

AMELIORATION DE LA TOLERANCE DU RIZ PLUVIAL A LA SECHERESSE*

F.N. REYNIERS**, TRUONG BINH***, L. JACQUINOT***, R. NICOU****

RESUME — Différents aspects de l'amélioration variétale pour la tolérance à la sécheresse du riz pluvial ont été abordés.

L'enracinement a été étudié dans trois conditions : culture aéroponique donc sans contrainte, dans des sols compactés à différentes densités et en plein champ par la méthode de placement du 32p. Des différences importantes ont été constatées entre variétés et dans le dernier cas, l'absorption du 32p semble bien reliée à la masse racinaire.

Les mesures de résistance à la transpiration montrent aussi des comportements très différents entre variétés génétiquement proches et inversement.

L'utilisation des réserves des tiges, mesurée par la translocation apparente et le marquage au ^{14}C , est fortement augmentée par un traitement sécheresse et variable aussi selon les variétés.

L'étude des effets de périodes de sécheresse à différentes phases sur le rendement en grains montre que c'est dans l'intervalle ± 20 jours autour de l'épiaison que la sensibilité est la plus forte.

Ces différentes approches permettent de dégager deux voies de sélection complémentaires. La première est plus prospective et tend à rassembler dans le même génotype des facteurs de résistance, la deuxième est plus rapide et trie parmi les variétés existantes ou présélectionnées, celles qui ont globalement, une certaine résistance à des périodes de sécheresse.

Mots-clés : riz pluvial, tolérance à la sécheresse, enracinement, résistance à la transpiration, migration des photosynthats.

Il y a quelques années, REYNIERS et JACQUOT (1978) publiaient dans cette même revue des résultats obtenus et des orientations de travaux pour la tolérance variétale à la sécheresse du riz pluvial.

Depuis cette date, de nouveaux résultats se sont accumulés et les orientations de recherche se sont précisées. Cette communication a pour objet de présenter l'état d'avancement des recherches conduites par l'IRAT, à l'Institut des Savanes (IDESSA) en Côte d'Ivoire et au Centre GERDAT/IRAT en France, dans ce domaine complexe.

Il y a plusieurs façons d'aborder le problème.

L'une consiste à soumettre des variétés à des périodes de sécheresse et à sélectionner les plus performantes dans le but de les diffuser ou de les utiliser pour une nouvelle étape de croisements.

Une autre voie, sans doute plus longue, prend en considération les principaux facteurs de tolérance à la sécheresse et le fait qu'il faudra peut-être aller chercher leur expression optimale dans des génotypes globalement peu adaptés ou à performances agronomiques médiocres. Les facteurs de tolérance que nous avons étudié sont principalement l'enracinement, qui permet à la plante de s'alimenter en eau, la résistance à la transpiration pour la réduction des pertes d'eau en cas de sécheresse, enfin l'accumulation dans les tiges de réserves mobilisables en cas de sécheresse. Un programme d'hybridation suit la phase de criblage effectué pour chacun des facteurs considérés.

Les travaux que nous présentons ici reflètent cette double démarche, entreprise dans l'espoir d'exploiter au maximum les capacités de l'espèce à résister à la sécheresse, sans négliger les possibilités d'amélioration variétale à court terme.

* Actualisation du texte «Amélioration de la tolérance à la sécheresse du riz pluvial pour l'Afrique de l'Ouest», présenté à la Conférence «Principles and Methods of Crop Improvement for Drought Tolerance with Emphasis on Rice», IRRI, Los Banos, 4-8 mai 1981.

** REYNIERS (F.N.) : IDESSA/DCV, B.P. 635, Bouaké, Côte d'Ivoire
actuellement : CNPAF/EMBRAPA, C.P. 179, 74000 Goiânia, Brésil.

*** TRUONG-BINH, JACQUINOT (L.) : IRAT/GERDAT, B.P. 5035, 34032 Montpellier, France.

**** NICOU (R.) : IRAT/GERDAT, B.P. 5035, 34032 Montpellier, France
actuellement : IRAT, B.P. 596, Ouagadougou, Haute-Volta.

21 MARS 1985

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 17163

Cote : B

FACTEURS DE TOLERANCE A LA SECHERESSE

ENRACINEMENT

L'enracinement du riz pluvial détermine en partie sa tolérance à la sécheresse. Suivant ses caractéristiques, le volume et la disponibilité de l'eau du sol pour l'alimentation de la plante sont plus ou moins importants. Nous nous sommes attachés, dans ce domaine, à tester différentes méthodes de comparaison variétale selon les caractères à observer et les contraintes à prendre en compte.

La méthode d'analyse *in situ* de l'enracinement par placement du traceur radioactif ^{32}P a été mise au point. Toutefois, dans le cas d'un nombre important de génotypes, il est utile de pouvoir effectuer des premiers criblages avant l'analyse au champ. Par sa simplicité, la méthode de la culture aéroponique répond à ce besoin. Un second outil de criblage a été étudié; il s'agit de carottes de sol compacté à différentes densités où l'on teste l'aptitude variétale à la pénétration racinaire.

CULTURE AEROPONIQUE

La culture sur brouillard nutritif permet une observation aisée des systèmes racinaires à tout moment du cycle végétatif, mais elle ne prend pas en compte les contraintes du milieu. Elle permet de mesurer les différences variétales pour de nombreuses caractéristiques de l'enracinement.

Après une étude de mise au point (TRUONG BINH et BEUNARD 1978), un essai sur dix variétés de riz a été réalisé dans les mêmes conditions pour apprécier la variabilité génétique des systèmes racinaires.

Les dix variétés ont été choisies pour leur différence du point de vue cycle, hauteur de tige, tallage, caractères pouvant a priori avoir des répercussions sur l'enracinement. Ce sont IRAT 9, IRAT 10, IRAT 13, IR 5, 63-83, Morobekkan, Pratao, LAC 23, IAC 1246, Palawan.

Conditions de culture

La technique consiste à vaporiser par intermittence une solution nutritive complète, sous forme d'aérosol, dans une enceinte fermée. Pour cette étude, l'enceinte est constituée d'un caisson rectangulaire en PVC de 150 cm de haut, 105 cm de long et 65 cm de large. Le couvercle du caisson est formé de dix plaques jointives en PVC de 20 mm d'épaisseur, perforées de trous dans lesquels seront insérées les plantules. Les graines sont mises à germer dans du sable; après huit jours, les plantules sont transplantées sur le caisson. L'essai comporte cinq répétitions soit 50 plantes réparties au hasard.

Résultats et discussions

OBSERVATION EN COURS DE PHASE VEGETATIVE

La figure 1 présente l'évolution de la longueur de la plus longue racine en fonction du temps. Elle semble indiquer l'existence de trois phases : jusqu'à 30 JAS, la croissance est lente, traduisant sans doute les difficultés d'adaptation; ensuite elle devient très rapide jusqu'à 60 JAS, le rythme avoisine 2 cm par jour; enfin un palier relatif semble se former à partir du 60^e jour. L'allure des courbes est assez semblable pour les dix variétés, toutefois des différences apparaissent plus nettement au cours de la troisième phase.

CARACTERISTIQUE A 90 JAS

Pour les caractéristiques mesurées (tableau I), les différences variétales sont importantes. Pour certaines, les fluctuations intravariétés ne permettent pas de mettre en évidence des différences significatives.

On remarquera que le classement des variétés est pratiquement inverse pour longueur des racines et nombre de racines.

On remarquera aussi que les deux caractéristiques sans doute les plus intéressantes pour la tolérance à la sécheresse : la longueur maximale des racines et le rapport masse racinaire sur masse des parties aériennes, sont aussi parmi les plus discriminantes. Le classement des variétés selon ces deux critères (tableau II) montre les trois variétés traditionnelles en bonne position et la variété IRAT 9, demi-naine, en mauvaise position; les autres variétés sont intermédiaires.

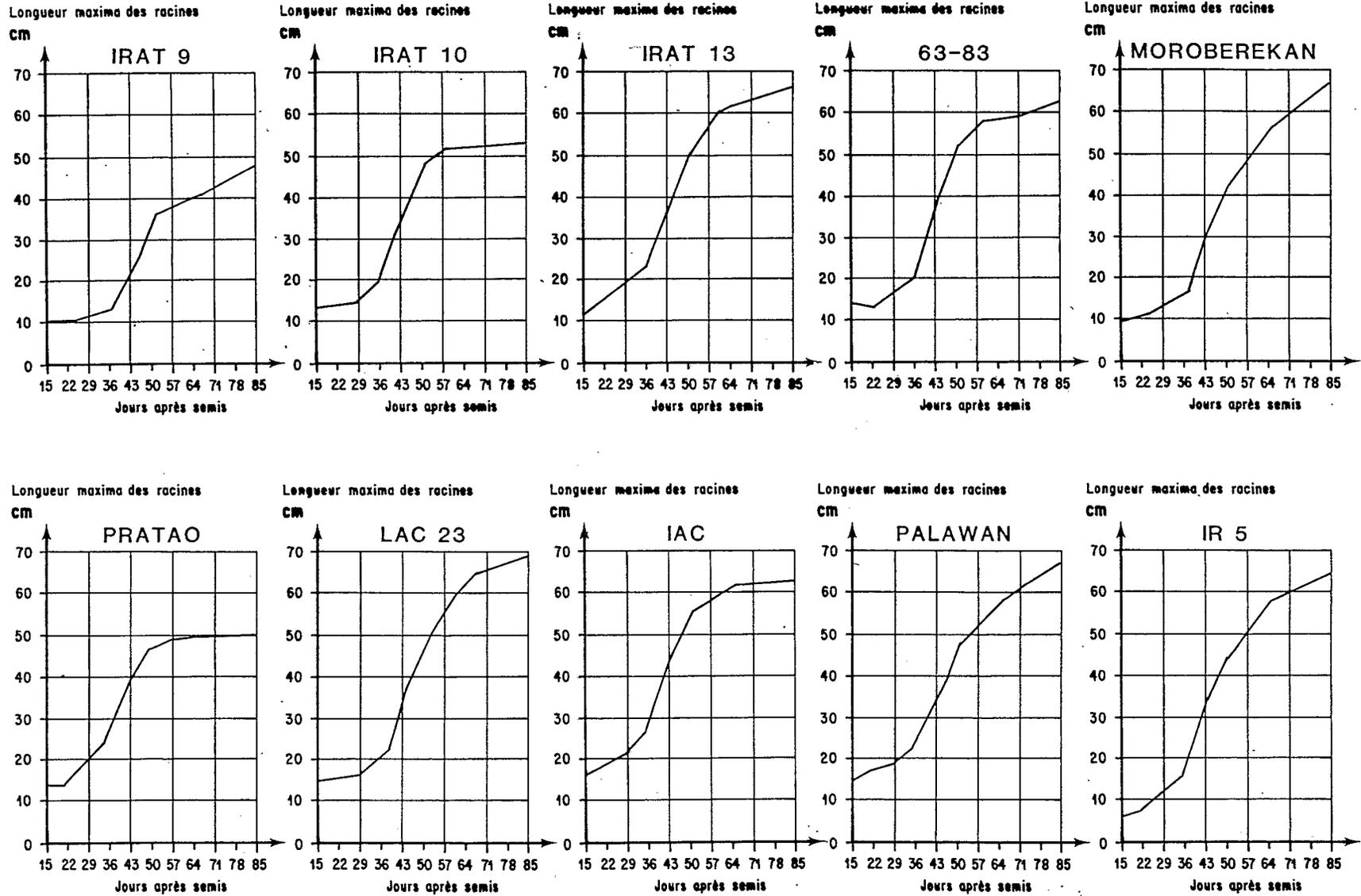
RESISTANCE DES RACINES A LA COMPACTITE DES SOLS

De nombreux travaux en particulier sur l'effet du labour signalent que la croissance racinaire dépend de la compacité du sol. L'objectif de cette étude est de déterminer s'il existe des différences variétales chez le riz pour l'aptitude à la pénétration racinaire dans des sols compactés à différentes densités et s'il est possible d'utiliser cette méthode pour le criblage variétal (Bayogo 1980).

Compaction et mise en culture. Selon le mode opératoire du test PROCTOR, 700 g de sol ont été compactés à 11 % d'humidité, pour obtenir deux densités : $D_1 = 1,8$ et $D_2 = 1,6$. Dans cet essai, il s'agit d'un sol sableux (9 % d'argile) de la région de Montpellier. Après démoulage, la carotte du sol, haute de 8 cm, est enveloppée d'un film plastique. L'essai comporte 7 variétés, 10 répétitions, soit 140 plantes réparties au hasard.

Sur chaque carotte, 8 graines ont été semées et recouvertes d'un centimètre de sol non compacté. Les plantules ont été soumises à un éclairage artificiel de 12 000 lux,

Fig.1 : CROISSANCE RACINAIRE



12 h sur 24 h. Tous les jours, on a apporté sur chaque pot (arrosage par gravité) la quantité d'eau équivalente à l'évaporation.

Au bout de 15 jours, les carottes ont été dépotées et coupées en trois horizons : $H_0 = 1$ cm (non compacté) et extension du volume colonisé par les racines entre le pot et le film plastique, $H_1 = 3$ cm, $H_2 = 5$ cm; les racines sont séparées par tamisage humide, séchées à 60°C et pesées.

Résultats et discussions. Le poids de racines dans les trois horizons pour les deux compacités est indiqué dans le tableau IIIa. Les résultats des horizons H_0 et H_2 sont trop hétérogènes pour permettre un classement statistique. Dans l'ensemble on peut remarquer que les variétés 63-83, KU 86 et Zakpalé sont les mieux classées pour la production de racines quel que soit le traitement.

Soit P_1 et P_2 le poids moyen de racines obtenues par plante dans l'horizon profond, respectivement en D_1 et D_2 . Compte tenu de l'objectif de l'expérience qui est la réaction racinaire à la compacité des sols et la faculté de pénétration en profondeur des racines, c'est le rapport $(1 - \frac{P_1}{P_2}) \times 100$ dans l'horizon H_2 qui doit exprimer le mieux les pertes de production en profondeur dues à l'augmentation de compacité. Plus ce rapport est faible, meilleure sera l'adaptation d'une variété par rapport à une autre (tableau IV, arrosage par gravité).

Selon ce critère, ce sont Zakpalé (*O. glaberrima*) et Lung Sheng 1 (*O. sativa japonica*) qui montrent le plus de capacité à s'adapter aux contraintes. Les variétés Zakpalé et Lung Sheng 1 ont les résistances à la compacité les plus fortes et Moroberekan la plus faible.

Pour caractériser la force de pénétration des racines, il faut tenir compte à la fois de la quantité de racines produites et de leur résistance à la compacité du sol. Des différences variétales existent pour ces caractères au stade plantule. Dans les conditions du test la variété Zakpalé présente la combinaison la plus favorable.

Avant d'envisager d'utiliser ces caractères comme critères de sélection, des tests complémentaires ont été réalisés afin de préciser l'influence de certaines conditions déterminées a priori (mode de semis, nombre de plantes par pot, texture du sol utilisé, durée de végétation, mode d'arrosage, mode de préparation des pots...).

Un meilleur contrôle du mode de semis et du nombre de graines permet la diminution du coefficient de variation des mesures.

La texture du sol utilisé semble influencer sur la quantité de racines mais pas sur la répartition dans le profil.

La durée de végétation a une influence sur le développement racinaire relatif entre variétés et il sera donc nécessaire de choisir la durée de végétation en pot en fonction d'une éventuelle relation avec l'état de la plante adulte (certains auteurs ont défini 14 jours pour plusieurs espèces).

Enfin, le mode d'arrosage a une forte influence sur le développement racinaire (tableaux IIIb et IV). Ainsi on ne pourra envisager d'utiliser ce test que lorsque le mode d'arrosage sera mieux défini et contrôlé.

CARACTERISATION DE L'ENRACINEMENT *IN SITU* PAR PLACEMENT DU ^{32}P

L'étude des racines dans les conditions de culture au champ reste nécessaire pour intégrer tous les facteurs de la croissance racinaire qui agissent dans le milieu de culture considéré.

La technique de déterrage et de lavage des racines est très lourde à mettre en œuvre et difficilement envisageable pour un criblage en sélection.

L'utilisation d'un traceur radioactif est susceptible d'apporter une solution relativement simple. C'est pourquoi nous présenterons les principaux résultats obtenus par cette méthode.

Principe. Il consiste à introduire ponctuellement une solution de ^{32}P dans le sol à différentes profondeurs et distances de la plante à tester et à mesurer la radioactivité absorbée dans les parties aériennes (REYNIERS et al. 1979; TRUONG BINH 1977).

Cette technique a été appliquée à 50 variétés pour déterminer la présence ou l'absence de racines à 1 m de profondeur (REYNIERS et TRUONG BINH 1977); la réponse qualitative obtenue s'est révélée en fait peu discriminante.

Il est apparu nécessaire d'obtenir une valeur quantitative de l'absorption du ^{32}P . Il convenait d'une part de vérifier que cette valeur était reliée à d'autres paramètres racinaires et, d'autre part, de déterminer la meilleure profondeur de placement.

Comparaison des profils racinaires caractérisés par la masse racinaire et l'absorption du ^{32}P . L'essai a porté sur deux variétés : IRAT 13 et KU 86, à deux stades de développement et à cinq profondeurs :

- tallage, à 10-20-40 cm de profondeur;
- épiaison, à 10-20-40-60-80 cm de profondeur et à trois distances latérales de la plante : 0-15-30 cm.

Les placements du ^{32}P sont effectués sur 6 plantes par parcelle élémentaire et dans 6 parcelles, soit 36 répétitions.

Parallèlement, des prélèvements de racines par carottes verticaux sont effectués sous les plantes marquées au ^{32}P , aux mêmes profondeurs et distances latérales. Les racines sont séparées par tamisage humide, séchées et pesées.

La figure 2 présente la comparaison des profils des deux paramètres à différents stades et la figure 3 leur liaison.

Au stade du tallage l'absorption du ^{32}P donne une

Fig. 2 : COMPARAISON DES PROFILS, D'ABSORPTION PAR VOLUME, ET DE DENSITE, RACINAIRES *in situ*

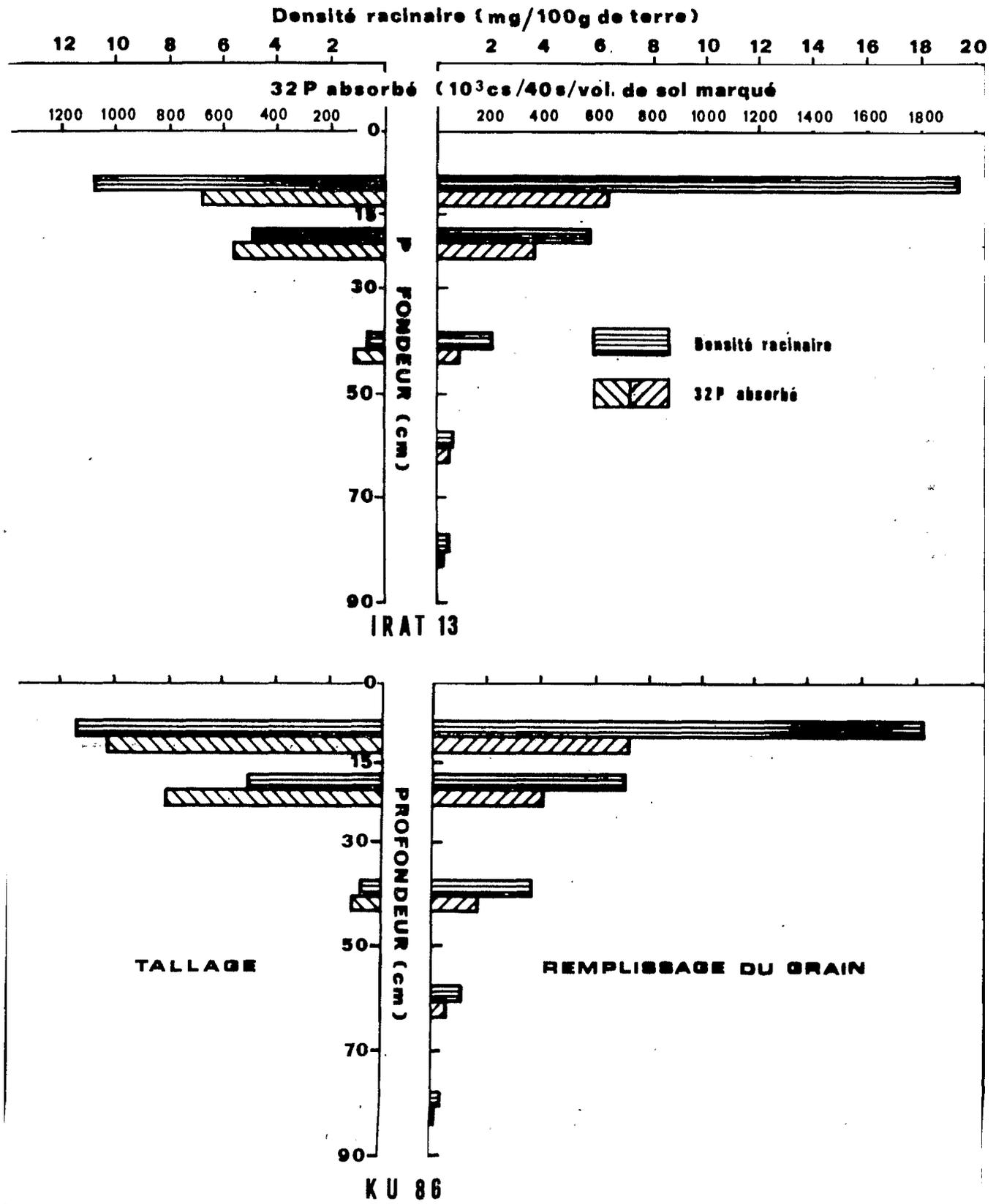
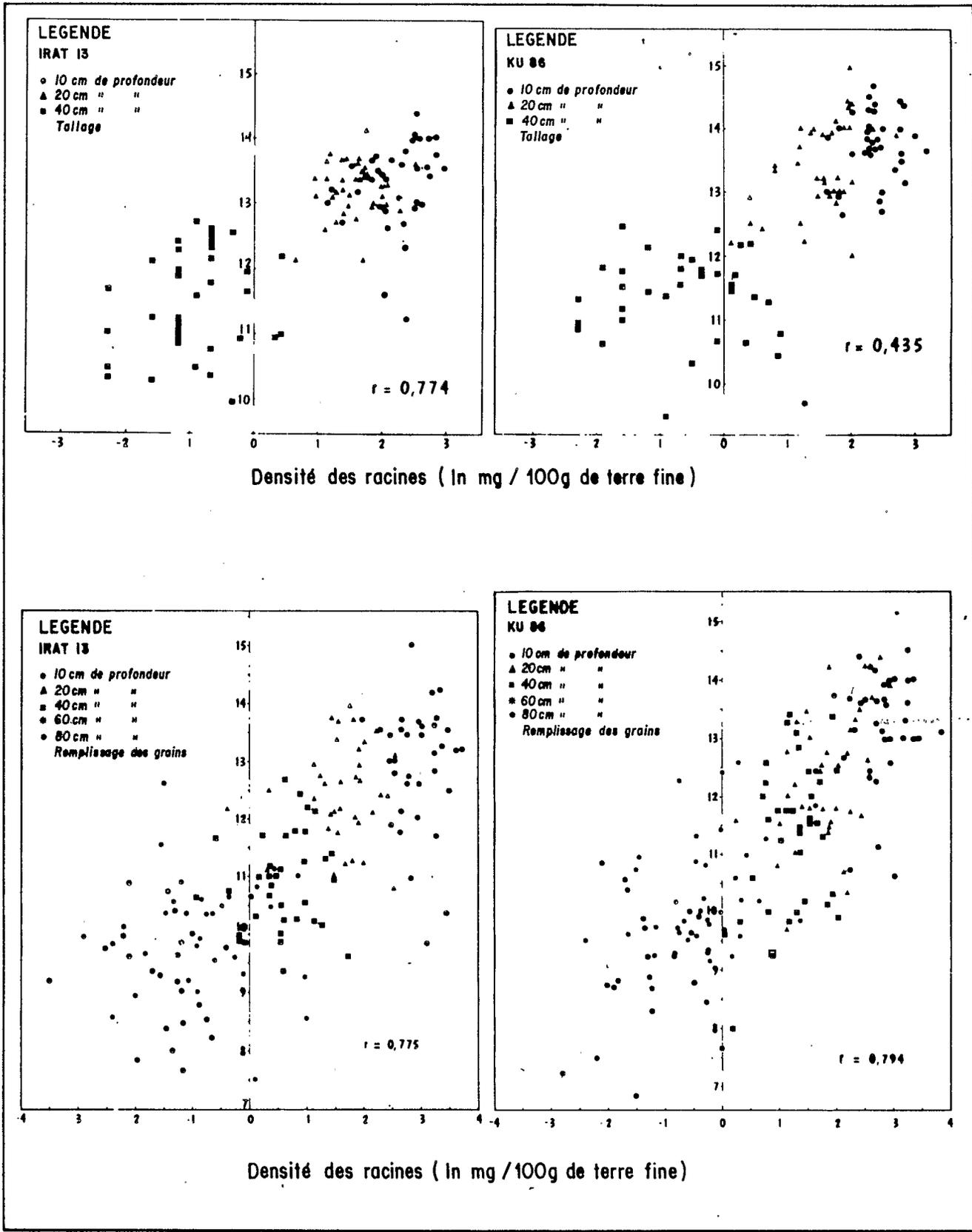


Fig. 3 : VARIATION DU 32 P ABSORBE SUIVANT LA DENSITE RACINAIRE



importance relative plus grande aux racines à 20 et 40 cm par rapport à l'horizon de surface.

Par contre, au stade du remplissage des grains, les deux profils sont homogènes. Cette régularité se retrouve au niveau des coefficients de corrélation qui sont en moyenne plus élevés à ce stade (0,775 et 0,794) qu'au tallage (0,774 et 0,435).

On peut donc considérer que l'absorption du 32p est représentative des quantités de racines et qu'elle constitue un bon moyen pour comparer l'enracinement des variétés *in situ*.

Criblage variétal. Environ 100 variétés sont comparées, choisies comme ayant un cycle précoce, moyen ou tardif. La culture a lieu au champ en région Centre de Côte d'Ivoire, avec la pluviosité naturelle, laquelle a conduit à un déficit hydrique important pendant 15 semaines sur 24. Les semis sont décalés, ainsi l'ensemble des variétés arrive approximativement en même temps au stade reproductif, ce qui permet le criblage dans les mêmes conditions (stade de l'épiaison).

L'activité racinaire à 60 cm de profondeur est évaluée par placement de 5 volumes de 2 ml de solution de 32p autour d'une plante de riz, sur 3 plantes par parcelle élémentaire, ceci répété 4 fois, soit 12 répétitions.

L'examen des tableaux V (a, b, c) indique que, quel que soit le cycle, les différences variétales sont importantes, 1 à 10 au moins.

Parmi les précoces, trois variétés (No Iku Mochi, R 23 K, Se 349 D) sont statistiquement différentes du témoin IRAT 10, mais elles ne sont pas différentes de nombreuses autres.

Le criblage des variétés moyennes permet de mettre en évidence l'intérêt d'un croisement : IRAT 13 x Moroberekan, dont quatre lignées (2603/10, 2303/4/9, 2303/7/8, 2532/10) ont une activité largement supérieure à celle de la plupart des autres variétés. Deux mutants de Moroberekan, IRAT 116 et IRAT 114 se distinguent également.

Chez les tardives, certaines descendance du croisement IRAT 13 x Moroberekan se distinguent aussi nettement de la majorité des autres variétés.

Cette méthode de criblage peut être recommandée. Il serait cependant préférable de comparer l'activité des racines à 40 cm plutôt qu'à 60 cm afin d'avoir une absorption plus élevée et un pourcentage de l'activité totale plus important.

RESISTANCE A LA TRANSPIRATION

L'offre hydrique étant favorisée par l'enracinement, il faut réduire les pertes, autre élément du bilan hydrique de la plante. A cet effet, nous avons abordé la régulation de la transpiration.

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).

Notre objectif est de définir un critère de sélection facilement mesurable et héritable. Un premier travail a consisté à définir une méthode de mesure et à comparer quelques variétés (JACQUINOT et *al.* 1981).

La résistance à la transpiration a été choisie pour des raisons physiologiques et de faisabilité.

Du point de vue physiologique, c'est un facteur important qui, en contrôlant la transpiration par des valeurs élevées, permet à la plante de maintenir un potentiel hydrique élevé en cas de déficit hydrique et à ne pas faire appel à des propriétés de résistance à la dessiccation qui sont très généralement préjudiciables au rendement utile (TURNER 1979).

En ce qui concerne la faisabilité, nous entendons par là tout d'abord une bonne reproductibilité des mesures, ensuite la rapidité et la simplicité de ces mesures, exigées dans un travail de sélection lorsqu'il s'agit du criblage de plusieurs centaines de lignées. Certains poromètres disponibles sur le marché répondent maintenant à ces critères.

METHODES ET MATERIELS

La méthode est inspirée de celle utilisée par HENZELL (1975) qui mettait en présence dans un même pot deux variétés de sorgho, 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.

Soient R_a et R_b les résistances foliaires à la transpiration mesurées respectivement sur une feuille déterminée de la variété témoin et de la variété testée.

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 et au même 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 énergie radiative.

Comme il s'agit d'évaluer les réactions de divers matériels génétiques vis-à-vis de la sécheresse et si possible de les classer en plus ou moins résistants à la transpiration, la méthode graphique est utilisée surtout comme une illustration mais non quantitativement.

D'autre part, 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 de la feuille et du type de capteur.

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

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

où Δt_a et Δt_b sont les réponses obtenues à l'aide du poromètre pour les variétés a et b;

n est le nombre de couples de mesures (Δt_b , Δt_a) effectuées au cours de l'évolution de la sécheresse.

Comme $R_b = \alpha \Delta t_b + \beta$

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

Nous avons donc : $\bar{Y} = \frac{1}{\alpha} \frac{\sum_1^n (R_b - R_a)}{n}$

est la moyenne des différences obtenues au cours de n jours de sécheresse et comportant une mesure par jour et par plante.

Les mesures sont effectuées sur la face inférieure de la deuxième feuille la plus jeune, au milieu de la feuille, à une température de 29°C.

Les plantes sont cultivées dans des pots 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, était d'environ 850 microE m⁻²s⁻¹. La photopériode était fixée à 10 h 1/2 de jour et 13 h 1/2 de nuit.

Les variétés témoins sont les suivantes :

- IRAT 13;
- IRAT 149, IRAT 156 et IRAT 157, trois haploïdes doublés (Asselin de Beauville 1980).

Variétés étudiées :

- *Oryza glaberrima* : 96, Sangaré;
- *Oryza brevigulata* : CAS V5;
- *Oryza sativa, japonica* : Chinei, Lung Sheng 1, Chianan 8;
- *Oryza sativa*, riz pluvial : Paté blanc LA, Moroberekan, Pateyon A, Gouantzeti, E 425, Iguape Cateto, 63-83, IRAT 10, IRAT 106, IRAT 110, IRAT 112, IRAT 133, IRAT 140, IRAT 146;
- *Oryza sativa, indica* : H 105, Teksichut, Carreon, IM 16, IR 8.

RESULTATS

Pour les témoins, la variété IRAT 13 comparée à elle-même permet d'obtenir des différences non significatives, ce qui nous a conduit à l'utiliser comme base de l'échelle de comparaison.

Le tableau VI présente les valeurs moyennes Y, algébriques, obtenues avec différentes variétés utilisées comme témoins.

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.

Ces résultats sont confirmés en utilisant d'autres témoins plus stables.

Nous voyons d'après les premières comparaisons variétales effectuées que, si le classement est éloigné d'une reproductibilité rigoureuse, il est cependant constant si on considère les groupes correspondant à des écarts moyens $\pm 2,5$.

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, japonica*), montrant toutes une forte résistance à la transpiration. Il y a toutefois lieu de noter un lien de parenté entre IRAT 110 et Lung Sheng 1.

Ce test paraît donc susceptible d'être utilisé dans un premier temps pour caractériser les types de plantes les plus résistantes à la transpiration.

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 à plus d'un titre. Ce caractère est associé à la résistance à la sécheresse chez le riz pluvial IRAT 110, c'est-à-dire à d'autres paramètres, mais il existe dans d'autres génomes qui ne contrôlent pas nécessairement cette résistance à la sécheresse.

UTILISATION DES RESERVES DES TIGES

Au cours du cycle de culture, les périodes de sécheresse sont temporaires. Il semble judicieux de chercher à utiliser les périodes favorables pendant la croissance végétative au cours desquelles la plante peut accumuler des réserves mobilisables ensuite pour le remplissage des grains. Chez certaines céréales, des translocations de cette nature ont été mises en évidence et bien étudiées mais pour le riz pluvial il existe très peu de résultats en particulier pour ce qui concerne les différences variétales et l'effet de la sécheresse.

Nous présenterons deux méthodes d'étude du phénomène et analyserons les différences variétales observées *in situ* avec et sans période de sécheresse au cours de la phase végétative.

COMPARAISON ENTRE TRANSLOCATION APPARENTE ET TRANSLOCATION DU ^{14}C

La translocation apparente (TRA) a été estimée par le rapport généralement utilisé :

$$\text{TRA} = \frac{\text{PTF} - \text{PTM}}{\text{PPM} - \text{PPF}}$$

où PTF = poids sec des tiges à floraison,
 PTM = poids sec des tiges à maturité,
 PPM = poids sec des panicules à maturité,
 PPF = poids sec des panicules à floraison.

La migration des photosynthats des parties végétatives vers les grains est évaluée avec un traceur, le carbone ^{14}C .

Les parties végétatives sont marquées par absorption de $^{14}\text{CO}_2$ à différentes phases de la croissance des tiges entre l'initiation paniculaire et l'épiaison. La quantité de traceur dans les grains à la récolte rapportée à la quantité initiale absorbée traduit la proportion des photosynthats assimilés avant floraison et utilisés pour remplir le grain. L'effet de la sécheresse pendant le remplissage du grain est évalué en comparaison avec un traitement irrigué.

Pratiquement les plantes sont cultivées en pot. On a quatre répétitions par traitement. La variété utilisée est IRAT 13. Le déficit hydrique a duré deux semaines, avec $\text{ETR}/\text{ETM} = 0,5$.

Résultats. La translocation apparente est fortement augmentée par le traitement sécheresse, passant du simple au double (tableau VII). Le pourcentage de photosynthats ayant migré des parties végétatives vers les grains est équivalent dans les deux traitements. Ce sont les photosynthats qui ont été produits vers la fin de la montaison qui sont les mieux réutilisés ensuite pour remplir les grains. La mesure de translocation apparente doit être considérée comme relative pour comparer des variétés, cultivées dans les mêmes conditions.

COMPARAISON VARIETALE POUR LA TRANSLOCATION APPARENTE

Quatorze variétés pluviales ont été cultivées au champ en conditions d'alimentation hydrique naturelle et avec des irrigations complémentaires pendant la phase végétative. La translocation apparente a été mesurée sur des échantillons de 8 plantes et sur 5 répétitions.

Résultats. On constate (tableau VIII) que la translocation apparente peut être négative lorsque l'on a une croissance des tiges simultanée au remplissage du grain. Certaines variétés présentent cette caractéristique dans les deux traitements comme Moroberekan, d'autres lorsqu'elles n'ont pas subi de déficit hydrique comme Khao Hay. La variété IRAT 104 a une translocation apparente dans les deux traitements parmi les plus fortes. Signalons que dans cet essai c'est la variété qui a eu le meilleur rendement pour les deux traitements.

La translocation apparente ou si possible la mesure directe de la migration des photosynthats des parties végétatives vers le grain semble un caractère intéressant à prendre en compte pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse du riz pluvial du fait qu'il existe des différences importantes suivant les variétés.

DIFFERENCES VARIETALES DE RENDEMENT EN CONDITIONS DE SECHERESSE — EFFET DU STADE —

EFFET DE PERIODES DE SECHERESSE A DIFFERENTS STADES SUR LA PRODUCTION DE GRAINS DE DIVERSES VARIETES — ESSAIS EN POTS

Pour étudier l'effet de la sécheresse, sur la production des grains, des plantes en pots ont subi des sécheresses à différents stades de leur développement (REYNIERS, 1976). Le déficit hydrique de 50 % par rapport au besoin a duré deux semaines. Deux variétés sont comparées simultanément, 63-83 et Palawan.

C'est dans l'intervalle (— 20 jours, + 20 jours) autour de l'épiaison que la sensibilité est la plus élevée (figure 5) avec une diminution de production de 30 à 70 % suivant la variété et le stade. Par contre, aux autres stades testés, la production a été peu affectée. Les différences

entre 63-83 et Palawan sont intéressantes. La variété 63-83 est moins affectée par la sécheresse juste avant épiaison ; inversement, Palawan est moins affectée par une sécheresse juste après épiaison. La stérilité des grains est plus élevée pour 63-83 avec une sécheresse post-épiaison, pour Palawan avec une sécheresse pré-épiaison.

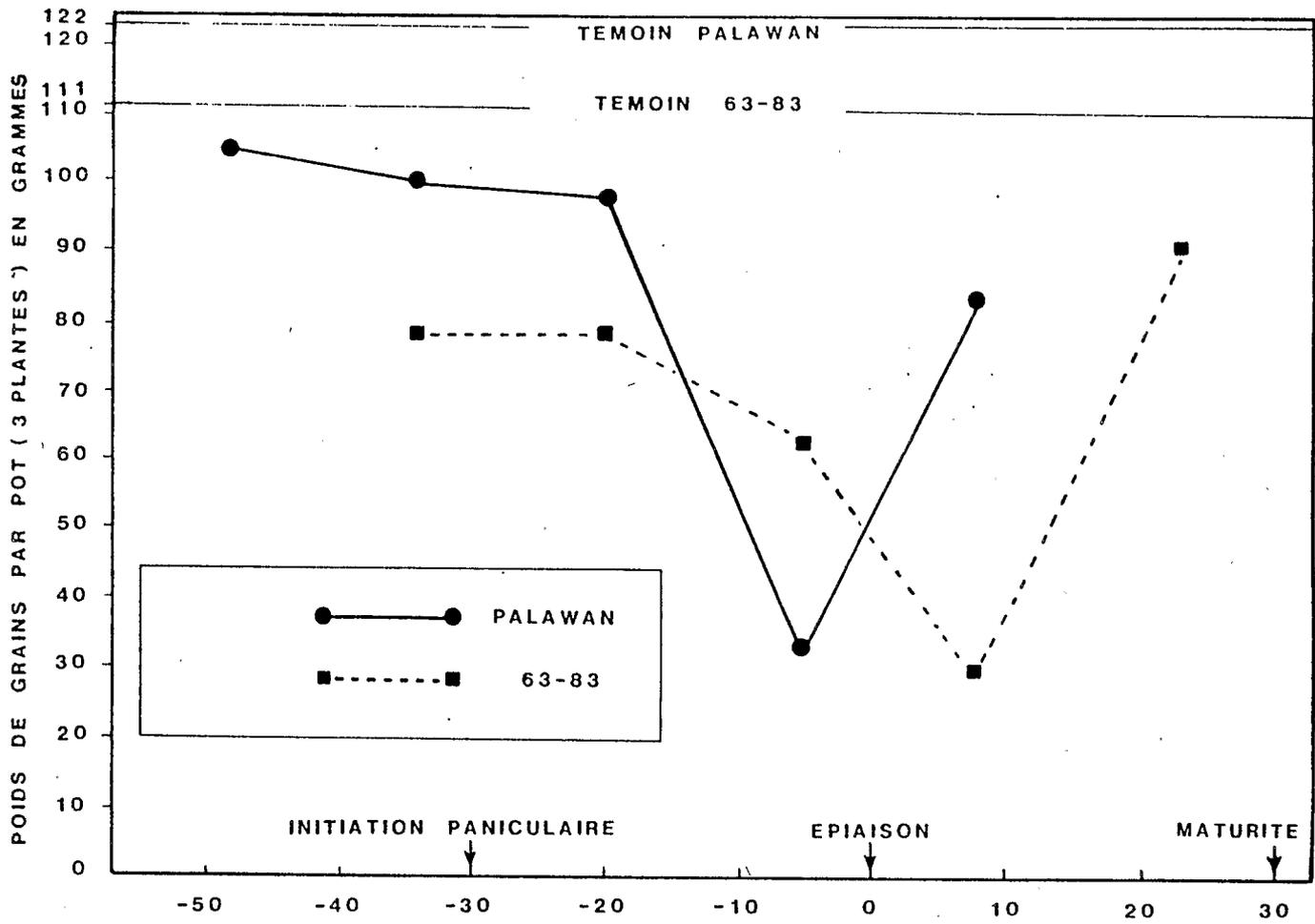
EFFET DE PERIODES DE SECHERESSE A DIFFERENTES PHASES SUR LE RENDEMENT EN GRAINS DE DIVERSES VARIETES — ESSAIS AU CHAMP

Les différences variétales de rendement ont été observées dans des essais au champ, soit avec des périodes de sécheresse imposées, soit en conditions naturelles mais

Fig. 4

PRODUCTION DE GRAINS SUIVANT LA PERIODE DE SECHERESSE ET LES VARIETES

La sécheresse ($\frac{ETR}{ETM} = 0,5$) a duré 7 jours de part et d'autre de la date indiquée



Milieu de la période de sécheresse en jours avant (-) ou après (+) épiaison du témoin

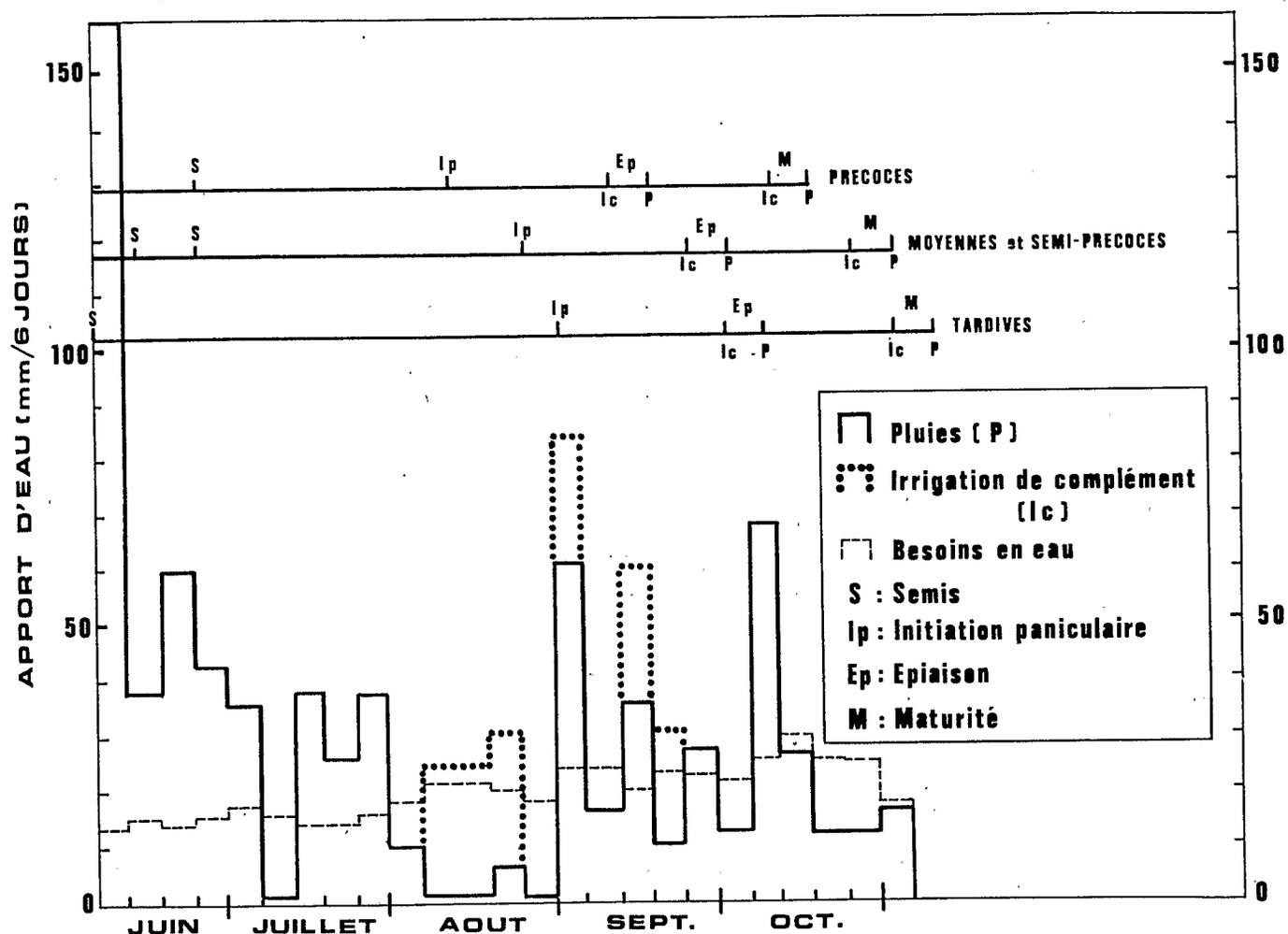


Fig. 5 : ALIMENTATION HYDRIQUE ET PHASES DE DEVELOPPEMENT

en comparant la pluviosité avec l'ETM (Evapotranspiration Maximum) de façon à situer les périodes de développement subissant les sécheresses. Le principe a été de ne comparer des variétés entre elles que si elles avaient subi une ou plusieurs périodes de sécheresse aux mêmes stades et de mêmes intensités.

EFFET DE LA SECHERESSE PENDANT LA CROISSANCE REPRODUCTIVE

Le dispositif utilisé a été décrit (REYNIERS et KALMS 1975). Le principe est de décrire le riz sur une parcelle irrigable. Une période de trois semaines de non-irrigation commence fin novembre, début de saison sèche. Les dates de semis sont choisies pour que toutes les variétés soient aux stades à tester à cette période. Ceux-ci vont de la pré-initiation paniculaire au remplissage du grain.

Le déficit hydrique moyen sur les 21 jours était de l'ordre de 50 mm, soit la moitié de l'ETM calculée à partir

des données climatiques (KALMS 1980). Hors la période sèche les doses d'irrigation correspondaient à l'ETM, sauf exception.

Environ 60 variétés ont été ainsi testées. Elles représentent une variabilité génétique assez large, cependant nous avons dû éliminer les variétés trop sujettes à des épidémies de pyriculariose en conditions pluviales à Bouaké.

Les variétés ayant les meilleurs rendements, pour chaque phase de la croissance reproductive testée, ont été indiquées en % du témoin dans le tableau IX.

D'une année à l'autre, les classements ont été les mêmes. En définitive les variétés les plus tolérantes ont été :

- IRAT 104 et IRAT 109, pour une sécheresse au stade montaison,
- IRAT 13, pour une sécheresse au stade remplissage du grain.

Fig. 6 : ANALYSE DE L'ADAPTABILITE DES VARIETES — Rendement moyen par site (t/ha)

Fig. 6a : Cycle moyen

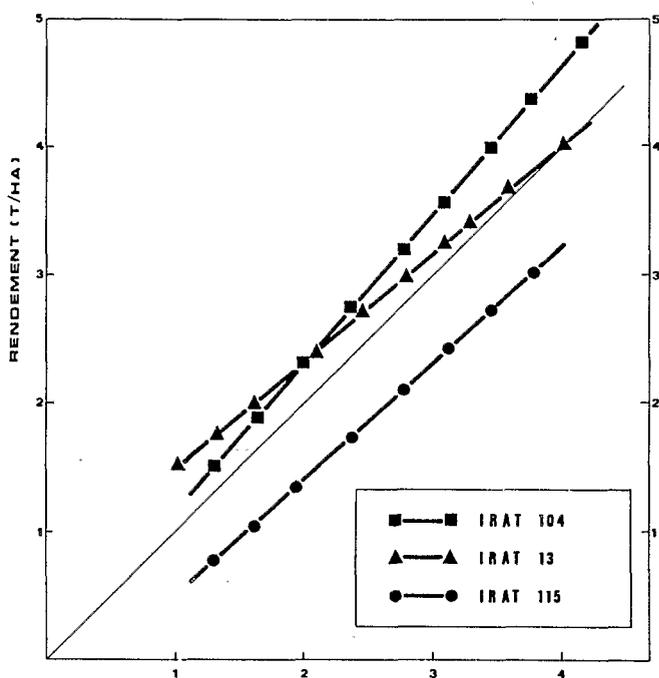
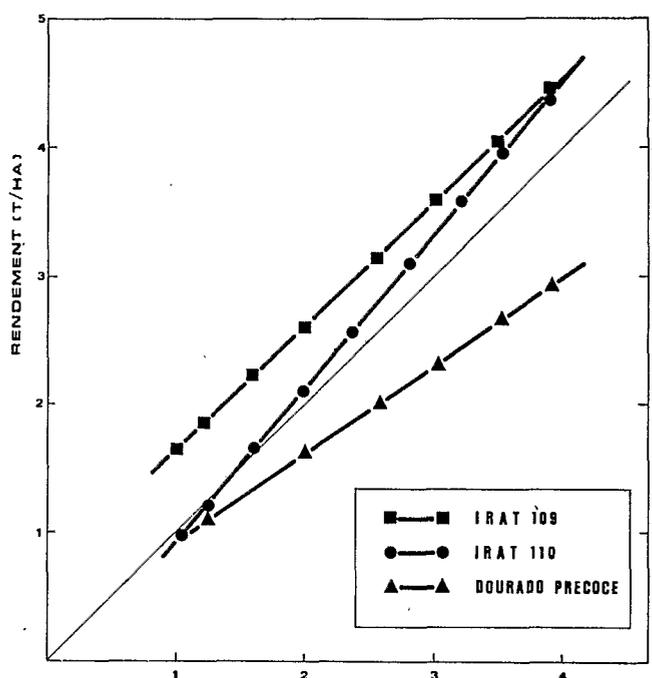


Fig. 6b : Cycle précoce



Le tableau X donne les résultats d'un essai avec un témoin irrigué pendant la période de sécheresse. Dans cet essai, les variétés Palawan et Moroberekan ont subi en plus du stress à l'initiation paniculaire, un stress à partir de la floraison, non prévu, dû à une demande évaporative très forte par suite d'un vent chaud et sec et une irrigation insuffisante. Il n'est donc pas possible de déterminer exactement à quel stade la variété Palawan est plus tolérante que Moroberekan. Cependant, d'après les résultats cités précédemment, il semblerait que ce soit plutôt à la floraison. C'est également à ce stade que d'autres auteurs lui ont trouvé une tolérance particulière (IRRI 1978).

TOLERANCE A LA SECHERESSE PENDANT LA CROISSANCE VEGETATIVE

Seize variétés ont été choisies en fonction de la stabilité de leur rendement sur plusieurs années (ARRAU-DEAU 1980). On a comparé leurs rendements en pluvial strict et avec irrigation complémentaire pendant la phase végétative. Le coefficient de sensibilité à la sécheresse S a été déterminé :

$$S = \frac{R_i - R_s}{R_i}$$

où R_i = rendement avec irrigation,
 R_s = rendement avec période de sécheresse.

Comparaison des rendements des variétés. Selon le traitement hydrique (figure 5), le classement des variétés n'est pas exactement le même (tableau XI).

La variété IRAT 104 est la meilleure dans les deux conditions.

Avec irrigation complémentaire les variétés qui lui sont significativement inférieures sont : I Tame, IRAT 137, KH Chero (ATB 13) et Moroberekan ; en condition pluviale stricte : Makouta, No Iku Mochi, IRAT 137 et Moroberekan.

Classement des variétés en fonction du coefficient de sensibilité S. Les classements pour le rendement en condition de sécheresse et selon le coefficient de sensibilité ne sont pas reliés (tableau XI).

Par contre le coefficient de sensibilité est lié en partie au rendement en condition irriguée ($r = 0,67$). Fisher et Wood (1979) comparant 40 lignées de blé avec un dispositif semblable ont constaté le même phénomène. Ceci confirme que les variétés les plus stables sont fréquemment celles qui ont les moins bons rendements dans de bonnes conditions.

Effets de la sécheresse à la phase végétative sur le rendement. L'effet a été significatif sur IRAT 104, IRAT 13, RE 19 A, K2 C54, KU 115, KU 86 et Makouta. Ainsi ce sont les variétés qui sont les plus productives dans les deux conditions qui répondent de façon significative au stress avec une exception pour KH Chero qui se classe bien seulement en condition de stress.

VOIES DE SELECTION POUR LA TOLERANCE A LA SECHERESSE

Au vu des connaissances actuelles que nous avons sur les différents aspects de la tolérance à la sécheresse du riz pluvial, deux voies pour son amélioration peuvent être envisagées, chacune se décomposant en deux étapes.

PREMIERE VOIE

Etape 1. Sélectionner des variétés pour chacun des facteurs de tolérance à la sécheresse, en particulier : enracinement profond, résistance à la transpiration élevée, translocation apparente des tiges vers les grains, pour ne citer que ceux que nous avons présenté.

Etape 2. Croiser les variétés présentant une bonne expression de ces caractères et sélectionner les lignées cumulant les différents facteurs de résistance.

DEUXIEME VOIE

Etape 1. Sélectionner des variétés sur le rendement en condition de sécheresse à des stades de développement donnés : stade végétatif et différents stades de développement reproductif.

Etape 2. Croiser les variétés présentant les meilleurs rendements en conditions de sécheresse à des stades différents et sélectionner dans les descendances les lignées cumulant la tolérance aux différents stades.

DISCUSSION

La seconde voie utilise plus généralement des variétés déjà sélectionnées pour divers caractères dont l'aptitude au rendement. Elle trie parmi ces variétés celles qui ont

globalement une résistance à des périodes de sécheresse. De telles variétés peuvent être alors immédiatement diffusées ou être utilisées comme géniteurs pour l'étape 2.

Cette seconde voie a commencé à être testée par l'IRAT et l'IDESSA en Côte d'Ivoire.

L'étape 1 a permis de sélectionner les variétés IRAT 13, IRAT 104 et IRAT 109. Dans les essais multiloceaux de l'ADRAO dans 10 biotopes de l'Afrique de l'Ouest, ces variétés se sont révélées comme présentant une large adaptabilité (figure 6 a et b).

L'étape 2 a été entreprise en croisant IRAT 13 et Palawan, sélectionnées au cours de l'étape 1. Il est encore trop tôt pour savoir si les descendants ont pu cumuler des tolérances à des stades différents mais certaines lignées apparaissent intéressantes, telle IRAT 170 (tableau XII).

La première voie est plus prospective, elle tend à rassembler dans le même génotype des facteurs de résistance qui n'ont pas été forcément regroupés par le jeu de la sélection naturelle ou artificielle.

Cette première voie commence également à être explorée par l'IRAT, au moyen de criblages pour les facteurs de résistance importants que nous avons cités dans le premier chapitre.

La première et la seconde voie ainsi décrites apparaissent, de toutes manières, complémentaires.

Bibliographie

- ARRAUDEAU, M. 1980. Résultats de l'essai pluridisciplinaire. DCV/IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire. 23 p.
- ASSELIN de BEAUVILLE, M. 1980. Haplomethod on rice at IRAT. In celebrating the 20 th anniversary of the IRRI (Spec. Plan. Conf. on Rice Tissue Culture). 28-30 apr. 1980.
- BAYOGO, A.J. 1980. Recherche d'un test de sélection de variétés de riz pluvial résistantes à la sécheresse grâce à l'étude de la réaction racinaire à la compacité d'un sol. Mémoire DEA. ENSA, Montpellier. 78 p.
- FISHER, R.A. and Wood, J.T. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morpho-physiological traits. Aust. J. Agro. Res. 80:1001-10020.
- 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 Sci. 16:516-518.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1978. Drought resistance in GEU program. Annual Report. Los Banos, Philippines.
- JACQUINOT, L. 1969. La nutrition minérale du mil. 1- Effet de la nature de l'alimentation azotée sur l'absorption de l'azote sur la croissance. L'agr. Trop., 24 (12):1129-1138.
- JACQUINOT, L. Forget, M., Edah, K.A. 1981. La résistance à la transpiration chez le riz pluvial (*Oryza sativa*). Etude d'un test de criblage variétal. IRAT. Agr. Trop., 36 (3):247-252.
- JACQUOT, M., et Arnaud, M. 1979. Classification numérique de variétés de riz. L'agr. Trop., 33 (4): 307-313.
- KALMS, J.M. 1980. L'évapotranspiration réelle maximale (ETM) du riz pluvial en région centre de Côte d'Ivoire. DCV/IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire. 10 p.
- KALMS, J.M., et FOREST, F. 1981. Influence des conditions pédoclimatiques sur le rendement du riz pluvial en région Centre Côte d'Ivoire. IRAT. A paraître.
- REYNIERS, F.N., and KALMS, J.M. 1975. Study of varietal drought resistance in rice for its improvement. In Proceedings of physiology program workshop. IITA, Ibadan, Nigeria.
- REYNIERS, F.N. 1976. Rapports annuels 1974 et 1975 de la section de physiologie. DCV/IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- REYNIERS, F.N., TRUONG BINH, BOIS, J.F., BONNIN, E. THOMIN, G. 1978. Caractérisation de l'enracinement du riz pluvial in situ avec le phosphore 32. In Proceedings of «Isotopes and Radiation in Research on Soil-Plant Relationships». Colombo, Sri Lanka. 11-15 dec. 1978.
- REYNIERS, F.N., TRUONG BINH. 1977. Screening with 32 p for rooting depth among varieties of rainfed rice. In «Rice in Africa». IITA, Ibadan.
- REYNIERS, F.N., Jacquot, M. 1978. Démarche pour l'obtention de la résistance variétale à la sécheresse : cas du riz pluvial. L'agr. Trop., 33 (4):314-317.
- STIGTER, C.J. 1972. Leaf diffusion resistance to water vapour and its direct measurement. Meded. Land Bouwhogeschool Wageningen, 72-3. 47 p.
- TRUONG BINH. 1977. Utilisation de traceurs radioactifs pour l'étude de l'enracinement du riz pluvial en Côte d'Ivoire. Rapport AIEA n° 1205. 24 p.
- TRUONG BINH, BEUNARD, P. 1978. Etude de la croissance racinaire de six variétés de riz pluvial en culture aéroponique. L'agr. Trop. 33 (3):231-236.
- TURNER, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. Pages 343-372 In Stress Physiology in crop plants. Ed. by H. Mussel and R.C. Staples. Wiley Interscience. New-York.

Tableau I
CARACTERISTIQUES DES RACINES A 90 JAS EN CULTURE AEROPONIQUE

Variétés	Longueur maxima (cm)	Matière sèche (mg)	Longueur totale (m)	Nombre racines principales	Masse racines / Masse tiges	Racines > 30 cm / Masse tiges
1 - IR 5	63 abc	386 a	15,14 ab	52 b	0,132 c	0,027 ab
2 - IRAT 9	50 cd	261 a	20,78 a	93 a	0,142 bc	0,015 ab
3 - IRAT 10	51 bcd	547 a	17,01 ab	70 a	0,157 bc	0,024 ab
4 - IRAT 13	65 ab	430 a	14,31 ab	48 b	0,141 bc	0,025 ab
5 - 63-83	61 abc	710 a	15,72 ab	56 ab	0,169 b	0,032 a
6 - Moroberekan	67 ab	500 a	14,03 ab	42 b	0,237 a	0,063 a
7 - Pratao	48 d	525 a	13,42 ab	64 ab	0,156 bc	0,009 b
8 - LAC 23	68 a	642 a	16,14 ab	49 b	0,232 a	0,053 a
9 - IAC 1246	60 ab	440 a	11,87 b	47 b	0,171 b	0,032 a
10 - Palawan	67 ab	416 a	15,51 ab	50 b	0,206 a	0,043 a
Moyenne	59	485	15,39	57	0,174	0,032
C.V. %	16	51	39	28	19	48

Les variétés affectées de la même lettre ne sont pas différentes par le test DUNCAN

Tableau II
CLASSEMENT DES VARIETES SELON DEUX CARACTERISTIQUES DE L'ENRACINEMENT
LIEES A LA TOLERANCE A LA SECHERESSE ET OBTENUES EN CULTURE AEROPONIQUE A 90 JAS

Longueur maximale des racines (cm)	Masse racinaire/Masse parties aériennes		
	0,25 - 0,20	0,20 - 0,15	0,15 - 0,10
70 - 61	Lac 23 Moroberekan Palawan	63-83	IRAT 13 IR 5
60 - 51		IRAT 10 IAC 1246	
50 - 41		PRATAO	IRAT 9

Tableau III a
EFFET DE LA COMPACITE DU SOL SUR LE POIDS DE RACINES PAR PLANTE (en 1/10 mg) — arrosage par gravité
Classement variétal moyen ($\frac{P_1 + P_2}{2}$) : les chiffres affectés de la même lettre ne sont pas différents par le test DUNCAN

Variétés	Horizons / Densités	H ₀		H ₁		H ₂		Total	
		D ₁ (P ₁)	D ₂ (P ₂)	D ₁ (P ₁)	D ₂ (P ₂)	D ₁ (P ₁)	D ₂ (P ₂)	D ₁ (P ₁)	D ₂ (P ₂)
63 - 83		19	12	57	39 a			90	91 a
KU 86		15	10	47	35 b			75	80 b
Zakpalé		5	4	41	27 c			67	75 b
IRAT 13		14	10	36	22 c			59	59 c
Moroberekan		8	6	29	23 c			41	51 d
IR 5		9	6	21	18 d		20	38	44 de
Lung Sheng 1		5	5	23	18 d		12	33	35 e

Tableau III b
EFFET DE LA COMPACTITE DU SOL SUR LE POIDS DES RACINES PAR PLANTE (en 1/10 mg)
— arrosage par remontées capillaires

Variétés	Profondeur Densité	Equivalent H ₂		Total	
		D ₁ (P ₁)	D ₂ (P ₂)	D ₁ (P ₁)	D ₂ (P ₂)
63 - 83		32	61	82	125
Zarpalé		29	37	64	83
IRAT 13		36	33	81	73
Moroberekan		29	37	71	89
IR 5		50	42	91	98
Lung Sheng 1		24	71	68	118

Tableau IV
PERTES DE PRODUCTION RELATIVE ($1 - \frac{P_1}{P_2} \times 100$ dans l'horizon H₂)

Variétés	Arrosage par gravité		Arrosage par remontées capillaires	
	% pertes	Classement	% pertes	Classement
63 - 83	64	4e	23	5e
KU 86	66	5e	non testé	non testé
Zakpalé	51	1e	10	4e
IRAT 13	69	6e	- 4 (gain)	2 e
Moroberekan	78	7e	9	3e
IR 5	62	3e	- 8 (gain)	1e
Lung Sheng 1	56	2e	40	6e

Tableau V
DIFFERENCES VARIETALES DU 32p ABSORBE PAR LES RACINES A 60 CM DE PROFONDEUR

Tableau V a : Variétés de cycle précoce

Tableau V b : Variétés de cycle moyen

Tableau V c : Variété de cycle tardif

Varités (Test de Duncan)	32 p absorbé à 60 cm de profondeur (coups/s/ emplacement)	varités (Test de Duncan)	32p absorbé à 60 cm de profondeur (coups/s/ emplacement)	Varités (Test de Duncan)	32p absorbé à 60 cm de profondeur (coups/s/ emplacement)
NO IKU MOCHI	1757	IRAT / MOROBEREKAN (2603/10)	3276	IRAT 13 x MOROBEREKAN (2532/8)	1705
R 23 K	1688	IRAT 116	3169	LAC 23	983
SE 349 D	1453	IRAT 13 / MOROBEREKAN (2303/4/9)	3137	GBANTE	872
R /b	1189	IRAT 13 / MOROBEREKAN (2303/7/8)	2647	KH CHERO (ATB 13)	813
NO IKU 1b1/	1189	IRAT 13 / MOROBEREKAN (2532/10)	2167	434	693
RE 10/	1142	IRAM 31/8/6	1213	P 44	686
KU /8	1142	IRAT 114	1201	IRAM 5/9/12/5	529
KHAO HAY (SDB 18)	1076	TAINAN 5	1065	IRAM 118/13	484
E 425	847	TP Sel / (B 52 4820) 182	936	IRAT 13 x MOROBEREKAN (2543/8)	469
LAURENT	821	IRAM 115/A/2	908	IRAT 13 x MOROBEREKAN (2535/7)	420
TAIWAN IKU 512	797	MACK FAY DENG	846	MACALINO	420
IRAT 13 / IRAT 10 (126/3)	774	M 949 m/9/1	766	IRAT 137	404
KU 113 2	766	RE 352 V	736	K2 C54	396
KU 117	766	IRAT 106	707	H 5	392
SEGUEMANI L	714	IRAT 115	686	MURUNGAKAYAN	377
R 60	693	IRAM 1632	673	IRAM 31/5/9	351
CHUN 139 12	666	IRAM 115/B/15/8	673	IRAT 113	324
IRAT 13 / DOURADO PRECOCE 598/5	642	KHAO MONE TIA	659	K2 B32	268
IRAT 13 / IRAT 10 (287/10)	621	IRAT 78	633	LAC 48	250
KU 8/ 1	609	IAC 3100	602	PATEYON A	235
KHAO CHAO (SBB 31)	602	IRAT 138	567	HT 74/75	226
TAVA LAKKANNAN P I B 9	567	IRAM 31/6/12	562	LAC 73 B	173
HOHONO	539	RT 1077 III A	524	MOROBEREKAN	136
IRAT 13 / IRAT 10 (129/8)	539	HT 74-7	524	LINE x MOROBEREKAN (1827/3)	130
KU 86	524	IRAT 132	519		
IRAT 13 / IRAT 10 (163/7)	479	IRAM 31/8/12	488		
IRAT 110	474	63-83	479		
RE 19 M	442	IRAM 115/A/2/13	446		
IRAT 107	429	63-41	442		
IRAT 108	416	REUNION HN	437		
KU 56 2	408	KHAO LAY	408		
IRAT 10 TEMOIN	384	IGUAPE CATETO	396		
IRAT 111	355	RE 352 GS 24	365		
R 54	334	IRAT 140	358		
IRAT 13 / IRAT 10 (244/1)	302	KH CHE BROCK ATB 7	341		
HAO KHAO (VIB 10)	282	I TAME	334		
KU 115	276	MAKOUTA	321		
MACK O	193	KHAO MONE SOUNG	318		
CHAO HAY (a) (LBB 40)	178	IRAT 13 TEMOIN	315		
PRATAO PRECOCE	158	IRAM 44-9-2	311		
		YRIKPO KOLOTCHIE	299		
		IRAT 117	299		
		IRAM 31-1-4	285		
		RE 352 GS 10	276		
		IRAT 139	265		
		IRAT 104	258		
		IRAT 136	245		
		IRAT 105	245		
		CS 10 G2	219		
		HYB 1229/5/9	213		
		RE 19 A	189		
		CI 345	163		
		IRAT 103	149		

Tableau VI
CLASSEMENT DE DIFFERENTES VARIETES SUIVANT LEUR RESISTANCE A LA TRANSPIRATION

Tableau VI a : IRAT 13 comme témoin

Plus résistant	Equivalent	Moins résistant
\bar{Y}	\bar{Y}	\bar{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 Cateto - 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	
	Pate blanc LA - 1,5	
	IM 16 - 1,7	
	IRAT 112 - 1,7	

Tableau VIb : Haploïdes doublés comme témoins

Témoins											
IRAT 156				IRAT 149				IRAT 157			
$\bar{Y} + 0,4$ (a)				$\bar{Y} - 0,9$ (a)				$\bar{Y} + 0,1$ (a)			
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) corrigées de la valeur moyenne pour IRAT 13

Tableau VII
COMPARAISON DES EFFETS DE LA SECHERESSE POST-FLORAISON SUR LA TRANSLOCATION APPARENTE ET LA MIGRATION DE $14C$ ASSIMILE AVANT FLORAISON

Date de marquage	% de $14C$ dans la panicule		Translocation apparente en %	
	Témoin	Déficit hydrique	Témoin	Déficit hydrique
74	14,4	10,3	41	82
81	25,4	28,7	28	63
93	45,3	41	8	27
101	43,3	39,05	16	56

Tableau VIII
TRANSLOCATION APPARENTE DE DIFFERENTES VARIETES
AVEC OU SANS DEFICIT HYDRIQUE A LA PHASE VEGETATIVE

Variétés	Translocation apparente	
	Témoin	Déficit hydrique à la phase végétative
IRAT 137	0,079	- 0,600
Moroberekan	- 0,150	- 0,270
Makouta	- 0,027	- 0,120
RE 19 A	0,340	- 0,230
I Tame	0,432	0,045
M 949 m/9/1	0,491	0,034
IRAT 104	0,170	0,380
IRAT 13	- 0,040	- 0,002
No Iku Mochi	- 0,133	- 0,162
Khao Hay	- 0,425	0,064
KU 86	- 0,080	- 0,034
KU 115	- 0,102	0,340
IRAT 133	- 0,735	0,023
IRAT 10	- 1,491	- 0,470

Tableau IX
CLASSEMENT DES MEILLEURES VARIETES EN % DU RENDEMENT DU TEMOIN

Stade avec déficit hydrique				
Latence	Montaison		Remplissage du grain	
Palawan 175	IRAT 104	129	IRAT 113	103
Moroberekan* 100	IRAT 109	129	IRAT 13*	100
	IRAT 13*	100	IRAT 104	91
	63-83	78	Moroberekan	85
	IR 480	69	IRAT 140	70
	Moroberekan	50		
	Palawan	41		

* Témoin

Tableau X
COMPARAISON DES RENDEMENTS (en g.m⁻²) DES VARIETES AVEC ET SANS IRRIGATION ;
LES PERIODES DE SECHERESSE SONT CALEES SUR LA DATE D'EPIAISON DU TRAITEMENT SECHERESSE

Stade avec sécheresse	Variétés	Rendement irrigué	Rendement avec sécheresse
Montaison	Moroberekan	347	133
	Palawan	397	113
	Fossa	348	110
	IR 5	200	146
	63-83	493	232
	IRAT 13	485	296
	IRAT 9	414	173
Initiation paniculaire et après floraison	Moroberekan	317	198
	Palawan	321	304
	Fossa	380	311
Floraison	63-83	483	188
	IRAT 13	568	272
	IRAT 9	415	165

Tableau XI
COMPARAISON DES RENDEMENTS DES VARIETES (t.ha⁻¹) EN PLUVIAL AVEC OU SANS IRRIGATION
DE COMPLEMENT PENDANT LA PHASE VEGETATIVE

Pluies et irrigation de complément		Pluies		S coefficient de sensibilité
IRAT 104	3,38 a	*IRAT 104	2,43 a	0,28
KU 86	3,30 a	*IRAT 13	2,23 a	0,24
KU 115	3,24 ab	*RE 19 A	2,21 ab	0,27
K2 C54	3,19 ab	**K2 C54	2,17 abc	0,32
949 m/9/1	3,11 ab	*949 m/9/1	2,14 abc	0,31
IRAT 13	2,93 abc	Khao Hay	2,10 abc	0,25
Khao Hay	2,80 abc	KH Chero (ATB 13)	1,97 abc	-0,12
RE 19 A	2,79 abc	**KU 115	1,97 bcd	0,39
Makouta	2,58 abcd	Itame	1,90 bcd	0,23
No Iku Mochi	2,57 abcd	**KU 86	1,80 cd	0,45
Itame	2,49 bcd	*Makouta	1,75 cde	0,32
IRAT 137	2,14 cd	No Iku Mochi	1,54 de	0,37
Kh Chero (ATB 13)	1,76 de	IRAT 137	1,42 de	0,33
Moroberekan	1,32 e	Moroberekan	1,21 e	0,08
Moyenne	2,89		1,92	

* Différences entre traitements hydriques pour la même variété avec 5 % d'erreur.

** Différences entre traitements hydriques pour la même variété avec 1 % d'erreur.

Tableau XII
COMPARAISON DES RENDEMENTS DANS DIFFERENTES REGIONS DE COTE D'IVOIRE (t. ha⁻¹)

Variétés	Bouaké	Odiéne	Man
IRAT 170 (= IRAT 13 × Palawan)	3,76	4,39	3,19
IRAT 13	2,90	4,42	3,04
IRAT 104	3,36	3,90	4,03