

Incidence d'une carence hydrique sur la transpiration et les échanges de CO₂ de quelques variétés de Riz (*Oryza sativa* L.) *

par J.F. BOIS¹ et Ph. COUCHAT²

¹ Antenne ORSTOM, CEN Cadarache, 13108 Saint-Paul lez Durance, Cedex, France

² CEA, DB SRA, CEN Cadarache, 13108 Saint-Paul lez Durance, Cedex, France

Résumé.— La transpiration et les échanges de CO₂ de plants de riz cultivés sur sol en chambre de culture sont suivis en continu pendant une séquence dessèchement-réhydratation. La fermeture des stomates se produit pour une valeur seuil de potentiel hydrique du sol. Cette valeur est plus basse pour les variétés de type pluvial que pour les variétés de type aquatique. La relation entre la photosynthèse et la transpiration présente une réponse hystérétique dans le cas d'une variété de type pluvial.

Summary.— Transpiration and CO₂ exchanges of rice plants were continuously recorded during a soil drying and rewating sequence. Stomatal closing was obtained at a soil water potential threshold which was lower for dryland varieties compared to the lowland ones. The relationship between photosynthesis, as calculated from CO₂ exchange measurements, and transpiration showed an hysteretic response when inducing a soil drying rewating sequence in one of the dryland varieties.

*
**

INTRODUCTION

La culture pluviale du Riz (*Oryza sativa* L.) se pratique sur sol non saturé et sans appoint d'eau d'irrigation ; elle est importante en Afrique de l'Ouest et représente environ 75% des surfaces cultivées en Riz (De Datta, 1975). Mais l'irrégularité des pluies et la faible réserve en eau des sols conduisent à des rendements médiocres et variables, car le Riz est plus sensible aux contraintes hydriques que la plupart des céréales (Moormann et Veldkamp, 1978).

La réduction des pertes d'eau par la régulation stomatique de la transpiration est un des moyens d'adaptation que possède la plante pour retarder l'installation d'un déficit hydrique interne, mais cette réduction se fait au détriment de la photosynthèse.

* Manuscrit reçu le 4 octobre 1984 ; accepté le 6 décembre 1984

O'Toole et Cruz (1980), Tomar et Ghildyal (1973) ont mis en évidence chez le Riz des différences inter-variétales dans le contrôle stomatique. Cependant, Renard et Alluri (1981) estiment que celui-ci est plus un symptôme de déficit hydrique qu'un mécanisme préventif. Par ailleurs, Yoshida et Shioya (1976) notent qu'il existe peu de travaux sur les relations entre la photosynthèse du Riz et son alimentation hydrique bien que celle-ci soit le facteur limitant en culture pluviale.

Nous présentons ici une étude comparative des effets d'une carence hydrique suivie d'une réhydratation sur l'évolution de la transpiration et de la photosynthèse de quelques variétés de Riz de type pluvial et de type aquatique.

MATERIEL ET METHODE

La mesure en continu des échanges gazeux d'une plante entière cultivée en conditions contrôlées s'effectue à l'aide d'une cellule de culture qui a été décrite en détail par Picard et coll. (1981). Elle comprend principalement une cloche en verre à double paroi, se raccordant de façon étanche à un pot contenant environ 2 Kg de sol. Une feuille de matière plastique et un joint de mastic terostat éliminent tout échange gazeux entre le sol et la partie aérienne. La cloche est traversée par un courant d'air conditionné en humidité (60%) et en température (25°C) et dont la teneur en CO₂ est de 330 ppm. La plante modifie la teneur en eau et en CO₂ de l'air, lequel passe ensuite dans un analyseur de CO₂ à infra-rouge de type ADC et dans un analyseur d'humidité de type URAS. La différence de composition entre l'air d'entrée et l'air de sortie de la cellule donne les valeurs de la transpiration, de la photosynthèse et de la respiration nocturne de la plante. Le potentiel hydrique du sol est suivi par des tensiomètres couplés à un capteur de pression. La lumière est fournie, avec une photopériode de 12h. par une lampe de 1000 W. qui assure un éclairage d'environ 600 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ (rayonnement photosynthétique actif).

Les plants sont mis en cellule au stade végétatif au début du tallage (30 à 40 jours après semis). La contrainte hydrique marquée par un enroulement total des feuilles est obtenue par épuisement des réserves en eau du sol disponible pour la plante. L'expérimentation consiste à suivre le dessèchement, puis la réhydratation après irrigation de différentes variétés de Riz, les unes adaptées à la culture pluviale, les autres adaptées à la culture aquatique.

RESULTATS

Le déficit hydrique se traduit par une modification du cycle nyctéméral des échanges gazeux (fig. 1). Dans la phase nocturne, il y a disparition de l'augmentation de transpiration mise en évidence chez plusieurs variétés (Picard et coll., 1981 ; Bois et coll., 1984). Dans la phase diurne, la transpiration et la photosynthèse, après avoir atteint un palier, diminuent brutalement jusqu'à la fin du jour. Cette baisse s'effectue en deux temps : le premier, rapide, est consécutif à la fermeture stomatique ; le deuxième, plus lent, est dû à l'enroulement des feuilles, lequel s'apprécie selon l'échelle adoptée par O'Toole et Cruz (1980). Le début d'enroulement (indice 1 à 2) correspond à la rupture de pente que présente la transpiration. En fin de dessèchement, les feuilles sont totalement enroulées (indice 5) ; il ne subsiste que 10% de la transpiration et 15% de la photosynthèse par rapport aux valeurs atteintes avant le début de la fermeture stomatique. Lorsqu'une irrigation intervient, la transpiration et la photosynthèse augmentent immédiatement avec le déroulement des feuilles qui est complet en deux ou trois heures. Puis l'augmentation continue mais à un rythme plus faible. On retrouve les valeurs initiales en 2 à 3 jours.

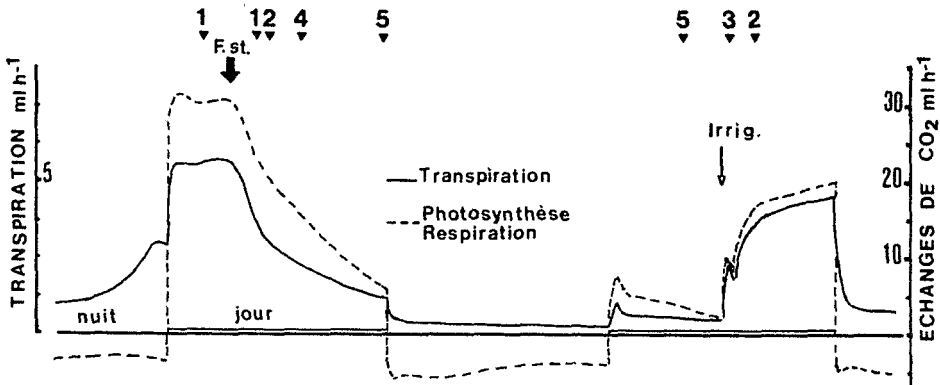


Fig. 1.— Évolution de la transpiration et des échanges de CO_2 au cours du nyctémère en début de contrainte hydrique et après irrigation. Les chiffres surmontant les triangles indiquent l'enroulement foliaire : échelle de 1 (feuilles ouvertes) à 5 (enroulement total). F. St. : début de fermeture stomatique. Variété IRAT 13.

La relation entre la transpiration, exprimée en valeur relative par rapport au maximum atteint avant la contrainte hydrique, et le potentiel hydrique moyen du sol au moment considéré, permet de caractériser la fermeture stomatique des différentes variétés (fig. 2). Au début du dessèchement, la transpiration est indépendante du potentiel du sol, et ceci jusqu'à une valeur seuil. Elle diminue ensuite avec la baisse du potentiel. La valeur seuil diffère suivant les variétés : celles du type pluvial réagissent vers -600 à -800 mbars alors que celles de type aquatique réagissent vers -450 mbars.

La figure 3 met en relation la photosynthèse et la transpiration exprimées en valeurs relatives au cours de la séquence dessèchement et réhydratation. Dans la première partie de la phase de dessèchement, la pente de la courbe P en fonction de T est inférieure à l'unité et traduit une diminution de la transpiration plus forte que la photosynthèse. C'est l'inverse qui se produit en fin de dessèchement où la pente devient supérieure à l'unité.

Lors de la reprise, après irrigation, les courbes de dessèchement et de réhydratation se superposent assez bien chez la variété de type aquatique IR 5 alors qu'elles divergent chez la variété de type pluvial IRAT 13 avec une moins bonne récupération de la photosynthèse. Les courbes présentées sont caractéristiques des deux variétés, chaque expérimentation ayant été répétée plusieurs fois.

DISCUSSION

Au niveau des échanges gazeux, il apparaît nettement que la fermeture stomatique constitue la première manifestation du déficit hydrique. Elle anticipe le mécanisme d'enroulement foliaire qui se produit lorsque la pression de turgescence s'annule (Henson, 1982). La diminution de transpiration et de photosynthèse est d'abord la conséquence d'une augmentation de la résistance stomatique et ensuite de la diminution de la surface foliaire. O'Toole et Cruz (1979) estiment à environ 40% la part de l'enroulement foliaire dans la chute de transpiration.

La réponse stomatique avec seuil qui apparaît ici confirme les résultats de Tomar et Guildyal (1973). Par contre, O'Toole et Cruz (1980) ne trouvent pas de potentiel critique de fermeture stomatique lors d'un dessèchement lent (29 jours).

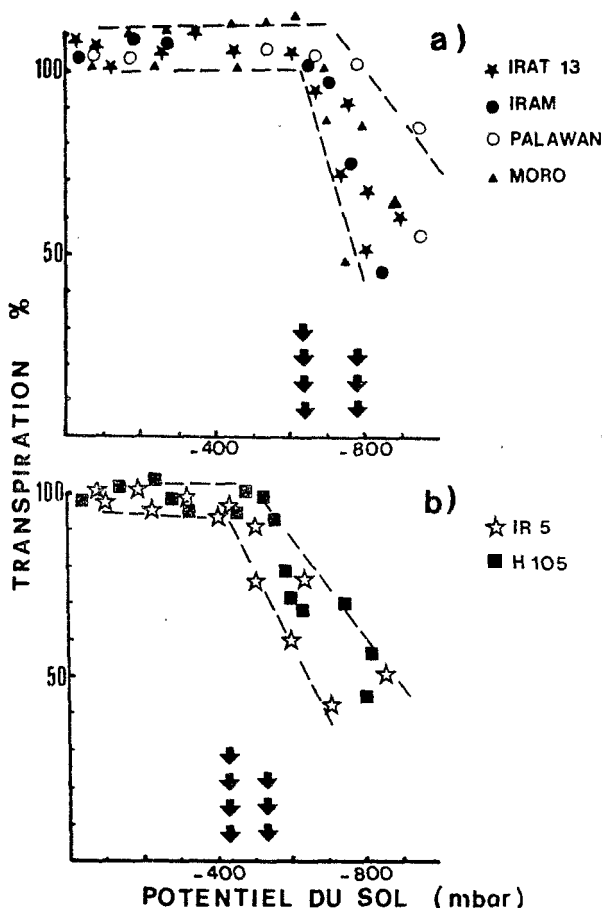


Fig. 2.— Relation entre la transpiration relative et le potentiel hydrique du sol au cours du dessèchement. a) Variétés de type pluvial. b) Variétés de type aquatique.

Henson (1982) note par ailleurs que le potentiel critique varie avec la vitesse de dessèchement. Ici, du fait de la faible capacité du pot de culture, tout le sol est colonisé par les racines. Lorsque l'eau se raréfie, l'ensemble du système racinaire est soumis au même potentiel hydrique, alors qu'au champ ou dans un vase de plus grandes dimensions on se trouve en présence d'un gradient racinaire dans un gradient de potentiel, d'où une réponse diffuse de la plante et une difficulté d'analyse. Le dessèchement rapide présente l'avantage de faire apparaître des différences variétales, mais il ne faut pas perdre de vue que, lors d'un dessèchement lent, les mécanismes adaptatifs ne sont pas les mêmes, la plante ayant la possibilité de développer un ajustement osmotique dans ses tissus et de continuer une croissance racinaire en direction des horizons plus humides du sol.

En début de dessèchement, la photosynthèse diminue moins que la transpiration. Cette différence s'explique par l'existence d'une résistance du mésophylle au

transport du CO_2 , qui s'ajoute à la résistance stomatique et minimise l'influence des stomates dans la résistance totale au transfert du CO_2 . Dans le cas du transfert de vapeur d'eau, seule intervient la résistance stomatique. La résistance stomatique affecte donc plus la transpiration que la photosynthèse. En fin de dessèchement, il y a probablement une augmentation de la résistance du mésophylle au transfert du CO_2 et une atteinte de l'appareil photosynthétique. Pour IR 5, le processus de restauration semble se dérouler selon une séquence inverse de celle du dessèchement qui traduit un phénomène réversible : diminution de la résistance du mésophylle, puis ouverture stomatique. Pour IRAT 13, l'hystérésis peut s'expliquer par une ouverture des stomates précoce par rapport à la variation de résistance du mésophylle ou par une détérioration de l'appareil photosynthétique. Cette hystérésis a été trouvée chez des variétés de type pluvial (Moroberekan) et chez des variétés de type aquatique (H 105) alors que Igua-pe Cateto, de type pluvial, se comporte comme IR 5 (Bois et coll., 1984).

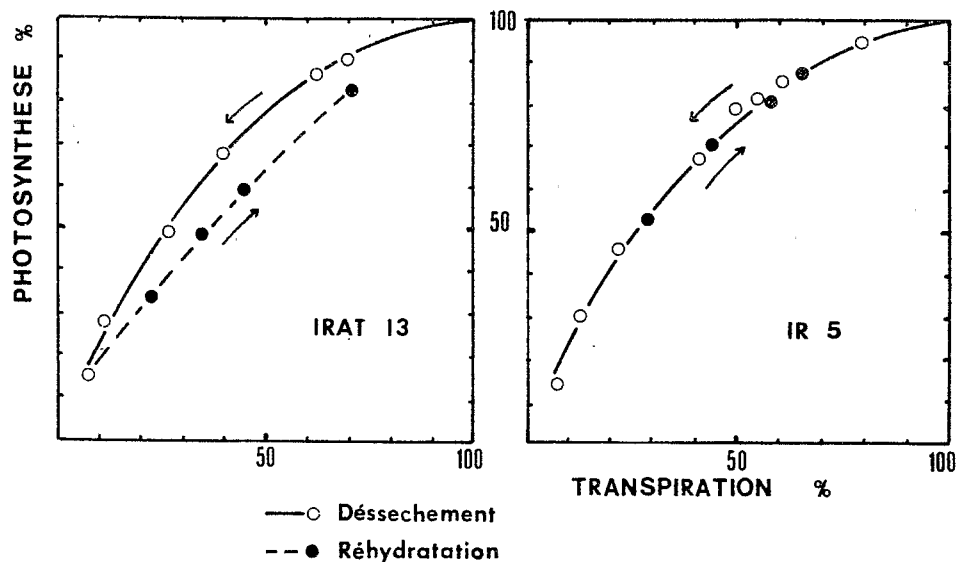


Fig. 3.— Relation entre la photosynthèse et la transpiration (valeurs relatives au cours de la séquence dessèchement-réhydratation chez deux variétés de riz : IRAT 13, type pluvial et IR 5, type aquatique).

Ces résultats semblent indiquer que IRAT 13 a moins bien supporté la contrainte hydrique que IR 5 car la restauration de la photosynthèse, qui conditionne le rendement, se fait moins bien. Pourtant IRAT 13 est connue comme relativement tolérante à la sécheresse (Reyniers et Jacquot, 1978). En fermant précocement ses stomates, IR 5 assure une moindre déshydratation de ses tissus, d'où une reprise facilitée. Cette réaction rapide, qui semble efficace dans le cas d'un dessèchement rapide mais bref, serait peut-être un handicap avec un dessèchement progressif de longue durée.

Les différences intervariétales de comportement vis-à-vis d'une contrainte hydrique qui apparaissent ici sont intéressantes. Mais il est encore prématuré d'en tirer des conclusions quant à la résistance à la sécheresse de telle ou telle variété, car les mécanismes mis en cause résultent probablement de nombreux processus adaptatifs qui peuvent masquer l'effet typiquement variétal.

BIBLIOGRAPHIE

- BOIS J.-F., Ph. COUCHAT et P. MOUTONNET, 1984.— Étude de la réponse à un stress hydrique de quelques variétés de Riz pluvial et de Riz irrigué. I. Incidence sur la transpiration ; II. Incidence sur les échanges de CO₂ et l'efficacité de l'eau. *Plant and Soil*, 80, 227 - 246.
- DE DATTA S.K., 1975.— Upland rice around the world. in «major research in upland rice». Int. Rice Research Institute. Los Banos, Philippines, 2 - 11.
- HENSON I.E., 1982.— Abscisic acid and water relations of rice (*Oryza sativa* L.) : sequential responses to water stress in the leaf. *Ann. Bot.*, 50, 9 - 24.
- MOORMANN F.R. et W.J. VELDKAMP., 1978.— Land and rice in Africa : Constraints and potentials. in «Rice in Africa». Buddenhagen and Persley, Academic Press, London, 29 - 43.
- O'TOOLE J.-C. et R.T. CRUZ, 1979.— Leaf rolling and transpiration. *Plant Sc. Letters*, 16, 111 - 114.
- O'TOOLE J.-C. et R.T. CRUZ, 1980.— Response of leaf water potential, stomatal resistance and leaf rolling to water stress. *Plant Physiol.*, 65, 428 - 432.
- PICARD D., Ph. COUCHAT et P. MOUTONNET, 1981.— Particularité du cycle nyctéméral de transpiration de la variété de Riz pluvial IRAT 13, comparé à celui de Moroberkan. *Plant and soil*, 59 481 - 485.
- RENARD C. et K. ALLURI, 1981.— Leaf water potential, stomatal conductances and leaf characteristics of cultivars of rice in their response to water stress. *Oecol. Plant.*, 2 (16), n° 4, 339 - 349.
- REYNIERS F.N. et M. JACQUOT, 1978.— Démarche pour l'obtention de la résistance variétale à la sécheresse. Cas du Riz pluvial. *Agron. Trop.*, 33, 314 - 317.
- TOMAR V.S. et B.P. GHILDYAL 1973.— Internal leaf water status and transport of water in rice plant. *Agron. J.*, 65, 861 - 865.
- YOSHIDA S. et M. SHIOYA, 1976.— Photosynthesis of the rice plant under water stress. *Soil Sci. Pl. Nut.*, 22, 169 - 180.