

# Etude physico-chimique des sols d'un bas-fond sur les hautes terres de Madagascar : conséquences pour la riziculture

J.-F. VIZIER (1), P. DE GIUDICI (2), M. RAUNET (3)

**RÉSUMÉ** – L'étude physico-chimique de sols de rizières a été effectuée dans un bas-fond représentatif des hautes terres de Madagascar. Cette étude a consisté à suivre les variations de la température, du pH et de l'état d'oxydoréduction de l'horizon superficiel des sols de rizières inondées; de l'amont, du centre et de l'aval du bas-fond, pendant une période allant du repiquage à la récolte du riz. Les résultats montrent l'existence d'importants processus de réduction. Les fortes concentrations de substances réduites susceptibles, à l'instar du fer ferreux, de migrer dans ces milieux saturés d'eau restent cependant confinées en surface, en raison de l'orientation des flux hydriques. Les répercussions géochimiques de ces processus sont faibles à l'échelle du bas-fond. Sur le plan agronomique, en revanche, on observe que les rendements sont très faibles dans les rizières constamment saturées d'eau de la tête du bas-fond, qui présentent des conditions très fortement réductrices. Dans le reste du bas-fond, les rendements apparaissent également limités, mais à un degré moindre, par les conditions moyennement réductrices qui peuvent exister au moment du repiquage du riz, en relation avec une inondation précoce des rizières. Ces résultats démontrent l'importance d'une bonne maîtrise de l'inondation des rizières, surtout pendant la phase végétative du riz.

**Mots clés** : état d'oxydoréduction du sol, dynamique du fer, interaction sol-plante, riz aquatique, bas-fond, hautes terres de Madagascar.

Composante d'une approche pluridisciplinaire visant à établir le bilan hydrique et minéral d'un bas-fond représentatif des hautes terres de Madagascar\*, l'étude physico-chimique réalisée sur des sols de rizières du bas-fond d'Ambohitrakoho a eu pour but de préciser les éventuelles répercussions géochimiques et agronomiques du fonctionnement particulier de ces milieux saturés d'eau. Les objectifs de cette étude se rapportent donc à la fois à la

connaissance d'éléments pertinents du milieu naturel et à son utilisation en vue d'améliorer sensiblement, dans ce cas précis, la production rizicole.

## Le cadre naturel

L'étude du fonctionnement d'un milieu ne peut se concevoir que résitué dans son environnement. La région collinaire entourant la plaine de Tananarive est représentative du paysage des hautes terres de Madagascar. Sa particularité la plus remarquable est son système de bas-fonds et de vallées très hiérarchisé, encastré de 20 à 30 mètres dans un manteau altéritique couvrant le socle précambrien de roches métamorphiques. Une surface d'aplanissement — vers 1 300 mètres d'altitude — forme des plateaux devenant nettement convexes à l'approche des bas-fonds. Ces bas-fonds, orientés vers le réseau hydrographique actuel, couvrent, avec les plaines alluviales sur lesquelles ils débouchent, des surfaces relativement larges par rapport à l'étendue des bassins qui les dominent. Bas-fonds et vallées peuvent représenter jusqu'à 50 % du paysage et constituent, avec 6 000 km<sup>2</sup>, l'essentiel du terroir rizicole des hautes terres de Madagascar (RAUNET, 1985).

Le bas-fond d'Ambohitrakoho choisi pour cette étude est situé à quinze kilomètres au nord-ouest de Tananarive. Cette région est soumise à un climat de type intertropical humide, avec deux saisons bien contrastées. La majeure partie des précipitations annuelles (environ 1 300 millimètres) se produit de mi-octobre à mi-avril.

Ce bas-fond présente une superficie rizicultivable de dix-sept hectares consacrée au riz repiqué. Les précipitations et l'eau des sourcins qui émergent de la nappe située dans les altérites des interfluves assurent globalement l'inondation des rizières pendant neuf mois par an (figure 1). Les rizières, dont les sols sont assez remaniés par les paysans pour en assurer la planéité et une relative imperméabilité, sont cloisonnées en parcelles de 1,5 à 10 ares par des diquettes.

Les sols du bas-fond (figure 2) comprennent :

– un horizon superficiel « colluvio-anthropique », argilo-limoneux, humifère, de 30 à 80 centimètres d'épaisseur,

(1) Antenne ORSTOM, DB-SRA, CEN de Cadarache, 13108 St-Paul-lez-Durance Cedex, France.

(2) Université de Madagascar, laboratoire des radio-isotopes, BP 3383, Tananarive, Madagascar.

(3) CIRAD-IRAT, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

\* Action thématique programmée ATP PIREN/CNRS « Bilan hydrique et minéral dans un bas-fond des hautes terres de Madagascar ».

dont les caractères analytiques varient légèrement de l'amont vers l'aval (tableau) ;

– sur environ un mètre d'épaisseur, un horizon organo-minéral discontinu reposant sur une tourbe finement fibreuse et spongieuse avec des passées limono-organiques ;  
– des niveaux de sables grossiers, d'arènes micacées et enfin, la roche saine.

Inondés, ces sols présentent des particularités de fonctionnement (figure 3) qui se manifestent au niveau des transferts et des réactions à différentes interfaces (VIZIER, 1988 a).

A l'interface sol-atmosphère, la limitation des échanges gazeux, due à l'occupation de tout l'espace poral par l'eau, entraîne un déficit en oxygène dans le sol. Ce déficit en oxygène est à l'origine d'une modification de l'activité biologique du sol, qui se manifeste par le développement de micro-organismes anaérobies. Il s'ensuit une évolution particulière de la fraction organique, qui s'accompagne de réactions d'oxydoréduction au cours desquelles des constituants minéraux du sol sont réduits. A l'instar des composés manganeux et ferreux, les substances réduites sont parfois plus solubles que les formes oxydées.

A l'interface sol-solution, suivant la nature et l'organisation des constituants du sol et sa conductivité hydraulique, ces substances réduites solubles peuvent interagir avec les surfaces de la phase solide du sol par des phénomènes de « sorption », ou migrer en relation avec les flux hydriques existants. Globalement, la mobilité relative des constituants des sols saturés d'eau est très différente de celle des milieux aérés. Les possibilités accrues de

Caractères analytiques moyens des horizons de surface des sols de rizières.

Caractéristiques des sols	Amont		Centre		Aval	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Argile (%)	30	33	35	43	38	38
Limons (%)	21	19	23	22	26	26
Sables (%)	41	41	35	30	30	30
Matières organiques (%)	7,5	7,0	7,3	6,0	6,5	6,5
N (‰)	1,2	1,0	1,2	1,0	1,9	1,4
C/N	36	40	35	35	20	25
pH eau	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,1
pH KCl	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3
<b>Bases (mé 100g<sup>-1</sup>)</b>						
Ca	0,8	0,7	0,7	1,0	1,1	1,3
Mg	0,6	0,6	0,7	1,1	1,1	1,2
K	0,06	0,04	0,07	0,04	0,1	0,04
Somme des bases	1,5	1,3	1,5	2,1	2,3	2,5
P total (ppm)	600	500	700	500	700	700
P Olsen	30	60	30	50	60	60
Fer total (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % (HCl))	5,2	2,5	5,5	3,1	5,5	3,5

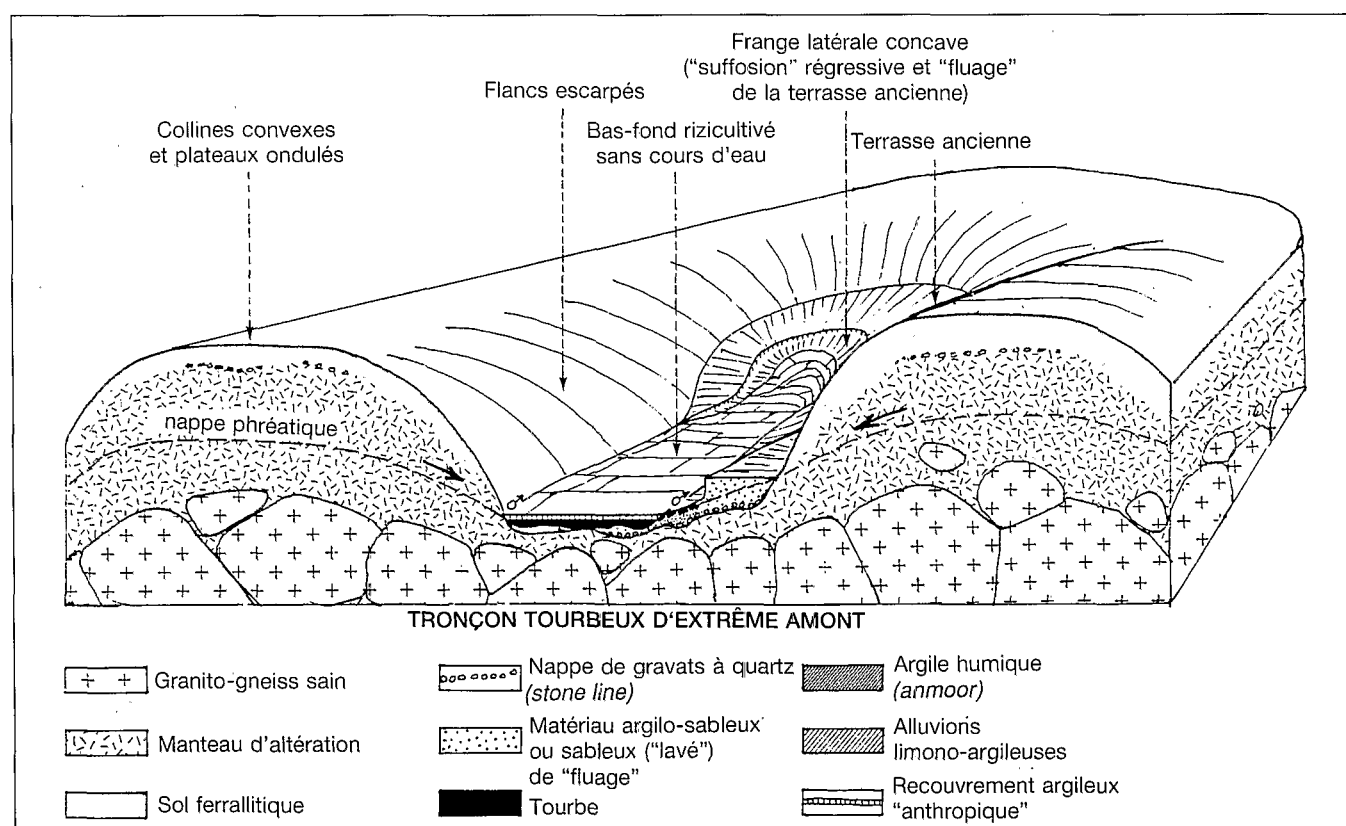
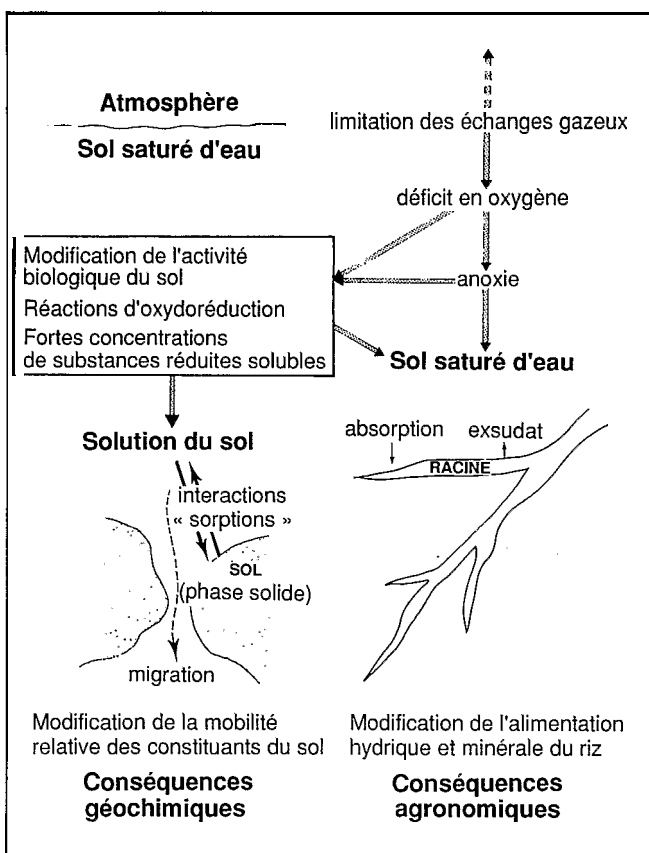
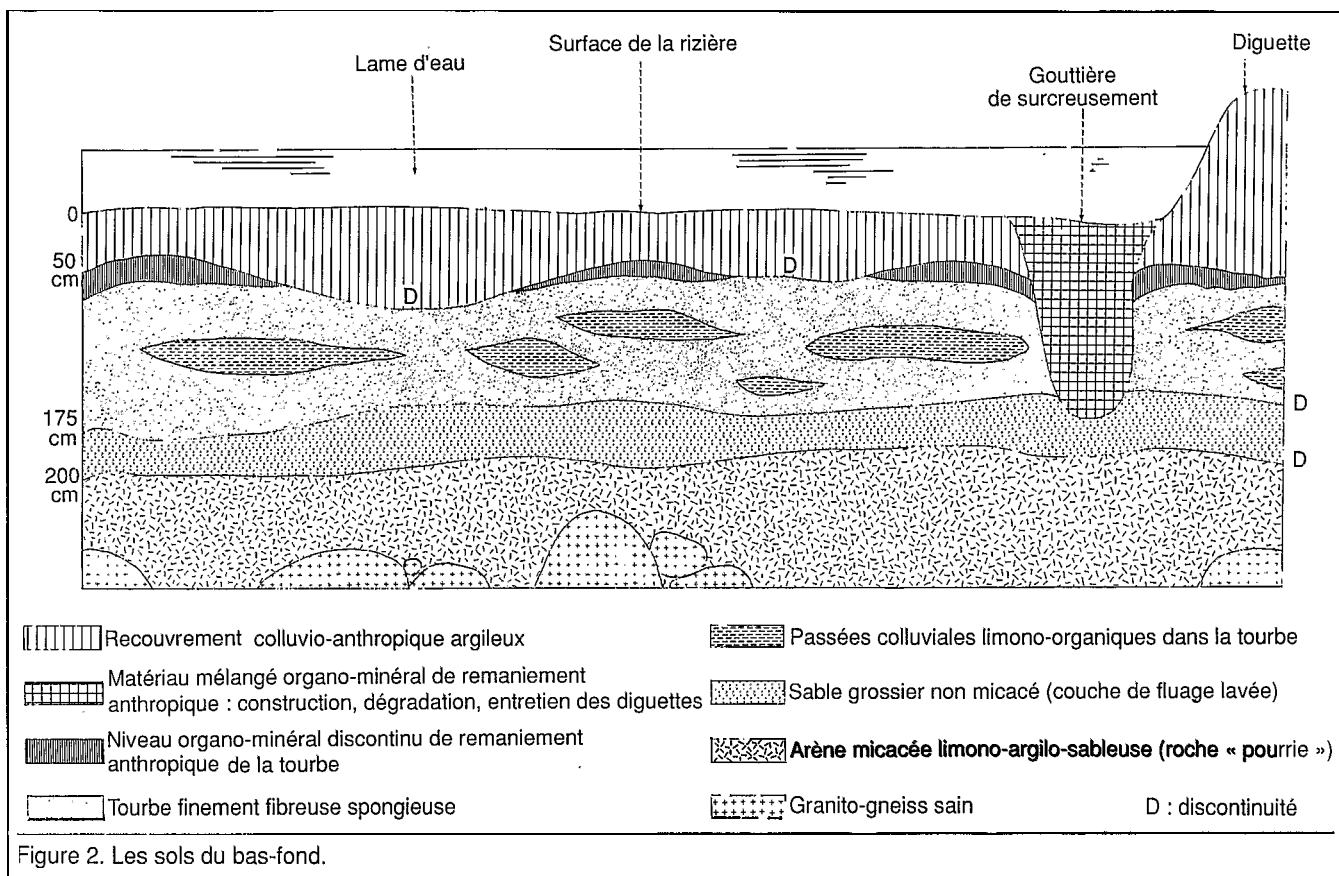


Figure 1. Bas-fond des hautes terres de Madagascar.



migration et de redistribution de certains éléments, comme le fer, peuvent modifier le bilan minéral des sols (appauvrissement ou enrichissement).

A l'interface sol-racine, l'anoxie et la présence de fortes teneurs en substances réduites dans la solution du sol créent, autour des racines, un environnement susceptible d'affecter les mécanismes d'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Il peut en résulter des risques de déséquilibres nutritionnels, voire des toxicités, qui doivent pouvoir être estimés, car grandement préjudiciables aux rendements des cultures.

### Méthode d'étude

La méthode adoptée pour l'étude de ces milieux tient compte de leurs particularités de fonctionnement, liées au déficit en oxygène.

Les modifications de l'activité biologique en fonction de l'apparition puis de la persistance d'un déficit en oxygène lié à la saturation du sol par l'eau sont difficiles à étudier directement dans les rizières (détermination de produits du métabolisme microbien...). Leurs répercussions sur certains paramètres physico-chimiques du milieu, dont les variations reflètent une évolution de l'état d'oxydoréduction des sols, peuvent être plus aisément mesurées *in situ* (VIZIER, 1988 b).

Avec des méthodes de mesure, de dosage, d'échantillonnage appropriées, cette approche physico-chimique du fonctionnement des sols peut permettre de quantifier des paramètres pertinents de cette évolution et d'estimer directement, dans l'espace et dans le temps, les conséquences géochimiques et agronomiques de la saturation du sol par l'eau.

L'étude physico-chimique réalisée a consisté à suivre les variations de l'état d'oxydoréduction du sol par des déterminations :

- du potentiel d'oxydoréduction, Eh, qui indique en principe l'état d'oxydation ou de réduction des constituants minéraux du sol susceptibles d'être réduits ;
- du fer ferreux, dont les teneurs, comparées ou non à celles d'autres déterminations du fer dans les sols (fer total, fer amorphe), permettent de juger de l'état de réduction de cet élément ;
- du pH, dont les valeurs évoluent en fonction du développement des processus d'oxydoréduction ;
- de la température, qui a une influence sur l'activité biologique et sur l'évolution de l'état d'oxydoréduction du sol.

Les mesures (Eh, pH, température) et les prélèvements de sol pour le dosage du fer ferreux ont été effectués dans l'horizon superficiel « colluvio-anthropique » de parcelles de l'amont, du centre et de l'aval du bas-fond (figure 4). Les sols de ces parcelles diffèrent légèrement dans leur composition, mais se distinguent nettement par la durée de leur saturation par l'eau.

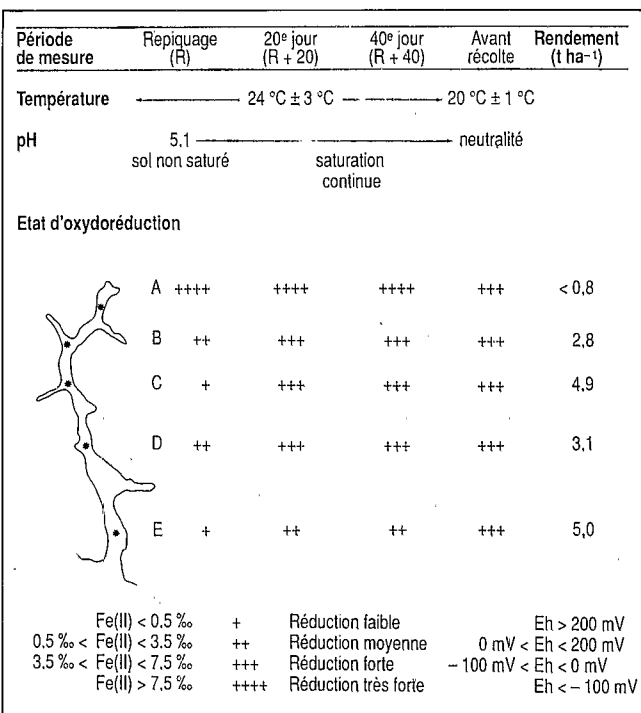


Figure 4. Situation des parcelles étudiées et représentation schématique des résultats.

Lors de la campagne 1988-1989, les sols ont reçu une fertilisation NPK (60-90-60). Les mesures et les prélèvements ont été réalisés dans les rizières inondées (DE GIUDICI, 1989), à des périodes correspondant à des phases particulières du cycle du riz : lors du repiquage, 20 jours puis 40 jours après cette opération culturale, c'est-à-dire au début du tallage puis au passage de la phase végétative à la phase reproductive de la plante (début d'initiation paniculaire), et enfin lors de la phase de maturation du riz, juste avant la récolte. A chacune de ces périodes, la série de mesures réalisées comporte cinq déterminations de température, de pH, de Eh, auxquelles s'ajoutent les prélèvements pour le dosage du fer ferreux. Ces mesures et prélèvements sont faits dans cinq zones balisées dans chaque parcelle, entre quatre touffes de riz. Un cylindre en PVC, de huit centimètres de diamètre et d'une longueur suffisante pour dépasser le niveau de l'eau dans la parcelle inondée, est enfoncé dans une zone balisée. Après élimination de l'eau dans le cylindre, la sonde thermique puis les électrodes (verre-Ag/AgCl pour la mesure du pH, platine-Ag/AgCl pour la mesure de Eh) sont successivement introduites dans le sol, jusqu'à une profondeur de sept centimètres. La lecture de la température est immédiate, la valeur du pH se stabilise en cinq minutes environ, celle de Eh s'équilibre plus lentement et la lecture est effectuée quand la variation devient inférieure à 2 mV par minute. Le prélèvement de sol pour le dosage du fer ferreux est réalisé dans le cylindre, après cette série de mesures. L'échantillon recueilli est immédiatement introduit dans un flacon contenant une solution de AlCl<sub>3</sub> à 0,2 % et conservé à l'abri de la lumière. Le fer est dosé vingt-quatre heures plus tard dans la solution obtenue après centrifugation de la suspension de sol et filtration (méthode VIZIER [1969] modifiée).

## Résultats

Les résultats obtenus dans une parcelle à un moment donné peuvent, pour certains paramètres (Eh, teneurs en fer ferreux), présenter des coefficients de variation élevés (DE GIUDICI, 1989). Ils traduisent bien l'hétérogénéité de l'état d'oxydoréduction d'un sol saturé d'eau. L'interprétation des résultats, schématiquement regroupés sur la figure 4, est faite sur les valeurs moyennes des mesures et des dosages effectués.

Les températures du sol des différentes parcelles sont proches les unes des autres : elles sont d'environ 24 °C pendant la plus grande partie de la culture du riz, un peu plus basses (20 °C) lors de la période de maturation en avril.

Les variations des valeurs du pH sont semblables sur toutes les parcelles étudiées. Elles sont fonction de la durée de saturation du sol par l'eau : légèrement supérieures à 5 dans le sol non saturé, elles atteignent rapidement 6 et croissent jusqu'à des valeurs voisines de la neutralité quand la durée de saturation augmente.

Les variations de l'état d'oxydoréduction du sol sont différentes suivant les parcelles. Il est possible de distinguer quatre « classes » de réduction — faible, moyenne, forte et très forte —, définies par des valeurs de Eh et des teneurs en fer ferreux dans le sol saturé d'eau :

- réduction faible =  $Eh > 200$  mV  
et  $Fe(II) < 0,5$  ‰ ;
- réduction moyenne =  $0$  mV  $< Eh < 200$  mV  
et  $0,5$  ‰  $< Fe(II) < 3,5$  ‰ ;
- réduction forte =  $-100$  mV  $< Eh < 0$  mV  
et  $3,5$  ‰  $< Fe(II) < 7,5$  ‰ ;
- réduction très forte =  $Eh < -100$  mV  
et  $Fe(II) > 7,5$  ‰.

Cette classification de l'intensité de la réduction est proche, en ce qui concerne les valeurs de Eh, de celle adoptée par différents auteurs (PATRICK, 1981 ; YU TIEN REN, 1985).

On observe trois types distincts d'évolution de l'état d'oxydoréduction du sol suivant les parcelles.

- En amont (parcelle A), le sol est saturé de façon quasi permanente. La réduction est très forte pendant la majeure partie du cycle du riz.
- Sur deux parcelles situées à l'exutoire de deux diverticules du bas-fond (B et D), le sol est inondé avant le repiquage du riz. La réduction est moyenne lors du repiquage, forte ensuite.
- Enfin, sur deux autres parcelles étudiées (C et E), le sol n'est saturé d'eau qu'au moment du repiquage du riz. La réduction est faible lors de cette opération culturale, moyenne à forte ensuite.

Il est possible de juger de l'importance des processus de réduction qui se développent dans l'horizon superficiel des sols de rizières en comparant les valeurs de deux déterminations différentes du fer dans le sol : le fer ferreux, extrait dans une solution de chlorure d'aluminium à 0,2 % suivant la méthode de VIZIER (1969) modifiée, et le fer amorphe, extrait par tampon oxalique suivant la méthode Tamm. Dans la parcelle C, par exemple, on note que, peu avant la récolte du riz, 22,4 % du fer amorphe du sol est réduit. Ce chiffre atteste l'importance de la réduction pendant la période de saturation par l'eau de cet horizon « colluvio-anthropique » et laisse supposer d'importantes concentrations en fer ferreux dans la solution du sol. Cette hypothèse est confortée par les valeurs de fer réduit dosé, lors d'une expérimentation de laboratoire, dans la solution prélevée dans un monolithe de sol saturé d'eau : les teneurs en fer ferreux croissent rapidement, atteignent un maximum voisin de 200 ppm après trente jours de saturation, puis diminuent lentement avant de se stabiliser à des valeurs proches de 100 ppm (DE GIUDICI, 1988).

### Les conséquences géochimiques

Pour l'établissement du bilan minéral du bas-fond, les enseignements tirés de cette étude physico-chimique sont limités parce que les mesures n'ont été faites que dans

l'horizon superficiel des sols, pendant la culture du riz. Il est cependant intéressant de relier les résultats obtenus aux données hydrologiques et hydrogéologiques recueillies sur ce bas-fond, et en particulier aux données relatives aux échanges hydriques entre la surface et les nappes souterraines (GRILLOT *et al.*, 1989). La figure 5 représente la pluviométrie, la piézométrie relevée à l'aide d'un piézographe implanté dans le bas-fond, et le pourcentage des superficies rizicultivables inondées pendant l'année 1988 (FERRY et GARRETA, 1989). Il apparaît que d'octobre à décembre, en début de saison des pluies, les nappes présentes dans les sables lavés et les arènes micacées ont des variations piézométriques liées aux précipitations. Ces variations piézométriques démontrent l'existence d'une alimentation de ces aquifères à partir de la surface, à travers les horizons anthropiques et organiques des sols. Pendant cette période, les superficies inondées représentent moins de 20 % de la surface rizicultivable. Cette drainance *per descensum* se produit à travers des horizons superficiels non saturés d'eau ou saturés peu de temps, dans lesquels les processus de réduction sont faiblement développés et donc peu susceptibles de solubiliser de façon notable des éléments tels que le fer. Dès le mois de décembre, la mise en

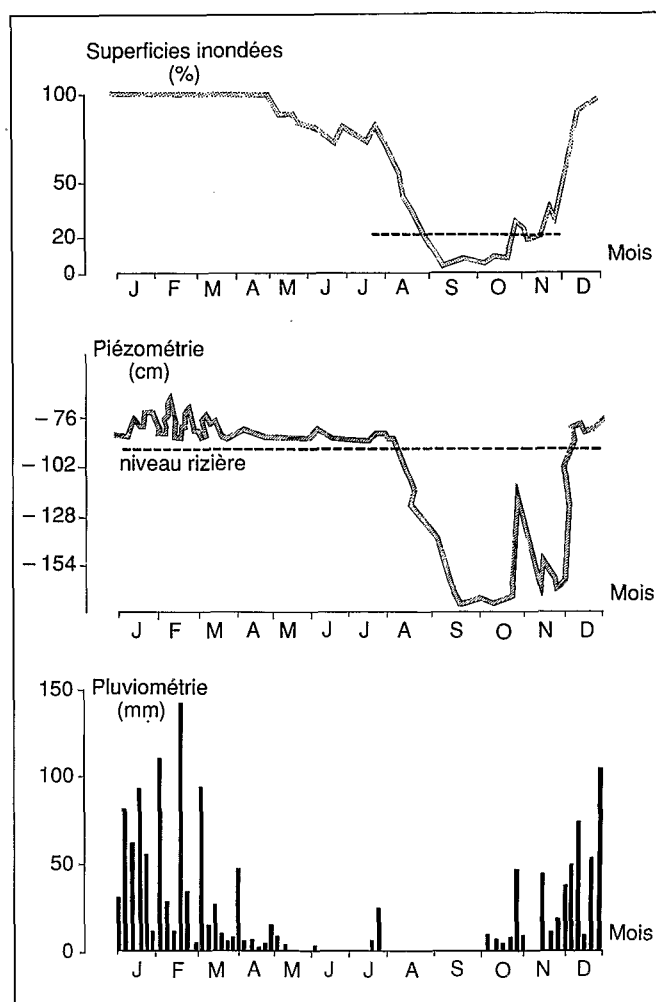


Figure 5. Pluviométrie, piézométrie et superficies inondées dans le bas-fond, pour l'année 1988.

charge de ces nappes sous l'horizon organique qui constitue un niveau semi-perméable assure une drainance *per ascensum*. Il en résulte que les conséquences des conditions moyennement ou fortement réductrices (mobilisation du fer par exemple), présentes dans l'horizon « colluvio-anthropique » pendant la majeure partie du cycle du riz dans les rizières inondées, restent limitées au niveau superficiel du sol.

En définitive, des flux hydriques importants se produisent dans différents niveaux ou matériaux du bas-fond, mais les solutions fortement enrichies en substances réduites pendant la période d'inondation des rizières restent confinées dans l'horizon « colluvio-anthropique » superficiel ; d'où, sans doute, l'absence d'accumulation notable de fer en un point quelconque du bas-fond, qui pourrait témoigner d'une redistribution de cet élément à la mesure des importants processus de réduction qui existent dans les sols de rizières.

### Les conséquences agronomiques

Sur le plan agronomique, des enseignements peuvent être tirés des relations que l'on peut établir entre les conditions physico-chimiques mesurées dans les sols de rizières inondées et les rendements des cultures (figure 4).

Les températures et le pH des sols inondés permettent un bon développement du riz (PONNAMPERUMA, 1978). Les écarts de rendement observés peuvent être attribués aux évolutions différentes de l'état d'oxydoréduction du sol des parcelles étudiées.

Les conditions très fortement réductrices existant à l'amont du bas-fond (parcelle A) sont préjudiciables au riz. Des phénomènes de toxicité dus à la présence de fortes teneurs en fer ferreux sont probables ; le rendement est très faible ( $< 0,8 \text{ t ha}^{-1}$ ). Bien que les conditions optimales de développement du riz correspondent à la « classe » de réduction moyenne (+ 10 à + 120 mV selon PONNAMPERUMA, 1978), on note que, dans le reste du bas-fond, le riz ne semble pas souffrir des conditions fortement réductrices qui prévalent dans les sols pendant une partie du cycle du riz (rendement de 2,8 à 5 t ha<sup>-1</sup>). Un écart sensible de rendement pourrait cependant être attribué aux conditions qui existent au moment du repiquage. Les rendements sont nettement supérieurs quand la réduction est faible lors de cette opération culturale (parcelles C et E, figure 4). Cette observation confirme la plus grande sensibilité du riz à la présence de substances réduites dans la solution du sol pendant sa phase végétative (TANDANO, 1974).

### Conclusions

L'étude physico-chimique des sols de rizières du bas-fond a été limitée à l'horizon superficiel de cinq parcelles. L'interprétation des résultats a été faite sur des moyennes de

mesures ou de dosages effectués à différentes périodes du cycle du riz. A chacune de ces périodes, les variations de certains paramètres (Eh, teneur en fer ferreux) peuvent être importantes au sein d'une même parcelle. Cependant, les moyennes calculées caractérisent suffisamment bien les conditions physico-chimiques dans chaque parcelle pour permettre de préciser les répercussions géochimiques et agronomiques de leur évolution au cours de l'année à l'échelle du bas-fond.

Cette étude met en évidence l'importance des processus de réduction dans l'horizon de surface des rizières inondées. Néanmoins, l'orientation des flux hydriques en limite les conséquences au niveau superficiel des sols du bas-fond.

En tête de bas-fond, les rendements des cultures sont affectés par les conditions très fortement réductrices et, dans les autres parcelles, par les conditions, même moyennement réductrices, observées dans certaines d'entre elles au moment du repiquage. La sensibilité du riz à des concentrations élevées en fer ferreux dans la solution du sol lors de cette opération culturale pourrait expliquer les rendements plus faibles des parcelles inondées avant le repiquage. Ces résultats montrent qu'il convient de chercher à améliorer la maîtrise de l'eau et de l'inondation des sols de rizières, et ce tout particulièrement pendant la phase végétative du riz.

Reçu le 17 novembre 1989.

Accepté le 30 novembre 1990.

### Références bibliographiques

- FERRY L., GARRETA P., 1989. Hydrologie. In : Bilan hydrique et minéral d'un bas-fond sur les hautes terres de Madagascar. Rapport d'avancement, juin 1989. Montpellier, CIRAD, p. 105-127.
- GRILLOT J.-C., RAUNET M., FERRY L., 1990. Comportement piézométrique des nappes d'altérite en zone intertropicale humide d'altitude (hauts plateaux de Madagascar). *J. Hydrol.*, 120 (1-4) : 271-282.
- GIUDICI P. DE, 1988. Etude préliminaire de la mobilisation du fer en sol de bas-fond et ses incidences sur l'adsorption du phosphore. In : Bilan hydrique et minéral d'un bas-fond sur les hautes terres de Madagascar. Rapport d'avancement, juin 1988. Montpellier, CIRAD, p. 55-76.
- GIUDICI P. DE, 1989. Caractérisation physico-chimique de l'état d'hydromorphie des sols du bas-fond d'Ambohitrakoho pendant le cycle du riz. In : Bilan hydrique et minéral d'un bas-fond sur les hautes terres de Madagascar. Rapport d'avancement, juin 1989. Montpellier, CIRAD, p. 49-74.
- PATRICK W.H.JR, 1981. The role of inorganic redox systems controlling reduction in paddy soils. In : Proceedings of Symposium on Paddy Soils. Ed. Inst. of Soil Sci. Acad. Sin., p. 107-117.

PONNAMPERUMA F.N., 1978. Electrochemical changes in submerged soils and growth of rice. *In* : Soils and Rice. Los Baños, Philippines, IRRI, p. 421-441.

RAUNET M., 1985. Les bas-fonds en Afrique et à Madagascar. Géomorphologie, pédologie, hydrologie. *Z. Geomorph. N.F.*, suppl. Bd52 : 25-62.

TANDANO T., 1974. Iron nutrition of rice plant. Variation in susceptibility to iron toxicity during growth. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 21 : 303.

VIZIER J.-F., 1969. Choix et mise au point d'une méthode de dosage du fer ferreux applicable aux sols hydromorphes minéraux. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, 7 (3) : 435-445.

VIZIER J.-F., 1988 *a*. Le fer indicateur de l'hydromorphie. Etude de sa dynamique dans les sols subissant un excès d'eau. *Bull. GFHN*, 23 : 25-38.

VIZIER J.-F., 1988 *b*. Etude de la physico-chimie des sols de rizières. *In* : Bilan hydrique et minéral d'un bas-fond sur les hautes terres de Madagascar. Rapport d'avancement, juin 1988. Montpellier, CIRAD, p. 131-138.

YU TIEN REN, 1985. Physical chemistry of paddy soils. Beijing, Science Press. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag, 217 p.

## Summary

VIZIER J.-F., GIUDICI P. DE, RAUNET M. — **Physical and chemical study of lowland soils on the highlands in Madagascar: consequences for rice culture.**

The physical and chemical study of rice field soils was carried out in a lowland representative of Madagascar highlands. This study consisted in recording temperature and pH variations and redox in the surface horizon of inundated rice fields in the upstream, central and downstream lowland parts from transplanting to harvesting. Results showed important reduction processes. However the high concentrations of reduced substances likely to migrate in these waterlogged environments—as does ferrous iron—remained confined to the surface because of the water flow direction. As regards lowland geochemistry the impact of these processes was low. But this is not so with agriculture where yields were very low in the continually waterlogged rice fields at the lowland head showing very highly reducing conditions. In the remaining part of the lowland yields were also limited—to a lesser degree—by the moderately reducing conditions which may exist at rice transplanting time in relation to early rice field flooding. Results show how important it is to have a good control of rice field flooding, more particularly during the vegetative phase of rice.

**Key words:** soil redox, iron dynamics, soil-plant interaction, lowland rice, lowland, Madagascar highland.

## Resumen

VIZIER J.-F., GIUDICI P. DE, RAUNET M. — **Estudio físico-químico de los suelos en un bajo de las planicies de Madagascar: impacto sobre el cultivo de arroz.**

El estudio físico-químico de los suelos de las arroceras se ha llevado a cabo en un bajo representativo de las planicies de Madagascar. Consiste en observar las variaciones de la temperatura, del pH y del estado de oxidoreducción del horizonte superficial de los suelos de las arroceras inundadas, río arriba, en el centro y río abajo del bajo, durante el período comprendido entre el transplante y la cosecha del arroz. Los resultados muestran que los procesos de reducción son importantes. Sin embargo, las fuertes concentraciones de sustancias reducidas que, como el hierro ferroso, pueden migrar en estos medios saturados con agua, se quedan en superficie, debido a la orientación de los fluidos hídricos. A nivel geoquímico, estos procesos tienen poco impacto en el bajo. En cambio, a nivel agronómico, se observa que los rendimientos son muy bajos en las arroceras que están constantemente saturadas con agua de la cabeza del bajo, cuyas condiciones favorecen mucho la reducción. Los rendimientos también son limitados, aunque a menor grado, en las demás partes del bajo, debido a las condiciones medianamente reductoras que pueden prevalecer durante el transplante del arroz, cuando se hace una inundación precoz de las arroceras. Estos resultados ponen de relieve el papel importante que desempeña un control adecuado de la inundación de las arroceras, en particular durante la fase vegetativa del arroz.

**Palabras-clave :** estado de oxidoreducción del suelo, dinámica del hierro, interacción suelo-planta, arroz ordinario, bajo; planicies de Madagascar.