

Cependant d'autres cas ont été relevés par l'IRRI de perte de rendement après application des techniques d'économie de l'eau, mais où l'agent initial n'est plus un nématode, mais probablement un champignon ou un virus. Il existe donc différents syndromes liés à ces économies d'eau et leur inventaire commence seulement.

L'économie d'eau en riziculture compromet l'« immunité » du domaine irrigué.

Une des conséquences majeures de l'application des mesures d'économie de l'eau en riziculture est l'extension du grave problème posé par *M. graminicola* à une fraction significative des rizières irriguées. Cela compromet l'« immunité » nématologique du domaine irrigué. Cette menace était jusqu'à présent confinée au riz pluvial (plateau et bas-fond). Ce constat souligne l'urgence de la mise au point de variétés de riz résistantes à ce nématode.

Recherches sur la microbiologie et la biologie des rizières

Pierre Roger¹

La collaboration IRD-IRRI sur la biologie des sols de rizière a produit des résultats dans cinq domaines: les biofertilisants fixateurs d'azote, le rôle et la gestion de la biomasse photosynthétique aquatique, l'impact des pesticides sur l'écologie de l'écosystème, la rizi-pisciculture et enfin l'émission de méthane par les rizières submergées.

Les recherches ont débuté en 1979 sur le thème des cyanobactéries libres et symbiotiques (Azolla) et de leur utilisation comme biofertilisants. En 1988 ce thème a été étendu au rôle des micro-algues et des macrophytes aquatiques dans l'écologie de l'eau de submersion, le cycle de l'azote et le maintien de la fertilité des sols, en relation avec la biomasse microbienne du sol. Un résultat majeur est d'avoir montré l'importance d'enfouir l'engrais azoté dans le sol au lieu de l'épandre à la volée dans l'eau de la rizière (technique la plus fréquemment utilisée en Asie). L'enfouissement de l'engrais azoté a un triple avantage.

1. Il permet l'expression de l'activité fixatrice de N₂ des cyanobactéries autochtones (soit un apport gratuit de 10 à 30 kg N/ha et par cycle de culture).

2. Il évite la prolifération d'algues unicellulaires dans l'eau des rizières, ce qui:

- Réduit considérablement les pertes d'azote par volatilisation de l'ammoniacque (qui peuvent atteindre jusqu'à 50 % de l'azote épandu) dues à l'alcalinisation de l'eau par l'activité photosynthétique des algues.*
- Évite la prolifération des larves de moustiques (qui se nourrissent de ces algues) et dont les adultes sont des vecteurs du paludisme et d'encéphalites.*

De 1989 à 1991, un projet pluridisciplinaire en milieu paysan et en parcelles expérimentales, a étudié les effets biologiques, économiques et sanitaires des pesticides dans les environnements rizicoles des Philippines. Les résultats ont montré des effets à court terme relativement modestes sur la microflore, plus marqués sur les populations d'invertébrés et très significatifs sur la santé des riziculteurs, fréquemment en raison d'une utilisation inadéquate des pesticides. L'étude a aussi mis en lumière l'absence d'information sur les effets à long terme des pesticides sur la microflore et la fertilité des sols.

Un autre projet a étudié la rizi-pisciculture dans deux rizières des Philippines et a proposé un modèle mathématique qui montre que l'introduction de poissons dans les rizières augmente la productivité, le flux d'azote et la biomasse microbienne du sol. La production de poisson a été de 200 à 300 kg/ha par cycle cultural.

En 1997, la caractérisation de la microflore et du potentiel méthanogène et méthanotrophe d'un échantillon représentatif de 40 sols de rizières a montré l'ubiquité des deux populations et un potentiel méthanotrophe des sols toujours supérieur au potentiel méthanogène. Cela a permis de conclure que l'introduction d'à-secs au cours d'un cycle cultural, en favorisant la consommation de CH₄ et en limitant sa production, est actuellement la solution la plus réaliste pour réduire l'émission de CH₄, gaz à effet de serre, par les rizières.

Ces recherches ont donné lieu à la publication de plus d'une centaine d'articles et ont été résumées dans trois ouvrages de synthèse:

- 1. Roger PA, Kulasooriya SA (1980) Blue-green algae and Rice. The International Rice Research Institute, Po Box 933, Manila, Philippines. 112 pages.*
- 2. Pingali PL, Roger PA (eds.) (1995) Impacts of pesticides on farmer health and the rice environment. Kluwer Acad. Pub. 646 pp.*
- 3. Roger PA (1996) Biology and management of the floodwater ecosystem in wetland ricefields. International Rice Research Institute, PoBox 933, Manila, Philippines; ORSTOM, 214 rue La Fayette, Paris, France. 250 pp.*

¹ Pierre Armand Roger, directeur de recherche IRD, s'est spécialisé dans la microbiologie et la biologie des sols de rizière au cours d'une carrière exercée en Afrique de l'ouest (1969-79) puis à l'IRRI en Asie du sud-est (1979-91). Directeur d'Unité de recherche puis du Programme « Écologie et biotechnologies microbiennes », puis Chargé de mission pour la Microbiologie à l'IRD jusqu'en 2002, il est actuellement Président de la Fondation internationale pour la science.

transplanting, the offspring of this first generation cannot infest new root suckers because the soil is anaerobic, rendering the damage to irrigated rice negligible. However, the occasional brief aerobic periods that occur during irrigated cultivation cause irrigated rice fields to face persistent, endemic infestation by *M. graminicola*. With rainfed bottomland rice, the occasional lack of rain increases the frequency and duration of aerobic periods, and damage may occur proportional to the total duration of aerobic periods. In the case of rainfed rice with permanently aerobic soil, damage is serious, even to the extent of total crop loss, particularly in sandy soils.

Detecting sources of resistance to the *Meloidogyne graminicola* nematode

After screening fewer than 100 accessions of rice genetic resources at IRRI, several varieties of two African rice species, *Oryza glaberrima* and *O. longistaminata*, were found to resist *M. graminicola*. However, the same cannot be said of Asian rice, *O. sativa*. The products of interspecific crosses between these sources of resistance and the high-yielding

Research on Ricefield Microbiology and Biology

Pierre Roger¹

Collaboration between the Institut de recherche pour le développement (IRD) and International Rice Research Institute (IRRI) on the biology of rice field soils has yielded results in five areas: (i) nitrogen-fixing biofertilizers, (ii) the role and management of the aquatic photosynthetic biomass, (iii) the impact of pesticides on the ecology of the ecosystem, (iv) fish cultivation in rice fields, and (v) methane emissions from submerged rice fields.

Research began in 1979 on the topic of free and symbiotic cyanobacteria (Azolla) and their use as biofertilizers. In 1988, this topic was expanded to include the role of aquatic macrophytes and micro-algae in the ecology of floodwater, the nitrogen cycle, and the maintenance of soil fertility in relation to the microbial biomass of the soil. One major result was to demonstrate the importance of burying nitrogen fertilizer in the soil instead of spreading it in the water of the rice field, the technique most commonly used in Asia.

Burying nitrogen fertilizer provides a threefold advantage. First, it permits native cyanobacteria to fix nitrogen, providing a free supply of 10-30 kilograms of nitrogen per hectare per growth cycle. Second, it substantially reduces nitrogen loss by avoiding the proliferation in the rice field water of unicellular algae, whose photosynthetic activity alkalizes the water and causes the volatilization of the ammonia, which can consume as much as 50% of the nitrogen spread in the field. Third, controlling algae also constrains the proliferation of mosquito larvae, which feed on algae and, in their adult form, become vectors of malaria and encephalitis.

From 1989 to 1991, a multidisciplinary project involving farmers' ricefields and trial plots studied the biological, economic and health effects of pesticides in the rice-growing environments of the Philippines. The results showed relatively modest short-term effects on microflora, more pronounced effects on invertebrate populations, and highly significant effects on the health of rice growers, often resulting from inappropriate pesticide use. The study also highlighted the absence of information on the long-term effects of pesticides on microflora and soil fertility.

Another project looked at fish cultivation in two rice fields in the Philippines and proposed a mathematical model showing that introducing fish in ricefields increases productivity, nitrogen flux, and the microbial biomass of the soil. Fish production came to 200-300 kilograms per hectare per growth cycle.

In 1997, a description of the microflora and the methanogenic and methanotrophic potential of a representative sample of 40 rice field soils showed the ubiquity of both populations and a methanotrophic potential in the soils consistently higher than the methanogenic potential. This result led to the conclusion that introducing dry-out phases during a growth cycle, which favors the consumption of methane and limits its production, is currently the most realistic solution for reducing emissions of methane, a greenhouse gas, from rice fields.

This research has led to the publication of more than 100 articles and has been summarized in three works:

- Roger PA, Kulasooriya SA. 1980. *Blue-green algae and rice*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 112 p.
- Pingali PL, Roger PA (eds.). 1995. *Impacts of pesticides on farmer health and the rice environment*. Kluwer Acad. Pub. 646 p.
- Roger PA. 1996. *Biology and management of the floodwater ecosystem in wetland ricefields*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines; Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer, Paris, France. 250 p.

¹ Pierre Armand Roger, director of research of the Institut de recherche pour le développement (IRD), has specialized in the microbiology and biology of ricefield soils in the course of a career spent in West Africa (1969-1979) and then with the International Rice Research Institute (IRRI) in Southeast Asia (1979-1991). Director of Research unit, then of the major program on Microbial Ecology and Biotechnologies, and subsequently the Microbiology Project leader at IRD until 2002, he is currently chairman of Board of the International Foundation for Science.



LA FRANCE ET LE CGIAR:

DES RESULTATS SCIENTIFIQUES POUR LA RECHERCHE AGRICOLE INTERNATIONALE

La présente publication a été coordonnée par Daniel Rocchi et placée sous l'autorité scientifique d'un Comité de rédaction composé paritairement d'experts du CGIAR et français: Denis Despréaux,¹ Emile Frison,² Bernard Hubert³ et Manuel Lantin⁴.

Les articles signés sont de la responsabilité de leurs auteurs et les textes non signés sont de la responsabilité du Comité de rédaction.

Daniel Rocchi est officier de liaison au Secrétariat du CGIAR à Washington depuis 2005, mis à disposition par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Titulaire d'un doctorat en sociologie rurale, il a occupé différentes responsabilités en matière d'aménagement et de développement de l'espace rural, notamment aux Antilles, avant de rejoindre, en 1999, la Direction générale de l'enseignement et de la recherche de ce ministère où il s'est spécialisé dans l'administration de la recherche.

¹ Denis Despréaux est sous directeur de la performance de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation au ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il est aussi secrétaire exécutif de la Commission de la recherche agricole internationale (CRAI). Titulaire d'un doctorat en phytopathologie, il a consacré sa carrière scientifique aux cultures pérennes tropicales.

² Emile Frison est directeur général de l'Institut international des ressources phytogénétiques (IPGRI) depuis août 2003. Titulaire d'un doctorat en pathologie des plantes, il a consacré une part importante de sa carrière à la recherche agricole internationale pour le développement.

³ Bernard Hubert, titulaire d'un doctorat en écologie, a étudié l'écologie des rongeurs en Afrique de l'ouest avant de rejoindre l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) où il a dirigé le département de recherche «Systèmes agraires et développement ». Aujourd'hui, il est directeur scientifique de la division Société, Économie, Décision et responsable de la problématique de développement durable à l'INRA, où il est directeur de recherche. Il est aussi directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) de Paris.

⁴ Manuel Lantin, conseiller scientifique au Secrétariat du CGIAR, est titulaire d'un doctorat de phytogénétique. Avant de rejoindre le Secrétariat du CGIAR, il a été responsable de la recherche et de la formation au ministère de l'Agriculture des Philippines, président du département d'agronomie et directeur adjoint de l'Institut d'amélioration des plantes de l'Université des Philippines à Los Bagnos.