



Effet de la fumure organique sur la croissance et le rendement du riz NERICA 3 (WAB 450 IBP 28HB) à Faranah

Diawadou DIALLO¹, Zoumbiessé TAMINI^{2*}, Boubacar BARRY³ et
Adrien Ouendéno FAYA⁴

¹Département d'Agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire (ISAV) de Faranah, République de Guinée.

²Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale, Université de Ouaga, 09 BP 848 Ouagadougou 09.

³Département de Génie rural, ISAV de Faranah République de Guinée.

⁴Département d'Elevage, ISAV Faranah, République de Guinée.

*Auteur correspondant ; E-mail: zoumtam@gmail.com

RESUME

Dans le but d'évaluer les effets de la matière organique sur la résistance du riz NERICA (*New Rice for Africa*) au stress hydrique sur sol ferrallitique, un essai est réalisé au champ à Faranah de juillet à novembre 2008. Le dispositif utilisé est le Blocs Complets Randomisés factoriel à trois répétitions. Les traitements comportent: (i) trois dates de semis, à 15 jours d'intervalle, induisant trois niveaux de stress : 25/07/08 (d₁), 9/08/08 (d₂), 24/08/08 (d₃); (ii) deux doses de matière organique D₀ (témoin) et D₁ (60 tonnes de fumure par hectare). La réponse au stress hydrique est évaluée à travers la croissance (hauteur des plants, longueur de la racine la plus allongée), le nombre de talles fertiles, le rendement et l'indice de sensibilité au stress. Les résultats montrent que quelque soit la date de semis l'apport de fumure augmente les rendements par rapport au témoin soit: 4,06 t/ha à d₁, 2,43 t/ha à d₂, 1,44 t/ha à d₃. Ainsi l'utilisation de la matière organique permet-elle de maintenir des niveaux de production plus élevés par rapport au témoin; donc la fertilisation améliore la résistance à l'insuffisance d'eau due à un semis tardif ou semi-tardif.

© 2010 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Oryza sp.*, réponse au stress hydrique, fertilisation, date de semis, stades phénologiques.

INTRODUCTION

L'agriculture tropicale connaît un certain nombre de contraintes parmi lesquelles on note le faible niveau de fertilité des sols, le faible taux d'utilisation des intrants agricoles, le bas niveau de l'équipement technique et les pratiques agro techniques non appropriées. A ces contraintes plutôt technico-économiques, s'ajoute une autre, naturelle, le déficit pluviométrique. En effet, l'analyse de la pluviométrie de la Guinée de 1971 à 1990,

faite par Barry et Sivakumar (1997), montre un net déficit avec de fortes possibilités que des périodes de sécheresse de 10 à 15 jours consécutifs en saison pluvieuse s'installent dans tout le pays à l'exception de la zone forestière. Pour pallier ce déficit pluviométrique progressif, l'utilisation de la matière organique pourrait être l'une des solutions. En effet, dans des conditions de déficit hydrique, son influence sur le régime hydrique reste déterminante pour l'obtention

© 2010 International Formulae Group. All rights reserved.

de bonnes récoltes (Diallo, 1989). Selon Diaz (1970), la conservation de l'eau facilement utilisable dans le sol est proportionnelle à la teneur en humus du type Moder. Selon l'auteur, la quantité d'eau facilement utilisable dans le sol est inversement proportionnelle à la teneur en acides humiques et proportionnelle à la teneur en acides fulviques. L'auteur signale par ailleurs, qu'au fur et à mesure que la partie périphérique de l'humus est plus développée que la partie centrale (aromatique), l'humus retient plus d'eau facilement utilisable. Selon Orlov (1985), les engrais organiques sont non seulement sources d'éléments nutritifs pour les plantes, mais ils sont aussi des régulateurs du régime hydrique et améliorateurs de tous les paramètres de fertilité car ils diminuent fortement la solidité des liaisons entre l'eau et les particules du sol. Le riz est une plante dont les besoins en eau sont élevés. En culture sèche, il lui faut 1.000 à 1.800 mm (Diallo, 2009). Il s'adapte à une large gamme de sols, pourvu qu'il y ait de l'eau, mais préfère cependant ceux à texture fine contenant 70% de sables grossiers ou fins avec 40% d'argile, mais riche en matière organique avec pH de 6 à 7 (MFC, 1991; Jacquot et al., 1997; MAE-CIRAD, 2002). Le NERICA étant une variété fortement sélectionnée, comporte certainement des caractéristiques qui lui permettent de s'adapter facilement à des variations climatiques et donc d'être plus plastique. Malgré cela le déficit hydrique provoque une diminution moyenne de 25,34% du rendement de NERICA 3 (Diallo, 2009).

L'objectif de ce travail est donc d'évaluer l'influence de la fumure organique sur la résistance du riz NERICA 3 (*Oryza sp*) au stress hydrique, en considérant qu'en conditions de culture pluviale les semis tardif et semi-tardif induisent une forme de stress hydrique. Cela permettra de faire des recommandations pour l'utilisation de cet intrant dans la fertilisation en riziculture pluviale en zone et période à faible pluviométrie.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Le matériel végétal est la variété NERICA 3 (WAB 450 IBP 28HB), mise au point par l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest ou Centre du Riz pour l'Afrique (ADRAO). C'est une variété pluviale de grande culture avec un cycle végétatif de trois mois qui a été introduite en Guinée en 1997.

Coordonnées du site expérimental

Le champ d'essai est situé dans la station expérimentale du Département d'Agriculture de l'ISAV dans la Préfecture de Faranah en Haute Guinée. La ville de Faranah est située entre 10°00' et 10°10' de latitude Nord et 10°42' et 10°50' de longitude Ouest couvrant une superficie de 12.926,138 km² avec une population de 147.343 habitants.

Caractéristiques du sol expérimental

Le sol expérimental est ferrallitique à texture sablo-limoneuse et à structure fragmentaire. Les analyses physiques et agrochimiques du sol ont été effectuées au Centre d'Etude et de Recherche en Environnement (CERE) de l'Université de Conakry et au SENASOL (Conakry). Les résultats d'analyses du sol de base sans fumure et du terreau sont présentés dans le Tableau 1. D'après ces analyses, il ressort que la densité apparente et la porosité du sol expérimental sont dans l'ensemble bonnes mais il demeure pauvre en NPK. Le taux de matière organique est faible et le pH acide. L'apport important de fumier a donc pour but de combler ce déficit. En effet comme l'indique le Tableau 1, l'analyse du terreau indique 5,46% de matière organique, 2,27% d'azote, 6ppm de phosphore et 52,22 ppm de potassium.

La végétation rencontrée est généralement herbacée et comprend *Cyperus rotundus* (L), *Ageratum conyzoides* (O), *Imperata cylindrica* (L), *Rottboelia exaltata* (L) etc.

Observations météorologiques

Les données météorologiques 2008 ont été obtenues à partir de la station météorologique de Faranah, située à 2,5 km de l'ISAV. Celles relevées au cours de l'essai sont la pluviométrie totale avec 1406 mm en 120 jours, l'humidité relative moyenne de 79,2% et la température moyenne de 30,6 °C.

Protocole expérimental

Le dispositif expérimental est le Blocs Complets Randomisés (BCR) factoriel avec six traitements et 3 répétitions.

Deux types de sols ont été utilisés (D₀ témoin sans fumure et D₁ dosé à 60 tonnes par hectare) aux trois dates de semis suivantes: d₁= 25/07/2008; d₂= 9/08/2008; d₃ = 24/08/2008. La date d₁ est considérée comme témoin, tandis que les dates d₂ et d₃ sont considérées comme pouvant induire deux niveaux de stress, respectivement modéré (d₂) et sévère (d₃). Les six traitements découlant de la combinaison des niveaux des deux facteurs sont: D₀d₁, D₁d₁, D₀d₂, D₁d₂, D₀d₃, D₁d₃. Les observations phénologiques ont été faites au début (10% des plantes) et à la fin (75% des plantes) des stades suivants: la levée, le stade de 3 feuilles, le tallage, la montaison, l'épiaison et la maturation.

Les évaluations biométriques ont porté sur: (i) la hauteur des plants mesurée du collet à l'extrémité de la panicule la plus longue à l'aide d'un mètre ruban de 5m; (ii) le nombre de talles fertiles par plant; (iii) la longueur racinaire mesurée du collet à l'extrémité de la racine la plus longue; (iv) le rendement déterminé par la pesée des grains récoltés sur une aire de 1 m² à 14% d'humidité sur une balance de marque «*Sarzani*» de précision un gramme et enfin le taux d'humidité déterminé à l'aide d'un testeur d'humidité de marque «*Grainer II*».

Traitement des données

La méthode d'analyse de variance a été faite variable par variable. Pour la comparaison des moyennes, le test de la PPDS au seuil de 5% a été utilisé.

L'indice de sensibilité au stress hydrique (S%) a été calculé à partir de la formule donnée par Zombré et al. (1994),

$$S\% = \frac{PT - PM \text{ ou } PS}{PT}$$

où:

PT = Paramètre mesuré sur le témoin (date d₁);

PM = Paramètre mesuré sur les plants de la date d₂ (stress modéré);

PS = Paramètre mesuré sur les plants de la date d₃ (stress sévère).

L'indice moyen de sensibilité a été calculé en faisant la moyenne des indices obtenus aux dates d₂, d₃, c'est-à-dire:

$$SM\% = \frac{Sd_2 + Sd_3}{2}$$

où: SM est l'indice moyen de sensibilité au stress hydrique, Sd₂ et Sd₃ sont respectivement l'indice de sensibilité au stress modéré (date d₂) et au stress sévère (date d₃).

RESULTATS

Observations phénologiques

Les observations phénologiques durant le cycle végétatif (Tableau 2) montrent que les différences ne sont pas significatives entre les traitements pour la levée, le stade de trois feuilles et le tallage. Par contre, il y a des différences significatives à la montaison (P=0,001) à l'épiaison et à la maturation. A la date d₃ la montaison est plus tardive que celle des dates d₁ et d₂, (59° jour contre 62° après semis). L'amendement organique a contribué à accélérer et réduire le temps de l'épiaison. Par exemple à la deuxième date, il y a eu une réduction d'un jour à l'épiaison (78 jours pour D₁ et 79 jours pour D₀), de 2 jours à la maturation (89 jours après semis pour D₁, contre 91 jours après semis pour D₀); à la troisième date, il y a eu également une réduction d'un jour pour la maturation (80 jours pour D₁ et 81 jours pour D₀).

Cependant le cycle est uniforme pour la première date (102 jours), mais avec les semis tardifs sur sol non préalablement enrichi, le cycle a été considérablement rallongé. En effet il est passé de 102 jours pour un semis à d₁ à 110 jours pour un semis à d₂ et à 120 jours pour un semis très tardif (d₃). Par contre

la fumure a réduit le cycle à la deuxième date (il passe de 110 à 106 jours) et à la troisième date (de 120 à 115 jours).

Les plus hauts plants à la récolte ont été obtenus aux dates d_1 et d_2 (respectivement 84,3 cm et 85,96 cm) à la dose de 60 t.ha⁻¹ de fumure organique. Pour cette même dose, le semis fait à d_3 donne des pieds qui ne mesurent que 56,8 cm prouvant ainsi que les plantes semées à partir du 24 août subissent bel et bien un stress sévère.

Sous l'effet de la fertilisation, le tallage le plus abondant a été obtenu aux dates d_1 et d_2 (7,13 et 7,16 talles respectivement) et les plus longues racines ont été obtenues aux dates d_2 et d_3 (12 et 12,6 cm respectivement).

Evaluations biométriques

Le Tableau 3 donne la synthèse de l'analyse de variance des 4 paramètres étudiés. Il montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements, excepté au niveau de la hauteur des plants, ce qui indique l'état d'homogénéité du sol expérimental. Au niveau de la hauteur des plants et du rendement, les interactions ont été hautement significatives, ce qui révèle une dépendance des effets dose de matière organique et date de semis. Cependant, au niveau du nombre de talles fertiles par plant, ces effets sont indépendants.

Evolution des différents paramètres en fonction des dates de semis

L'évolution des paramètres a été étudiée en fonction de la dose de matière organique (D_0 ou D_1) et de la date de semis (d_1 ou d_2 ou d_3); ce sont: le rendement, le nombre de talles, le poids de 1000 grains et la hauteur des plants. Le rendement est fortement accru en fonction de la date de semis et de la matière organique du sol (Figure 1). Ainsi à d_1 le rendement à D_0 est de 3,80 t.ha⁻¹ alors qu'à D_1 il est de 4,06 soit une augmentation de 6,80%; à d_2 le tonnage passe de 0,5 à l'hectare à 2,43 ce qui représente une augmentation de près de 386%; à d_3 le rendement passe de 0,48 t.ha⁻¹ sans fumure à 1,44 t.ha⁻¹ avec fumure soit une augmentation de 200%.

La Figure 2 qui illustre le nombre de talles par pied montre: (i) le nombre de talles

est plus élevé avec la fumure; (ii) en présence de fumure il n'y a pas de différence significative en fonction de la date de semis (respectivement 7,13 talles/plant, 7,16 talles/plant et 6,86 talles/plant) alors qu'en absence de la fumure on observe que le nombre de talles à la date d_2 (6,20 talles/plant) est inférieur à celui des deux autres (6,63 talles/plant à d_1 et 6,73 talles/plant à d_3).

La Figure 3 donne le poids de 1000 grains qui varie très peu suivant les doses et les trois dates à savoir 25/07/08; 09/08/08 et 24/08/08. Toutefois, on constate une légère baisse à d_1 lorsque le semis est fait sur un sol enrichi (21,38 g) par rapport au poids de 1000 grains produits sur le sol témoin (24,42 g) pour $P = 0,001$.

De manière générale la hauteur des plants est améliorée avec la fumure organique sauf en semis tardif où la hauteur est passée de 65,23 cm sans fumure (D_0d_3) à 56,8 cm (Figure 4). Sur sol sans fumure à la date d_2 les pieds sont très courts (36,9 cm) par rapport à d_1 (77,63 cm) et d_3 (65,23 cm). Le semis fait à la date d_2 sur sol enrichi a donné des pieds dont la hauteur moyenne est de 85,96 cm soit plus du double sur le sol témoin.

Indices de sensibilité au stress hydrique (SM%)

Le Tableau 4 donne les indices moyens de sensibilité des différents paramètres agromorphologiques de la variété au stress. Il y ressort que les 6 paramètres ont présenté différents indices de sensibilité au stress hydrique en fonction de la matière organique, ce qui révèle une influence de cette dernière sur les degrés de résistance de ces paramètres au stress que peuvent causer des semis tardif ou semi-tardif. Ainsi le rendement sans fumure organique a-t-il été plus affecté par le stress (88% de réduction) qu'avec la fumure organique (32% de réduction). Les mêmes observations sont faites quant aux autres paramètres (tallage général, tallage fertile et hauteur des plants). Quant à la longueur racinaire et au poids de 1000 grains, l'apport de fumure organique a favorisé leur augmentation sous l'effet du stress provoqué par le semis semi-tardif et tardif (d_2 et d_3).

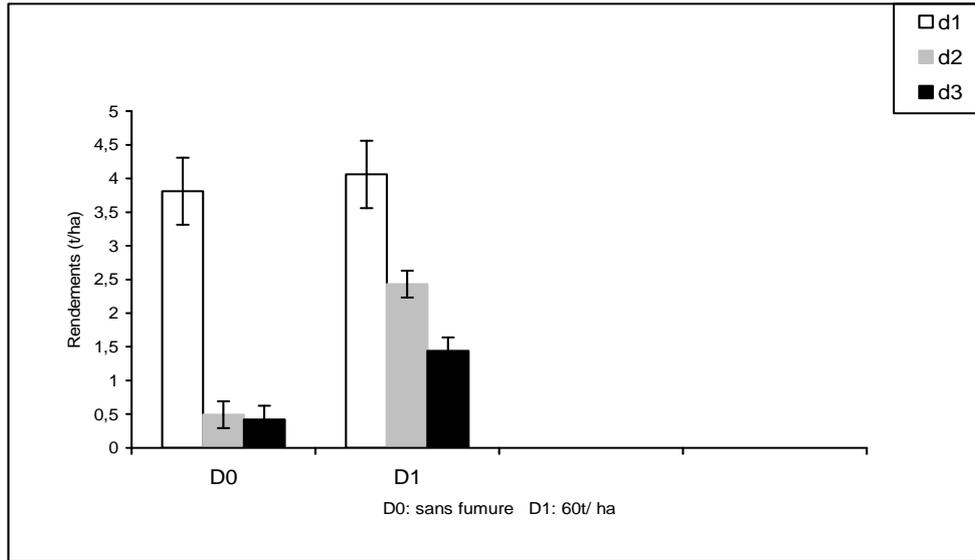


Figure 1: Variation du rendement en fonction de la dose de matière organique et des niveaux de stress (dates de semis).

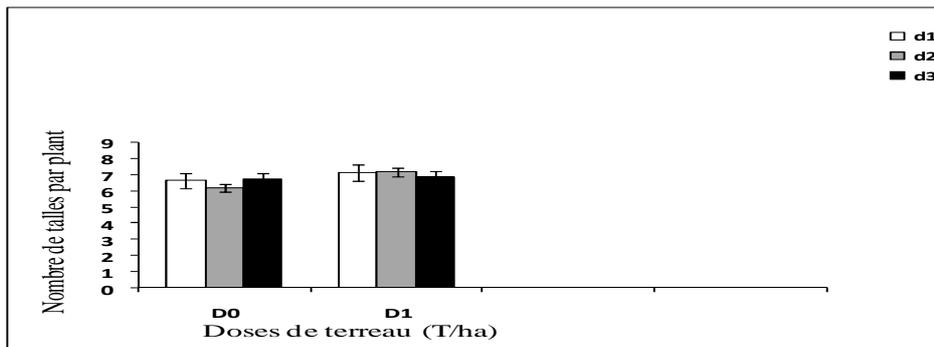


Figure 2: Evolution du nombre de talles par plant en fonction de la dose de fumure et des dates de Semis.

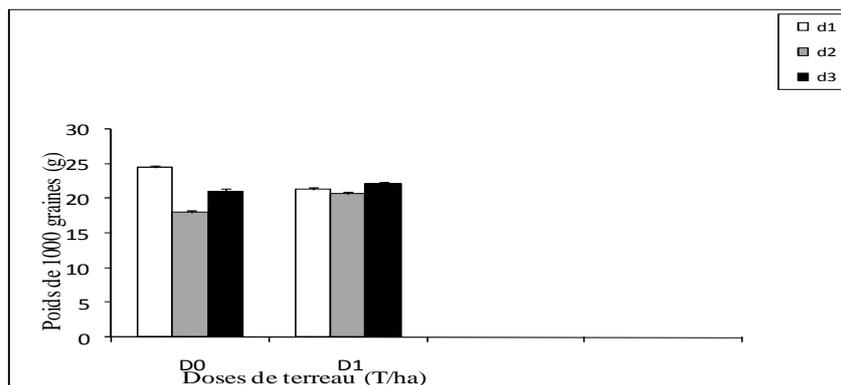


Figure 3 : Evolution du poids de 1000 grains en fonction de la dose de matière organique et des dates de semis.

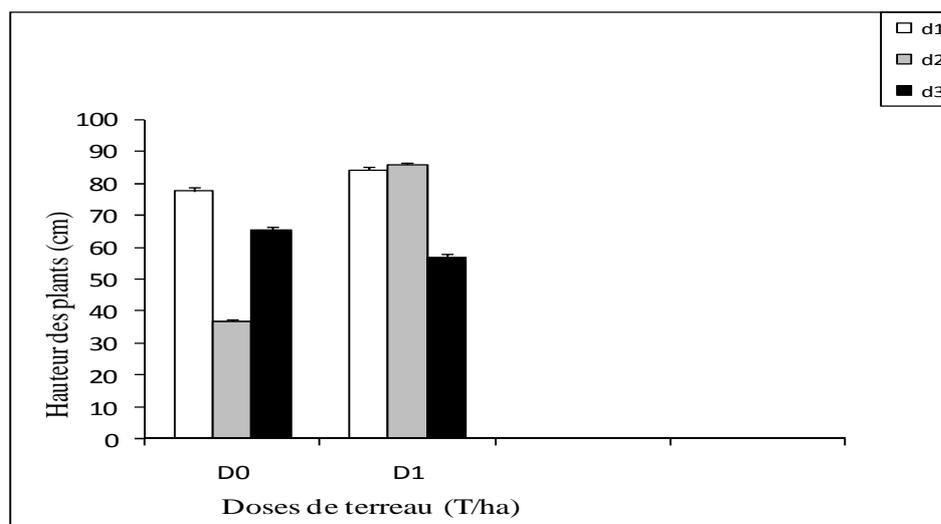


Figure 4: Evolution de la hauteur des plants en fonction de la dose de matière organique et des dates de semis.

Tableau 1: Composition du sol de base et de la fumure.

Matière	Taux
Sol sans fumure	
Sable	78,86%
Argile	13,86%
Limon	7,28%
Densité apparente	1,16 g/cm ³
Densité réelle	2,58 g/cm ³
Porosité	55,03%
Matière organique	1,27%
Azote total	0,06%
P ₂ O ₅	0,36 ppm
K ₂ O	29,64 ppm
pH eau	5,10
Fumure	
Matière organique	5,46%
Azote	2,27%
Phosphore	6 ppm
Potassium	52,22 ppm

Tableau 2: Durées des phénophases en nombre de jours après semis.

Traitements	Levée			Stade de 3 feuilles			Tallage			Montaison			Epiaison			Maturation			Cycle en jours	
	M.O	D	F	d	D	F	d	D	F	d	D	F	d	D	F	d	D	F		d
25/07/08	D ₀	6	12	7	13	15	3	20	25	6	59	67	9	77	81	5	86	102	17	102
	D ₁	6	12	7	13	15	3	20	25	6	59	67	9	77	81	5	86	102	17	102
9/08/08	D ₀	6	12	7	13	15	3	20	25	6	59	67	9	79	87	9	91	110	19	110
	D ₁	6	12	7	13	15	3	20	25	6	59	67	9	78	87	10	89	106	17	106
24/08/08	D ₀	6	12	7	13	15	3	20	25	6	62	71	10	81	92	12	95	120	25	120
	D ₁	6	12	7	13	15	3	20	25	6	62	71	10	80	90	11	93	115	22	115

Légende: D début F fin d: durée M.O: matière organique

Tableau 3: Analyse comparative de variance des paramètres étudiés.

Sources de variation	ddl	F. calculé				F. théorique	
		HP	LR	NTF	Rdt	5%	1%
Répétitions	2	33,45**	4,10 NS	0,63NS	2,33NS	4,10	7,56
Traitements	5	174,42**	0,76NS	11,44**	255**	5,79	13,27
Dates de semis	2	197,5**	1,18NS	26,18**	515,6**	4,10	7,56
Doses de terreau	1	122,5**	1,05NS	1,89NS	171,67**	4,96	10,04
Interaction dates × doses	2	173,5**	0,21NS	1,57NS	36**	4,10	7,56
Résiduelle	10	-	-	-	-	-	-
CV %	-	2,43	10,3	15,3	8,25	-	-

Légende: ** Différence significative; **HP:** Hauteur des plants; **LR:** Longueur racinaire; **NTF:** Nombre de talles fertiles, **Rdt:** Rendement, **ddl** :degré de liberté

Tableau 4: Indices moyens de sensibilité au stress hydrique des paramètres (SM%).

Matière organique Paramètre	D₀	D₁
Rendement	88	32,2
Nombre de talles	2,45	1.6
Longueur racinaire	-5	-11.05
Poids de 1000 graines	20.1	-0.14
Hauteurs des plants	21.3	12.3
Nombre de talles fertiles	36.6	16.7
Moyenne	-4.33	-22.24

DISCUSSION

Les résultats obtenus ont permis d'avoir des informations sur le comportement de la variété NERICA 3 soumise à l'action de deux facteurs très importants à savoir, la matière organique et les contraintes liées au potentiel hydrique du sol.

Le stress hydrique a causé un retard de l'épiaison qui s'est répercuté sur le cycle végétatif en le prolongeant de plus de quinze jours. Cela confirme l'idée de Dobelmann (1976) selon laquelle une période de stress hydrique plus ou moins longue avant l'épiaison prolonge le cycle de plus d'une dizaine de jours. Ainsi le semis tardif, considéré comme un stress hydrique sévère, rallonge-t-il le cycle de la plante mais la fumure contribue à le réduire. La variation des cycles que nous avons observée en fonction des dates de semis peut être due, non pas seulement au retard de semis, mais aussi à l'irrégularité de la pluviométrie provoquant des poches de sécheresse au cours du développement de la plante (Diallo et al., 2007).

Le semis tardif a contribué à augmenter la longueur des racines; certainement à la recherche de l'eau dont le niveau doit être de plus en plus bas dans le sol. De manière générale, avec le stress, les racines deviennent plus longues et plus nombreuses (Diallo et al., 2007).

La faible variation du poids de 1000 grains ne doit pas occulter le fait que dans un champ de riz, les graines se récoltent par millions et qu'une petite variation de quelques grammes pour 1000 grains peut s'avérer être

des tonnes dans les conditions réelles. De ce fait nous pouvons considérer que nos différentes mesures révèlent des différences véritablement significatives, surtout quand on les rapporte aux dimensions d'un champ d'exploitation. Toutefois, il convient de relever le fait que le rendement en grains s'est avéré plus important dans le cas de D₀d₁. Cela peut s'expliquer par le fait que, dans les conditions naturelles, un sol n'est certainement pas parfaitement homogène et qu'il peut être plus fertile par endroits. Mais le poids de 1000 grains n'est aucunement proportionnel à la valeur des rendements (Figures 1 et 3).

La hauteur des plants a augmenté avec la fumure à cause de la nutrition azotée qui s'est améliorée. Il en est de même en ce qui concerne le nombre de talles. Ces résultats ont été confirmés en 2009 par Diallo.

Nous constatons que dans le cas de notre expérimentation, la fumure a donné de meilleurs résultats, probablement à cause de l'amélioration des propriétés hydriques du sol, comme l'indiquent Chevsova (1997) puis Brady et Weill (1999). En effet, la matière organique joue non seulement un rôle dans la libération lente et régulière des éléments minéraux mais également dans la rétention de l'eau. Cette dernière fonction est certainement importante pour réduire significativement l'effet de la sécheresse sur la plante. D'ailleurs, les engrais organiques ont l'avantage de coûter moins chers, d'être moins polluants et de protéger de manière durable les sols puisque rapidement biodégradables.

Conclusion

La variété NERICA 3 (WAB 450 IBP 28 HB) a eu un cycle végétatif compris entre 102 et 120 jours. Les paramètres analysés ont été positivement influencés par l'apport de la matière organique à toutes les dates de semis. Les indices de sensibilité, avec la fumure organique, ont été en général plus faibles que ceux obtenus sur le sol témoin au niveau de tous les paramètres comme le rendement, la hauteur des plants, et le poids de mille grains. La fumure de 60 t.ha⁻¹ augmente les rendements à toutes les trois dates de semis. Cela veut dire que la matière organique du sol est un facteur externe qui améliore la résistance du riz au stress hydrique causé par le manque d'eau en début ou en cours de saison pluvieuse contraignant les exploitants à des semis souvent tardifs. Mais tout compte fait, la fumure contribue à améliorer les rendements en cas de stress modéré et même sévère.

Au-delà de ces aménagements physiques et chimiques du sol, d'autres voies de prospection peuvent être envisagées au niveau de la plante comme le proposent Monneveux et This (1997) par la recherche d'indicateurs de sécheresse fiables.

BIBLIOGRAPHIE

- Barry AB, Sivakumar MVK. 1997. Agrometeorologie de l'Afrique de l'Ouest: la Guinée. Rapport ICRISAT-ACMAD, France. Direction Nationale de la Météorologie. 85p.
- Brady NC, Weill RR. 1999. *The Nature and Properties of Soils* (12th edn). Printice Hall U.S.A. ISBN 0-13-852444-0 ; 881p.
- Chevsova LK. 1977. Détermination des propriétés hydrophiles de l'humus sur sols longuement fertilisés. Acad. des Sc. de l'URSS. *Agropédol.*, **35**: 59-63.
- Diallo D. 2009. Evaluation physiologique de la résistance au stress hydrique du riz NERICA (*Oryza spp* L.): cas de WAB 450 IBP 28HB et de WAB 450 IBP 91HB cultivés en République de Guinée. Thèse Doctorat Unique, Université de Ouagadougou, 111p.
- Diallo D, Tamini Z, Diallo SB, Kourouma D, Barry B, Barry AJ, Diabaye B. 2007. Détermination de la date de semis de quatre variétés de riz en fonction de leur résistance au stress hydrique de fin d'hivernage en vue d'une double culture à Faranah. *AGROVISION*, **006**: 9-16.
- Diallo SB. 1989. Influence de la matière organique sur la fertilité de quelques types de sol dans les conditions extrêmes d'humidité. Thèse de Doctorat, Univ. Lomonosov Moscou, URSS, 180 p.
- Díaz ZJ. 1970. Influencia del tipo de materia orgánica del suelo sobre el contenido en agua aprovechable por las plantas. *An. Edafol. Y. Agricult.*, **29**(3-4): 233-243.
- Dobelmann J. 1976. *Riziculture Pratique. Le Riz Pluvial*. PUF. ISBN 285319-024-2; 123 p.
- Jacquot M, Clément G, Ghesquiere A A, Glaszmann JC, Guiderdoni E, Tharreau D. 1997. *Le Riz*. In *L'Amélioration des Plantes Tropicales* (2^{ème} éd), Charrier A, Jacquot M. (eds). CIRAD: Montpellier ; 533-564.
- MAE-CIRAD (Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage-Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement). 2002. *Mémento de l'Agronome*. Jouve : Paris. ISBN 2-87614-522-7; 1691 p.
- MFCD (Ministère Français de la Coopération et du Développement). 1991. *Mémento de l'Agronome*. Coll. Tech. Ru. d'Afrique. ISBN 2-11086725-6; 1635 p.
- Monneveux P, This D. 1997. La génétique face au problème de tolérance des plantes à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, **8**(1): 29-37.
- Orlov DC. 1985. *Chimie des Sols*. Univ. Lomonosov de Moscou : Moscou ; 376 p.
- Zombré G, Zongo JD, Sankara ETP. 1994. Réponse physiologique du niébé au déficit hydrique s'exerçant uniformément au cours du cycle de développement. *Afr. Crop. Sci. J.*, **2**(3): 225-231.