



RESISTANCE A LA TRANSPIRATION CHEZ LE RIZ PLUVIAL (*ORYZA SATIVA*) Etude d'un test de criblage variétal

L. JACQUINOT, M. FORGET, K.A., EDAH

RESUME – La résistance à la transpiration est choisie ici comme étant un facteur important de tolérance à la sécheresse du riz pluvial (*Oryza sativa*). La valeur de cette résistance à la transpiration peut être reliée à différents facteurs tels que le potentiel hydrique du sol ou de la feuille.

Cette résistance étant désormais aisément mesurable au moyen de poromètres facilement manipulables, elle peut être utilisée comme critère de sélection en comparant les valeurs obtenues sur une variété testée et une variété témoin, poussant toutes deux dans un même vase.

Cette comparaison permet alors le classement de différentes variétés plus ou moins résistantes à la transpiration. Quoique certaines améliorations de la méthode paraissent possibles, on a pu mettre cependant en évidence la plus forte résistance à la transpiration de diverses variétés chez des types génétiquement très différents.

Mots-clé : riz pluvial, résistance à la transpiration, résistance à la sécheresse, potentiel hydrique du sol, potentiel hydrique de feuille, sélection variétale.

INTRODUCTION

Le riz est une plante vivrière, réputée de vocation aquatique mais cependant cultivée en sec dans le monde entier. L'extension de sa culture a pour conséquence une adaptation plus ou moins bonne au milieu où il est cultivé. En particulier, des déficits chroniques de pluies limitent son rendement et l'amélioration de cette céréale doit passer par l'amélioration de son comportement vis-à-vis d'un déficit hydrique qui se révèle être l'un des facteurs limitants essentiels de sa productivité (O'TOOLE 1980).

Parmi les différents paramètres reconnus comme pouvant intervenir dans la tolérance à la sécheresse d'une plante cultivée, la résistance à la transpiration est considérée comme très importante (STIGTER, 1972). Des études concernant ce phénomène ont porté sur le fonctionnement des stomates en relation avec les facteurs du milieu (LYGRISSE, 1972; KIRKHAM, 1972; Mc CREE, 1974; KOCH, 1975).

Cette résistance à la transpiration ne constitue pas à elle seule la tolérance à la sécheresse chez une plante. D'autre part, si elle est très accentuée elle entraîne une diminution du potentiel photosynthétique, en limitant les échanges de gaz carbonique (BISCOE, 1973; AKITA, 1973; HEDERSKY, 1975). En fait il existe au cours d'un stress hydrique un équilibre complexe à rechercher que l'on peut traduire par l'efficacité de l'eau. Celle-ci est peu aisée à déterminer, les mesures de photosynthèse et de transpiration procédant de techniques très élaborées

(SESTAK, 1971; SLAVIK, 1974) qu'il est difficile d'envisager d'introduire dans un travail de criblage variétal.

En ce qui concerne les mécanismes physiologiques mis en œuvre chez une plante, sous l'effet d'une contrainte hydrique, la réponse stomatique est un paramètre qui a été très étudié en fonction, en particulier, des variations du potentiel hydrique du sol et des feuilles (BERGER, 1971; NEUMANN, 1973; TURNER (a) (b), 1974; PRAKASH, 1974; VANBAVEL, 1974; BRADY, 1975; ACKERSON, 1977; ASTON, 1979).

D'une façon générale, la relation qui relie le potentiel hydrique d'une feuille au fonctionnement des stomates est traduite par une valeur plancher de ce potentiel en dessous de laquelle les stomates se ferment.

En fait cette valeur plancher est peu précise car sujette à des variations qui sont fonction de nombreux facteurs dont l'un est très mal précisé : le facteur variétal.

C'est pourquoi nous proposons de définir un critère de sélection qui soit l'une des composantes du caractère de tolérance à la sécheresse. Ce critère doit être facilement mesurable et héritable. Dans ce premier travail, on s'est attaché à définir une méthode de mesure, l'aspect génétique de la question devant être abordé ailleurs.

La résistance à la transpiration a été choisie parmi les différents paramètres intervenant dans cette tolérance à la sécheresse pour des raisons physiologiques et de faisabilité.

O. R. S. I. O. M. Fonds Documentaire

N° : 3329

Cote B - 21

Du point de vue agronomique, il est l'un des deux facteurs les plus importants qui, en contrôlant la transpiration par des valeurs élevées, permet à la plante de conserver une certaine turgescence en cas de déficit hydrique et donc de conserver une activité métabolique voisine de la normale (TURNER, 1978), sans avoir à faire appel à des propriétés de résistance à la dessiccation qui sont très généralement préjudiciables au rendement utile (TURNER (c), 1980). L'autre facteur est la profondeur d'enracinement qui définit le volume de sol exploitable, donc le volume d'eau utilisable par la plante (REYNIERS, 1975; TRUONG BINH, 1978; TURNER (c), 1980; CHOPART, 1980).

Un test de sélection, pour être applicable, doit présenter tout d'abord une bonne reproductibilité des mesures, ensuite une rapidité et une simplicité de ces mesures qui sont exigées dans un travail de sélection par exemple lorsqu'il s'agit du criblage de plusieurs centaines de lignées. Certains poromètres disponibles sur le marché permettent d'envisager de tels tests.

METHODES ET MATERIELS

PRINCIPE

La méthode est inspirée de celle utilisée par HENZEL (1975). Elle consiste à mettre en présence dans un même vase deux variétés de riz, l'une considérée comme témoin, l'autre étant la variété à tester. Les systèmes racinaires des deux variétés sont, après une certaine durée de végétation, étroitement imbriqués. On peut considérer qu'ils sont alors soumis à chaque instant au même potentiel hydrique Ψ_s dans le sol.

Soit $\Psi_s = f(t)$ la relation existant entre le temps et le potentiel hydrique du sol lorsqu'on laisse le sol se dessécher (SLATYER, 1967).

D'autre part, soient R_a et R_b les résistances foliaires à la transpiration mesurées sur une feuille déterminée de la variété témoin et de la variété testée. Ces résistances vont évoluer en fonction du temps, t , suivant des relations : $R_a = g(t)$ et $R_b = h(t)$.

Nous voyons que à un même instant t_0 nous avons dans le vase :

$$\Psi_{os} = f(t_0) \quad (1),$$

$$R_a = g(t_0) \quad (2),$$

$$R_b = h(t_0) \quad (3).$$

On peut éliminer le paramètre t entre Ψ_s et R_a et entre s et R_b afin d'obtenir une relation paramétrique :

$$R_a = F(\Psi_s),$$

$$R_b = G(\Psi_s).$$

C'est ce qu'obtint HENZEL (1975) expérimentalement sous la forme d'équation de régression entre R et Ψ_s .

Il nous a paru plus simple d'éliminer, en quelque sorte, expérimentalement t entre les relations R_a (2) et R_b (3) en effectuant presque simultanément, à deux minutes d'intervalle environ, les mesures de R_a et R_b . Ceci permet en particulier d'obtenir graphiquement la relation $R_b = H(R_a)$. On peut considérer que ce couple de mesures (R_b, R_a) est obtenu alors que les plantes a et b sont soumises, dans un même vase à chaque instant t_0 , aux mêmes conditions de milieu puisqu'elles rencontrent :

- dans le sol le même potentiel hydrique Ψ_{os} ;
- dans l'air, la même humidité relative, la même température et la même énergie radiative.

Le poromètre utilisé mesure tout d'abord une durée de diffusion Δt de la vapeur d'eau dans le capteur pour y faire passer celle-ci d'une concentration C_1 à une concentration C_2 qui sont prédéterminées par le constructeur. Un étalonnage de l'appareil permet de calculer ensuite la résistance R à la transpiration à partir d'une relation de la forme $R = \alpha \Delta t + \beta$ où α et β sont des coefficients expérimentaux dépendant de la température et du type de capteur.

Pour des raisons de simplicité, nous avons adopté comme terme de comparaison entre variétés la valeur moyenne :

$$\bar{y} = \frac{\sum_1^n (\Delta t_b - \Delta t_a)}{n}$$

$$\text{où } R_b = \alpha \Delta t_b + \beta$$

$$R_a = \alpha \Delta t_a + \beta$$

n = nombre de couples de mesures ($\Delta t_b + \Delta t_a$) effectuées au cours de l'évolution de la sécheresse.

Nous avons donc :

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \frac{\sum_1^n (R_b - R_a)}{n} \quad (4)$$

Si les mesures sont effectuées à l'aide d'un même appareillage, α restant constant, les classements obtenus d'après les temps de diffusion ou les résistances à la transpiration, seront identiques. Si les mesures sont effectuées à l'aide d'appareillage différent, il suffit de se rapporter à la résistance moyenne à la transpiration à l'aide du coefficient d'étalonnage α de l'appareil (relation 4) sans avoir à calculer pour chaque mesure les couples de valeurs (R_b, R_a).

REALISATION

D'un point de vue pratique les mesures de résistance foliaire ont été effectuées au moyen de l'autoporomètre

Lambda Li-65, utilisant le Li-205 horizontal sensor muni d'une ouverture spéciale étroite de 3,5 mm x 20 mm.

Ces mesures étaient effectuées sur la face inférieure de la deuxième feuille la plus jeune à partir de la panicule, au milieu de la feuille, à une température de 29°C.

Les plantes étaient cultivées dans des vases contenant 12 litres d'un substrat argilo-calcaire ayant une capacité de rétention en eau suffisante pour que le dessèchement ne soit pas trop rapide.

En alimentation hydrique normale, les vases sont arrosés par une solution nutritive complète (JACQUINOT, 1969). La sécheresse est obtenue en arrêtant l'arrosage jusqu'à flétrissement. L'énergie lumineuse, fournie par un ensemble de lampes à décharge (Laboratoire de Physiologie IRAT, 1979) était d'environ 850 microE m⁻² S⁻¹. La photopériode était fixée à : Jour, 10 h 1/2 - Nuit, 13 h 1/2.

VARIETES UTILISEES

a) Témoins choisis :

- IRAT 13
- Haploïdes doublés (ASSELIN DE BEAUVILLE, 1979, 1980 : IRAT 156, IRAT 149, IRAT 157.

b) Variétés étudiées :

- en 1979 (FORGET, 1979)
 - Oryza glaberrima* : 96, Sangare.
 - Oryza brevigulata* : Cas V5
 - Oryza sativa, japonica* : Chinei (IRAM 1700), Lung Sheng 1, Chianan 8 (IRAM 1632).
 - Oryza sativa*, riz pluvial : Pâté blanc La, Moroberekan, Pateyon A, Gouantzeti J., E 425, Iguape Cateto.
 - Oryza sativa, indica* : H 105, Teksichut, Carreon.
- en 1980 (FDAH K.A., 1980)
 - Oryza glaberrima* : 96, Sangare.
 - Oryza brevigulata* : Cas 25
 - Oryza sativa, japonica* : Chinei (IRAM 1700), Lung Shen 1, Tainan 1.

RESULTATS

COMPORTEMENT DES TEMOINS

Les haploïdes doublés ont été choisis en supposant qu'ils avaient une homogénéité de leurs caractères supérieure à celle d'une variété stabilisée.

Le tableau II donne une idée de l'homogénéité de la réponse des différentes variétés utilisées comme témoins. Les répétitions correspondent en fait chacune à un vase de végétation contenant chacun deux plantes. La moyenne théorique $\bar{y} = 0$ n'est approchée que dans quelques cas, surtout chez la variété IRAT 13. Ici, les valeurs \bar{y} sont des valeurs absolues car nous n'avons aucune raison de choisir une plante plutôt qu'une autre comme témoin, les deux plantes appartenant à la même variété, et le test t est effectué sur cette valeur absolue.

Dans l'ensemble, les écarts-types sont assez élevés et le nombre de mesures n'étant que de 10 à 12 (c'est-à-dire 12 couples de mesures, effectuées au cours de 12 jours de sécheresse), nous avons parfois des valeurs t assez élevées correspondant à des probabilités faibles (10 à 30 %) d'avoir une moyenne nulle.

En ce qui concerne le caractère de résistance à la transpiration, il semble difficile pour l'instant d'obtenir des plantes ayant une grande homogénéité de réponse à la sécheresse mais, comme nous allons le voir, le dispositif est néanmoins valable.

COMPARAISON DES VARIETES

Les tableaux III et IV présentent les valeurs moyennes \bar{y} , cette fois algébriques, obtenues avec certaines variétés étudiées en utilisant comme témoins les plantes étudiées plus haut.

Nous constatons la persistance d'une plus forte résistance à la transpiration chez quatre variétés par rapport à IRAT 13. Ce sont : 96 IRAT 110, IR 8, Lung Sheng 1. Le classement entre ces quatre variétés n'a pu être réalisé, les différences observées entre chacune d'elles n'étant pas suffisantes. D'autres expériences nous ont confirmé cependant le bon comportement de IR 8.

Nous remarquons par contre le comportement médiocre de Iguape Cateto pour ce caractère.

DISCUSSION

Pour l'étude de ce caractère, nous avons précisé qu'il s'agissait, en particulier, de réaliser une méthode reproductible. Ceci suppose tout d'abord que, au cours de la mesure de cette résistance foliaire, toutes les conditions internes à la plante et externes du milieu restent constantes. Or, dans le procédé que nous avons utilisé, si les conditions de milieu restent constantes, nous ne connaissons pas pour chaque individu ses réactions propres à un état défini de ce milieu.

Rappelons que les \bar{y} sont le résultat de n mesures effectuées au cours d'une sécheresse qui évolue depuis un déficit hydrique du sol presque nul ($\Psi \approx 0$) à un déficit hydrique important (enroulement des feuilles). Si nous pouvons considérer que les conditions hydriques du sol sont équivalentes pour les deux plantes comparées, nous ne connaissons pas la réaction de chaque plante à ce déficit hydrique (ou Ψ sol bas).

Or, si les mesures effectuées au moyen du poromètre le sont à une température constante de la feuille, le principe utilisé pour cette mesure (poromètre à diffusion non ventilé) suppose que la chambre sous-stomatique contient une atmosphère saturée en vapeur d'eau. Ce principe peut ne pas être vérifié dans le cas d'un déficit hydrique plus ou moins important chez les différentes variétés. C'est-à-dire que le débit d'eau dans les chambres sous-stomatiques peut devenir insuffisant et dans ce cas le débit mesuré entre les concentrations C_1 et C_2 du capteur peut varier suivant une loi différente. Ceci ne peut être mesuré au moyen du système d'étalonnage de l'appareil (papier buvard saturé d'eau figurant le parenchyme foliaire).

Il existe donc une incertitude sur les résultats indiqués par l'appareil qui augmente en fonction du déficit hydrique. Nous observons effectivement une dispersion de plus en plus importante des résultats dans ce cas. C'est en particulier ce qui peut expliquer la dispersion de plus en plus importante des résultats obtenus sur les différents témoins lorsque la sécheresse augmente (FORGET, 1979).

Ceci n'explique pas entièrement sans doute la variabilité de la réponse des témoins. Or la stabilité de la réponse du témoin choisi est évidemment la première condition nécessaire pour élaborer une échelle de résistances des différentes variétés.

Nous voyons d'après les premières comparaisons variétales effectuées que, si le classement est éloigné d'une reproductibilité rigoureuse, il est assez constant si on ne considère que des groupes plus résistants, équivalents ou moins résistants à un témoin correspondant à des écarts moyens \bar{y} de $\pm 2,5$.

Notre attention est attirée en particulier par les comportements très voisins de variétés génétiquement très éloignées : 96 (*O. glaberrima*), IRAT 110 (*O. sativa*, pluvial), IR 8 (*O. sativa, indica*) et Lung Sheng 1 (*O. sativa, javanica*), toutes montrant une forte résistance à la transpiration. Il y a toutefois lieu de noter un lien de parenté entre IRAT 110 et Lung Sheng 1; en effet, IRAT 110 est issue du croisement IRAT 13 x IRAT 10, IRAT 10 étant elle-même une descendance de 63-104 x Lung Sheng 1.

CONCLUSION

Le test mis au point paraît susceptible d'être utilisé pour caractériser les lignées ou les cultivars les plus résistants à la transpiration. Il permet de réaliser trois classes de résistances.

Une amélioration de l'homogénéité de la réponse des témoins est évidemment souhaitable. Cette amélioration passe, en fait, par deux sortes de travaux différents :

- la recherche d'un témoin le plus homogène possible pour le caractère considéré;
- la normalisation de la méthode de mesure (définition du stress hydrique optimum), en particulier la définition des limites supérieures et inférieures des mesures compatibles avec une bonne réponse du type d'appareil dont on peut disposer actuellement.

La mise en évidence d'un caractère de résistance à la transpiration chez deux variétés aussi différentes que IRAT 110 et IR 8 est intéressante.

Tableau I
LISTE DES SYMBOLES

Δt_a = réponse obtenue au moyen du poromètre sur une variété **a** (en secondes).

y = $\Delta t_a - \Delta t_b$, **b** étant la variété témoin.

\bar{y} = moyenne des différences obtenues au cours de n jours de sécheresse et comportant une mesure par jour et par plante.

s = écart-type calculé des n mesures précédentes.

$$s_{\bar{y}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$t = \frac{\bar{y}}{s_{\bar{y}}}$$

P = probabilité correspondant à la valeur t .

Tableau II
TEST t CONCERNANT LES DIFFERENCES DE REPONSE
AU SEIN D'UNE MEME VARIETE UTILISEE COMME TEMOIN

	Répétitions (ou n° du vase)							
	1	2	3	4	5	6		8
IRAT 13								
y	2,484	1,008	0,928	0,40	1,427	0,291	0,24	0,075
s	5,152	3,229	7,877	5,998	5,8	3,714	5,24	3,774
sy	1,491	0,863	2,375	0,545	1,772	1,20	1,67	1,089
t	1,666	1,168	0,390	0,73	0,80	0,24	0,22	0,07
n	12	14	11	11	11	11	11	12
p	0,20-0,10	0,30-0,20	0,70	0,50	0,50-0,30	0,80	0,20-0,30	p > 0,90
IRAT 156							(haploide doublé)	
y	1,35	1,11	1,01	0,5	1,98			
s	3,495	2,598	5,085	5,193	3,784			
sy	1,10	0,821	1,608	1,642	1,196			
t	1,227	1,352	0,63	0,30	1,165			
n	10	10	10	10	10			
p	0,30-0,20	0,30-0,20	0,70-0,50	0,80-0,70	0,30-0,20			
IRAT 157							(haploide doublé)	
y	1,15	1,63	1,24	0,72	2,41			
s	6,5	4,539	4,787	4,367	8,053			
sy	2,058	1,435	1,514	1,381	2,546			
t	0,56	1,13	0,82	0,52	0,95			
n	10	10	10	10	10			
p	0,70-0,50	0,30-0,20	0,50-0,30	0,70-0,50	0,50-0,30			
IRAT 149							(haploide doublé)	
y	2,155	0,244	1,89	1,41	0,26			
s	4,855	3,408	3,861	1,954	3,388			
sy	1,618	1,136	1,211	0,618	1,071			
t	1,33	0,24	1,56	2,28	0,24			
n	9	9	10	10	10			
p	0,30-0,20	0,90-0,80	0,20-0,10	0,05	0,80			

Tableau III
CLASSEMENT DE DIFFERENTES VARIETES SUIVANT LEUR RESISTANCE A LA TRANSPIRATION
EN UTILISANT IRAT 13 COMME TEMOIN

plus résistants		équivalents		moins résistants	
	y		y		y
IRAT 110	9,2	CAS V5	1,3	H 105	- 2,8
96	7,3	IRAT 133	0,1	Carreon	- 3,4
IR 8	6,6	IRAT 13	0*	Iguape Cuteto	- 4,0
Tainan 1	5,1	IRAT 140	- 0,3	Chinei	- 4,1
Lung Sheng 1	4,5	IRAT 106	- 0,9	IRAT 146	- 4,3
Gouantzeti J	2,5	IRAT 10	- 0,9		
		63-83	- 1,0		
		Pâté Blanc LA	- 1,5		
		IM 16	- 1,7		
		IRAT 112	- 1,7		

* La valeur y = 0 pour IRAT 13 est théorique.

Tableau IV
CLASSEMENT DE DIFFERENTES VARIETES SUIVANT LEUR RESISTANCE A LA TRANSPIRATION
EN UTILISANT TROIS HAPLOIDES DOUBLES COMME TEMOINS

Témoins - IRAT 156			IRAT 149			IRAT 157		
	(a) y + 0,4			(a) y - 0,9			(a) y + 0,1	
Lung Sheng 1	1,5	1,9	96	2,5	1,6	96	2,1	2,2
96	0,7	1,1	Lung Sheng 1	1,7	0,8	Lung Sheng 1	1,5	1,6
IRAT 110	0,5	0,9	IR 8	1,6	0,7	IRAT 110	0,9	1,0
Iguape Cateto	0,3	0,7	Moroberekan	1,3	0,4	IR 8	0,3	0,4
IRAT 13	-0,4	0	IRAT 13	0,9	0	IRAT 13	-0,1	0
IR 8	-0,8	-0,4	IRAT 110	0	-0,9	Iguape Cateto	-0,8	-0,9
Moroberekan	-0,9	-0,5	Iguape Cateto	-0,1	-1,0	Moroberekan	-1,6	-1,7

(a) Les secondes colonnes de valeurs sont les y corrigées de la valeur moyenne pour IRAT 13.

Références

- ASSELIN DE BEAUVILLE M., 1979 — Rapport analytique 1976-1978 - Haploïdes de riz, par androgenèse *in vitro* - Rapport interne IRAT, avril 1979.
- ASSELIN DE BEAUVILLE M., 1980 — Haplomethod on rice at IRAT - Celebrating the 20th anniversary of the IIRI (Spec. Plan. Conf. on Rice Tissue Culture), 28-30 apr. 1980.
- ASTON M. J., LAWLOR D. W., 1979 — The relationship between transpiration, root water uptake and leaf water potential - J. Exper. Bot., 30, 114, pp 169-181.
- AKITA S., MOSS N. D., 1972 — Differential stomatal response between O3 and C4 species to atmosphere CO₂ concentration and light - Crop Sc., 12, Nov-Dec, pp 789-793.
- AKITA S., MOSS N. D., 1973 — Photosynthetic response to CO₂ and light by maize and wheat leaves adjusted for constant stomatal aperture - Crop Sc., 13, Mar.-Apr., pp 234-237.
- BERGER A., 1971 — La circulation de l'eau dans le système sol-plante. Thèse Doc es Sc. USTL Montpellier, pp 134-196.
- BRADY R.A., GOLTZ S.M., POWERS W.L. et KANEMASU E.I., 1975 — Relation of soil water potential to stomatal resistance of soybean - Agro. J., Jan-Feb, 1975, pp 97-99.
- BISCOE P.V., LITTLETON E.J., SCOTT R.K., 1973 — Stomatal control of gas exchange in barley awns. Ann. appl. Biol., 75, pp 285-297.
- CHOPART J.L., 1980 — Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial) - Thèse n° 10, Institut. Nation. Polytech. Toulouse - 159 p. 53 tab. 46 fig. 172 rel.
- EDAH K., 1980 — Effet de la sécheresse sur la résistance à la transpiration de quelques variétés de riz pluvial - DAA, Ecole Nat. Sup. Agro. Montpellier, sept 1980.
- FORGET M., 1979 — Diminution de la transpiration sous l'effet de la sécheresse chez quelques variétés de riz pluvial - DAA, Ecole Nat. Sup. Agro. Montpellier, nov. 1979, 55 p.
- HENZELL R.G., Mc CREE K. J., VAN BAVEL C.H.M., SHERTZ K.F., 1975 — Method for screening sorghum genotypes for stomatal sensitivity to water deficits - Crop Sc., 16, Jul. Aug., pp 516-518.
- JACQUINOT L., 1969 — La nutrition minérale du mil - I - Effets de la nature de l'alimentation azotée sur l'absorption de l'azote et sur la croissance - Agr. Trop., XXIV, 12, Dec. pp 1129-1138.
- JACQUOT M., ARNAUD M., 1979 — Classification numérique de variétés de riz - Agr. Trop., XXXIV, 2, pp 157-173.
- KIRKHAM M.B., GARDNER W.R., GERLOFF G.C., 1972 — Stomatal conductance of differentially salinized plant - Plant. Physiol., 49, pp 345-347.
- KOCH D.W., ESTES G. O., 1975 — Influence of potassium stress on growth, stomatal behaviour, and CO₂ assimilation in corn - Crop Sc., Vol. 15, sept-oct, pp 697-699.
- LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE L'IRAT, 1979 — Encante simplifiée pour la culture d'espèces tropicales - Agr. Trop., XXXIV, 2, p. 209.
- LYGRISSE I., 1972 — Etude biochimique du comportement des stomates - DEA Université de Paris XI (ORSAY), 30 p.
- Mc CREE, 1974 — Change in the Stomatal response characteristics of grain sorghum produced by water stress during growth - Crop Sci., Vol. 14, mar-apr, pp 273-278.
- MEDERSKY H.J., CHEN L.H., CURRY R.B., 1975 — Effect of leaf water deficit on stomatal and nonstomatal regulation of net CO₂ assimilation - Plant physiol., 55, pp 589-593.
- NEUMANN H. H., THURTELL G. W., STEVENSON K. R., 1973 — *In situ* measurements of leaf water potential and resistance to water flow in corn, soy bean and sunflower at several transpiration rates - Can. J. Plant Sci., 54, pp 175-184.
- O'TOOLE J. C., CHANG T. T., BORIBOON SOMRITH, 1980 — Research strategies for improvement of drought resistance in rainfed rice - Rice research strategies for the future - Sympos. IIRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- PRAKASH O., 1974 — Water potential gradients and resistances in a soil plant system as affected by soil water potentials - Thèse P.H.D., Univ. Illinois, pp 57-80.
- REYNIERS F.N., KALMS J.M., 1975 — Etudes de la résistance variétale à la sécheresse du riz en vue de son amélioration - Physiology Programme Formulation Workshop, IITA, 21-26 avril.
- SESTAK Z., CATSKY J., JARVIS P.G., 1971 — Plant photosynthetic production - Manual of methods - Dr W. Junk N. V. Publishers - The Hague, 818 p.
- SLATYER R.O., 1967 — Plant-water relationships - Acad. Press, pp 274-279.
- SLAVIK B., 1974 — Methods of studying plant water relation - Springer Verlag Berlin, pp 252-292.
- STIGTER C. J., 1972 — Leaf diffusion resistance to water vapour and its direct measurement - Meded. Landbouwhogeschool Wageningen, 72-3, 47 p.
- TURNER N. C., 1974 — Stomatal behaviour and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions - Plant Physiol., 53, 360-365.
- TURNER N. C., BEGG J.E., 1978 — In Plant Relations in Pastures (ed. J. R. Wilson), Melbourne, CSIRO, pp 50-66.
- TURNER N. C., 1980 — Stress physiology in crop plants, Ed. par H. MUSSELL et R. C. STAPLES - WILEY Interscience, New York.
- TRUONG BINH, REYNIERS F.N., BOIS J.F., BONNIN E., THONIN G., 1978 — Caractérisation de l'enracinement du riz pluvial *in situ* avec le p³² - Colloque FAP/IAEA - Emploi des radio-isotopes en recherches phytogéologiques, Colombo, Sri Lanka, 11-15 déc., 8 p.
- VAN BAVEL C.H.P., 1974 — Soil water potential and plant behaviour : a case modeling study with sunflowers - Oecol. Plant., 9 (2), pp 89-109.