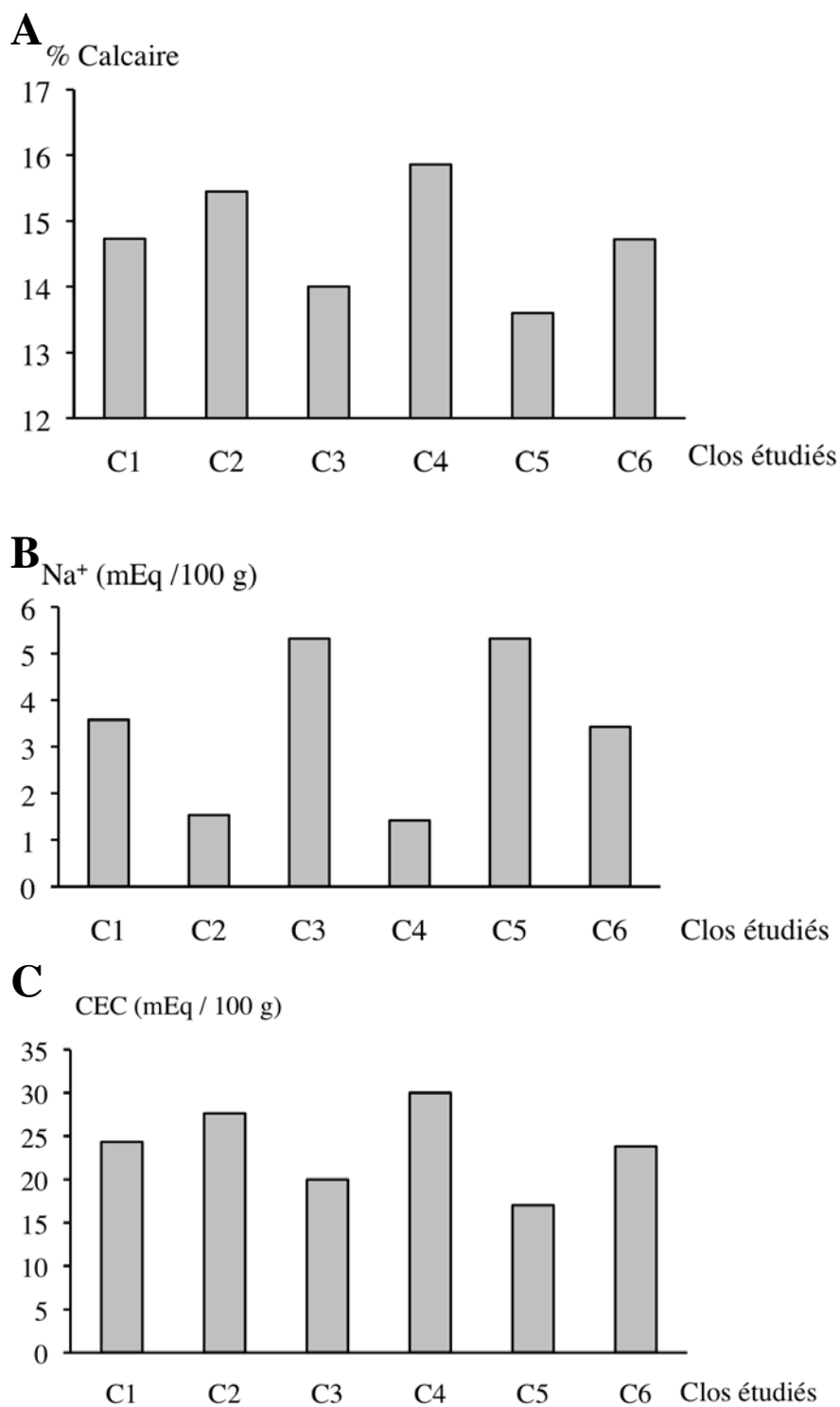


Fig. 3 : Matière organique des sols de six clos de rizières du Gharb 60 et 100 jours après semis.

Le pourcentage en calcaire de l'horizon superficiel varie de 13,6 à 15,9 % (Figure 4A).

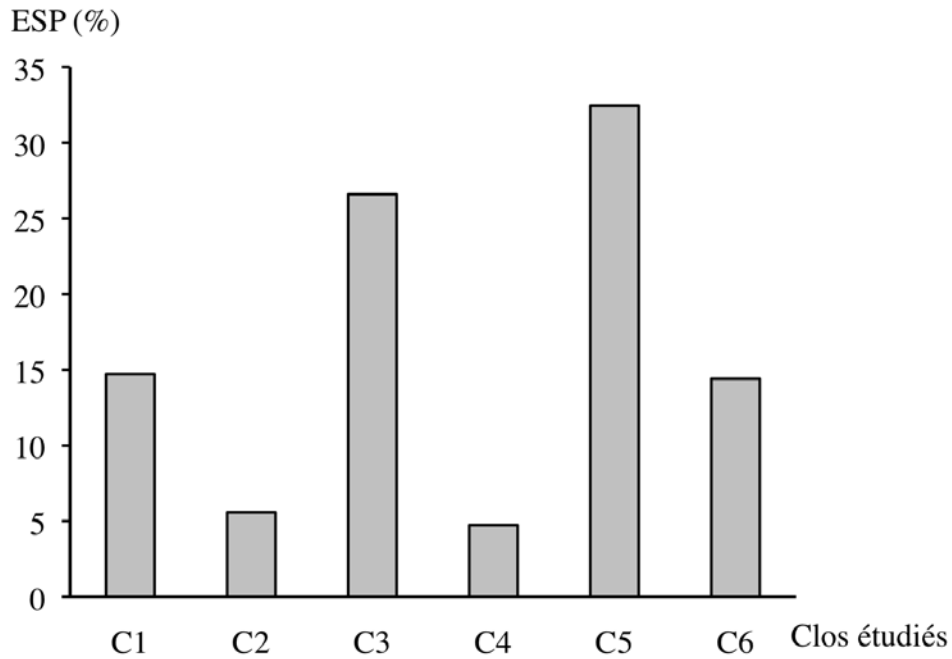
Les teneurs en sodium de la couche superficielle varient largement de 1,42 à 5,32 mEq/100 g avec une moyenne de 3,37 mEq/100 g (Figure 4B).

Les clos sont caractérisés par des sols à forte capacité d'échange cationique (17 à 30 mEq/100 g), avec une distribution plus ou moins homogène (Figure 4C).



*Fig. 4 : Teneur en calcaire (A), en sodium échangeable (B) et capacité d'échange cationique (C) des sols (horizon 0-15 cm) de six clos de rizières du Gharb.*

Ces résultats ont permis de calculer le pourcentage de sodium échangeable (ESP) ou sodicité, très variable oscillant entre 4,73 et 32,47 % (Figure 5). La sodicité des clos C2 (5,57) et C43 (4,73) est relativement faible.



*Fig. 5 : Pourcentage en sodium échangeable des sols (horizon 0-15 cm) de six clos de rizières du Gharb.*

Les valeurs de la sodicité des clos C2 (5,57 %) et C4 (4,73 %) sont faibles.

Tous les clos ont conductivité électrique inférieure à 4 dS/m.

La conductivité électrique diminue de 2,26 à 1,62 dS/m entre le 60<sup>e</sup> et le 100<sup>e</sup> jour après semis (Figure 6).

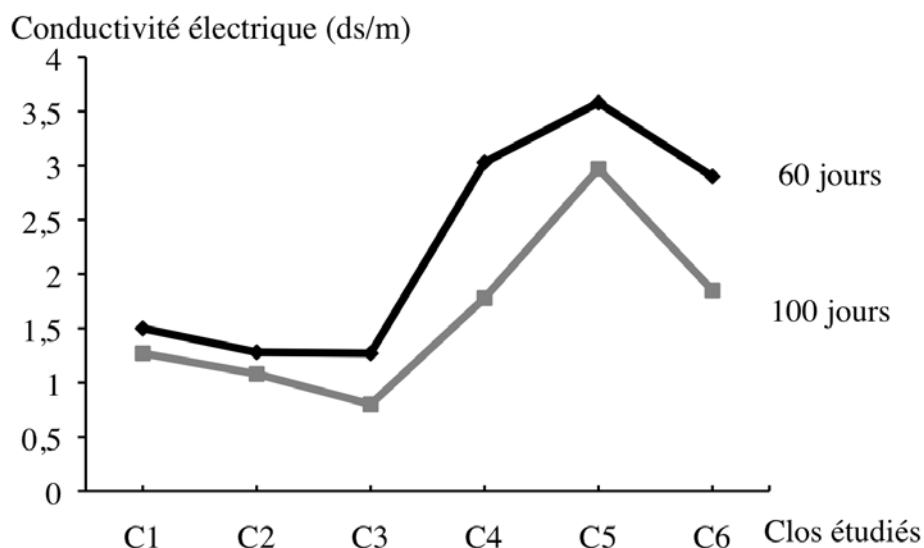


Fig. 6 : Conductivité électrique des sols de six clos de rizières du Gharb 60 et 100 jours après semis.

Les teneurs du sol en azote minéral atteignent 24,92 mg/kg (C5) pendant la première phase du cycle, puis diminuent avec la forte densité du couvert végétal. Les ions ammonium dominent avec une moyenne de 12,87 et 6,56 contre 3,56 et 2,23 mg/kg de sol pour les nitrates, respectivement 60 et 100 jours après semis (Figure 7).

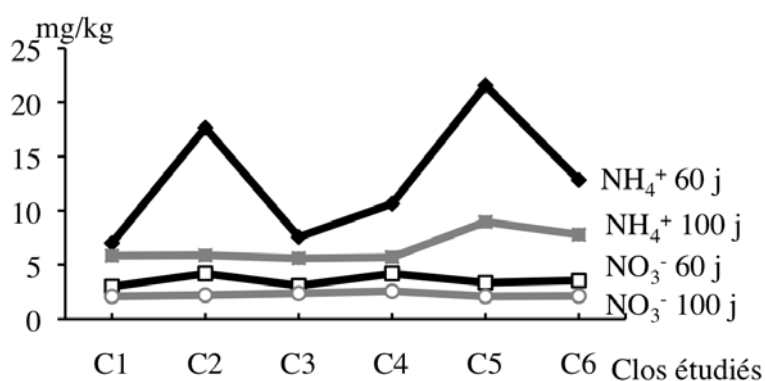


Fig. 7: Teneurs en azote minéral des sols de six clos de rizières du Gharb 60 et 100 jours après semis.

Les concentrations en potassium échangeable et en phosphore assimilable les plus élevées sont observées en début de cycle, et atteignent 370 mg/kg pour  $K_2O$  (Figure 8A) et 49,66 mg/kg pour  $P_2O_5$  (Figure 8B). Ces quantités diminuent avec le développement végétal de manière significative que pour le clos C1.

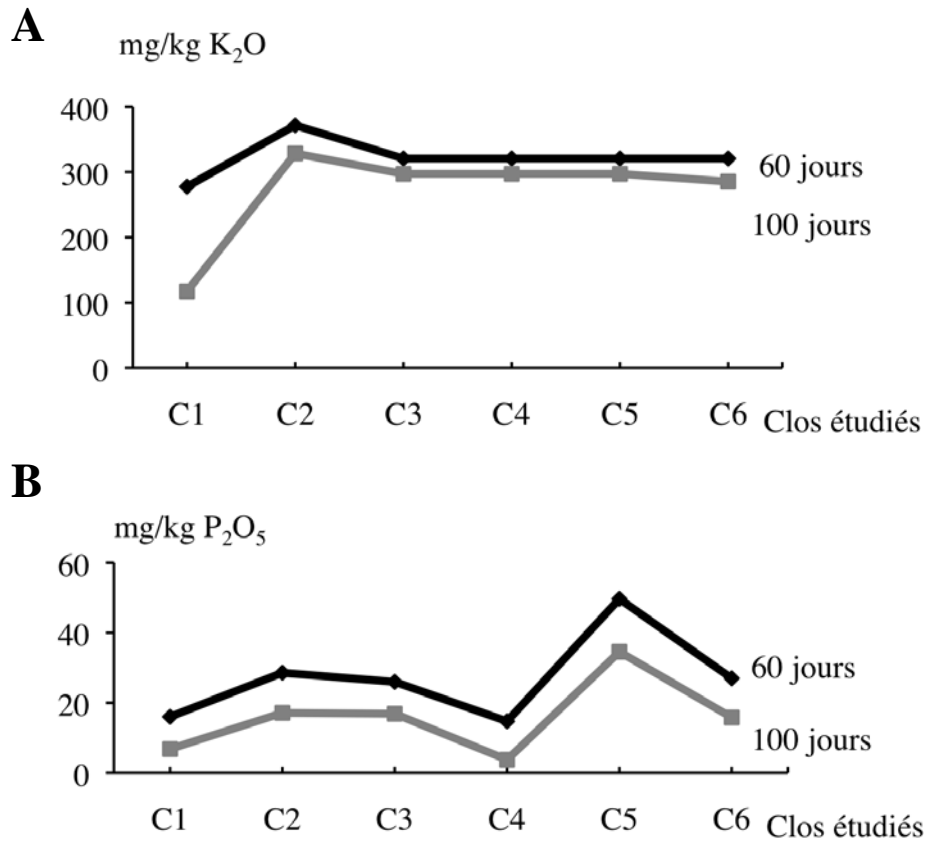


Fig. 8 : Teneurs en oxyde de potassium (A) et en anhydride phosphorique (B) des sols de six clos de rizières du Gharb 60 et 100 jours après semis.

Les valeurs du phosphore assimilable enregistrées dépassent 10 ppm sauf pour les clos C1 et C4.

## Flore fongique

Les taux de charge fongique sont à peu près similaires à l'exception des clos C1 et C5 qui présentent une charge significativement moins importante (Figure 9). La charge fongique augmente vers la fin du cycle pour tous les clos.

Spores/g de sol

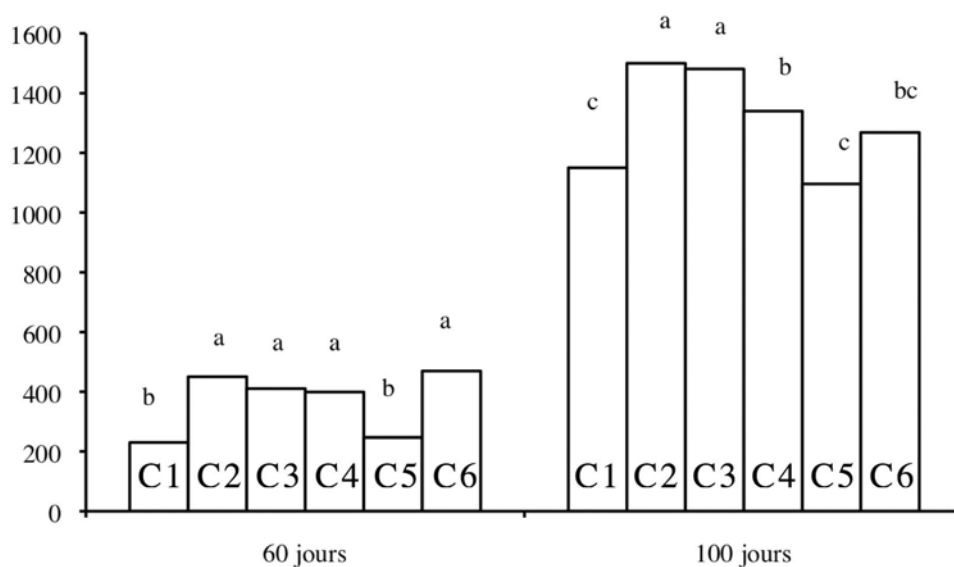


Fig. 9 : Évaluation quantitative de la charge fongique des sols de six clos de rizières 60 et 100 jour après semis.

Les résultats accompagnés d'une même lettre n'ont pas de différence significative au seuil de 5 %.

Les différentes espèces isolées des sols rizicoles sont *Aspergillus* sp, *Aspergillus clavatus*, *Cladosporium herbarum*, *Curvularia lunata*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. nivale*, *F. semitectum*, *F. sambucinum*, *F. graminearum*, *Gliocladium roseum*, *Leptodontidium elatius*, *Penicillium* sp., *Stachybotrys atra*, *Rhizopus stolonifer* et *Trichoderma harzianum*.

### Analyse factorielle des correspondances

Seuls les trois premiers axes ont été pris en considération, dans la mesure où ils cumulent 83 % de l'inertie (Tableau I). Le premier axe a une valeur propre relativement élevée et est discriminant par rapport aux autres axes.

**Tableau I :**  
**Taux d'inertie et valeurs propres des trois premiers axes factoriels de l'analyse factorielle des correspondances.**

Axes	Valeurs propres	Inertie expliquée (%)	Inertie cumulée (%)
<b>F1</b>	0,46	46	46
<b>F2</b>	0,22	22	68
<b>F3</b>	0,15	15	83

L'interprétation des axes factoriels est basée sur la participation relative des variables écologiques à l'inertie de chaque axe.

- pour l'axe 1, les éléments fertilisants NPK l'emportent nettement sur les autres facteurs avec une contribution de 29,8, 23,6 et 22 % respectivement (Tableau II). Cet axe ne donne pas de renseignements satisfaisants quant à la ségrégation des relevés (entre les clos, et entre le 60<sup>e</sup> et le 100<sup>e</sup> jour après semis).

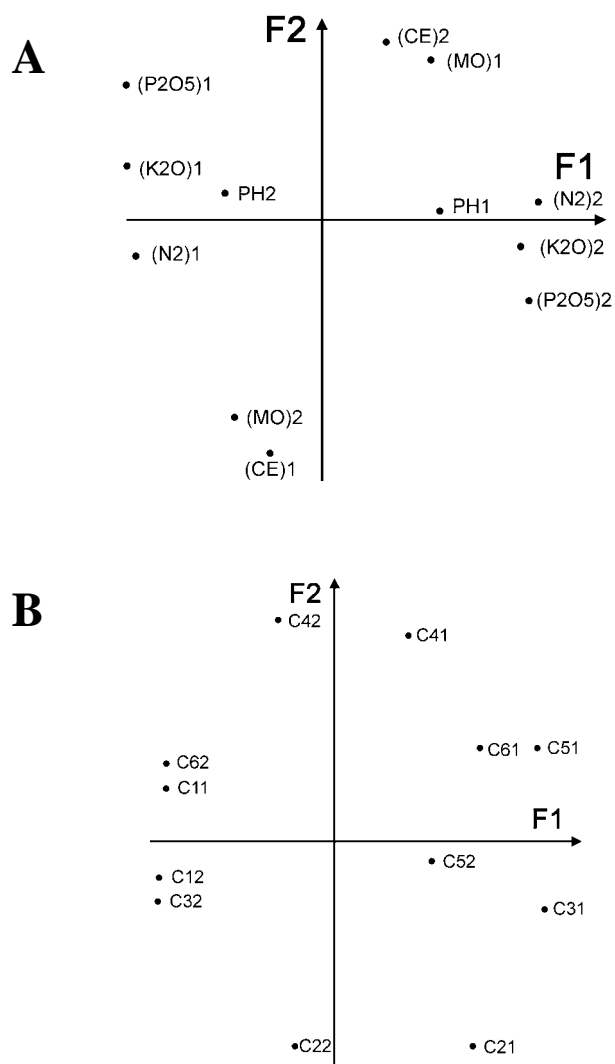
- l'axe 2 révèle la forte contribution de la matière organique et de la conductivité électrique.

- l'axe 3 prend en considération le pH.

**Tableau II :**  
**Participation relative des variables écologiques pour les trois premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances.**

Paramètres	F1	F2	F3
pH	14,4	0,1	44
MO	6,7	33,5	18,2
CE	3,4	46,4	8,3
N <sub>2</sub>	29,8	0,1	0
K <sub>2</sub> O	22,0	3,7	28,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23,6	16,2	0,9

L'analyse des différentes composantes mésologiques (en rapport aux milieux) renseigne sur le positionnement des variables (Figure 10A et B).



*Fig. 1 : Structure mésologique des sols rizicoles du Gharb : plan factoriel F1 x F2 des six paramètres physicochimiques (A) et des six clos en deux temps différents après semis (B)*



Bien que la distribution des espèces des sols rizicoles ne suive pas un gradient de saisonnalité, elle est toutefois en corrélation avec les gradients physicochimiques. Trois groupes semblent pouvoir être mis en évidence (Figure 11).

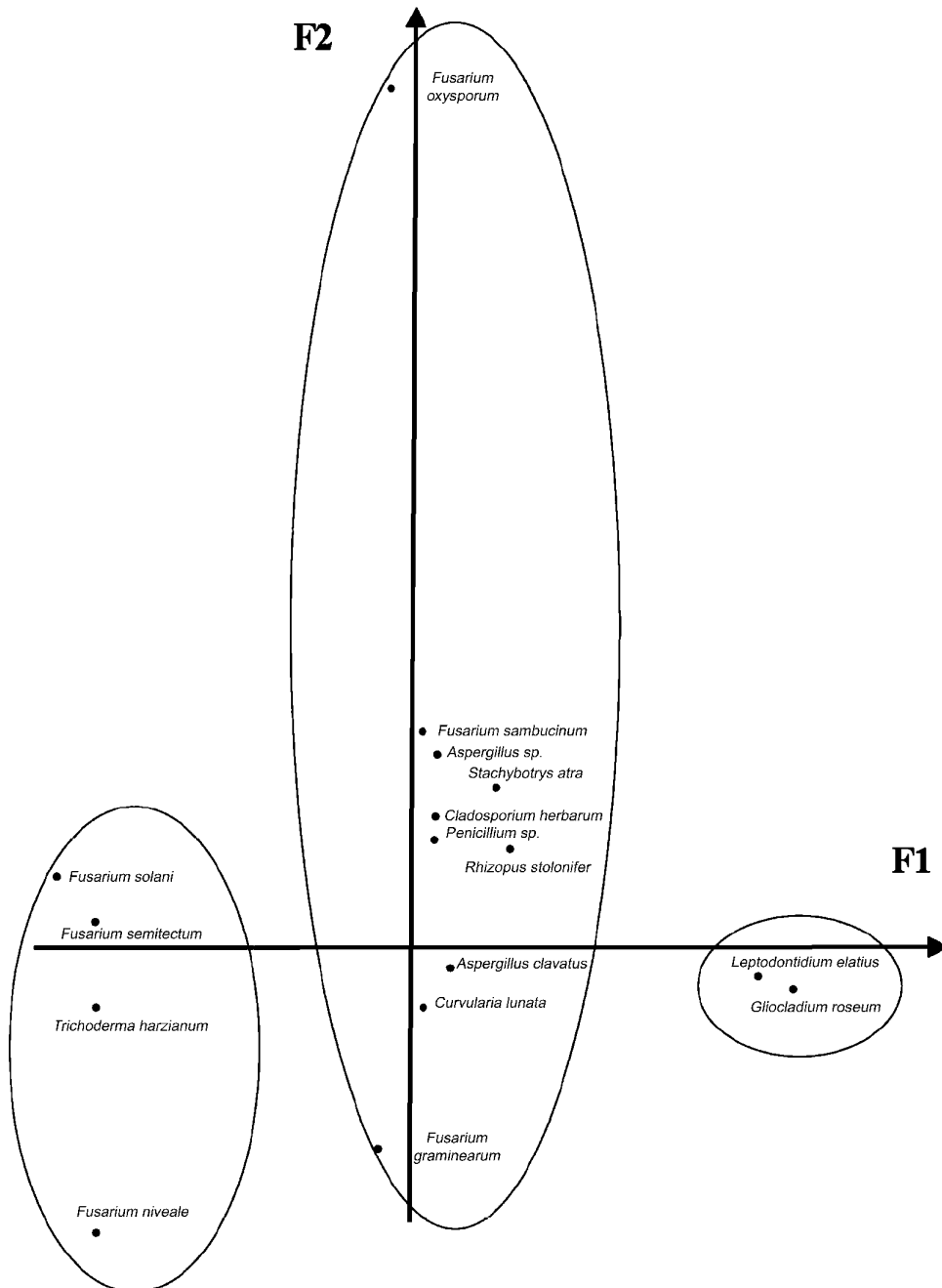


Fig. 11 : Biotypologie des sols rizicoles du Gharb : structure du nuage - espèces dans le plan F1\*F2 de l'analyse factorielle des correspondances.

Le groupe I correspond à des espèces proches du côté positif de l'axe F1, ayant une forte affinité vis-à-vis des milieux riches en éléments nutritifs. Il s'agit de *Gliocladium roseum* et *Leptodontidium elatius*.

Le groupe II, localisé du côté négatif de l'axe F1, regroupe des espèces cherchant des milieux à faibles teneurs en éléments nutritifs, en particulier en phosphore. C'est le cas de *Trichoderma harzianum*, *Fusarium semitectum*, *F. solani* et *F. nivale* ; ce dernier exige en plus des milieux riches en matière organique et faiblement minéralisés.

Le groupe III, situé près du centre du plan F1 x F2, regroupe les espèces restantes se développant dans des milieux à teneurs moyennes en éléments nutritifs.

*Fusarium oxysporum* se distingue par sa préférence pour des sols à teneurs en matière organique relativement faibles, mais fortement minéralisés et à pH légèrement élevé.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

### Paramètres physicochimiques

Les horizons de surface des six clos présentent une similarité relativement grande des propriétés physicochimiques : pH voisin de 8,05, en début du cycle moyennement basique, matière organique assez élevée, sols calcaires à forte capacité d'échange cationique.

Sous l'effet de la submersion, l'augmentation du pH a déjà été signalée dans les sols de rizières sénégalaises et françaises [4,18-19,32-33]. Cette augmentation apparaissant dès la mise en eau est probablement à mettre en relation avec les processus microorganiques réducteurs et consommateurs de protons, en particulier l'activité sulfato-réductrice [31]. Des observations en champ [15] ont confirmé que les sols des zones à sulfato-réduction active ont un pH supérieur de 0,4 à 0,6 unités par rapport aux mêmes sols exempts de cette activité.

Les échantillons analysés sont moyennement pauvres à moyennement riches en matière organique. L'enrichissement en matière organique peut être attribuée à la décomposition des résidus racinaires et foliaires du Riz et des mauvaises herbes éventuelles. La richesse en

composants organiques favorise la sulfato-réduction [33] et entrave la formation de complexes non solubles et potentiellement toxiques [10], composés toxiques qui empêchent la prolifération des espèces pathogènes elles-mêmes en concurrence avec d'autres microorganismes saprophytes.

Les échantillons analysés sont calcaire-calcaire.

La forte capacité d'échange cationique est à rapporter au taux d'argile en surface supérieur à 25 %. La sédimentation favorise la prédominance, dans la fraction argileuse, des smectiques caractéristiques des apports océaniques [16]. Dans les zones à proximité de la côte atlantique ou encore dans celles à sédimentation en cours ou très récente et d'avantage marines que fluviales, les argiles de type smectite sont localement majoritaires par rapport aux kaolinites [21].

Les eaux de rizières peuvent entraîner une élimination des cations par rinçage et donc une défloculation de l'argile. Il semble que les pratiques d'irrigation et de drainage n'aient pas entraîné une dispersion des argiles [3] et une diminution de la CEC des clos. Les sites de fixation des ions sont nombreux et la salinité est convenable à la culture du Riz.

Les teneurs en sodium dépassent largement le seuil minimal pour le Riz, de l'ordre de 0,2 mEq/100 g [14]. Par contre, les pourcentages en sodium échangeable des clos C2 et C4 sont inférieurs à la valeur limite de 10 %.

Les fortes concentrations en sodium sont toxiques pour le Riz [3]. Les sols sodiques nécessitent un amendement chimique, par exemple avec du gypse, qui confère au sol une teneur en sulfate de calcium suffisante pour flocculer l'argile : le sodium est écarté progressivement du complexe adsorbant par le calcium et est entraîné au-delà de la zone racinaire par lixiviation [10]. Cependant, si l'eau d'irrigation favorise la lixiviation des sels, elle peut apporter beaucoup de sodium [10] (terrains avoisinants si la nature des roches est saline, excès d'engrais). Les sols des clos étudiés contenant un pourcentage en calcium assez élevé, il suffira donc de les arroser après évacuation de l'eau d'irrigation et le chaulage ne sera pas nécessaire.

Avec une conductivité électrique inférieure à 4 dS/m, les clos appartiennent à la catégorie des sols non salés [40].

Les sols inondés des clos paraissent bien pourvus en éléments nutritifs, probablement en liaison avec l'application d'engrais chimiques. Ces éléments s'épuisent au cours du cycle végétal.

Les valeurs du phosphore assimilable enregistrées dépassent le seuil minimal pour le Riz de 10 ppm [14], sauf pour les clos 1 et 4. Les clos présentent une carence en phosphore assimilable en fin du cycle végétatif. Sur ces sols calcaires, la disponibilité du phosphore peut se trouver limitée par la précipitation de ce dernier sous forme de phosphates calciques qui évoluent progressivement en donnant des composés de type apatitiques quasi insolubles [10].

Les ions ammonium apparaissent dominants par rapport aux nitrates. En anaérobie, le sol devient progressivement réduit et, quelle que soit la forme d'azote apportée à des terres inondées, il n'y aura pratiquement pas de formation de nitrates [20]. Une grande partie de l'azote est transformé en ammoniac atmosphérique [20]. Ce dernier n'est pas considéré comme un polluant dangereux du fait qu'il est très soluble dans l'eau et qu'il retourne dans le sol sous forme de précipitations à proximité de son lieu de formation.

Le maintien d'un équilibre en éléments nutritifs dans les rizières exige le recours à des engrais exclusivement minéraux. Les travaux de Greenland [9] sur la fertilisation du Riz des terres inondées recommandent vivement d'éviter les fumures organiques : la décomposition de ces dernières en conditions anaérobiques entraîne la formation de méthane et d'oxyde nitreux, gaz à effet de serre plusieurs fois supérieur à celui du dioxyde de carbone.

Pour compléter l'apport d'engrais azotés, on pourra restituer des résidus de la récolte du Riz, favoriser la croissance des Cyanobactéries qui fixent l'azote atmosphérique, des fougères aquatiques comme le genre *Azolla*, en association symbiotique avec des Cyanobactéries.

### **Flore fongique**

La charge fongique des clos étudiés est hétérogène. Le sol des clos C2, C3, C4 et C6 est argileux à forte capacité d'échange cationique et présente en début du cycle du Riz une richesse en éléments nutritifs, ce qui favorise l'installation et le développement des microorganismes hétérotrophes [41]. Pour les deux autres clos, la faible charge fongique peut être attribuée au pourcentage élevé en sable pour le clos C1 et à la sodicité supérieure à 30 % du clos C5.

Cependant, vers la fin du cycle, une élévation relative de la charge fongique coïncide avec celle de la matière organique et touche tous les clos. Cette situation laisse supposer que la croissance obtenue est le résultat d'une disponibilité en matière organique, indispensable aux hétérotrophes.

Néanmoins, cette relativité de croissance peut avoir une relation avec la diminution de la température du milieu qui a eu lieu vers la fin du cycle. En effet, l'activité enzymatique des microorganismes se trouve réduite dans de telles conditions, ce qui peut avoir des répercussions sur leur croissance et leur multiplication.

La liste des espèces n'est pas exhaustive, en absence de méthodologie appropriée. Trehen *et al.* [39] estimaient en 1993 à environ 10 % seulement les microorganismes du sol connus et décrits. L'isolement et la culture de la majorité des espèces microbiennes vivant dans le sol restent encore du domaine de la recherche.

Le sol des rizières constitue un milieu favorable par excellence à l'installation des microorganismes et en particulier des champignons [25]. Nombre d'entre eux ne sont pas considérés comme des pathogènes du Riz.

Les espèces pathogènes habituellement rencontrées dans les rizières sont absentes telles *Pyricularia oryzae* et *Helminthosporium oryzae*. Ces espèces cherchent les niveaux supérieurs des plantes de Riz pour se développer et se multiplier.

Les *Penicillium* et les *Aspergillus* sont présents dès le début du cycle. Ces espèces ont une activité optimale à pH neutre [8].

Une seule Dematiaceae, *Curvularia lunata*, est rencontrée tout au long du cycle. La présence de cette espèce dépend de deux facteurs souvent complémentaires, le pH et la nature simple ou complexe du substrat ; elle est capable d'utiliser tous les substrats à divers pH [36]. Ceci laisse supposer que cette espèce a un large spectre écologique d'où sa présence permanente dans les clos étudiés.

Les *Fusarium*, responsables de la fusariose, sont en première position parmi les champignons isolés. Certaines espèces de ce genre sont des contaminants dangereux des grains du Riz en fin du cycle végétatif.

Parmi les espèces de *Fusarium* hébergées par le sol des rizières du Gharb, *Fusarium solani* est rencontré dans la majorité des clos étudiés. Selon Tivoli *et al.* [38], il existe une relation étroite entre le pH des sols et leur niveau de réceptivité. En effet, un pH alcalin favorise bien l'installation de cette espèce, contrairement à un pH acide.

À la différence de *F. solani*, chez *Fusarium sambucinum*, les variations des valeurs de pH n'entraînent pas de modifications importantes de la réceptivité des sols [38]. Cette différence de comportement est expliquée par le fait que les cellules conidiennes ainsi que les filaments germinatifs de *F. solani* subissent une lyse à pH acide. La formation des chlamydospores indispensables à la survie du parasite est également

entravée. De fait, dans les clos étudiés, *F. solani* n'est détecté qu'à la fin du cycle végétatif, période où le pH est généralement alcalin.

Cette étude a conduit aussi à l'isolement de *Fusarium oxysporum* espèce tributaire de la texture du sol se manifestant aisément dans les sols argileux [13]. Avec *F. solani*, elle peut limiter la germination des chlamydospores des pathogènes telluriques [13]. Cependant, la présence de ces deux espèces n'empêche pas de trouver quelques pathogènes.

Les sols alcalins sont pauvres en fer libre [6], élément indispensable à la germination des conidies car il permet l'élongation du tube germinatif et dont l'insuffisance pourrait contribuer à la diminution de *Fusarium oxysporum*. Le pH alcalin de 7,95 à 8,15 des clos limite donc la pathogénicité de *Fusarium oxysporum*.

Les conditions régnant dans les rizières en fin du cycle végétatif devraient favoriser, selon la littérature, l'installation d'un nombre d'espèces beaucoup plus important que celui enregistré. Ceci suggère l'intervention d'un biocontrôle par *Trichoderma* et *Gliocladium* permettant la réduction des germes pathogènes.

*Trichoderma harzianum* s'est faiblement manifesté en début de cycle, peut être en raison du pH élevé. En effet, divers auteurs [11,22-23,28] ont indiqué que ce genre peut avoir une activité optimale à des pH légèrement faibles.

Pour Duffy *et al.* [7], la quantité et la qualité des pathogènes en début de cycle ne sont pas significatives. L'activité de biocontrôle assurée par *Trichoderma* aurait donc peu d'intérêt en début de cycle. L'activité dépend de la disponibilité de plusieurs éléments nutritifs et diminue nettement avec une teneur élevée en phosphore [7]. Un biocontrôle optimal par *Trichoderma koningii* a été obtenu lorsque le phosphore soluble est présent en faible teneur en dépit du pH alcalin [7] ; en revanche, le biocontrôle est réprimé pour un pH acide, mais une teneur en phosphore élevée. Le biocontrôle des *Trichoderma* dépend donc à la fois de la teneur en phosphore soluble et du pH. Au début du cycle, une teneur élevée en phosphore a été enregistrée pour les six clos, provenant probablement de la fertilisation du sol et de l'apport des eaux d'irrigation. Cette teneur a ensuite considérablement diminué, ce qui a permis l'apparition de *Trichoderma harzianum* malgré l'alcalinité du milieu.

*Gliocladium roseum* a été détecté dès le début du cycle végétatif dans les rizières marocaines. L'espèce voisine *G. virens*, se développe dans une gamme de pH située entre 3,5 et 8,5 avec un optimum de 5,5 [37]. Le pH du sol du Gharb est inclus dans cette gamme.

L'humidité du sol favorise la participation à la lutte biologique des *Gliocladium* [30], car il s'est avéré qu'une culture irriguée est beaucoup plus favorable au biocontrôle.

Les *Gliocladium* s'attaquent aux espèces présentant des sclérotés en réduisant la viabilité des microsclérotés en faisant intervenir des enzymes telles que les exo et endoglucanases [29]. Certains sclérotés sont résistants et de couleur sombre par la présence de mélanine non dégradée par les enzymes [17].

La sécrétion d'enzymes ne constitue sans doute pas le seul moyen d'intervention [36]. Les *Gliocladium* produisent des toxines et des antibiotiques capables de perturber et même d'entraver le métabolisme des parasites provoquant ainsi leur destruction.

#### **Analyse factorielle des correspondances**

Une organisation structurée de la mycoflore des rizières a été observée. Les espèces dépendent des conditions écologiques du milieu. L'analyse factorielle des correspondances a mis en évidence trois groupes d'isolats :

Le groupe I (*Gliocladium roseum* et *Leptodontidium elatius*) correspond aux espèces ayant une forte affinité vis-à-vis des milieux riches en éléments nutritifs.

Le groupe II (*Trichoderma harzianum*, *Fusarium semitectum*, *F. solani* et *F. nivale*) renferme des espèces cherchant des milieux à faible teneur en éléments nutritifs, en particulier en phosphore, riches en matière organique et faiblement minéralisés.

Le groupe III (*Aspergillus* sp., *A. clavatus*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *F. sambucinum*, *F. graminearum*, *Penicillium* sp., *Stachybotrys atra*, *Cladosporium herbarum* et *Rhizopus stolonifer*) présente des espèces se développant dans des milieux à teneur moyenne en éléments nutritifs. *Fusarium oxysporum* préfère des sols à teneurs en matière organique relativement faibles, mais fortement minéralisés et à pH légèrement élevé.

## RÉFÉRENCES

- 1 - Angladette (A.) - *Le Riz*. Techniques agricoles et productions tropicales. Paris : G.P. Maisonneuve et Larose, 1966, 930 p.
- 2 - Anonyme - Principaux problèmes techniques de la culture du Riz au Maroc. Station Expérimentale du Gharb Sidi Allal Tazi. INRA, 1986, 1-3.
- 3 - Badraoui (M.), Merzouk (A.) - Changes of soil qualities under irrigation: the effect of salt accumulation on water retention by vertisols. In CIEHAM-IAM-B (Ed.), *Advanced course on farm water management techniques*. Rabat, Morocco, 1994, 145-155.
- 4 - Barbier (J.M.), Conesa (A.P.), Mouret (J.C.), Bouchier (A.) - *Bilan de deux années d'étude de l'agrosystème rizicole en Camargue*. INRA-LECSA/ONIC, 1986, 154 p.
- 5 - Chapman (H.D.) - Cation exchange capacity. In Black (C.A.), Evans De Wite (J.L.), Ensminger (L.E.), Clark (F.E.) (Eds.) *Methods of soil analysis*. Part 2. Agronomy. 1965, First ed., Madison, Wis.: Am. Soc. Agron., **9**, 902-904.
- 6 - Chet (H.), Baker (R.) - Induction of suppressiveness to *Rhizoctonia solani* in soil. - *Phytopathology*, 1980, **70**(10), 994-998. [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Articles/Phyto70n10\\_994.PDF](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Articles/Phyto70n10_994.PDF)
- 7 - Duffy (B.K.), Ownley (B.H.), Weller (D.M.) - Soil chemical and physical properties associated with suppression of take-all of wheat by *Trichoderma koningii*. - *Phytopathology*, 1997, **87**(11), 1118-1124. <http://www.apsnet.org/phyto/PDFS/1997/0917-01R.pdf>
- 8 - El Nur (E.A.), Mahgoub (H.A.) - Survey of soil fungi from the Sudan Gezira. - *Mycopathologia*, 1980, **71**(3), 131-136.
- 9 - Greenland (J.D.) - *Choyez la terre : Aménagement des sols pour une agriculture durable et la production de l'environnement sous les tropiques*. Oxford (Royaume-Uni): Words and publication, 1996, 36 p. <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/FAO/CHRSHFRN.PDF>
- 10 - Hamdaoui (F.) - *Caractérisation actuelle de la qualité des sols et des eaux dans le périmètre irrigué des Doukkala*. Mém. 3<sup>e</sup> Cycle Diplôme Ing. État Agron., Option Sci. Sols, IAV Hassan II, Rabat, 1996, 30 p.



- 11 - Harman (G.E.), Taylor (A.G.) - Improved seedling performance by integration of biological control agents at favourable pH levels with solid matrix priming. - *Phytopathology*, 1988, **78**(5), 520-525. [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1988Articles/Phyto78n05\\_520.pdf](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1988Articles/Phyto78n05_520.pdf)
- 12 - Hassikou (K.), Hassikou (R.), Douira (A.) - Étude du pouvoir pathogène de *Curvularia lunata* sur certaines variétés du riz cultivées dans la région du Gharb Maroc. - *Cah. Rech. Univ. Hassan II*, 2001, **3**(1), 19-31.
- 13 - Hatimi (A.) - *Étude de la réceptivité des sols de deux palmeraies Marocaines au « Bayoud »*. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> Cycle Fac. Sci. Marrakech, 1989, 58 p.
- 14 - IRRI (International Rice Research Institute) - *Annual report for 1969*. Los Baños, Philippines: IRRI, 1970, 266 p.
- 15 - Jacq (V.A.) - *Participation des bactéries sulfato-réductrices aux processus microbiens de certaines maladies physiologiques du riz inondé (exemple du Sénégal)*. Thèse Doct. Biol. Cell. Microbiol. Univ. Provence Aix-Marseille I, 1989, 258 p.
- 16 - Kalck (Y.) - *Évolution des zones à mangroves du Sénégal au Quaternaire récent. Études géologiques et géochimiques*. Thèse 3<sup>e</sup> Cycle Univ. Louis Pasteur Strasbourg, 1978, 122 p.
- 17 - Keinath (A.P.), Fravel (D.R.), Papavizas (G.C.) - Potential of *Gliocladium roseum* for biocontrol of *Verticillium dahliae*. - *Phytopathology*, 1991, **81**(6), 644-648. [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n06\\_644.PDF](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n06_644.PDF)
- 18 - Loyer (J.Y.), Boivin (P.), Le Brusq (J.Y.), Zante (P.) - Les sols du domaine fluvio-marin de Casamance (Sénégal) : Évolution récente réévaluation des contraintes majeures pour leur mise en valeur. - *Third Int. Symp. Acid Sulphate Soils, Dakar, Senegal, 6-11 January 1986*, Dost (H.) (Ed.), Wageningen, The Netherlands: ILRI, 1988, Publication 44, 16-23. <http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub44/pub44-h2.pdf>
- 19 - Loyer (J.Y.), Jacq (V.A.), Reynaud (P.A.) - Variations physico-chimiques dans un sol de rizière inondée et évolutions de la biomasse algale et des populations microbiennes du cycle du soufre. - *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, 1982, (45), 53-72. [http://www.bondy.ird.fr/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_4/biologie/03184.pdf](http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_4/biologie/03184.pdf)

- 20 - Makary (A.Z.) - Sedimentation front progress in the High Aswan Dam Reservoir. - *Proc. Int. Conf. on Development of the Nile and Other Major River*. IAHS, 1993, Publ. 217, 93-100.
- 21 - Marius (C.) - Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie : mise en valeur et aménagement. - *Trav. Doc. ORSTOM*, 1985, (183), 25-56.
- 22 - Marshall (D.S.) - Effect of *Trichoderma harzianum* seed treatment and *Rhizoctonia solani* inoculum concentration on damping-off of snap bean in acidic soils. - *Plant Dis.*, 1982, **66**(9), 788-789.
- 23 - Mouria (A.) - *Approche de lutte biologique et chimique contre deux pathogènes foliaires du riz : Pyricularia oryzae et Helminthosporium oryzae*. Thèse Doct. Nat., Fac. Sci., Univ. Ibn Tofaïl, Kénitra, Maroc, 2000, 195 p.
- 24 - Nelson (D.W.), Sommers (L.E.) - Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Dinauer (R.C.) (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Madison, WI: American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc., 1982, p. 539-580.
- 25 - Notteghem (J.L.), Roux-Cuvelier (M.), André (F.), Roumen (E.) - Rice diseases in the Camargue (France). - *Cah. Option Médit.*, 1997, **15**(3), 7-13. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c15-3/CI011013.pdf>
- 26 - Olsen (S.R.), Cole (C.V.), Watanabe (F.S.), Dean (L.A.) - Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. - *U. S. Dep. Agric. Circ.*, 1954, 939, 19 p.
- 27 - Ouazzani Touhami (A.), Ennaffah (B.), El Yachoui (M.), Douira (A.) - Pathogénie comparée de 4 espèces d'*Helminthosporium* obtenues à partir des plantes malades du riz au Maroc. - *J. Phytopathology*, 2000, **148**(4), 221-226.
- 28 - Ouazzani Touhami (A.), Mouria (A.), Douira (A.), Benkirane (R.), Mlaiki (A.), El Yachoui (M.) - Influence du pH et de la température sur l'aptitude de *Trichoderma* ssp. à inhiber *in vitro* la croissance mycélienne de *Pyricularia oryzae*. - *Al Awamia*, 1997, **96**, 19-24.
- 29 - Papavizas (G.C.) - *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology, and potential for biocontrol. - *Annu. Rev. Phytopathol.*, 1985, **23**, 23-54.
- 30 - Papavizas (G.C.), Collins (D.J.) - Influence of *Gliocladium virens* on germination and infectivity of sclerotia of *Sclerotium rolfsii*. - *Phytopathology*, 1990, **80**(7), 627-630. [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1990Articles/Phyto80n07\\_627.PDF](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1990Articles/Phyto80n07_627.PDF)

- 31 - Ponnampereuma (F.N.) - The chemistry of submerged soils. - *Adv. Agron.*, 1972, **24**, 29-96.
- 32 - Prade (K.), Ottow (J.C.G.), Jacq (V.A.) - Ursachen der Eisentoxizität bei Naßreis (*O. sativa L.*) auf alluvialen Böden in der Republik Senegal. - *Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges.*, 1987, **55**(2), 645-650.
- 33 - Prade (K.), Ottow (J.C.G.), Jacq (V.A.), Malouf (G.), Loyer (J.Y.) - Relation entre les propriétés des sols de rizières inondées et la toxicité ferreuse en basse Casamance (Sénégal). Études, revue et synthèse de travaux antérieurs. - *Cah. ORSTOM. Sér. Pédol.*, 1990, **25**(4), 453-474. [http://www.bondy.ird.fr/pleins\\_textes/cahiers/PTP/34145.PDF](http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes/cahiers/PTP/34145.PDF)
- 34 - Pont (D.) - *Recherches quantitatives sur le peuplement de Copépodes, Cladocères et Ostracodes des rizières de Camargue*. Thèse Doct. Univ. Provence Aix-Marseille I, 1983, 360 p.
- 35 - Rappilly (F.) - Les techniques de mycologie en pathologie végétale. Paris : INRA, 1968, *Ann. Epiphyt.*, **19**(Hors Ser.), 102 p.
- 36 - Smith (V.L.), Wilcox (W.F.), Harman (G.E.) - Potential for biological control of *Phytophthora* root and crown rots of apple by *Trichoderma* and *Gliocladium* spp. - *Phytopathology*, 1990, **80**(9), 880-885. [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1990 Articles/Phyto80n09\\_880.PDF](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1990%20Articles/Phyto80n09_880.PDF)
- 37 - Sreenivasaprasad (S.), Manibhushanrao (K.) - Antagonistic potential of *Gliocladium virens* and *Trichoderma longibrachiatum* to phytopathogenic fungi. - *Mycopathologia*, 1989, **109**(1), 19-26.
- 38 - Tivoli (B.), Corbière (R.), Lemarchand (E.) - Relation entre le pH des sols et leurs niveaux de réceptivité à *Fusarium solani* var *coeruleum* et *Fusarium roseum* var *sambucinum* agents de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre. - *Agronomie*, 1990, **10**(1), 63-68.
- 39 - Trehen (P.), Coleman (D.C.), Rusek (J.M.), Betsch (J.M.), Berthelin (J.), Bardin (R.) - Soil biology: a conceptual approach with specific goals. - *Eur. J. Soil Biol.*, 1993, **29**(1), 1-6.
- 40 - U.S. Salinity Laboratory Staff - Richards (L.A.) (Ed.), *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Handbook 60. Washington : U. S. Dept. of Agriculture, 1954, vii, 160 p.
- 41 - Walker (J.C.) - Soil management and plant nutrition in relation to disease development. - *Soil Sci.*, 1946, **61**(1), 47-65
- 42 - Walkley (A.), Black (I.A.) - An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposal modification of the chromic acid titration method. - *Soil Sci.*, 1934, **37**(1), 29-38.

## ABSTRACT

### **Physicochemical parameters and fungal flora of Moroccan rice fields soils**

The physicochemical parameters of the surface horizons of the soils of the rice fields in the Gharb area, Morocco, presented a variation between the beginning and the end of the vegetative rice cycle. These fields are characterised by a basic pH in relation with the submersion, a substantial content in organic matter and a variable sodicity associated with a strong cation exchange capacity.

The mycoflora is dominated by *Fusarium* genus, represented by six species, followed by *Gliocladium roseum*, *Leptodontidium elatius*, *Aspergillus clavatus*, *Cladosporium herbarum*, *Stachybotrys atra*, *Curvularia lunata* and *Trichoderma harzianum*.

By factorial correspondence analysis, three groups of species were established. The first was composed of species indicative of the oxygenated surroundings such as *Leptodontidium elatius*. The second was characterised by a poor quality soil very rich in organic matter, essentially represented by *Trichoderma harzianum*. The third showed indifference against the ecological variations of the medium, which included *Curvularia lunata* and *Fusarium oxysporum*.

**Key-words:** fungal flora, rice fields, soil.

---