

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

-----  
UNITE DE FORMATION ET DE  
RECHERCHE EN SCIENCES DE  
LA VIE ET DE LA TERRE (UFR/SVT)

-----  
LABORATOIRE D'ECOPHYSIOLOGIE  
VEGETALE



## THÈSE DE DOCTORAT UNIQUE

Présentée et soutenue publiquement par

Diawadou DIALLO

Ingénieur agronome (Spécialité : Production végétale)  
Titulaire d'un DEA de Biotechnologies végétales

Pour l'obtention du titre de  
Docteur ès Sciences Biologiques Appliquées  
Spécialité : Biotechnologies et Physiologie végétales

Sur le thème :

**EVALUATION PHYSIOLOGIQUE DE LA RESISTANCE AU STRESS  
HYDRIQUE DU RIZ *NERICA* (*ORYZA spp L.*): CAS DE *WAB 450 IBP 28HB* ET  
*DE WAB 450 IBP 91HB* CULTIVES EN REPUBLIQUE DE GUINEE**

Soutenu publiquement le **10 novembre 2009**

Devant le jury composé de

Président : **M. TRAORE Alfred**, Professeur Titulaire, Université de Ouagadougou (Burkina Faso)

Rapporteur : Mme **SIDIKOU Ramatou DJERMAKOYE SEYNI**, Maître de Conférences, Université  
Abdou Moumouni de Niamey (République du Niger)

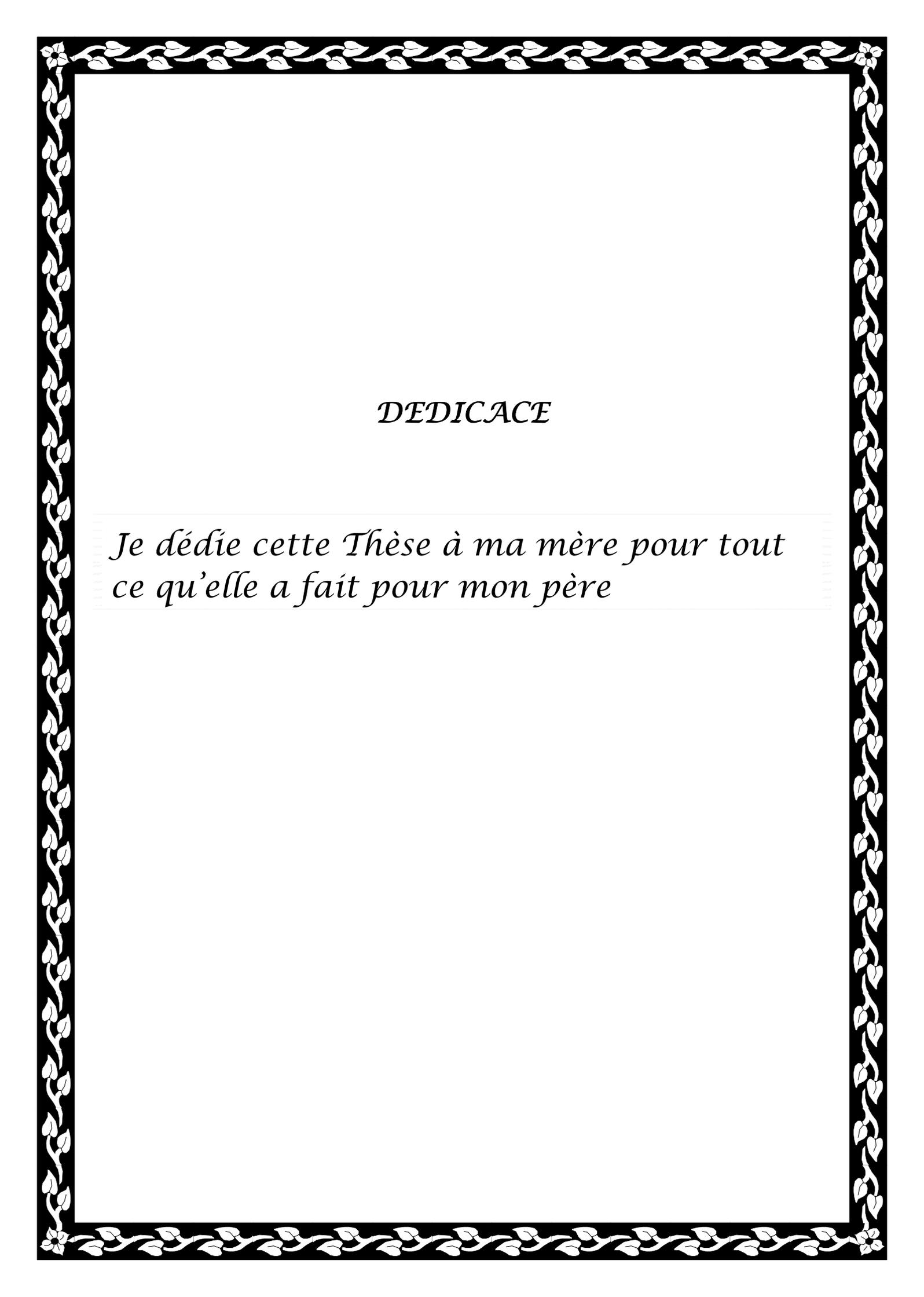
Membres : **M. NONGONIERMA Antoine**, Professeur Titulaire Emérite, Université Cheikh Anta Diop  
de Dakar Fann (République du Sénégal)

**M. DIALLO Sara Baïlo**, Maître de Conférences, ISAV de Faranah (République de Guinée)

**M. TAMINI Zoumbiessé**, Maître de Conférences, Université de Ouagadougou (Burkina Faso)

Directeur de Thèse : TAMINI Zoumbiessé, Maître de Conférences à l'Université de Ouagadougou  
(Burkina Faso)

Co-directeur : DIALLO Sara Baïlo, Maître de Conférences à l'ISAV de Faranah (République de  
Guinée)



*DEDICACE*

*Je dédie cette Thèse à ma mère pour tout  
ce qu'elle a fait pour mon père*

## REMERCIEMENTS

Louanges à Celui qui mérite les remerciements le mieux d'une créature : **Allah**, le Tout-Puissant qui m'a donné ce qu'il faut pour arriver à ce stade.

J'avoue qu'il me sera impossible de citer ici nommément **tous ceux à qui je dois gratitude et reconnaissance** pour avoir contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce document. Je m'en excuse fort et les remercie.

C'est aussi pour moi l'occasion d'exprimer ici ma profonde gratitude à cet homme aux qualités multiples qui m'a d'abord enseigné avant de m'accueillir dans son laboratoire. Mieux, il a bien voulu prendre en charge mes frais d'inscription et m'encadrer au DEA avant d'accepter de me conduire au doctorat. Par sa rigueur scientifique, son acharnement et son abnégation, il m'a toujours inspiré confiance et donné le courage nécessaire pour faire un pas de plus en avant. Je veux nommer le **Professeur TAMINI Zoumbiessé**, ancien Président de l'Université de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), Directeur de cette thèse.

Je remercie **Monsieur Jean KOULIDIATI, Professeur Titulaire, Président de l'Université** et à travers lui toutes les structures de l'Université de Ouagadougou, notamment l'**UFR/SVT** et plus particulièrement le **Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale** pour toutes les facilités dont j'ai bénéficié dans la réalisation de mes travaux.

**Monsieur le Dr DIALLO Sara Baïlo**, Directeur Général de l'Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah (République de Guinée) a bien voulu accepter d'être co-directeur de thèse. Pas à pas, avec méthode, patience et persévérance, il a su m'orienter, m'assister et m'encourager à poursuivre le travail, malgré les difficultés conjoncturelles.

C'est le **Monsieur Alfred S. TRAORE, Professeur Titulaire**, Directeur du CRSBAN, Membre fondateur du RABIOTECH (Réseau Africain de Biotechnologies) qui, après m'avoir formé en biotechnologie et m'avoir reçu dans son laboratoire pour mes analyses au DEA en 2002-2003, a présidé le jury de ma soutenance, comme pour parachever son œuvre de formateur des formateurs. Je lui en resterai reconnaissant.

Pendant des jours chez lui, **Monsieur NONGONIERMA Antoine, Professeur Titulaire Émérite** a tout abandonné pour corriger ligne par ligne ce Mémoire tout en me donnant de véritables cours de sémantique ; je remercie infiniment cet homme de grande culture qui est une véritable bibliothèque vivante.

**Madame SIDIKOU Ramatou DJERMAKOYE Sény**, Maître de Conférences à l'Université de Niamey a bien voulu accepter de faire le déplacement pour participer en qualité de rapporteur à ma soutenance ; j'ai été très fier de la voir dans mon jury, parmi ce parterre d'éminences grises de l'Université africaine. Qu'elle en soit vivement remerciée.

**Monsieur le Dr Yazora SOROPOGUI**, ancien Directeur Général de l'ISAV, ancien Ministre de l'Enseignement Technique et de la Formation Professionnelle, Recteur de l'Université de Conakry, fut celui qui, en 2003, m'a orienté vers la formation doctorale en proposant ma candidature au DEA au Réseau Africain de Biotechnologies à l'Université de Ouagadougou, ce qui m'a permis d'arriver à ce niveau. En sa qualité de Directeur Général de l'ISAV d'alors, il a assuré le financement de mon inscription au doctorat. Je lui réitère ma reconnaissance. Par la même occasion, je dois gratitude et reconnaissance à la **Direction Générale de l'ISAV** pour avoir financé toute ma formation doctorale.

Grâce à la participation combien importante de mes courageux et sages étudiants en fin de cycle **Harouna BARRY, Halimatou Ghadiri DIALLO, Mamadi DIAWARA, Boubacar Siddighi BALDE, Hamidou BAH, Abdoulaye DONZO, Moriba I HABA, Aboubacar Alice CAMARA et Abdourahamane CISSE**, les travaux de terrain ont été menés pendant deux ans sans interruption. Qu'ils trouvent tous ici l'expression de ma profonde gratitude et de ma reconnaissance.

Pour m'avoir donné d'amples informations et une documentation fournie sur le riz NERICA en Guinée en général et à Faranah en particulier et avoir mis à ma disposition un outil informatique performant qui m'a permis de faire la saisie du document en temps voulu, que **Monsieur Ibrahima YANSANE**, ancien Directeur Régional du Service National de la Promotion Rurale et de la Vulgarisation de Faranah soit remercié.

Je voudrais ici remercier également le **Fonds de Recherche et d'Innovation du Programme Education Pour Tous** pour sa contribution à la réalisation de ce travail et avoir accepté de critiquer deux de mes articles de publication avant leur soumission à un comité de lecture.

**Monsieur Ibrahima Sory CAMARA**, ingénieur des Eaux et Forêts Environnement m'a aidé et encouragé. Je lui en resterai reconnaissant.

A tous ces **scientifiques** qui, malgré leurs multiples occupations ont accepté d'apporter des critiques combien pertinentes à ce travail avant la soutenance, je dis merci. Il s'agit de :

- **Monsieur Philippe SANKARA**, Professeur Titulaire au laboratoire de phytopathologie de l'UFR /SVT qui, en plus des critiques a fait des propositions très utiles;
- **Mme MILLOGO/RASOLODIMBI Jeanne**, Maître de conférences au laboratoire d'écologie de l'UFR /SVT ; en plus elle a bien voulu assister à la soutenance ;

Je ne remercierai jamais assez **ma brave épouse (Madame DIALLO née Oumou DIALLO) et nos enfants (Saïfoulaye, Aïssata, Alpha Ibrahima, Alsény et son jumeau Alhassane, Kadiatou et Fatoumata Batouly)** pour leur patience et leur compréhension lors de toute ma formation doctorale quelquefois loin d'eux.

Les enseignants chercheurs de l'ISAV, notamment ceux du Département Agriculture, en particulier **Monsieur le Dr Abdoulaye BARRY**, Chef de Département, **Monsieur Facély KANDE**, Chef adjoint de Département et **Monsieur Sory CONDE**, Secrétaire de Département m'ont toujours facilité la tâche au cours de mes travaux. Qu'ils en soient vivement remerciés.

Je remercie **Monsieur le Professeur Ibrahima BOIRO** Directeur Général du Centre d'Etudes et de Recherche en Environnement de l'Université de Conakry et son personnel pour les analyses effectuées dans leur laboratoire.

Malgré ses occupations dans l'élaboration de son mémoire de DEA et les interminables pluies des mois d'août à Conakry, **Monsieur Namory BERETE**, chef adjoint du Centre de Tronc Commun de l'ISAV a trouvé du temps pour me faciliter l'analyse des échantillons de sol et de plantes. Je l'en remercie vivement et lui en resterai reconnaissant.

**Dr Youssouf SIDIME**, Directeur Général de l'Institut Supérieur des Science et Médecine Vétérinaires de Dalaba m'a toujours donné le coup de pouce qu'il me faut pour passer des caps fort difficiles. Je lui dis mille fois merci ; que Dieu le lui paye au centuple.

Enfin, que **tous ceux qui, de près ou de loin**, directement ou indirectement ont tant soit peu pris de leur temps pour m'assister, trouvent dans ces lignes, l'expression de ma profonde gratitude.

# SOMMAIRE

	<b>Pages</b>
<b>DEDICACE</b> .....	i
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	ii
<b>SOMMAIRE</b> .....	2
<b>LISTE DES TABLEAUX, FIGURES ET PHOTOGRAPHIES</b> .....	7
<b>LISTE DES ABREVIATIONS (SIGLES ET ACRONYMES)</b> .....	10
<b>TITLE, ABSTRACT AND KEY WORDS</b> .....	12
<b>INTRODUCTION</b> .....	13
<b>1. PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	16
<b>1.1. CHAPITRE 1 : ETUDE DU RIZ</b> .....	17
1.1.1. Biologie de la plante.....	17
1.1.1.1. Phase végétative.....	18
1.1.1.2. Phase reproductive.....	19
1.1.1.3. Maturation .....	20
1.1.2. Ecologie de la plante.....	21
1.1.3. Présentation du riz NERICA.....	21
1.1.4. Le riz NERICA en Guinée.....	22
<b>1.2. CHAPITRE 2 : SECHERESSE ET PLANTE</b> .....	24
1.2.1. Rôle de l'eau dans la nutrition de la plante.....	24
1.2.2. Notions de stress hydrique et de sécheresse.....	24
1.2.3. Etude du stress hydrique chez les plantes.....	26
1.2.3.1. Effets physiologiques du stress hydrique sur les plantes.....	26
1.2.3.2. Résistance des cultures au stress hydrique.....	28
1.2.3.3. Facteurs de résistance des plantes au stress hydrique.....	29
1.2.3.4. Mécanismes de résistance des plantes au stress hydrique.....	31
1.2.3.5. Approches biotechnologiques d'amélioration de la résistance au stress hydrique des cultures.....	33
<b>1.3. CHAPITRE 3 : ETUDE DE LA RESISTANCE DU RIZ AU STRESS HYDRIQUE</b> .....	37
<b>2. DEUXIEME PARTIE : LES EXPERIMENTATIONS</b> .....	42

<b>2.1. CHAPITRE 1: ZONE D'ETUDE ET MATERIEL VEGETAL.....</b>	<b>43</b>
2.1.1. Présentation de la zone d'étude.....	43
2.1.1.1. Situation géographique.....	43
2.1.1.2. Relief et sols.....	44
2.1.1.3. Climat.....	44
a) Température.....	44
b) Pluviométrie.....	45
c) Humidité relative.....	46
d) Evaporation.....	46
e) Vents.....	46
2.1.1.4. Végétation.....	47
2.1.1.5. Hydrographie.....	47
2.1.1.6. Agriculture.....	47
2.1.1.7. Elevage.....	48
2.1.1.8 Présentation du site expérimental.....	49
2.1.2. Matériel végétal .....	50
<b>2.2. CHAPITRE 2 ESSAI 1 : INFLUENCE DU DEFICIT HYDRIQUE TEMPORAIRE.....</b>	<b>52</b>
<b>SUR LES VARIETES NERICA 3 et NERICA 4</b>	
2.2.1. Introduction.....	52
2.2.2. Matériels et méthodes.....	52
2.2.2.1. Préparation des pots et du substrat.....	52
2.2.2.2. Variantes expérimentales.....	53
2.2.2.3. Dispositif expérimental.....	53
2.2.2.4. Observations diverses.....	54
2.2.2.5 Paramètres d'évaluation de la résistance au stress hydrique des deux variétés.....	54
a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs.....	55
b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs.....	55
c) Paramètres biochimiques.....	56
2.2.2.6.Indices de sensibilité au stress hydrique (S%).....	56
2.2.2.7.Analyses statistiques.....	56
2.2.3 Résultats.....	56
2.2.3.1.Analyse du sol.....	56
2.2.3.2.Données météorologiques.....	57

2.2.3.3. Observations phénologiques.....	58
2.2.3.4. Evaluation de la résistance au stress hydrique.....	59
a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs.....	59
b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs.....	59
c) Indices de sensibilité au stress hydrique (S% et Isv).....	65
2.2.4. Discussions.....	66
2.2.4.1. Phénologie.....	66
2.2.4.2. Paramètres morphophysiologiques qualitatifs.....	66
2.2.4.3. Indices de sensibilité au stress hydrique.....	67
2.2.5. Conclusion partielle.....	68

### **2.3. CHAPITRE 3 ESSAI 2 : INFLUENCE DU DEFICIT HYDRIQUE CONTINU SUR**

#### **LES VARIETES NERICA 3 et NERICA 4 .....70**

2.3.1. Introduction.....	70
2.3.2. Matériel et méthodes.....	70
2.3.2.1. Préparation des pots et du substrat.....	70
2.3.2.2. Variantes expérimentales.....	70
2.3.2.3. Dispositif expérimental.....	71
2.3.2.4. Observations diverses.....	72
2.3.2.4.1. Paramètres d'évaluation de la résistance au stress hydrique des deux variété.....	72
a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs.....	72
b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs.....	72
c) Paramètres biochimiques.....	73
2.3.2.4.2. Indices de sensibilité au stress hydrique (S% et Isv) .....	73
2.3.2.5. Analyses statistiques.....	73
2.3.3. Résultats.....	74
2.3.3.1. Analyse du sol.....	74
2.3.3.2. Observations météorologiques.....	74
2.3.3.3. Observations phénologiques.....	74
2.3.3.4. Evaluation de la résistance au stress hydrique.....	75
a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs.....	75
b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs.....	75
c) Indices de sensibilité des variétés au stress hydrique (S% et Isv).....	81
2.3.4. Discussions.....	82
2.3.4.1. Phénologie.....	82

2.3.4.2. Paramètres morphophysiologiques qualitatifs.....	83
2.3.4.3. Indices de sensibilité au stress hydrique.....	83
2.3.5. Conclusion partielle.....	83

## **2.4. CHAPITRE 4 ESSAI 3: UTILISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE POUR AMELIORER LA RESISTANCE AU STRESS HYDRIQUE DU RIZ NERICA 3.....**

2.4.1 Introduction.....	84
2.4.2. Matériel et méthodes.....	84
2.4.2.1. Préparation des pots et du substrat.....	84
2.4.2.2. Variantes expérimentales.....	84
2.4.2.3. Dispositif expérimental.....	85
2.4.2.4. Observations diverses .....	87
2.4.2.5. Paramètres d'évaluation de la résistance au stress hydrique de la variété.....	87
a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs.....	87
b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs.....	88
2.4.2.6. Indices de sensibilité au stress hydrique (S% et Isv).....	88
2.4.2.7. Analyses statistiques .....	89
2.4.3. Résultats .....	89
2.4.3.1. Analyse du substrat sol – fumier .....	89
2.4.3.2. Données météorologiques.....	90
2.4.3.3. Observations phénologiques.....	90
2.4.3.4. Indices de sensibilité au stress hydrique.....	92
a) Indices de sensibilité des paramètres (S%).....	92
b) Indices de sensibilité de la variété (Isv).....	92
2.4.3.5. Paramètres morphophysiologiques.....	93
2.4.4 Discussion .....	96
2.4.5. Conclusion partielle.....	97

## **2.5. ANALYSE COMPARATIVE DES ESSAIS.....**

2.5.1. Synthèse des essais 1 et 2.....	98
2.5.2. Synthèse des 3 essais.....	101

## **DISCUSSION GENERALE.....**

<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>105</b>
--	------------

<b>BIBLIOGRPHIE</b> .....	107
<b>ANNEXES</b> (Articles, Tableaux, Figure et Photographies).....	
<b>RÉSUMÉ ET MOTS CLÉS</b> .....	page 4 de couverture

## LISTE DES TABLEAUX FIGURES ET PHOTOGRAPHIES

N°	Tableaux	Pages
I	Influence de la température sur la germination	18
II	Effet de la sécheresse sur le rendement et ses composantes chez le riz	20
III	Les dix huit variétés de NERICA pluvial créées par l'ADRAO 2006).	22
IV	Influence du stress hydrique au cours du cycle sur le rendement du riz pluvial (selon GLORIA et al, 2002)	38
V	Liste des variétés de riz NERICA introduites en Guinée de 1997 à 2006	48
VI	Caractéristiques des deux variétés de riz NERICA expérimentées	50
VII	Production de semences de base par région en 2002 (MAEF, 2002)	50
VIII	Nombre de jours à 100% des phénophases des deux variétés de riz NERICA	58
IX	Réponses qualitatives des deux variétés de riz NERICA soumises au stress hydrique	59
X	Réponses morphophysiologiques des deux variétés de riz NERICA par paramètre et niveau d'alimentation hydrique	60
XI	Analyse comparative de variance de cinq paramètres morphophysiologiques des deux variétés de riz NERICA soumises à 3 niveaux d'alimentation hydrique	61
XII	Classement des deux variétés de riz NERICA en fonction des paramètres par niveau de stress	61
XIII	Indices moyens de sensibilité au stress hydrique (S%) des paramètres des deux variétés de riz NERICA	65
XIV	Indices de sensibilité des deux variétés de riz NERICA au stress hydrique (Isv)	66
XV	Nombre de jours à 100% des phénophases des deux variétés de riz NERICA	74
XVI	Réponses qualitatives des variétés de riz NERICA soumises au stress hydrique	75
XVII	Réponses morphophysiologiques des deux variétés de riz NERICA par paramètre et niveau d'alimentation hydrique	76
XVIII	Analyse comparative de variance des paramètres morphophysiologiques des deux variétés de riz NERICA	77
XIX	Classement des deux variétés de riz NERICA en fonction des paramètres par niveau de stress	77
XX	Indices moyens de sensibilité au stress hydrique des paramètres des deux variétés de riz NERICA (S%)	81
XXI	Indices de sensibilité au stress hydrique des deux variétés de riz NERICA (Isv)	81

XXII	Quantités de fumier, sol et substrat utilisées dans l'essai 3	89
XXIII	Nombre de jours à 100% des phénophases de la variété de riz NERICA 3	90
XXIV	Indices de sensibilité des paramètres de la variété de riz NERICA 3 (S%)	92
XXV	Indices de sensibilité au stress hydrique (Isv) de la variété de riz NERICA 3 avec les 6 proportions Fumier :Sol	92
XXVI	Analyse comparative de variance des paramètres morphophysologiques de la variété de riz NERICA 3	93
XXVII	Indices de sensibilité des deux variétés de riz NERICA (Isv) au cours des 2 essais	99
XXVIII	Indices moyens de sensibilité de la hauteur des plants, de la longueur racinaire et du rendement de la variété NERICA 3 dans les 3 essais	101
XXIX	Superficies rizicultivées en Afrique de l'Ouest (FAO, ISRA et ADRAO, 2002)	Annexes
XXX	Moyennes annuelles des températures maximales de Faranah de 1995 à 2006 (°C)	Annexes
XXXI	Moyennes annuelles des températures minimales de Faranah de 1995 à 2006 (°C)	Annexes
XXXII	Moyennes annuelles des températures moyennes de Faranah de 1995 à 2006 (°C)	Annexes
XXXIII	Moyennes annuelles des précipitations de Faranah de 1995 à 2006 (mm)	Annexes
XXXIV	Données météorologiques de Faranah de juin à novembre 2005	Annexes
<b>Figures</b>		
1	Position géographique de Faranah en République de Guinée	43
2	Températures minimale, maximale et moyenne de Faranah de 1995 à 2006	45
3	Pluviométrie moyenne mensuelle de la Préfecture de Faranah de 1995 à 2006	46
4	Dispositif expérimental de l'essai 1 (factoriel en blocs 6 × 4)	54
5	Variation de la teneur en lipides des feuilles en fonction des niveaux de stress et de la variété	63
6	Variation de la teneur en protéines des feuilles en fonction des niveaux de stress et de la variété	63
7	Variation de la teneur en potassium des feuilles en fonction des niveaux de stress et de la variété	64
8	Variation de la teneur en matière sèche en fonction des niveaux de stress et de la variété	65
9	Dispositif expérimental de l'essai 2 (factoriel en blocs 6 × 4)	71

10	Variation de la teneur en lipides des feuilles en fonction des modes de stress et de la variété	78
11	Variation de la teneur en protéines des feuilles en fonction des modes de stress et de la variété de riz NERICA	79
12	Variation de la teneur en potassium des feuilles en fonction des modes de stress et de la variété de riz NERICA	80
13	Variation de la teneur en matière sèche en fonction des modes de stress et de la variété de riz NERICA	80
14	Dispositif expérimental de l'essai 3 (split plot 6 × 3 × 3)	86
15	Influence de la proportion de la matière organique du sol sur la hauteur des plants du NERICA 3 sans stress hydrique (T), sous stress modéré (M) et sévère (S)	94
16	Influence de la proportion de la matière organique du sol sur la longueur des racines des plants du NERICA 3 sans stress hydrique (T), sous stress modéré (M) et sévère (S)	94
17	Influence de la proportion de la matière organique du sol sur le poids des racines des plants du NERICA 3 sans stress hydrique (T), sous stress modéré (M) et sévère (S)	95
18	Influence de la proportion de la matière organique du sol sur le rendement des plants du NERICA 3 sans stress hydrique (T), sous stress modéré (M) et sévère (S)	95
19	Indices moyens de sensibilité au stress hydrique des 2 variétés au cours des 2 essais	98
20	Evolution comparée des teneurs en éléments biochimiques des 2 variétés au cours des deux essais	99-100
21	Position de la République de Guinée en Afrique de l'Ouest	Annexes
22	Connaissance du riz	Annexes
<b>Photographies</b>		
1	Vue partielle de la position des pots du dispositif dans l'abri (essai 1)	Annexes
2	Position des variantes sur le dispositif expérimental (essai 2)	Annexes
3	Position des variantes expérimentales sur le dispositif (essai 3)	Annexes
4 à 15	Diverses opérations effectuées dans les essais 2 et 3 (arrosage, observations et mesures)	Annexes

**LISTE ET SIGNIFICATION DES ABREVIATIONS (SIGLES ET ACRONYMES)**

<b>1. Sigles</b>	<b>Signification</b>
<b>A.T.P.</b>	Adénosine Triphosphate
<b>A.R.Nm</b>	Acide ribonucléique messager
<b>Bl</b>	Blast
<b>C</b>	Court (stress)
<b>C.C</b>	Capacité au champ
<b>C.V.</b>	Coefficient de variation
<b>D.E.A.</b>	Diplôme d'Etudes Approfondies
<b>DV</b>	Drought at Vegetal phase
<b>HB</b>	Hight input homogeneous Bulk
<b>HP</b>	Hauteur des plants
<b>IBP</b>	Interbreeding population
<b>Isv</b>	Indice de sensibilité variétale
<b>L</b>	Long (stress)
<b>L.R</b>	Longeur racinaire
<b>M</b>	Modéré (stress)
<b>M.O</b>	Matière organique
<b>NS</b>	Non significatif
<b>P.V.S.</b>	Participative varietal selection (Sélection variétale participative)
<b>Rdt</b>	Rendement
<b>Rs</b>	Rendement des plants stressés
<b>Rt</b>	Rendement du témoin
<b>S</b>	Sévère (stress)
<b>S%</b>	Indice de sensibilité du paramètre morphophysologique
<b>S.N.P.R.V.</b>	Service National de la Promotion Rurale et de la Vulgarisation (République de Guinée)
<b>T</b>	Témoin
<b>T.K.F.</b>	Teneur en potassium des feuilles
<b>T.L.F.</b>	Teneur en lipides des feuilles
<b>T.P.F.</b>	Teneur en protéines des feuilles

<b>U.E.P.</b>	Unité d'expérimentation paysanne
<b>V.R.</b>	Volume racinaire
<b>2. Acronymes</b>	
<b>ADRAO</b>	Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest ou Centre du riz pour l'Afrique
<b>ARI</b>	African Rice Initiative (Initiative africaine du riz)
<b>CERE</b>	Centre d'Étude et de Recherche en Environnement (République de Guinée)
<b>CIRAD</b>	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization (Fonds des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation)
<b>ISAV</b>	Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire (République de Guinée)
<b>MAE</b>	Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage (République de Guinée)
<b>MAEF</b>	Ministère de l'Agriculture et des Eaux et Forêts (République de Guinée)
<b>NERICA</b>	New Rice for Africa (Nouveau riz pour l'Afrique)
<b>SENASOL</b>	Service National des Sols
<b>TICAD</b>	Tokyo International Conference for African Development (Conférence Internationale de Tokyo pour le Développement de l'Afrique)
<b>WAB</b>	West Africa Bouake (Afrique de l'Ouest Bouaké)

## Title, Abstract and Keywords

**Title:** "Physiological evaluation of resistance to water stress of *NERICA* rice (*Oryza* L.): cases of *WAB 450 IBP 28HB* and *WAB 450 IBP 91HB* grown in Guinea»

### **Abstract**

The present study objectives were to compare the physiological responses to water stress of two varieties of *NERICA* introduced in Guinea in 1997 and assess the importance of organic manure as external factor supporting the resilience of the crop water stress. The experiments were conducted at the "Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire" (ISAV) of Faranah, chief town of one of the most *NERICA* productive regions in Guinea. The two varieties tested were *NERICA 3* (*WAB 450 IBP 28HB*) and *NERICA 4* (*WAB 450 IBP 91HB*) which are interspecific hybrids derived from crossing 56-104/CG *WAB 14 // 2W* × *AB 56-104*. Three trials were conducted in 2004 and 2005 indoors in plastic pots containing ferrallitique soil as substrate. In the first, both varieties were subjected to two types of restriction of water from the bolting stage most sensitive to water deficit:

- temporary restriction: stop watering for 3 days (moderate stress) and 6 days (severe stress);
- continue restriction: daily watering to half of the field capacity of soil (moderate stress) and a quarter of the field capacity (severe stress) until harvest.

In the 3rd trial, one variety (*NERICA 3*) was subjected to 6 ratio of manure / soil (1: 3, 1: 6, 1: 9, 1: 12 and 0: 1) and the same continue restriction from bolting.

The criteria for physiological evaluation of resistance to water stress were:

- qualitative morphophysiological parameters (leaf curling, stay-green character and presence of leaf necrosis);
- the index of sensitivity to water stress of different parameters (plant height, root length and volume, 1000-grain weight, yield, leaf contents of fat, protein and potassium and the rate of dry matter);
- the drought susceptibility index of Fischer and Maurer (1978).

The results led to draw the following conclusions:

- Water deficit causes an average decrease of 25.34% yield of *NERICA 3* and 30.88% of the *NERICA 4*'s yield;
- in both varieties, the yield is twice more sensitive to water deficit than plant height;
- a continuous water deficit reduced yield of these varieties more than a temporary shortage of water;
- accumulation of potassium in leaves under conditions of water deficit is an indicator of water stress resistance in rice;
- organic matter (1: 6 proportion) is an external factor promoting resistance to water stress in rice.

**Keywords:** Guinea, *NERICA*, water stress, rice, *Oryza* L., organic matter, water stress resistance, ability to field, sensitivity index, trial, evaluation, parameter.

## INTRODUCTION

Céréale la plus cultivée dans le monde (environ 150 millions d'hectares), le riz constitue l'aliment de base de plus de la moitié de l'humanité (MAE-CIRAD, 2002). Sa production au niveau mondial est actuellement dominée par l'Asie avec 91% de la production et 89% des surfaces ; vient ensuite l'Amérique du Sud avec 3,6% de la production et 4% des surfaces. L'Afrique assure 2,9% de la production et 4,8% des surfaces cultivées (MAE – CIRAD, 2002). En Afrique de l'Ouest, le riz est cultivé sur environ 4,4 millions d'hectares. En termes de superficies cultivées, la Guinée occupe la deuxième place après le Nigeria, avec 978 700 hectares soit 33% des surfaces couvertes par la riziculture pluviale de plateau de la sous-région.

Cependant, malgré l'importance des superficies rizicultivées, d'importantes quantités de riz sont annuellement importées pour subvenir aux besoins des consommateurs d'Afrique de l'Ouest ; cette situation est causée par les nombreuses contraintes qui pèsent sur la riziculture dont : les adventices, le bas niveau de fertilité des sols, les maladies et ennemis, les mauvaises pratiques culturales et la sécheresse. Cette dernière contrainte fait de plus en plus l'objet de préoccupation des producteurs. En effet, le Sahel ouest – africain subit depuis 1972, un déficit pluviométrique important et on constate un net déplacement vers le sud, des isohyètes caractéristiques de la zone sahélienne (300 à 750 mm de pluie par an) entre 1951 et 1989 (IRD, 2003) ; ce qui induit une transformation du zonage écologique se traduisant par la contraction du domaine agricole (MOREL, 1991).

Face à ce déficit pluviométrique progressif, des dispositions conséquentes doivent être prises par les pays au sud du Sahara quand on sait que la riziculture pluviale de coteaux y occupe 40% des superficies rizicultivées (Tableau XXIX aux annexes). Plusieurs stratégies peuvent, à cet effet, être mises en œuvre :

- le choix des régions ayant une pluviosité convenable à la variété considérée ;
- l'utilisation de techniques de culture permettant une exploitation optimale des ressources hydriques ;
- la sélection de variétés tolérantes des périodes de sécheresse.

Cette dernière stratégie fait actuellement l'objet de plusieurs travaux et de plus en plus des projets et programmes de recherche y sont orientés. A cet effet, l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) a mis au point au cours des années 1990, près de 3.000 lignées de riz interspécifiques appelées NERICA (New Rice for Africa ou Nouveau riz pour l'Afrique)

dont la plupart ont montré une certaine tolérance à la sécheresse. Ce riz est en extension dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Togo etc.). Introduit en Guinée en 1997 en essai en milieu paysan, il couvrait en 2006 plus de 93.000 hectares soit 16% des superficies occupées par la riziculture pluviale de plateau du pays. Toutefois, une évaluation du degré de résistance au stress hydrique de ses différentes lignées en Guinée n'a pas encore été faite. Or, l'analyse de la pluviométrie de la Guinée de 1971 à 1990, faite par BARRY et SIVAKUMAR en 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. Par ailleurs, 58% des superficies rizicultivées et 69% de la production rizicole du pays sont couvertes par la riziculture pluviale, pratiquée dans des plaines et sur coteaux et procurant nourriture et revenus à une bonne partie de la population. Elle couvre généralement la période pluvieuse, caractérisée par une pluviométrie plus ou moins abondante et régulière. Ce qui implique une variation subséquente des rendements en fonction du degré de tolérance des variétés au stress hydrique. En effet, la sécheresse provoque une baisse considérable des rendements en riziculture de coteaux, à cause de la forte réduction de l'assimilabilité des éléments nutritifs du sol par les plantes, provoquée par une perte importante d'eau par évapotranspiration.

C'est pourquoi, la présente étude a pour objectifs généraux :

- faire le criblage de deux lignées de riz NERICA cultivées en République de Guinée pour la résistance au stress hydrique en vue de leur exploitation en période et zone à déficit pluviométrique marqué ;
- étudier la possibilité d'utiliser la matière organique comme facteur externe d'amélioration de la résistance au stress hydrique du riz.

Pour atteindre ces objectifs, l'étude se fixe comme objectifs spécifiques:

- soumettre deux variétés de NERICA de grande culture en République de GuinéeGuinée à des stress hydriques temporaire et continu et à une alimentation hydrique normale ;
- étudier leurs réactions à travers des paramètres morphophysologiques et biochimiques ;
- étudier l'efficacité de la fumure organique dans l'amélioration de la résistance de l'une d'elles au stress hydrique.

A cet effet, l'étude part des hypothèses suivantes :

- la restriction hydrique par suppression temporaire ou réduction de la quantité d'eau d'arrosage est un facteur adéquat de sélection de variétés de riz tolérantes au stress hydrique ;
- par son effet remarquable sur le bilan hydrique du sol, la matière organique est un facteur externe d'amélioration de la résistance du riz au stress hydrique.

Par ailleurs cette étude est fondée sur les faits suivants :

- une étude de la résistance au stress hydrique de ces deux variétés n'a pas encore été réalisée sur ces deux variétés en République de Guinée ;
- le degré de résistance de ces deux variétés au stress hydrique n'est pas encore connu ;
- les facteurs morphophysologiques et biochimiques liés à leur résistance au stress hydrique ne sont pas encore connus ;
- l'utilisation de la fumure organique comme facteur externe d'amélioration de la résistance au stress hydrique du riz n'a pas fait l'objet d'étude en République de Guinée.

Enfin, les résultats obtenus permettraient de mieux connaître le comportement hydrique de ces deux variétés afin de les recommander éventuellement pour les zones ou périodes à faible pluviométrie. Aussi, une base scientifique de l'utilisation de la matière organique comme fumure recommandable en zone aride sera-t-elle établie.

Le présent document comporte :

- une dédicace ;
- des remerciements ;
- un sommaire ;
- une liste des tableaux, figures et photographies ;
- une liste et la signification des abréviations (sigles et acronymes) ;
- *title, abstract and keywords* ;
- une introduction;
- une première partie comprenant une revue bibliographique avec un chapitre sur le riz, un sur le stress hydrique des plantes en général et un sur le stress hydrique du riz;
- une deuxième partie comportant les expérimentations réalisées avec un chapitre sur la présentation de la zone d'étude et le matériel végétal, un sur chacun des trois essais réalisés et une analyse comparative des résultats des trois essais ;
- une discussion générale ;
- une conclusion générale et les perspectives ;
- la bibliographie ;
- les annexes avec 3 articles de publication, 9 tableaux, 1 figure et 3 et photographies ;
- le titre, le résumé et les mots clés en page 4 de couverture.

**1. PREMIERE PARTIE**  
**REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

# 1.1. CHAPITRE I

## ETUDE DU RIZ

### 1.1.1. Biologie de la plante

Deux espèces de riz sont cultivées : *Oryza sativa* L, d'origine asiatique et *Oryza glaberrima* Steud, d'origine africaine. Les variétés cultivées sont diploïdes avec  $2n = 24$  chromosomes. Elles sont autogames, mais des allofécondations naturelles peuvent se produire (MFCD, 1991 ; JACQUOT *et al.*, 1997). Le riz est la céréale qui a le plus petit génome et celui qui se prête le plus facilement à des manipulations génétiques. De ce fait, il est utilisé par les généticiens comme plante modèle (MAE – CIRAD, 2002).

D'après MOREAU (1987), on divise classiquement le cycle du riz en 3 phases :

- la phase végétative qui s'étend du semis jusqu'à la formation des organes reproducteurs ; durant cette phase, se mettent en place les organes végétatifs : racines, feuilles et tiges ; un pied donne naissance à plusieurs tiges appelées également talles ;
  - la phase reproductive durant laquelle se mettent en place les organes reproducteurs appelés panicules ; chaque talle porte au maximum une panicule comportant de nombreux épillets ; chaque épillet peut donner naissance à une fleur puis à un grain ; la phase reproductive se termine avec la floraison ;
  - la maturation durant laquelle les grains vont se remplir pour atteindre la maturité en fin de cycle ;
- durant chacune de ces phases, des composantes participant l'une après l'autre à l'élaboration du rendement vont être mises en place :
- le nombre de pieds par  $m^2$  ;
  - le nombre de panicules par pied ;
  - le nombre d'épillets par panicule ;
  - le pourcentage de grains pleins ;
  - le poids moyen d'un grain ou le poids de mille grains.

### 1.1.1.1. La phase végétative

C'est la première phase du cycle et représente la croissance et le développement des organes végétatifs jusqu'au début de l'initiation des organes reproducteurs. Les différentes étapes successives de cette période sont : la germination, la levée et le tallage.

#### a) La germination

Plusieurs conditions doivent être satisfaites pour permettre la germination : une levée de dormance, des températures suffisantes (Tableau I), une aération qui dépend de la profondeur de semis

**Tableau I.** Influence de la température (°C) sur la germination.

Type de température	Régions tropicales	Régions tempérées
Minimale	18	10-12
Optimale	35-37	30-35
Maximale	42	40
Léthale	50	(valeur non existante)

Source : MOREAU (1987)

#### b) La levée

Plusieurs facteurs peuvent empêcher la levée

- obstacles mécaniques formés par les mottes ou croûtes de battance ;
- obstacles photosynthétiques dans le cas du riz irrigué où les algues peuvent gêner le fonctionnement photosynthétique ;
- des différences d'ancrage : chez le riz, le coléoptile se développe en général avant la racine et ceci, d'autant que la température est élevée et la graine profonde ; ce décalage crée une période de « flottement » pendant laquelle la graine est susceptible d'être emportée au gré des courants d'eau et ne peut s'enraciner.

#### c) Le tallage

Il commence normalement au stade de 3 feuilles. Le nombre de talles augmente ensuite, atteint un maximum puis diminue par suite de la mort de certaines talles, jusqu'à l'initiation paniculaire. A la fin du tallage, un certain nombre de talles vont donner des panicules et d'autres vont régresser et mourir. Cette discrimination se fait selon certains critères, partagés par plusieurs auteurs :

- le nombre de feuilles de la talle (3 au minimum) ;
- la hauteur de la talle (88% de la hauteur du brin - mère) ;
- l'épaisseur du dernier entrenœud (une section de 6mm<sup>2</sup>) ;
- la température (optimale : 18 à 35°C).

### 1.1.1.2. Phase reproductive

Elle débute avec l'initiation du primordium de la panicule et se termine par la fécondation, précédée de quelques heures par l'épiaison et la floraison. Outre la formation des organes reproducteurs, les 3 dernières feuilles se développent durant cette phase et les 3 derniers entrenœuds s'allongent. Cette phase est très sensible aux conditions extérieures. Elle se soldera, en terme de composant du rendement par le nombre d'épillets par panicule et le pourcentage de stérilité. On la divise classiquement en deux périodes :

- la période de la formation de la jeune panicule durant laquelle se différencient les épillets ; on aboutit ainsi à un potentiel correspondant au nombre d'épillets différenciés ;
  - la période de formation des cellules reproductrices à savoir, les ovules et les grains de pollen. ;
- durant cette période, certains épillets peuvent dégénérer ou alors certaines malformations des cellules reproductrices peuvent se produire, ce qui entraîne la stérilité des épillets formés. Cette stérilité ne s'extériorise qu'après l'épiaison, par la présence de grains vides.

La panicule commence au « nœud basal » (*neck-node* en anglais), se poursuit par le rachis, lui – même portant deux niveaux de ramification : les racèmes et les axilles. Les épillets sont portés soit directement par le rachis, soit par les racèmes, soit par les axilles. Après sa formation, chaque organe est susceptible de dégénérescence, les derniers formés étant les plus exposés à ce phénomène, c'est -à - dire, les épillets à la base des axilles, les axilles à la base des racèmes et les racèmes à la base du rachis.

La durée de cette phase est assez peu variable et s'étend de 25 à 35 jours environ. Sa variation est essentiellement due à la sensibilité de la variété à la photopériode qui détermine la date d'épiaison. Les facteurs qui influencent cette phase sont : la température, le rayonnement, le régime hydrique et les éléments nutritifs.

#### - **la température**

Les basses températures sont une des principales causes de dégénérescence et de stérilité des épillets. Le stade le plus sensible se situe autour de la méiose et plus particulièrement lors de la division réductionnelle des cellules mères des spores. Les températures optimales se situent globalement entre 20 et 30°C et la température minimale critique entre 15 et 20°C. Cependant, elles dépendent de la résistance propre de la variété. De fortes températures peuvent également induire la stérilité des épillets ;

#### - **le rayonnement**

De faibles rayonnements au cours de cette période peuvent également induire une forte stérilité.

#### - **le régime hydrique**

De nombreux auteurs soulignent également la sensibilité de la plante au stress hydrique entre la division réductionnelle et l'épiaison (Tableau II)

**Tableau II.** Effet de la sécheresse sur le rendement et ses composantes chez le riz.

Sécheresse (jours de l'épiaison)	Rendement (g/pied de riz)	Nombre panicules /pied	Stérilité (%)	Epillets pleins	Poids de 1000 grains (g)
-55	18	11	11	70	21,8
-51	16,8	11	9	66	22
-43	9,5	11	14	65	21,5
-35	20	12	11	60	20,5
-27	17	11	12	54	20,2
-19	15,7	11	34	52	20,8
<b>-11</b>	<b>6,5</b>	<b>10</b>	<b>62</b>	<b>29</b>	<b>21,6</b>
<b>-3</b>	<b>8,3</b>	<b>10</b>	<b>59</b>	<b>38</b>	<b>20,9</b>
+5	16,5	11	10	59	21,9
+13	20,5	10	7	66	22,5
Sans stress hydrique	22,7	10	15	65	21,9

Source : MOREAU (1987)

#### - les éléments nutritifs (sic)

Certains auteurs considèrent l'azote à la fin de la phase reproductive comme un facteur augmentant le risque de stérilité.

#### 1.1.1.3. La maturation

Elle débute après la floraison et s'achève à la récolte. La durée de remplissage des grains varie de 25 à 40 jours selon les conditions. Le degré de remplissage des grains dépend :

- du nombre de grains à remplir (« puits »)
- du niveau possible d'alimentation des grains (« sources »)

L'adéquation entre ces deux éléments détermine le degré de remplissage des grains : « *Moins il y aura de grains, plus ils seront faciles à remplir* ». L'alimentation du grain provient lui – même de deux sources :

- la photosynthèse qui fournit la quasi-totalité de la matière carbonée du grain. La plupart des auteurs considèrent que seules les trois dernières feuilles participent à cette alimentation, les autres

feuilles subvenant aux besoins des entrenœuds et des racines. La mesure de la surface foliaire des trois dernières feuilles peut donc être pertinente vis-à-vis du remplissage des grains ;

- la translocation d'éléments azotés et phosphatés de la tige et des feuilles vers les grains.

### 1.1.2. Ecologie de la plante

Le riz est une plante dont les besoins en eau sont élevés. En culture sèche, il faut 160 à 300 mm d'eau par mois pendant la période végétative, soit 1.000 à 1.800 mm pour la totalité de celle-ci, les besoins croissant avec l'âge des plantes. La floraison exige 70 à 80% d'hygrométrie. La température optimale durant le cycle se situe entre 30 et 34°C, le minimum entre 13 et 14°C et le maximum entre 38 et 40°C ; à 50°C, la plante meurt. Le riz est une plante de lumière exigeant pendant son cycle biologique une bonne insolation (1.000 à 1.200 heures avec un minimum de 400 heures). C'est une plante de jours courts. Beaucoup de variétés traditionnelles de riziculture inondée (et aussi, s'il s'agit de l'espèce africaine, la riziculture pluviale) sont très photosensibles. Les variétés modernes sont en général insensibles au photopériodisme. Léger, le vent est favorable, accélérant la transpiration. Fort, il peut provoquer la verse. Le riz est assez tolérant en sols, préférant cependant ceux à texture fine, mais riches en matière organique avec un pH de 6 à 7 (MFCD, 1991 ; JACQUOT *et al.*, 1997 ; MAE – CIRAD, 2002).

### 1.1.3. Présentation du riz NERICA

D'après le MAEF (2002), le mot « NERICA » est une abréviation anglaise des mots « *New Rice for Africa* » ou « Nouveau riz pour l'Afrique ». Ce nom a été donné aux types de riz créés par l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) en 1990 et issus des croisements entre deux espèces voisines : CG4 (*Oryza glaberrima* Steud, d'origine africaine) et WAB56 – 104 (*Oryza sativa* L., d'origine asiatique). Ce croisement inter – spécifique donne normalement lieu à des descendances infertiles. Pour les rendre fertiles, l'ADRAO a utilisé une technique déjà connue sous le nom de « culture d'anthères ». Le génie créateur de ce succès est Dr Monty P. JONES, de nationalité sierra léonaise. Les NERICA ressemblent beaucoup plus au parent « *sativa* » à cause du fait que la recherche a forcé beaucoup de caractères « *sativa* » tout en maintenant les caractéristiques recherchées du « *glaberrima* » avec l'utilisation de la technique du *backcrossing* ou croisement de retour répété plusieurs fois avec « *sativa* ». Dix huit variétés NERICA sont à présent créées par l'ADRAO, comme l'indique le tableau III:

**Tableau III.** Les dix huit variétés de NERICA pluvial créées par l'ADRAO 2006).

NERICA	LINE CODE	PARENTS
NERICA 1	WAB 450- IBP- 38- HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 2	WAB 450- 1-1-P31- 1-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 3	WAB 450-IBP-28-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 4	WAB 450-IBP-91-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 5	WAB 450-11-1-1-P24-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 6	WAB 450-IBP-160-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 7	WAB 450-IBP-20-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 8	WAB 450-1-BL1-136-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 9	WAB 450-BL1-136-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 10	WAB 450-11-1-1-P41-HB	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 11	WAB 450-16-2-BL2-DV1	WAB 56-104 / CG 14//2*WAB 56-104
NERICA 12	WAB 880-1-38-20-17-P1-HB	WAB 56-50 / CG 14//2*WAB 56-50
NERICA 13	WAB 880-1-38-20-28-P1-HB	WAB 56-50 / CG 14//2*WAB 56-50
NERICA 14	WAB 880-1-32-1-2-P1-HB	WAB 56-50 / CG 14//2*WAB 56-50
NERICA 15	WAB 881-10-37-18-3-P1-HB	CG 14 / WAB 151-18//2*WAB 181-18
NERICA 16	WAB 881-10-37-18-9-P1-HB	CG 14 / WAB 151-18//2*WAB 181-18
NERICA 17	WAB 881-10-37-18-13-P1-HB	CG 14 / WAB 151-18//2*WAB 181-18
NERICA 18	WAB 881-10-37-18-12-P3-HB	CG 14 / WAB 151-18//2*WAB 181-18

Le même auteur signale que ces variétés présentent des atouts et des faiblesses. Comme atouts on peut noter la précocité, la résistance aux maladies et aux insectes, la résistance au stress hydrique, la bonne réponse à la fumure et le rendement élevé, de bonnes qualités organoleptiques (bon arôme, taux élevé de protéines, bonnes qualités culinaires etc.). Les principales faiblesses identifiées par les producteurs sont la difficulté de battage due au faible taux d'égrenage, l'absence de dormance physiologique qui conduit à la germination des grains de riz avant le battage si les bottes sont mouillées par la pluie.

#### 1.1.4. Le riz NERICA en Guinée

Selon le MAEF (2002), c'est en 1997 que les NERICA (environ 25 lignées) ont été introduites en République de Guinée pour des tests adaptatifs. Ces lignées ont été testées en milieu paysan. De 1997 à 1998, elles ont été testées au champ dans des parcelles gérées par les paysans et supervisées par les vulgarisateurs et les chercheurs. Ces parcelles sont connues en Guinée sous le nom d'Unités Expérimentales Paysannes (U.E.P) et de parcelles de sélection variétale participative (Participative Varietal Selection ou PVS en anglais). Selon la même source, déjà, à la première année d'introduction,

les producteurs qui ont bénéficié des U.E.P ont apprécié les performances des différentes lignées qu'ils ont réussi à cultiver dans leurs propres champs. A la deuxième année, ils ont prélevé des semences sur les récoltes des variétés qu'ils ont choisies dans leurs U.E.P. et les ont cultivées dans leurs champs comme ils en ont l'habitude. Ces variétés étaient les NERICA 1, 2, 3, 4 et 6. Dans tout le processus, ils ont été régulièrement suivis par les vulgarisateurs et les chercheurs des services nationaux de la vulgarisation et de la recherche. A la troisième année, les producteurs ont cultivé sur l'ensemble de leurs exploitations les meilleures variétés qu'ils ont sélectionnées de leurs UEP. Au terme des trois années, ils ont eu une idée de la valeur relative des nouvelles variétés et opéré leurs choix pour l'adoption.

Dans l'actualité, ce riz est cultivé dans la plupart des régions du pays et sa diffusion est favorisée par le Projet de diffusion du riz NERICA (ARI pour *African Rice Initiative*) qui travail en étroite collaboration avec l'Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah depuis 2006.

## 1.2.CHAPITRE II : SECHERESSE ET PLANTE

### 1.2.1. Rôle de l'eau dans la nutrition de la plante

L'alimentation hydrique est un processus vital pour les plantes dont le développement sont fortement dépendants. A l'échelle cellulaire, l'eau participe au maintien des structures et permet le déroulement du métabolisme. Par la pression de turgescence qu'elle exerce sur les parois, elle contribue au port des végétaux qui, sans elle se flétrissent ; elle commande divers mouvements d'organes (tropismes, nasties) et de cellules (stomates) et elle participe à l'allongement cellulaire. Au niveau de l'organisme elle sert de véhicule aux substances nutritives, déchets et hormones. Tous ces rôles dévolus à l'eau dans la plante sont repris par COUDRET et FERRON (1977), FITTER et HAY (1981) qui précisent qu'elle représente 85 à 90% du poids frais de la cellule, 98% de la vacuole. Cependant, moins de 1% de l'eau absorbée par les racines est retenue par la plante. Il existe donc un flux continu à travers la plante, recomposé à chaque instant par des modifications endogènes (régulation stomatique) et exogènes (alternance jour – nuit, humidité de l'air et du sol, température...), ce qui provoque des variations dans l'état d'hydratation des tissus. MONNEVEUX et THIS (1997) soulignent quant à eux le rôle de l'eau dans la photosynthèse, le transport et l'accumulation, la multiplication et le grandissement cellulaires, c'est-à-dire, dans le développement des plantes cultivées. En effet, selon MAE – CIRAD (2002), l'alimentation hydrique conditionne pour une bonne part l'efficacité avec laquelle la photosynthèse pourra se réaliser. On peut estimer très grossièrement pour les cultures annuelles une liaison entre eau transpirée en condition de culture et biomasse produite par la relation suivante : *500 litres d'eau par mètre carré(soit une pluviométrie de 500mm) permettent la production d'un kilogramme de biomasse sèche.*

### 1.2.2 Notions de stress hydrique et de sécheresse

Le stress, au sens large est un dysfonctionnement produit dans un organisme ou dans un système vivant par une carence ou un excès d'un ou de plusieurs facteurs. Lorsque cette perturbation est due au déficit d'eau, on parle de stress hydrique (DUTUIT *et al*, 1994). Un stress hydrique peut se produire aussi bien sous l'effet d'un manque que d'un excès d'eau. Un exemple d'excès est l'inondation. Le stress provoqué par l'inondation est habituellement une réduction de l'apport d'oxygène aux racines. La réduction de l'apport d'oxygène limite à son tour la respiration, l'absorption de nutriments et d'autres fonctions racinaires cruciales. Le stress provoqué par un déficit hydrique est bien plus

fréquent de sorte que l'expression de *stress de déficit hydrique* est abrégée en *stress hydrique*. A cet effet, MONNEVEUX et THIS (1997) distinguent trois types de stress :

- des stress « ioniques » liés à la composition en éléments minéraux du sol (présence d'éléments nutritifs hydrosolubles dans l'eau) ;
- des stress liés à l'humidité relative du sol et à celle de l'air ; dans le cas du sol on parlera de « stress osmotique » et dans le cas de l'air, de « stress évaporatoire » ;
- des stress thermiques, parmi lesquels on distingue habituellement les basses et les hautes températures.

Les mêmes auteurs affirment que dans les zones soumises à la sécheresse, le déficit hydrique du sol peut atteindre des niveaux très variables selon le type de précipitation et les texture et structure du sol. Les réserves en eau du sol peuvent être exploitées de façon plus ou moins complète par la plante. La quantité d'eau exploitable d'un sol ou réserve utile en eau constitue un paramètre important pour évaluer ses potentialités. L'humidité à la capacité au champ est une première méthode de quantification du déficit hydrique.

Cause principale du stress hydrique, la sécheresse est, au sens climatique, une période pendant laquelle les précipitations sont très inférieures à la normale (c'est-à-dire sont dysbiotiques ou pire abiotiques au sens hydrologique), c'est une période ou année durant laquelle les débits sont très inférieurs à la moyenne (MAINGUET, 1995). Cet auteur précise que la sécheresse se manifeste dans le temps (période sèche) tandis que l'aridité est un phénomène spatial (région aride). Pour MONNEVEUX et THIS (1997), la sécheresse se traduit par une faible disponibilité en eau pour les plantes.

YACOUBI et ses collaborateurs (1998) distinguent sept types de sécheresse en fonction du moment de leur manifestation par rapport aux phénophases des cultures :

- sécheresse de type 1 : déficit pluviométrique en fin de cycle (durée du semis à la maturité) ;
- sécheresse de type 2 : déficit pluviométrique au milieu du cycle ;
- sécheresse de type 3 : déficit pluviométrique au milieu et en fin de cycle ;
- sécheresse de type 4 : déficit pluviométrique au début du cycle seulement ;
- sécheresse de type 5 : déficit pluviométrique au début et en fin de cycle ;
- sécheresse de type 6 : déficit pluviométrique au début et au milieu du cycle ;
- sécheresse de type 7 : déficit pluviométrique du début à la fin du cycle.

BOOTSMA et ses collaborateurs (1996) définissent quant à eux la sécheresse en agriculture comme étant un déficit marqué et soutenu des précipitations réduisant significativement les productions agricoles par rapport à la normale ou aux valeurs attendues pour une région de grande étendue. Déjà, DE RAISSAC en 1992 estimait qu'il y a sécheresse lorsque l'eau devient le facteur limitant de la croissance et du rendement. Par ailleurs, KATERJI et ses collaborateurs (1991) ont défini le

coefficient de sécheresse comme étant le rapport de la transpiration des plantes en cours de dessèchement et la transpiration maximale des mêmes plantes bien irriguées et, selon PANDE (1977), le stress hydrique existe lorsque le rapport entre l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'évapotranspiration potentielle (ETP) d'eau tombe au-dessous de 1. Le stress dû à la sécheresse peut être atténué en cultivant des variétés de plantes à cycle court ou résistantes à la sécheresse.

### **1.2.3. Etude du stress hydrique chez les plantes**

#### **1.2.3.1. Effets physiologiques de la sécheresse et du stress hydrique sur les plantes**

Plusieurs recherches ont montré que le déficit hydrique réduit en général la croissance des cultures provoquant une baisse de leurs rendements. Selon LEMEE (1978), les contraintes hydriques provoquent une diminution de la taille des cellules, des organes et de la plante entière. Le rapport des parties souterraines aux parties aériennes s'élève, les feuilles, plus petites ont une nervation plus dense et des protections périphériques augmentées par une cuticule plus épaisse et une pilosité plus grande. Ces modifications dans le sens d'une plus grande résistance à la sécheresse constituent des *xéromorphoses*. Elles sont accompagnées de modifications de métabolismes dont une conséquence écologique importante est une meilleure efficacité transpiratoire (rapport de la production de matière sèche à la consommation d'eau par la plante dans le même temps). L'auteur précise qu'il convient de distinguer les adaptations passives héréditaires à la sécheresse, des adaptations actives, de nature phénotypique des individus soumis à des conditions de sécheresse. Le premier cas est celui des xérophytes, le second, celui de l'endurcissement à la sécheresse.

La sécheresse est l'un des tout premiers facteurs intervenant dans la limitation des rendements : elle affecte fortement la production des zones arides et semi – arides, caractérisées par des pluies rares et irrégulières dans le temps et l'espace et par des températures souvent élevées (MONNEVEUX et NEMMAR, 1986). Elle peut toucher aussi bien les zones arides que les zones humides et ses conséquences peuvent être désastreuses même dans les pays développés (BARAKAT et DA SILVA, 1998). Ses effets les plus évidents sont la réduction de la taille, de la surface foliaire et des rendements des cultures. Mais l'ampleur de ces effets dépend considérablement du stade de développement de la plante. Ceci est particulièrement vrai pour les plantes annuelles chez lesquelles les effets de courte durée de sécheresse à un stade critique de développement semblent plus grave que chez les pérennes. Dans des conditions de champ, la germination de la graine et l'installation du jeune plant sont souvent inhibées par des déficits hydriques en raison de leur constitution encore fragile. De plus, l'auxèse, la mèresse et la différenciation cellulaire sont affectées par le déficit hydrique (YAKORO, 1996).

Le stress hydrique, en réduisant la surface foliaire, accroît souvent l'épaisseur de la feuille donc, augmente son poids par unité de surface ou poids spécifique foliaire ; cet accroissement est parfois accompagné d'une augmentation de l'épaisseur de la cutine et parfois de la quantité de poils présents sur les surfaces foliaires ; le stress hydrique prolonge également le cycle végétatif (KRAMER, 1983), la transpiration (INRA, 2000), augmente la teneur en acide abscissique (HELLER *et al.*, 1995), provoque une accumulation progressive de saccharose chez les plantes résistantes à la sécheresse et une accumulation temporaire chez celles qui sont moins résistantes (FALALOU, 2000), limite la production agricole et forestière dans les zones arides et semi – arides de l'Afrique de l'Ouest (VAN KEULEN et BREMAN., 1990). Selon MAINGUET (1995), la vulnérabilité accrue des communautés végétales du couvert sahélien habituellement observée lors des années de sécheresse s'exprime par :

- un départ retardé de la feuillaison ;
- un retard dans l'apparition des fruits ;
- une chute précoce des feuilles ;
- une diminution du pourcentage et de la période de floraison ;
- une réduction de la longueur et de la surface des feuilles ;
- une réduction du poids de la matière sèche, de la production foliaire, en particulier pour les arbres les plus jeunes ;
- une réduction ou une absence de fructification d'autant plus marquée que les arbres sont plus jeunes.
- la chute des fleurs ;
- une réduction de la fécondation.

D'après RAISSAC (1992), sous stress hydrique sévère, la plante devient incapable d'équilibrer le bilan absorption – transpiration d'eau. Les stomates restent en permanence fermés, excepté pendant de très courtes périodes matinales et vespérales. La plante s'expose au risque de stress osmotiques et surtout thermiques. La perte d'eau, élevée, entraîne une surconcentration en ions et composés solubles des compartiments cellulaires. Dans le même temps, la thermorégulation n'est plus assurée par la transpiration stomatique et l'échauffement excessif conduit à une dénaturation des protéines notamment enzymatiques et à une rupture de membranes cellulaires. Dans de telles conditions, le recours à des espèces ou variétés présentant une forte résistance protoplasmique peut constituer un caractère adaptatif intéressant. Il convient cependant de remarquer que cet ultime mécanisme de protection n'intervient que lors des sécheresses extrêmes qui plongent la plante dans un état de survie prolongé et qui affectent profondément les facteurs de production. Dans des situations agronomiques qui imposent à la plante la mise en jeu de tels processus, la probabilité d'un rendement satisfaisant est très faible. Il semble alors plus sensé d'admettre l'inadaptation agricole (et non écologique) de l'espèce ou de la variété aux conditions données car dans le cadre agronomique, l'adaptation

écologique à la sécheresse, ne concernant que la survie de la plante et la perpétuation de l'espèce, est insuffisante. En effet, sous stress hydrique, lorsque la plante perd la capacité d'équilibrer son bilan hydrique et que sa turgescence s'annule, elle passe de l'état productif à l'état de survie. Si la phase est brève, la conséquence est l'arrêt momentané de la croissance. Si la phase est prolongée, la plante souffre d'une véritable asphyxie et, outre l'arrêt de la croissance, il en résulte une altération irréversible du matériel cellulaire ainsi qu'une modification de l'équilibre hormonal : accumulation de l'acide abscissique et inhibition de la synthèse d'auxines et cytokinines dans les méristèmes aériens et racinaires actifs. Aussi, le rendement étant défini par la relation  $R = RB \times IR$  ( $R = \text{rendement}$ ,  $RB = \text{rendement biologique}$  et  $IR = \text{indice de récolte}$ ), toute réduction de la croissance a-t-elle un effet proportionnel sur le rendement lorsque l'indice de récolte n'est pas modifié. De plus, le ralentissement de la croissance peut affecter l'indice de récolte lui-même par l'intermédiaire du déséquilibre hormonal qu'il engendre. En définitive, le recours à l'état de survie présente deux aspects négatifs : inadaptation de l'espèce ou de la variété (point de vue évolutif) et perte de rendement sous déficit (point de vue agronomique). Selon ALBOUCHI et ses collaborateurs (2003), rapportant plusieurs autres auteurs, le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en zones arides et semi-arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (RWC) et une réduction significative de la production de la biomasse, concomitante à une réduction de la croissance en diamètre et en hauteur des tiges. De même, le manque d'eau affecte la distribution de la biomasse chez les plantes stressées, liée à la complémentarité des fonctions de croissance des parties racinaire et aérienne. Souvent, la réponse d'une plante soumise à un dessèchement du sol se traduit par une allocation préférentielle de la biomasse vers les racines exprimée par une augmentation du rapport en matière sèche entre la partie souterraine et la partie aérienne. Cependant, l'importance de ces effets varie selon l'espèce et l'intensité du stress hydrique subi. Le développement de la partie racinaire aux dépens de la partie aérienne est considéré par plusieurs auteurs comme un critère de résistance à la sécheresse. Il permettrait une meilleure utilisation de l'eau disponible qui devient plus accessible.

### 1.2.3.2. Résistance des cultures au stress hydrique

FALALOU (2000) rapporte que la résistance d'une plante à la sécheresse en termes agronomiques est sa capacité de produire lorsque la transpiration ne peut répondre que partiellement à la demande évaporative de l'atmosphère en raison des disponibilités insuffisantes d'absorption et de transfert d'eau. Dans le même ordre d'idées, MILLER et ses collaborateurs (1997) considèrent la tolérance à la sécheresse d'une culture, comme étant son aptitude à donner efficacement un certain rendement à partir de ressources hydriques limitées selon l'équation suivante : rendement = eau exsudée ×

efficience de l'utilisation de l'eau  $\times$  indice de récolte (l'indice de récolte étant, selon BALDY et STIGTER en 1993, le rapport entre le poids des graines et celui de la biomasse aérienne). Par ailleurs, certains stades de croissance d'une culture donnée sont plus sensibles au stress hydrique ; par exemple, les cultures céréalières sont plus sensibles à la sécheresse au moment de la floraison et du remplissage des grains (BARRY et SIVAKUMAR, 1997). Toutefois, la notion de tolérance à la sécheresse est à prendre avec réserve car il n'y a pas d'espèce qui résiste de façon absolue à la sécheresse, toutes lui sont sensibles à des degrés divers (FALALOU, 2000).

### 1.2.3.3. Facteurs de résistance des plantes au stress hydrique

Plusieurs auteurs associent la résistance des plantes au stress hydrique à des paramètres morphophysologiques et biochimiques propres aux espèces et même aux variétés dans une même espèce. Ainsi, FORESTIER (1979), LAM-SANCHEZ et ses collaborateurs (1987), ASCH et DINGKUHN (2000) estiment que des facteurs comme la profondeur d'enracinement, le degré de fermeture des ostioles et la résistance de la cuticule à la diffusion de la vapeur d'eau entrent en ligne de compte dans les différences variétales en ce qui concerne la résistance aux contraintes hydriques. A cet effet, TAMINI (1997) précise que la résistance d'une feuille à la diffusion de vapeur d'eau, signifie l'opposition de ladite feuille à la perte d'eau sous forme de vapeur par la plante. Plus la résistance est faible, plus il y a perte d'eau et vice – versa. D'autres facteurs comme le rapport poids de la partie aérienne / poids des racines, la grosseur et la longueur des racines, la résistance stomatique, l'augmentation de l'activité des protéases dans les tiges, la migration des photosynthétats des tiges vers les graines, la capacité d'accumulation de l'acide abscissique (ABA), la présence de cire épicuticulaire, la capacité d'ajustement osmotique influencent également la résistance des plantes au stress hydrique. Par ailleurs, selon ARRAUDEAU (1998), la teneur en lipides augmente chez les variétés résistantes lorsqu'elles sont soumises à des stress hydriques. Plus récemment, MORIN (2002) rapporte que des recherches ont montré que la concentration en tréhalose (un glucide non réducteur), dans les plantes augmente considérablement leur résistance à la sécheresse. DIALLO D. (2003) a en outre constaté une baisse sensible de la teneur en amidon chez des variétés de riz NERICA jugées résistantes et une tendance inverse chez une variété sensible.

S'agissant des critères de criblage pour la résistance à la sécheresse des cultures, les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques suivants sont cités par les auteurs (FORESTIER, 1979 ; JOSIS *et al.*, 1983 ; CIRAD, 1984 ; NWOSU et ONOFEGARA, 1991 ; TESCHA, 1991 ; MONNEUVEUX et THIS, 1997 ; VACHER *et al.*, 1998 ; MUNGO et BAZIGER, 1999 ; MORIN, 2002 ; FOTI *et al.*, 2003) :

- la conductance stomatique ;

- le potentiel hydrique foliaire ;
- la profondeur d'enracinement
- nombre de racines et rapport masse racinaire / masse aérienne ;
- la capacité d'ajustement stomatique ;
- la présence de cire épicuticulaire ;
- la capacité d'accumulation d'acide abscissique qui conditionne la fermeture des stomates ;
- la concentration en tréhalose ;

Pour le riz, à ces critères s'ajoutent, toujours selon les auteurs précités :

- la hauteur des plants ;
- le tallage (taux de fertilité des talles) ;
- la vitesse de croissance ;
- la grosseur des racines ;
- le rendement ;
- le rapport grains / paille ;
- le taux de sucres réduits ;
- l'activité des protéases dans les tiges ;

MONNEVEUX et THIS (1997) soulignent que la recherche de variétés plus tolérantes à la sécheresse conduit fréquemment à comparer les réactions de différents génotypes face à des contraintes hydriques d'intensités diverses. La comparaison des productions (en graines ou en organes végétatifs) d'une variété en conditions non limitatives et en conditions de sécheresse permet de calculer les indices variétaux de sensibilité (*drought susceptibility index*) de FISCHER et MAURER (1978) :  $I_{sv} = R_s / R_t$  où  $R_t$  est le rendement en graines en conditions non limitatives (témoin) et  $R_s$  est le rendement en grains en conditions de sécheresse. MONNEVEUX et THIS (1998) regroupent les variétés d'espèces cultivées en trois catégories, sur la base de leur comportement vis-à-vis des contraintes environnementales:

- les variétés maintenant les rendements élevés dans une large gamme d'environnements ;
- les variétés assurant une production de graines relativement élevée dans des environnements à forte contrainte (variétés rustiques) ;
- les variétés ne donnant de bons rendements qu'en conditions très favorables.

D'après ARRAUDEAU (1998), la longueur et l'épaisseur des racines ainsi que leur volume sont des caractères liés à la résistance à la sécheresse.

#### **1.2.3.4.Mécanismes de résistance des plantes au stress hydrique**

Toutes les plantes développent, à des degrés divers, des mécanismes de résistance au stress hydrique. Mais, JOSIS et ses collaborateurs (1983) estiment que la fermeture des stomates est le principal sinon le seul moyen dont dispose la plante pour réguler son déficit hydrique interne, par conséquent, résister à la sécheresse. Toutefois, LEVITT et ses collaborateurs en 1960 de même que TURNER en 1979 s'accordent à distinguer globalement trois mécanismes de résistance chez les espèces cultivées : l'évitement, l'esquive et la tolérance qu'ils définissent comme suit :

##### **a) L'évitement**

Il consiste en un certain nombre de mécanismes qui permettent à la plante d'effectuer son cycle complet de développement en dehors des périodes de déficit hydrique important. Ce qui se traduit généralement par un raccourcissement de phénophases telles que la floraison, la fructification et la maturation. Cette notion privilégiant le critère de précocité, s'est souvent avérée inadaptée, parce qu'elle manifeste des effets de limitation du rendement potentiel des cultures, avec un faible développement du système racinaire. Cependant, lorsque la sécheresse intervient au début du cycle, les variétés tardives seraient préférables parce qu'elles auraient eu le temps de corriger les effets néfastes que leur aura causés le déficit hydrique. Elles pourront donc mieux coïncider leur floraison avec les périodes humides de fin de saison.

##### **b) L'esquive**

Elle consiste en un ensemble d'astuces dont se sert la plante pour conserver le potentiel hydrique de ses tissus à un niveau assez élevé durant les périodes de déficit hydrique afin d'éviter leur déshydratation. Les plantes vont alors développer des mécanismes leur permettant d'augmenter l'absorption de l'eau et d'en réduire les pertes. Pour l'augmentation de l'absorption de l'eau, il s'agira du développement de systèmes racinaires performants (adaptés aux caractéristiques hydrodynamiques et structurales du sol ainsi qu'à la pluviométrie) et d'une bonne conductivité hydrique au niveau des tissus. Pour réduire les pertes d'eau, plusieurs mécanismes physiologiques sont mis en jeu : réduction de la surface transpirante (feuilles), enroulement des feuilles, présence de poils etc., diminution de la radiation interceptée ou encore l'augmentation de la réflectance des feuilles (position des feuilles, couche épicuticulaire cireuse ou lipidique etc.) et enfin la fermeture des stomates qui, associée à une faible transpiration cuticulaire constitue l'un des plus importants mécanismes de régulation des pertes d'eau. [Nous ajoutons que chez les plantes adaptées à la sécheresse, il y a développement du xylème et

du sclérenchyme, tissus pauvres en eau et qui la retiennent énergiquement et réduction ou disparition du parenchyme ou liber, tissus riches en eau et qui la retiennent faiblement]

### c) La tolérance

Ce sont des procédés utilisés par la plante pour maintenir l'intégrité de ses fonctions métaboliques tout en endurant un déficit hydrique dans les tissus. Ces procédés consistent principalement au maintien de la turgescence et en la tolérance à la déshydratation (dessiccation). Le maintien de la turgescence se fait par :

- l'accumulation de solutés (potassium, calcium, magnésium etc.) particuliers pendant les périodes sèches, permettant à la plante de maintenir la turgescence en contrainte hydrique : c'est l'ajustement osmotique qui permet de limiter la réduction de la pression de turgescence des cellules quand le potentiel hydrique baisse ;
- l'augmentation de l'élasticité membranaire et la réduction de la taille des cellules, ce qui implique un maintien permanent de la pression de turgescence ainsi que la résistance protoplasmique ; le maintien de la turgescence permet également de garder les stomates ouverts, d'optimiser la photosynthèse, la croissance racinaire, donc, l'absorption hydrique ; elle diffère l'enroulement des feuilles et leur sénescence lors du déficit hydrique.
- la tolérance à la déshydratation qui dépend de la capacité des membranes cellulaires, des protéines membranaires et cytoplasmiques à résister à la dénaturation.

Enfin, selon LAFON et ses collaborateurs (1990), DENDEN et LEMEUR (2000), DENDEN et ses collaborateurs (2005), INRA (2000), la réponse immédiate au stress hydrique est le ralentissement de la transpiration. En cas de déficit hydrique, les racines synthétisent l'acide abscissique qui est véhiculé par la sève jusqu'aux feuilles où il déclenche alors la fermeture de stomates. L'état hydrique des feuilles participe également à la régulation de l'ouverture de leurs stomates. Toutes les espèces végétales n'utilisent pas ces mécanismes de la même façon. Certaines comme le maïs (*Zea mays*) et le pois contrôlent fortement l'état hydrique de leurs feuilles qui est ainsi maintenu dans une gamme de variation étroite, quel que soit l'état hydrique du sol. D'autres comme le blé (*Triticum L.*) autorisent des variations de l'état hydrique de leurs feuilles beaucoup plus importantes. Des études ont montré que la production d'acide abscissique et ses effets sur les stomates sont identiques chez les lignées tolérantes et/ou sensibles à la sécheresse. Par contre, les lignées tolérantes ont une croissance des feuilles plus lente et donc une transpiration plus faible. L'adaptation des plantes à la sécheresse repose donc largement sur leur capacité à adapter leur architecture pour éviter la sécheresse (via la croissance des feuilles) et pas seulement sur leur réaction immédiate en cas de stress. La régulation de la croissance de la surface foliaire et celle du système racinaire sont considérées aujourd'hui par les

chercheurs comme des moyens d'adaptation des plantes au déficit hydrique. Ainsi, la croissance des feuilles est – elle directement réglée par les conditions climatiques : plus la demande évaporative est importante (atmosphère sèche, vent...), plus la croissance des feuilles est faible, même pour les plantes bien alimentées en eau ; la réduction de la croissance des feuilles est également plus importante que la réduction de la photosynthèse ; il en résulte un excédent de glucides produits et donc une augmentation de leur teneur dans les feuilles.

D'après LAM-SANCHEZ et ses collaborateurs (1987), la résistance à la sécheresse est un caractère héréditaire associé à des caractères morphologiques tel que le développement du système racinaire. RAISSAC M. (1992) de définir alors l'adaptation agronomique à la sécheresse comme étant l'aptitude de la plante à minimiser le recours à l'état de survie sous conditions hydriques limitatives ou plus précisément, la capacité de maintenir une turgescence positive. L'auteur conclut que face à la sécheresse, l'unique issue viable offerte à la plante cultivée est la préservation d'un état hydrique compatible avec le maintien de l'ensemble des fonctions physiologiques ; elle doit, par l'évitement, maintenir une turgescence non nulle. Dans le même ordre d'idées, HEMA et ses collaborateurs (2002) considèrent que l'adaptation des plantes à un milieu aride ou semi – aride consiste à économiser l'eau quand elle devient rare et à en tirer profit au maximum en donnant un rendement acceptable. Selon BALDY et ses collaborateurs (1993), la notation de l'état d'enroulement des feuilles du sorgho (genre *Sorghum*) à midi constitue un indicateur de stress aussi fiable que le potentiel foliaire (selon qu'on n'a aucune ou plus de cinq feuilles enroulées à midi par ciel clair, on note cet indice de 0 à 5). BONNEMAIN et DUMAS (1998) font remarquer qu'en réponse à différents stress, la plante synthétise des protéines de stress ou HSP (pour *Heat Shock Proteins*) qui ont été mises en évidence pour la première fois chez des organismes ayant subi une élévation brusque de température, d'où leur dénomination. Il y a une très grande variabilité des réponses aux différents stress d'un individu à un autre ; cette variabilité exprimée au niveau des interactions entre la plante et le milieu est très largement recherchée et exploitée en amélioration des plantes pour obtenir des individus tolérants vis – à -vis d'un stress donné.

#### **1.2.3.5.Approches biotechnologiques d'amélioration de la résistance au stress hydrique des cultures**

L'amélioration de la résistance à la sécheresse des cultures est actuellement un domaine important d'application des biotechnologies. Ainsi, MONNEVEUX et THIS (1997) proposent deux voies : l'utilisation des marqueurs moléculaires et l'utilisation de la biodiversité.

- **Utilisation des marqueurs moléculaires**

Elle consiste en

- la recherche de marqueurs inductibles de réponse au stress : il s'agira d'induire un stress sur une plante entière ou un jeune plant puis suivre les modifications au niveau des protéines ou des ARNm (Acide ribonucléique messenger) au cours du stress et remonter ensuite aux gènes correspondants en utilisant des protéines ou ARNm spécifiques du stress pour fabriquer des sondes destinées à cribler des banques de gènes ; ces banques génomiques sont constituées d'ADN d'une plante, fragmentés et isolés par morceaux dans ce que l'on appelle des vecteurs de clonage qui permettent l'amplification desdits fragments par une bactérie ou un virus ; connaissant les voies métaboliques impliquées dans la réponse au stress, on peut tenter de cloner les gènes correspondant aux enzymes clés de ces réactions et analyser leur modulation d'expression et suivre la réaction de la plante ;
- la recherche et la localisation des marqueurs de tolérance inductibles par le stress hydrique (comparer les profil protéiniques des plantes en condition de stress et ceux de plantes témoins non stressées mais en comparant cette fois plusieurs génotypes à comportement contrasté considérés « tolérants » ou « sensibles ») ;
- l'étude du polymorphisme des marqueurs moléculaires en relation avec la tolérance à la sécheresse, qui consiste à caractériser les liaisons phénotypiques entre le marqueur et le comportement en conditions limitatives ;
- la recherche de QTL « sécheresse » (*Quantitative trait loci* ou loci déterminant un caractère quantitatif) consistant à localiser des zones du génome impliquées dans la variation du caractère.

- **Utilisation de la biodiversité**

Elle consiste à rechercher le gène de résistance au stress hydrique chez les espèces n'ayant pas subi de sélection dans ce sens, en vue de croisement.

Par ailleurs, selon DIALLO S. B. (1989), les mesures ci -après permettent d'améliorer la résistance au stress hydrique des cultures.

- **Amélioration du régime hydrique du sol par**

- l'apport de la matière organique sous forme d'engrais ;
- l'utilisation des substances hydrophiles capables d'accumuler l'eau dans le sol et dans l'atmosphère, eau qui sera progressivement libérée au profit de la plante ;
- l'utilisation de gèles d'engrais minéraux capables d'accumuler l'eau autour des racines ;
- le changement de la composition du complexe absorbant du sol pour diminuer la stabilité des liaisons entre l'eau et le sol et augmenter ainsi l'eau utile.

- **Amélioration du régime hydrique du système sol – plante par**

- la fourniture de potassium et de sodium à la plante afin d'augmenter la turgescence cellulaire ;
- l'augmentation de l'activité de l'ATP ;

- l'utilisation de stimulants de croissance et d'oligo-éléments, couplée de mesures de protection phytosanitaire ;
- la réduction de la transpiration ;
- le changement de la constante d'équilibre de l'activité hydrolytique des invertases et des protéases en faveur de la synthèse plutôt que de l'hydrolyse.

- **Utilisation de la matière organique**

La matière organique appliquée au sol peut profondément modifier les propriétés hydriques de celui-ci. En effet, elle influe sur :

- la formation de la structure du sol ;
- la perméabilité du sol ;
- la hauteur et la vitesse d'ascension capillaire ;
- l'augmentation des charges négatives du complexe absorbant ;
- le blocage des points d'absorption des molécules d'eau des complexes absorbants minéraux ;
- le changement de la solidité des liaisons de l'eau avec le sol ;
- le changement du coefficient d'utilisation de l'eau et de la dispersion ;
- l'augmentation de la capacité d'échange cationique ;
- l'optimisation du régime nutritif pour la plante.

Il est à signaler que la matière organique n'influe pas au même moment sur tous ces paramètres de la même manière. Mais, dans des conditions de déficit hydrique, son influence sur le régime hydrique reste déterminante pour l'obtention de bonnes récoltes (DIALLO S. B., 1989).

Selon DIAZ (1970), la conservation de l'eau facilement utilisable a une relation inverse avec la teneur en humus brut et est proportionnelle à la teneur en humus du type Moder. Aussi, 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 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 et la matière organique 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.

Selon DIALLO S. B. (1989), l'utilisation du fumier a considérablement augmenté la quantité de colloïdes hydrophiles dans les chernozems steppiques de la Russie. L'auteur poursuit en disant que, l'utilisation d'une matière organique de bonne qualité conduit en agriculture à l'augmentation :

- de la densité optique de ses fractions mobiles ;
- de la capacité d'absorption et de rétention de l'eau du sol ;
- des groupements - COOH, - OH ; - NH<sub>2</sub> ;
- du pouvoir tampon du sol ;
- de la capacité des cultures à résister au flétrissement par la diminution de la stabilité de la liaison entre l'eau et le sol.

Le même auteur affirme dans la même publication que l'utilisation de 30 tonnes de fumier à l'hectare a diminué la stabilité de la liaison de l'eau avec le sol de 9,3% sur les chernozems. Les données obtenues par le même auteur montrent une diminution de l'humidité au point de flétrissement de 0,76%, une augmentation de la longueur des racines de 0,55 cm, de la longueur des tiges de 0,84 cm et de la masse de la plante de 0,16 g par rapport au témoin en riziculture. Pour les mêmes paramètres et sur les solonetz, les données varient respectivement de 0,18 ; 1,8 ; 1,3 et 0,03. L'auteur constate aussi qu'avec l'application de 30 tonnes de fumier à l'hectare, il y a une diminution de l'énergie d'activation liée à la déshydratation de 1,1% sur chernozems et de 0,66% sur solonetz par rapport au témoin.

## **1.3. CHAPITRE III**

# **ETUDE DE LA RESISTANCE DU RIZ AU STRESS HYDRIQUE**

La grande exigence du riz en eau en fait une culture dont les rendements sont fortement dépendants de l'alimentation hydrique et du degré de tolérance à la sécheresse des différentes variétés. Or, selon HEMA et ses collaborateurs (2002), la sécheresse peut arriver à n'importe quelle phase de développement des plantes entraînant des conséquences néfastes sur la production en grains du riz pluvial. C'est pourquoi, plusieurs travaux de recherche dans ce domaine ont été réalisés par les chercheurs. Ainsi, DOBELMANN (1976) rapporte qu'une période plus ou moins prolongée de sécheresse avant l'épiaison semble prolonger le cycle de la plante de quelques jours. En période de sécheresse, l'apparition du flétrissement des feuilles est plus ou moins tardive suivant l'importance du système racinaire. Les dommages causés par l'insuffisance d'eau se manifestent d'une manière plus ou moins visible et importante en fonction de l'époque et de la durée de la sécheresse :

- en début de germination et levée, mort probable des jeunes plants ;
- entre levée et tallage, grande résistance des plants à la sécheresse;
- période de tallage, signes de flétrissement plus ou moins accusés ;
- période de floraison, stérilité partielle ou totale ;
- prématurité, diminution du poids spécifique des grains.

En période de sécheresse, le rapport masse aérienne / masse des racines actives ainsi que la grosseur de celles – ci augmentent, tout comme la résistance à la diffusion d'eau (de 3 sec. /cm à 30 sec. /cm à 11mb de tension). Les valeurs de la résistance à la diffusion d'eau vont de 6,9 à 12,4 sec. /cm. L'allongement des feuilles s'arrête seulement 17 jours après l'installation de la sécheresse et il y a une diminution nette de l'épaisseur de la tige. Pour les périodes sèches se situant au moins 17 jours avant l'épiaison, le rapport grains/paille n'est pas affecté mais il y a moins de grains par panicule. La sécheresse pendant la montaison diminue le nombre de grains et le pourcentage de grains pleins mais ne modifie pas le nombre de panicules. Appliquée à la proximité de l'épiaison, elle n'influe pas sur la croissance de la paille qui est pratiquement terminée, ni sur le nombre de grains qui est fixé. C'est uniquement le pourcentage de grains vides qui augmente. Cette période s'étend sur une quinzaine de jours avant l'épiaison. Lors d'une période de sécheresse, les plantes présentent diverses manifestations de souffrance qu'il est possible de mesurer. Ces symptômes sont d'ampleur variable selon les variétés mais la première manifestation est la fermeture des stomates, puis, le dessèchement progressif des tissus avec stabilité de la chlorophylle, accumulation de la proline dont le taux peut passer de 50 µg

(microgrammes) par gramme de feuille fraîche (taux normal) à 7000 µg/g sous forte déficience hydrique, soit 140 fois plus ; il peut augmenter jusqu'à 146 fois si la tension hydrique du sol est suffisamment élevée (14 bars). Le pourcentage de feuilles desséchées est d'autant plus faible que le taux de proline est plus élevé jusqu'à 25 – 30 mg de feuilles sèches. On note qu'un fort déficit d'eau n'affecte pas le nombre de talles par plant mais diminue le nombre de talles fertiles (FORESTIER, 1979).

De nombreux essais ont montré que le stade le plus sensible à la sécheresse se situe autour de l'épiaison, comme le montre le tableau IV ci-dessous

**Tableau IV.** Influence du stress hydrique au cours du cycle sur le rendement du riz pluvial (selon GLORIA *et al.*, 2002)

Période de stress	Influence sur					
	La taille des plants	Le tallage (retard)	La matière sèche produite	La date d'épiaison	Le nombre d'épillets	Le remplissage des épillets
7 – 21	++	++	+	++		
21 – 36	+	++	++	++	+++	++
36 – 52	+		++	++	+++	
52 – 66	++		+++	++	+++	+++
66 – 80			++		+++	+++
80 – 96			++		0	0
96 – 110			+		0	0

0 = Effet nul

++ = Effet moyen

+ = Effet faible

+++ = Effet important

Le stress hydrique semble amoindrir aussi la résistance du riz à la pyriculariose (LIDON, 1982). Par ailleurs, le déficit hydrique réduit plus la surface foliaire que la quantité de matière sèche (GLORIA *et al.* 2002). Il peut provoquer une importante baisse de rendement en riziculture pluviale de plaine (FUKAI *et al.* 1997), les périodes de sécheresse fréquentes étant les plus déterminantes pour la production surtout lorsqu'elles surviennent en phase reproductive ; le riz pluvial est particulièrement sensible au manque d'eau 6 à 7 jours après le semis et 20 jours avant et 20 jours après l'épiaison (KOULIBALY *et al.* 2002). Des effets de la sécheresse réduisent la hauteur, le tallage, la surface foliaire, la matière sèche, le diamètre des tiges, les parties reproductives et le rendement (REYNIER et JACQUOT, 1978).

Toutefois YOSHIDA et SHIOYA (1976) estiment que la fermeture des stomates et la photosynthèse ne sont affectées que lors d'un stress hydrique modéré à sévère.

A cet effet, HEMA et ses collaborateurs (2002) affirment que la résistance variétale chez le riz à la sécheresse est liée à la structure des cellules et que l'élongation totale des feuilles est un bon indicateur de la sensibilité à la sécheresse et reste liée à la valeur génétique du matériel végétal montrant une variabilité au niveau des variétés. Ces auteurs ont constaté que des variétés de riz tolérantes à la sécheresse contenaient plus de matières grasses et de protéines qu'une variété sensible (la FKR19 en l'occurrence).

Le mécanisme de résistance à la sécheresse du riz est sous la dépendance de gènes spécifiques (ANGLADETTE, 1966). Selon DOBELMANN (1976), pour résister à la sécheresse, le riz développe les mécanismes suivants :

- fermeture des stomates, bloquant la transpiration ;
- enroulement des feuilles, diminuant la transpiration par réduction de la surface transpirante;
- absorption de la rosée par les feuilles ;
- résistance mécanique des tissus à la déshydratation (cuticule imperméable à l'eau, cellules bulliformesfeuilles épaisses) ;

Mais, tous ces mécanismes sont accompagnés en général d'une baisse de l'activité photosynthétique entraînant une diminution des rendements.

L'amélioration variétale du riz bénéficie de plus en plus des applications de la biotechnologie (MAE – CIRAD, 2002). Ainsi, depuis 1988, des travaux de transformation génétique sont conduits afin de conférer à cette céréale une tolérance à certaines contraintes abiotiques comme la chaleur et la sécheresse, la salinité et l'anoxie ou pour améliorer la qualité du grain (JACQUOT *et al.*, 1997).

Dans cette optique, MORIN (2002) rapporte qu'une équipe américano – coréenne de l'Université de Cornell aux Etats-Unis a réussi à produire des plants de riz transgéniques capables de produire 8 fois plus de tréhalose que les plants ordinaires de riz. Ces plants, obtenus par greffage des gènes codant pour la production de tréhalose sur des plants ordinaires, ont vu leur résistance à la sécheresse augmentée. Soumis à un cycle de sécheresse de 100 heures continues puis arrosés à nouveau normalement, ces plants transgéniques ont repris le niveau de croissance des plants non stressés. Les plants non transgéniques ont vu leur croissance sévèrement inhibée dans ces mêmes conditions.

Selon PANDE (2003), dans la plupart des zones de culture du riz pluvial, les principaux problèmes de sécheresse interviennent dans la phase de *végétation initiale* et dans la *phase finale du cycle vital*. Le stress hydrique a des conséquences plus graves au stade de montaison qu'au stade de tallage, car il affecte directement le développement de la panicule et la formation du grain. La faculté d'adaptation des variétés de riz dans les zones sujettes à la sécheresse met en jeu un ou plusieurs des mécanismes suivants :

- **échapper** à la sécheresse (aptitude à empêcher le stress hydrique par une période de croissance végétale anticipée coïncidant avec la saison des pluies abondantes) ;

- **éviter** la sécheresse (capacité d'absorber suffisamment d'eau ou d'en réduire la perte, assez tôt pour éviter le stress) ;
- **tolérer** le stress hydrique (aptitude à survivre et à fonctionner même lorsque les tissus sont désunis ou stressés).

Lorsque le stress hydrique se prolonge et que les autres mécanismes adaptatifs sont épuisés, l'aptitude des tissus à supporter celui-ci, c'est-à-dire à mettre en œuvre une tolérance physiologique impliquant l'interaction entre les enzymes et les membranes cellulaires, devient importante. Selon le même auteur (PANDE, 2003), **les caractères souhaitables pour les variétés tolérant la sécheresse initiale** sont :

- vigueur précoce des jeunes plants et bonne croissance racinaire pour concurrencer les mauvaises herbes ;
- rapport racine/pousse élevé ;
- potentiels hydriques du limbe et de la gaine foliaire élevés ;
- aptitude à se flétrir lentement et à récupérer rapidement ;
- feuilles érigées et de longueur moyenne, ce qui leur confère une plasticité suffisante pour s'enrouler et se déplier ;
- maintien d'une forte teneur en eau grâce à la résistance des stomates et de la cuticule aux pertes d'eau ;
- grande efficacité dans l'utilisation de l'eau.

PANDE (2003) continue à préciser **que les variétés tolérant la sécheresse finale ont les caractéristiques suivantes:**

- cycle court pour éviter la sécheresse finale ;
- potentiel hydrique des feuilles élevé grâce à l'adoption de mécanismes permettant d'extraire plus d'eau par leur système racinaire ou de perdre moins d'eau par transpiration à travers les stomates et la cuticule ;
- taux élevé de photosynthèse avec une faible sénescence ;
- sortie paniculaire normale, forte teneur en eau des panicules, hausse moins forte de la température des épillets en cas de stress et faible taux de stérilité ;
- taux élevé de transfert des réserves de glucides de la tige vers les racines ;
- poids paniculaire élevé ;
- système racinaire épais et profond.

PANDE (2003) poursuit en disant que la pénétration en profondeur des racines dans le sol est l'un des moyens les plus efficaces d'éviter le stress hydrique en utilisant l'eau disponible dans un horizon plus profond. Toutefois, la plupart des racines du riz sont confinées dans la couche superficielle (15 à 20cm) du sol et la distribution des racines est négligeable au-delà de 20cm de profondeur. En général,

les variétés tolérant la sécheresse ont des racines qui sont généralement épaisses, une couronne dense et de nombreuses racines profondes (25 à 30cm). De plus, ces variétés répondent au stress hydrique en produisant des racines plus épaisses et plus longues. Et l'auteur de conclure que bien que la résistance et la tolérance à la sécheresse soient essentielles pour la survie du riz pluvial en cas de stress hydrique grave, l'aptitude d'une variété de ce riz pluvial à récupérer et à reprendre une croissance rapide après une période de stress est encore plus importante pour la production de grains ; il faut donc avant tout chercher l'association de la résistance à la sécheresse et la capacité de récupération dans une variété de riz pluvial si l'on veut obtenir de meilleurs rendements.

## **2. DEUXIEME PARTIE**

### **LES EXPERIMENTATIONS**

## 2.1. CHAPITRE I

### ZONE D'ETUDE ET MATERIEL VEGETAL

#### 2.1.1. Présentation de la zone d'étude

##### 2.1.1.1. Situation géographique

Cette étude a été réalisée en République de Guinée du 22/08/2004 au 25/11/2005, dans la préfecture de Faranah qui est l'une des 8 préfectures de la Haute Guinée. Elle est située entre 10°00' et 10°10' de latitude Nord et 10°42 et 10°50' de longitude Ouest (figure 1), couvrant une superficie de 12.926,138 km<sup>2</sup> avec une population de 147.343 habitants soit une densité de 11 habitants au kilomètre carré (Recensement Général de la Population et de l'Habitat, 1996). C'est l'une des plus grandes productrices de riz NERICA de la République de Guinée ; elle est située au centre – est du pays, à 450 km de la capitale, Conakry.



**Figure 1.** Position géographique de la préfecture de Faranah en République de Guinée

**Source :** ENCARTA (2009)

### 2.1.1.2. Relief et sols

La préfecture de Faranah a un relief peu varié mais pittoresque et accidenté au Nord- Ouest. On y rencontre des montagnes et de vastes étendues de plaines rizicultivables le long des cours d'eau. L'altitude varie de 300 à 600 m. Selon le Service National des Sols (1982), les classes de sols qui y sont rencontrées sont :

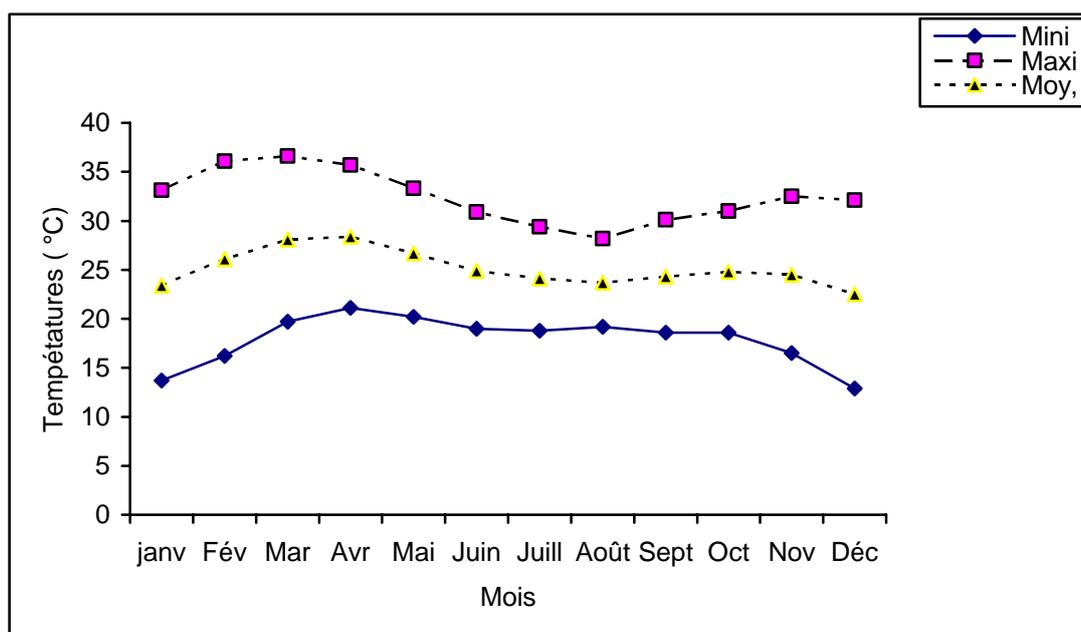
- les sols ferrallitiques (Ferrisols) qui sont les plus répandus, couvrant plus de 62% de la superficie totale de la préfecture ;
- les sols squelettiques lithiques d'éboulis (régosols) et d'affleurement de cuirasse (lithosols), localisés sur les sommets tabulaires des plateaux bowalisés et sur les replats vers les ruptures de pente ; ces sols ont un intérêt agronomique nul ;
- les sols alluviaux fluviaux récents (fluvisols), formés dans des plaines d'inondation et le long des cours d'eau et constitués de dépôts récents des vallées où ils occupent le lit majeur ;
- Les sols hydromorphes (histosols, gleysols) qui sont localisés le long des cours d'eau et dans les dépressions ; leur genèse est fortement marquée par l'excès d'eau qui détermine l'orientation des processus de réduction et d'oxydation.

### 2.1.1.3. Climat

Il est du type de climat zonal soudano-guinéen, caractérisé par l'alternance de deux saisons d'égale durée : une saison sèche de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre.

#### a) Température

Les valeurs maxima (Tableau XXX, page 116), minima (Tableau XXXI, page 116) et moyennes (Tableau XXXII, page 132) mensuelles pendant la période 1995-2006 sont consignées aux Annexes. La figure 2 montre les variations de ces températures durant cette décennie.



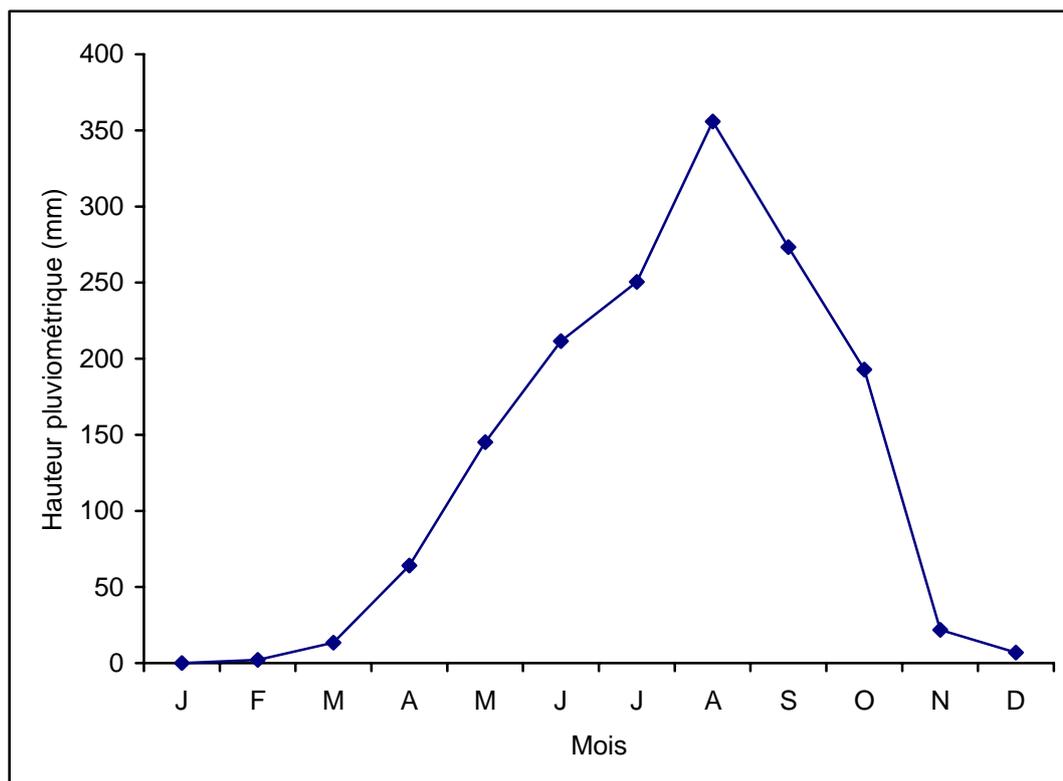
**Figure 2.** Températures minimale mensuelle, maximale moyenne et moyenne mensuelle de Faranah de 1995 à 2006

**Source :** Station météorologique nationale de la République de Guinée (2006)

La figure 2 montre que les plus basses températures s'observent en décembre- février tandis que les plus élevées sont observées en mars-avril de chaque année.

## b) Pluviométrie

Les valeurs de la pluviométrie moyenne mensuelle de la période 1995 – 2006 sont données dans le tableau XXXIII en page 113 des **Annexes**. La figure 3 en page 46 montre les variations annuelles des précipitations au cours de la même période.



**Figure 3.** Pluviométrie moyenne mensuelle de Faranah de 1995 à 2006

**Source.** Station météorologique nationale (2006).

La figure 3 montre que la pluviométrie moyenne mensuelle est de 128,14 mm. Les mois de janvier (0 mm), février (2,1 mm) et décembre (6,9 mm) ont été les moins pluvieux et ceux de juillet (250,5 mm), août (355,9 mm) et septembre (273,4 mm) ont été les plus pluvieux.

### c) Humidité relative

Elle connaît une irrégularité de janvier à avril pour croître de mai à septembre et redescendre en décembre. Au cours de la période 1995-2006, sa valeur maximale a été observée en septembre et la minimale en janvier.

### d) Evaporation

La valeur maximale est enregistrée de janvier à mars, période durant laquelle l'harmattan et l'insolation contribuent à l'assèchement de certaines zones humides de la préfecture.

### e) Vents

Les vents dominants sont l'harmattan qui souffle du Nord – Est au Sud – Ouest de novembre à février et la mousson qui souffle du Sud – Ouest au Nord – Est. Sa vitesse moyenne est de 7,66 m/s avec un maximum de 10 m/s en septembre et octobre et un minimum de 4 m/s en novembre.

#### 2.1.1.4. Hydrographie

La préfecture de Faranah est arrosée par un important réseau hydrographique comprenant des fleuves, des rivières et des marigots dont le régime est lié à l'alternance des pluies et aux caractéristiques géologiques, pédologiques et morphologiques de leurs bassins. Le débit maximal de ces cours d'eau est observé aux mois d'août et septembre et certains (marigots notamment) tarissent complètement en saison sèche (mois de mars et avril)

Les principaux cours d'eau de cette préfecture sont le fleuve Niger qui prend sa source dans la forêt classée de Fronkonia (sous- préfecture de Kobikoro), les rivières Mafou, Falikou, Balen, Farakoba et Koffi. A ces principaux cours d'eaux s'ajoutent plusieurs marigots.

#### 2.1.1.5. Végétation

Faranah est une zone de transition entre 3 régions naturelles de la Guinée : la Moyenne Guinée, la Haute Guinée, et la Guinée Forestière. Sa végétation est composée d'une mosaïque de formations végétales. On y trouve des galeries forestières, des forêts claires, des savanes arborées, arbustives et herbeuses, des jachères nouvelles et anciennes et des îlots de forêts denses.

Compte tenu de cette diversité de formations végétales, sa végétation est riche et variée. On note la présence de toutes les espèces de la savane et quelques espèces de la forêt dense (*Khaya senegalensis*, *Parkia biglobosa*, *Adansonia digitata*, *Daniela oliverii*, *Chlorophora excelsa* etc).

#### 2.1.1.6. Agriculture

Le système d'agriculture pratiqué dans cette préfecture est généralement le type pluvial basé sur l'agriculture itinérante (culture sur brûlis). Elle est la plus importante activité économique et mobilise près de 90% de la population. Le riz est la culture de base dans cette zone. Un grand nombre de paysans cultivent une ou deux variétés de NERICA à cause essentiellement de leur cycle court et de leur performance par rapport aux autres variétés [résistance à la sécheresse « *Kölö* » en langue nationale Maninka, « *Hökkèrè* » en langue nationale Peulh], faible exigence en engrais, goût appréciable, notamment). Des cinq variétés déjà diffusées en Guinée, deux sont largement cultivées dans cette zone : *NERICA 3 (WAB 450 IBP 28HB)* et *NERICA 4 (WAB 450 IBP 91HB)* qui font l'objet de la présente étude. Dans l'actualité, 12 autres variétés ont été introduites dans le pays et font l'objet d'évaluation dans les centres de recherche et à l'ISAV de Faranah dans le cadre d'un projet sous – régional de diffusion du riz NERICA : ARI (*African Rice Initiative* en anglais ou Initiative pour le riz africain). Cela fait un total de dix sept variétés en diffusion dans le pays (Tableau V page 48).

**Tableau V.** Liste des variétés de riz NERICA introduites en Guinée de 1997 à 2006.

N°	Nom originel ADRAO (2000)	
1	NERICA 1	WABB 450- IBP- 38- HB
2	NERICA 2	WAB 450- 1-1-P31- 1-HB
3	NERICA 3	WAB 450-IBP-28-HB
4	NERICA 4	WAB 450-IBP-91-HB
5	NERICA 6	WAB 450-IBP-160-HB
6	NERICA 7	WAB 450-IBP-20-HB
7	NERICA 8	WAB 450-1-BL1-136-HB
8	NERICA 9	WAB 450-BL1-136-HB
9	NERICA 10	WAB 450-11-1-1-P41-HB
10	NERICA 11	WAB 450-16-2-BL2-DV1
11	NERICA 12	WAB 880-1-38-20-17-P1-HB
12	NERICA 13	WAB 880-1-38-20-28-P1-HB
13	NERICA 14	WAB 880-1-32-1-2-P1-HB
14	NERICA 15	WAB 881-10-37-18-3-P1-HB
15	NERICA 16	WAB 881-10-37-18-9-P1-HB
16	NERICA 17	WAB 881-10-37-18-13-P1-HB
17	NERICA 18	WAB 881-10-37-18-12-P3-HB

Selon la Direction Préfectorale de l'Agriculture (2006), en plus du riz, on y pratique d'autres cultures céréalières (*Zea mays*, *Sorghum vulgare*, *Schiachyrium*, *Pennisetum* etc.), les racines tubéreuses (*Manihot esculenta*, *Ipomea batata*, *Colocassia esculentum* etc.) et les tubercules (*Dioscorea sp*). Le maraîchage, activité surtout féminine, est pratiqué à petite échelle pour la production de légumes (*Solanum melongena*, *Lycopersicum esculentum*, *Citrullus vulgaris*, *Alium cepa*, *Lactuca sativa*, *Capsicum annum*, *Hibiscus esculentus* etc.). L'utilisation des intrants chimiques est très limitée.

### 2.1.1.7.Elevage

Du type extensif, il est largement pratiqué dans toute la préfecture et est essentiellement axé sur le bétail avec plus de 5000 têtes (bovins), la volaille (poules, canards, pintades, pigeons), les caprins (plus de 10000 têtes) et les ovins (plus de 11000 têtes).

### 2.1.1.8. Présentation du site expérimental

Les expérimentations ont été conduites à l'Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire (ISAV) de Faranah, situé au centre ville. Cette institution est actuellement l'unique centre de formation supérieure agronomique du pays et relève du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique avec 7 Départements : Agriculture, Agroforesterie, Eaux et Forêts-Environnement, Economie rurale, Elevage, Génie rural et Vulgarisation agricole. Dans le cadre de sa collaboration avec le SNPRV, l'ISAV est fortement impliqué dans le processus d'évaluation et de diffusion du riz NERICA en Guinée. Ainsi, depuis l'an 2002, plusieurs essais ont été conduits dans cette institution, en partenariat avec le SNPRV et l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG). Ces essais portent essentiellement sur l'évaluation de l'adaptation et la caractérisation des variétés dans les conditions pédo- climatiques de la Guinée en vue de leur diffusion en milieu réel. La présente étude s'inscrit justement dans ce cadre. Ses résultats pourraient permettre de mieux exploiter ces variétés en tenant compte de leurs aptitudes particulières face à des conditions adverses du milieu comme l'est le déficit hydrique.

Trois essais ont été réalisés sous abri dans des pots en 2004 et 2005 à savoir :

1. Essai 1 : Influence du déficit hydrique temporaire sur les variétés NERICA 3 et NERICA 4 (2004)
2. Essai 2 : Influence du déficit hydrique continu sur les variétés NERICA et NERICA 4 (2005);
3. Essai 3 Essai d'utilisation de la matière organique comme facteur externe de résistance au stress hydrique du NERICA 3 (2005)

Leur objectif est de comparer les réponses physiologiques à des stress hydriques temporaire et continu des deux variétés de riz NERICA largement cultivées en Guinée, notamment à Faranah et évaluer l'importance de l'utilisation de la matière organique comme facteur externe d'amélioration de la résistance de ce riz au stress hydrique.

L'abri mis en place est une construction aux murs en grillage dont le toit est en tôles plastiques translucides permettant aux plantes de se développer dans des conditions de température, d'hygrométrie et d'aération quasi – naturelles. Il a les dimensions suivantes :

- longueur : 5,26m,
- largeur : 4,2m,
- hauteur supérieure : 2,57m
- hauteur inférieure : 2,16m.

### 2.1.2. Matériel végétal

Les deux variétés expérimentées sont : NERICA 3 et NERICA 4 issues du croisement WAB 56-104 / CG 14//2\*WAB 56-104.

Ce sont des hybrides interspécifiques. Elles sont dans l'actualité largement cultivées en Guinée et possèdent des qualités culinaires et agronomiques intéressant les producteurs. Leurs caractéristiques sont consignées dans le tableau VI :

**Tableau VI.** Caractéristiques des deux variétés de riz NERICA expérimentées

Variété	Cycle (jours)		Rendement potentiel (t.ha <sup>-1</sup> )
	Semis – épiaison	Semis – maturité	
WAB 450 IBP 28HB (NERICA 3)	70	109	3,57
WAB 450 IBP 91HB (NERICA 4)	70	109	4,20

Ce tableau montre que ces deux variétés ont le même cycle et sont toutes hâtives (109 jours).

Cependant, la NERICA 3 a un potentiel de production inférieur à celui de NERICA 4.

Par ailleurs, le tableau VII suivant montre la place prépondérante occupée par ces deux variétés dans la production rizicole nationale, à travers les superficies cultivées et les quantités de semences de base produites en République de Guinée en 2002. Ces semences de base, aux mains des paysans semenciers, sont multipliées en semences certifiées distribuées aux producteurs de riz.

**Tableau VII.** Production de semences de base par région en 2002 (MAE, 2002)

Région	Variétés	Superficies (ha)	Production (kg)	Nombre de paysans leaders
Faranah	<b>WAB 450 IBP 91HB</b>	<b>0,5</b>	<b>1200</b>	3
	<b>WAB 450 IBP 28HB</b>	<b>1</b>	<b>3400</b>	
	WAB 450 IBP 160HB	3	4201	
	WAB189 BBB 8HB	0,5	1085	
Kindia	<b>WAB 450 IBP 91HB</b>	<b>2</b>	<b>4622</b>	4
	<b>WAB 450 IBP 28HB</b>	<b>4</b>	<b>3164</b>	
	WAB 450 IBP 38HB	3,3	3082	
	WAB56-125	2	3000	
Mamou	WAB56-125	1	1150	1
Labé	<b>WAB 450 IBP 91HB</b>	<b>7,5</b>	<b>11030</b>	10

	IAC 164	3	19120	6
Kankan	<b>WAB 450 IBP 28HB</b>	<b>5</b>	<b>2672</b>	6
	WAB 450 IBP 160HB	1,5	4900	1
Macenta	<b>WAB 450 IBP 91HB</b>	<b>2</b>	<b>6270</b>	2
	<b>WAB 450 IBP 28HB</b>	<b>2</b>	<b>250</b>	2
N'Zérékoré	<b>WAB 450 IBP 91HB</b>	<b>3</b>	<b>17630</b>	3
	WAB 450 11-1 P31-1HB	5,5	6775	3
Total	-	<b>44,8</b>	<b>93 551</b>	<b>41</b>

Ce tableau montre que dans 6 des 7 zones de production de NERICA du pays près de 50% des superficies sont occupées par les deux variétés avec 54% de la production de semences de base, ce qui dénote leur importance relative dans la production rizicole du pays. Ce qui est probablement dû au fait qu'elles font partie des premières à être introduites (1997) et possèdent des caractéristiques morphologiques qui attirent les producteurs (hauteur des plants, couleur des grains, grosseur des panicules, tallage, aristation, etc.).

## 2.2. CHAPITRE II

### ESSAI 1. INFLUENCE DU DEFICIT HYDRIQUE

#### TEMPORAIRE SUR LES VARIETES NERICA 3 ET NERICA 4

##### 2.2.1. Introduction

Cet essai a été réalisé du 22 août 2004 au 20 février 2005. Son but est d'étudier les réponses physiologiques au stress hydrique temporaire court et long des variétés NERICA 3 et NERICA 4 et d'évaluer leur aptitude à récupérer et à reprendre un développement rapide après une période de stress. Pour cela, elles ont été soumises à 3 niveaux d'alimentation hydrique pendant 6 jours à partir du 61<sup>e</sup> jour après semis, correspondant au début de la montaison qui est la phénophase la plus sensible au stress hydrique.

##### 2.2.2. Matériel et méthodes

###### 2.2.2.1. Préparation des pots et du substrat

Les pots utilisés sont en plastique avec un diamètre supérieur de 20cm, un diamètre inférieur de 18cm, une hauteur de 19cm et un volume de 6 litres. La terre ayant servi de substrat a été extraite par creusage à la houe et à la pelle d'un sol ferrallitique humifère à une profondeur moyenne de 30cm. Les analyses des échantillons de sol ont été effectuées au Centre d'Etude et Recherche en Environnement (CERE) de l'Université de Conakry.

Après extraction, séchage et homogénéisation, le sol a été réparti entre les pots à raison de 5kg par pot. L'engrais 17-17-17 (contenant 17% d'azote, 17% de phosphore et 17% de potassium) a été appliqué au moment du semis dans chaque pot à la dose de 150 kg/ha comme engrais de fond. L'urée a été appliquée en solution à la dose de 100 kg/ha en deux fractions de 50 kg/ha chacune aux 25<sup>e</sup> et 45<sup>e</sup> jours après semis comme fumure d'entretien.

La capacité au champ du sol (quantité d'eau retenue par le sol après 24 heures de ressuyage), exprimée en % a été déterminée à l'aide d'un tube PVC de 2 cm de diamètre et 18 cm de haut. Une extrémité du tube est fermée à l'aide d'une toile moustiquaire en nylon aux mailles inférieures à 2mm. On le remplit de sol jusqu'à 2cm du bord. Le poids X (en grammes) du sol sec est déterminé. Puis, on le sature d'eau et on laisse égoutter pendant 24 heures avant de déterminer son poids humide Y (en %) ; la capacité au champ est déterminée par la formule :

$$CC = (Y - X) \times X^{-1} \text{ où } CC \text{ est en } \%, \quad X \text{ est en grammes et } Y \text{ en } \%$$

La valeur de la capacité au champ ainsi déterminée était de 0,3 g, ce qui correspond à 1,5 litre d'eau pour les 5 kg de terre par pot

### 2.2.2.2. Variantes expérimentales

Les niveaux d'alimentation hydriques appliqués sont :

- **T** : alimentation hydrique *non limitative*, avec arrosage quotidien à la capacité au champ du sol (Témoin) ;
- **C** : stress hydrique *court* avec un arrosage après 72 heures (3 jours) à la capacité au champ du sol ;
- **L** : stress hydrique *long* avec arrosage après 144 heures (6 jours) à la capacité au champ du sol.

L'application de chacun de ces niveaux d'alimentation hydrique aux deux variétés donne un total de 6 variantes qui sont:

- **N3T** : Variété WAB 450 IBP 28HB arrosée quotidiennement à la capacité au champ du sol ;
- **N3C** : Variété WAB 450 IBP 28HB arrosée chaque 72 jours à la capacité au champ du sol ;
- **N3L** : Variété WAB 450 IBP 28HB arrosée chaque 144 jours à la capacité au champ du sol ;
- **N4T** : Variété WAB 450 IBP 91HB arrosée quotidiennement à la capacité au champ du sol ;
- **N4C** : Variété WAB 450 IBP 91HB arrosée chaque 72 jours à la capacité au champ du sol ;
- **N4L** : Variété WAB 450 IBP 91HB arrosée chaque 144 jours à la capacité au champ du sol.

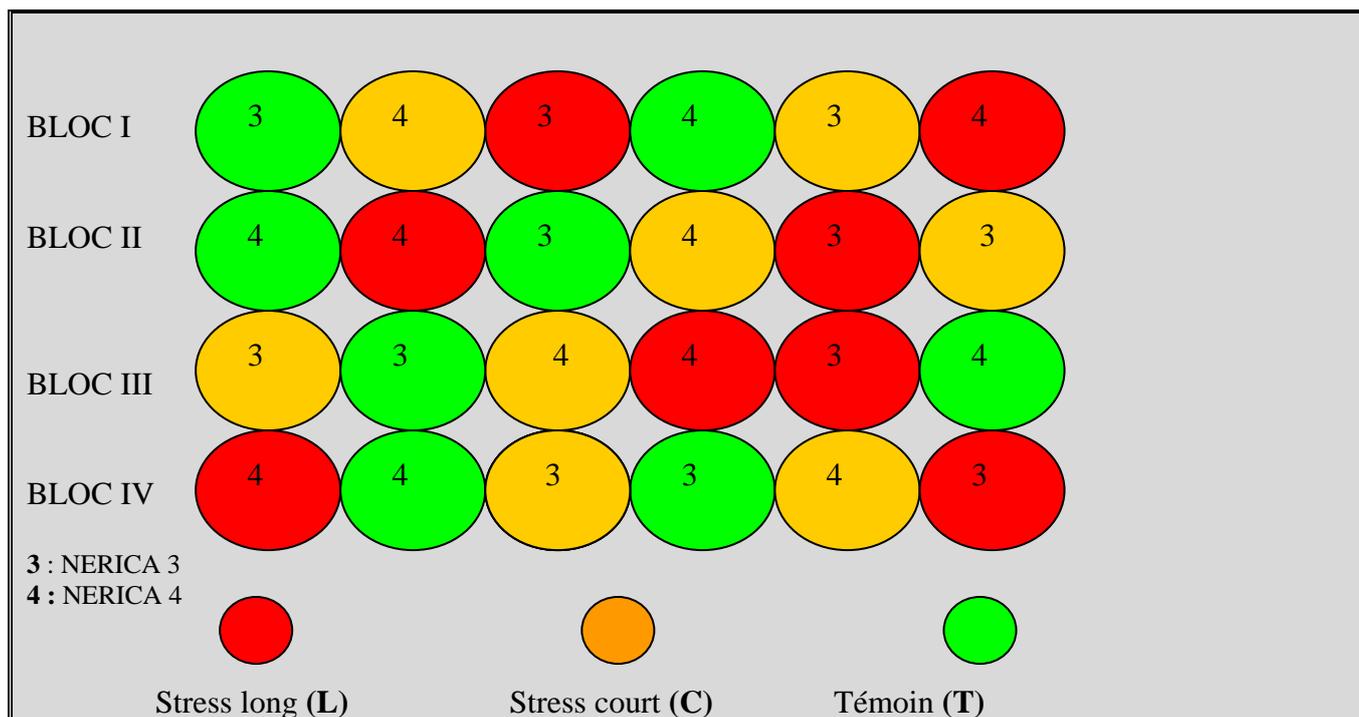
L'arrosage consistait à apporter 1,5 litre d'eau de robinet entre 7 heures et 7 heures 30 à chaque pot à l'aide d'un gobelet en plastique d'un litre gradué.

Ces cas de stress peuvent être observés à tout stade de développement du riz, avec une pluie très abondante suivie d'une période de sécheresse plus ou moins longue.

Les variétés ont été soumises pendant 6 jours à deux cycles de stress modéré et un de stress sévère (du 26/11 au 02/12/2004). L'arrosage normal a ensuite continué du 67<sup>e</sup> jour après semis à la maturité. Cela a été fait pour observer le comportement de chacune des deux variétés dans des conditions d'interruption plus ou moins longue de pluie. Les témoins n'ayant subi aucune restriction hydrique ont permis d'évaluer la résistance de chacune des variétés au stress hydrique.

### 2.2.2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est le factoriel en bloc à 4 répétitions et 6 variantes (Figure 4). Chaque variante a occupé un pot. Dix grains ont été semés le 26 /09 /2004 en deux lignes de cinq grains chacune par pot. Au 15<sup>e</sup> jour après semis, nous avons fait un démariage pour maintenir 5 plants par pot pour un total de 20 plants par variété et par niveau de stress soit 120 plants pour l'essai 1. (Voir figure 4 page 54)



**Figure 4 :** Dispositif expérimental de l'essai 1 (factoriel en blocs 6 × 4)

Pour permettre aux plants de se développer de façon optimale avant le *stressage*, un arrosage quotidien à la capacité au champ du sol a été réalisé à partir de l'eau du robinet jusqu'au 60<sup>e</sup> jour après semis.

#### 2.2.2.4. Observations diverses

Compte tenu de l'influence de la température sur la croissance et le développement des plantes, un thermomètre ordinaire a été suspendu dans l'abri à 2 m du sol pour mesurer quotidiennement à 7 H, 12 H et 18H TUC, la température ambiante.

Les observations phénologiques ont porté sur les phénophases suivantes : levée, stade de 3 feuilles, tallage, montaison, épiaison et maturité au niveau de chaque variante. Pour chacune, la fin est notée lorsque la totalité des plants la manifestaient.

#### 2.2.2.5. Paramètres d'évaluation de la résistance au stress hydrique des 2 variétés

La résistance variétale à la contrainte hydrique a été associée à des paramètres morphophysologiques qualitatifs et quantitatifs et à des paramètres biochimiques, à partir desquels les indices de sensibilité (résistance) ont été déterminés.

### a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs

Ce sont des paramètres morphologiques qui sont en rapport avec le degré de résistance (ou de sensibilité) au stress hydrique des variétés et qui permettent d'évaluer qualitativement le degré de résistance des variétés au stress hydrique, à travers des observations visuelles. Ceux utilisés dans cette étude sont :

- *l'enroulement des feuilles* : forme de protection naturelle des plantes par réduction de la surface de la feuille exposée aux rayons solaires par conséquent à la transpiration. Les variétés résistantes sont celles qui manifestent ce phénomène dès que le déficit hydrique commence à se faire sentir ;
- *le caractère « stay green »* : comportement d'une plante consistant à demeurer verte pendant qu'elle subit un stress hydrique en développant des mécanismes lui permettant de maintenir sa turgescence malgré le déficit hydrique qu'elle endure ;
- *les nécroses foliaires* : ce sont des taches causées par la mort des cellules foliaires par suite d'un effet prolongé et plus ou moins sévère de la sécheresse sur les plantes. Leur nombre et leurs dimensions dépendent du degré de résistance à la sécheresse de la plante.

Tous ces caractères ont été évalués au cours du stress hydrique par comparaison des plants stressés à ceux non stressés (témoins).

### b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs

Ce sont des paramètres morphologiques qui sont en rapport avec le degré de résistance (ou de sensibilité) au stress hydrique des variétés et qui permettent d'évaluer quantitativement le degré de résistance des variétés au stress hydrique, à travers des mesures. Ceux utilisés dans cette étude sont :

- *la hauteur des plants (HP), exprimée en centimètres* : mesurée du collet à l'extrémité de la panicule la plus longue, à l'aide d'un ruban de 2 m gradué en millimètre ;
- *la longueur racinaire (LR), exprimée en centimètres* : mesurée du collet à la racine la plus longue, comme précédemment ;
- *le volume racinaire (VR), exprimée en cm<sup>3</sup>* : par immersion des racines dans l'eau contenue dans une éprouvette graduée et détermination du volume d'eau déplacé ;
- *le poids de 1000 grains (PMG), exprimé en grammes* : après comptage et pesage des grains sur une balance de marque « Sarzani » d'1 g de précision ;
- *le rendement (Rdt) en grammes par pot* : déterminé par pesage des grains récoltés par pot (0,0314 m<sup>2</sup>) après séchage au soleil et vannage ;

La longueur et le volume racinaires ont été déterminés après avoir arraché les plants et soigneusement lavé leurs racines à l'eau de robinet.

### c) Paramètres biochimiques

Ils ont été déterminés à partir de la biomasse aérienne de 8 plants pris au hasard par variété et niveau de stress. Ces quatre paramètres sont :

- la teneur en lipides des feuilles (TLF) exprimée en % (Méthode de Faulch) ;
- la teneur en protéines des feuilles (TPF) exprimée en % (Méthode de Nessler);
- la teneur en potassium des feuilles (TKF) exprimée en % (Méthode de Nessler);
- le taux de matière sèche (MS) exprimé en % (Méthode gravimétrique).

Les analyses ont été faites au laboratoire du CERE, Université de Conakry.

#### 2.2.2.6.Indices de sensibilité au stress hydrique (S%) des variétés

Le degré de sensibilité d'un paramètre morphophysique ou biochimique au stress hydrique a été déterminé à travers l'indice de sensibilité (S%), par la formule suivante :

$$S\% = (\text{Paramètre mesuré sur } T - \text{Paramètre mesuré sur } C \text{ ou } L) \times (\text{Paramètre mesuré sur } T)^{-1} \times 100$$

(ZOMBRE et al, 1994)

L'indice moyen de sensibilité de chaque paramètre a été déterminé en faisant la moyenne de son indice de sensibilité aux stress modéré et sévère :

$$S\% = (S\%_{\text{Modéré}} + S\%_{\text{Sévère}}) / 2$$

Plus il est élevé, plus le paramètre est sensible et moins il est résistant au stress hydrique.

Nous avons également utilisé l'indice de sensibilité variétal (Isv) de FISCHER et MAURER (1978) :

$$Isv = Rs / Rt$$

où  $R_s$  est le rendement en grains en conditions de sécheresse,  $R_t$ , le rendement en grains en conditions non limitatives en eau (témoin).

Plus cet indice est élevé, plus la variété est résistante (moins sensible) au stress hydrique.

#### 2.2.2.7.Analyses statistiques des résultats

Certains résultats ont été analysés par la méthode d'analyse de variance. La comparaison des moyennes a été faite au moyen du test de la Plus Petite Différence Significative en utilisant la technique des lettres.

### 2.2.3. Résultats

#### 2.2.3.1Analyse du sol utilisé comme substrat

Les résultats de ces analyses sont :

- Argile : 14,15% ;
- Limon : 7,8% ;
- Sables : 77,26% ;
- Densité réelle : 2,56 g/cm<sup>3</sup> ;
- Densité apparente : 1,14 g/cm<sup>3</sup> ;
- Porosité : 55,46% ;
- pH (eau) : 4,77 ;
- Matière organique : 1,71% ;
- Azote total : 0,07% ;
- Phosphore : 5,5 ppm ;
- Potassium : 1,71 méq/100 g de sol.

Ces résultats indiquent que le sol

- a une texture sablo – argileuse ;
- a une bonne porosité,
- es très acide,
- est pauvre en matière organique et en NPK.

Il a donc besoin d'être amendé par apport de fertilisants pour avoir des rendements élevés en riziculture.

### **2.2.3.2. Données météorologiques**

Les données météorologiques de Faranah, zone d'implantation des 3 essais, sont consignées dans les tableaux XXX, XXXI, XXXII, XXXIII et XXXIV en **Annexes.**, pages 112 et 114. Elles concernent la température et les précipitations et couvrent la période 1995-2006. On peut y noter que pendant ces 12 ans :

- la température moyenne maximale était de 32,42°C et la moyenne minimale de 17,82°C ;
- la température moyenne maximale a été observée au mois de mars avec 36,6°C et la moyenne minimale en décembre avec 17,92°C ;
- la température moyenne annuelle était de 25,12°C ;
- le mois de décembre (22,5°C) est le plus froid tandis que mars (28,4°C) demeure le plus chaud ;
- la pluviométrie moyenne annuelle a été de 1537mm d'eau pour une moyenne mensuelle de 128,14mm ;
- le mois de janvier a été le plus sec (0mm de pluie) et août s'est révélé le plus pluvieux (355,9mm de pluie tombée).

Ces données montrent que dans cette zone les mois de janvier, août et décembre se particularisent respectivement par l'aridité, la pluviosité et la fraîcheur. Cependant, la zone de Faranah ne fait pas partie des régions à gradient de pluviométrie élevé de la Guinée, limitées par l'isohyète 1800mm, à savoir la Basse Guinée et la Guinée Forestière ; en témoigne la pluviométrie moyenne annuelle de 1537mm. Par ailleurs, sous l'abri, les températures moyennes obtenues à partir de 3 observations quotidiennes à 7H, 12H et 18H TUC sont respectivement 17,43°C, 30,36°C et 27,31°C pour une moyenne journalière de 25,03°C. On note que la température maximale est observée à 12 H et que la minimale est atteinte à 7H. Cela montre qu'au cours des 6 jours de stress imposé, les plants ont bénéficié d'une température externe moyenne favorable à leur développement (25,03°C) et n'ont donc subi que l'effet du stress hydrique et pas thermique.

### 2.2.3.3. Observations phénologiques

Les résultats des observations faites sur les différentes phases phénologiques des 2 variétés apparaissent dans le Tableau VIII où les chiffres représentent le nombre de jours écoulés pour observer la phénophasse sur la totalité des plants.

**Tableau VIII** : Nombre de jours à 100% des phénophases

Variante		Levée	Stade de 3 feuilles	Tallage	Montaison	Epiaison	Maturité	Cycle (jours)
Variété	Niveau de Stress							
NERICA 3	Témoin	8	19	50	71	82	109	109
	Court	8	19	50	73	85	109	109
	Long	8	19	50	76	91	114	114
NERICA 4	Témoin	8	19	50	71	82	109	109
	Court	8	19	50	73	85	109	109
	Long	8	19	50	76	91	114	114

**Date de semis** : 26/09/2004

Sur ce tableau l'apparition complète des phénophases se situant avant l'application du stress hydrique est simultanée pour les 2 variétés (8<sup>e</sup> jour pour la levée, 19<sup>e</sup> jour pour le stade de 3 feuilles et 50<sup>e</sup> jour pour le tallage). C'est à partir de la montaison, correspondant au début de l'application des stress hydriques que les différences se manifestent. C'est ainsi que les 2 variétés ont vu leurs cycles se prolonger de 5 jours sous l'effet du stress long tandis que le stress court n'a causé aucune variation de ce paramètre. Cela montre que le déficit hydrique ne peut affecter le cycle végétatif que lorsqu'il est prolongé (plus de 3 jours dans notre cas).

### 2.2.3.4. Evaluation de la résistance au stress hydrique

#### a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs

Dans le tableau IX apparaissent les résultats des observations faites sur l'enroulement des feuilles, le caractère « *stay green* » et l'apparition des nécroses foliaires pendant la période de stress.

**Tableau IX.** Réponses qualitatives des variétés soumises au stress hydrique

Stress Caractère	Court		Long	
	NERICA 3	NERICA 4	NERICA 3	NERICA 4
Enroulement des feuilles	+	+	+++	++
'Stay green'	+++	+++	+++	++
Nécroses foliaires	+	+	++	++

#### Légende

+ : Faible ;                      ++ : Moyen ;                      +++ : Important

On note sur ce tableau que :

- sous stress court les 2 variétés manifestent un faible enroulement des feuilles qui sont faiblement nécrosées et restent pratiquement aussi vertes que leurs témoins respectifs ;
- sous stress long, l'enroulement des feuilles est important chez NERICA 3 et moyen chez NERICA 4 ; dans ces mêmes conditions stressantes, NERICA 3 reste plus verte mais aussi moyennement nécrosée que NERICA 4.

Cela montre que les 2 variétés ont les mêmes aptitudes à résister au déficit d'eau en développant le même mécanisme de défense vis-à-vis du stress hydrique court (faible enroulement des feuilles). Mais, lorsque le déficit hydrique perdure, NERICA 3 résiste mieux (enroulement plus important des feuilles, caractère *stay green* plus important) ; dans ces mêmes conditions elles sont moyennement nécrosées.

#### b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs

- **Réponses morphophysiologiques des variétés au stress hydrique**

Dans le tableau X ci-dessous sont consignés les résultats des mesures effectuées sur les différents paramètres morphophysiologiques des 2 variétés à différents niveaux d'alimentation hydrique.

**Tableau X** : Réponses morphophysiologiques des variétés par paramètre et niveau d'alimentation hydrique

Paramètre	NERICA 3			NERICA 4		
	Témoin	Court	Long	Témoin	Court	Long
Hauteurs des plants (cm)	76,55±4,25	65,15±2,12	59,8±9,33	72,07±3,05	61,97±1,98	60,27±6,4
Longueur des racines (cm)	32,25±0,95	32,25±1,63	35,75±4,34	28,25±2,61	28,5±4,35	32,25±3,09
Volume racinaire (cm <sup>3</sup> )	4,85±1,07	4,1±0,77	2,95±0,75	4,1±0,41	3,8±0,36	2,55±0,57
Poids de mille grains (g)	27,8±0,97	27,13±0,94	24,77±3,72	27,39±0,83	27,1±1,88	25,29±2,59
Rendement (g/pot)	18,93±2,63	14,99±1,4	13,95±1,06	16,74±0,51	13,24±0,46	10,84±0,85

Le tableau montre chez les 2 variétés une réduction des valeurs des mesures par rapport aux différents témoins sous stress hydrique, à l'exception de la longueur des racines où il y a eu une augmentation. Mais les réductions observées sont plus marquées chez NERICA 4 que chez NERICA 3. Cela permet de dire que cette dernière a mieux résisté à l'effet du déficit hydrique.

Par ailleurs, le tableau XI montre l'analyse de variance des paramètres avec les 3 niveaux d'alimentation hydrique :

**Tableau XI.** Analyse comparative de variance de cinq paramètres morphophysiologiques de NERICA 3 et NERICA 4 soumis à 3 niveaux d'alimentation hydrique

Sources de variation	ddl	Fcalculé					Fthéorique	
		Rdt	PMG	HP	VR	LR	5%	1%
Répétitions	3	0,68S	1,71NS	2,21NS	0,38NS	0,06NS	3,29	5,42
Variétés	1	15,76*	0,002NS	1,52NS	2,59NS	7,5*	4,54	8,68
Stress	2	29,99**	3,7*	19,69**	11,57**	3,22NS	3,68	6,36
Interaction variété × stress	2	0,54NS	0,1NS	0,58NS	0,2NS	0,01NS	3,68	6,36

Erreur	15	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	9,54	15,71	7,18	19,75	10,6	-	-

**Rdt** : Rendement ; **PMG** : Poids de mille grains ; **HP** : Hauteur des plants ; **VR** : Volume racinaire ; **LR** : Longueur racinaire ; **NS** : Non significatif.

Dans ce tableau on peut noter ce qui suit :

- le sol expérimental (substrat) est en général homogène (différence non significative entre les répétitions), ce qui montre que les différences observées entre les variétés sont dues à leurs génotypes influencés par le stress hydrique ;
- les effets du stress sont indépendants des variétés (interactions non significatives), c'est – à – dire que quel que soit le niveau de stress , les variétés conservent le même classement, et quelle que soit la variété, les niveaux de stress conservent le même classement, comme le montre le tableau XII ci-dessous :

**Tableau XII.** Classement des variétés en fonction des paramètres par niveau de stress

Paramètre	Stress	Variété		PPDS <sub>0,05</sub>	CV%
		NERICA 3	NERICA 4		
Rendement (g/pot)	Témoin	18,73a	16,74b	1,31	9,54
	Court	14,99a	13,24b		
	Long	13,95a	10,84b		
Hauteurs des plants (cm)	Témoin	76,55a	72,07a	-	7,18
	Court	65,15a	61,97a		
	Long	59,8a	60,27a		
Longueur des racines (cm)	Témoin	32,25a	28,25b	2,89	10,6
	Court	32,25a	28,5b		
	Long	35,75a	32,25b		
Volume racinaire (cm <sup>3</sup> )	Témoin	4,85a	4,1a	-	19,75
	Court	4,1a	3,8a		
	Long	2,95a	2,55a		
Poids de mille grains (g)	Témoin	27,8a	27,39a	-	15,71
	Court	27,13a	27,1a		
	Long	24,77a	25,29a		

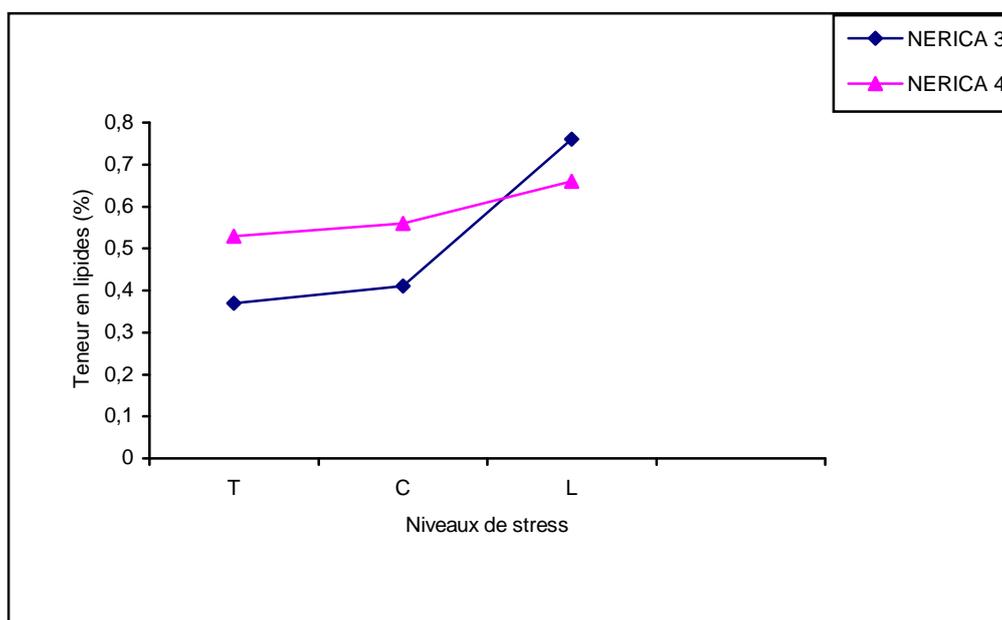
**NB.** Sur une même ligne, des moyennes suivies de lettres différentes (a ou b) sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) ; elles ne le sont pas si elles sont suivies de la même lettre (a).

Le tableau XII montre qu'aussi bien au niveau du rendement qu'à celui de la longueur des racines, NERICA 3 a donné les meilleurs résultats, indépendamment du niveau d'alimentation hydrique.

S'agissant de la hauteur des plants, du volume racinaire et du poids de mille grains, les deux variétés n'ont pas présenté de différence significative dans leurs comportements quel que soit le niveau d'alimentation hydrique. Cela montre que des **paramètres agronomiques comme le rendement et la longueur des racines permettent de faire un criblage de ces 2 variétés pour leur résistance à la contrainte hydrique** ; *par contre la hauteur des plants, le poids de mille grains et la longueur racinaire ne permettent pas de faire une telle évaluation.*

#### - Réponses biochimiques des variétés au stress hydrique

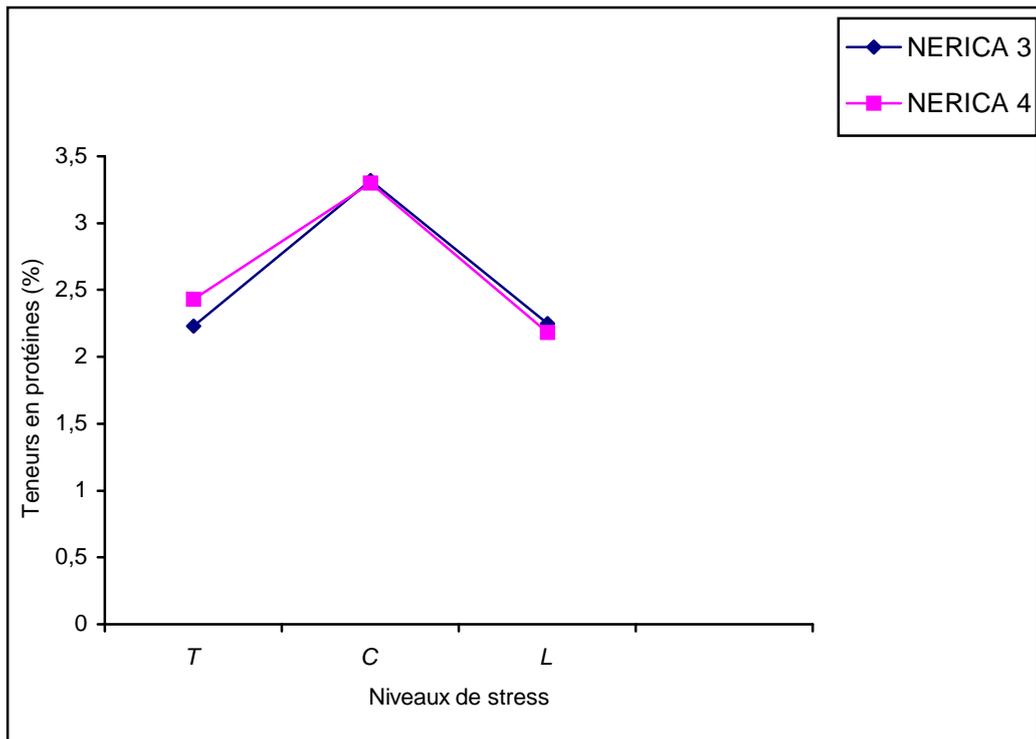
Les figures 5, 6, 7 et 8 montrent l'évolution des teneurs des feuilles stressées en lipides, protéines, potassium et matière sèche.



T : Témoin ; C : Court ; L : Long

**Figure 5.** Variation de la teneur en lipides des feuilles en fonction des niveaux de stress et des variétés.

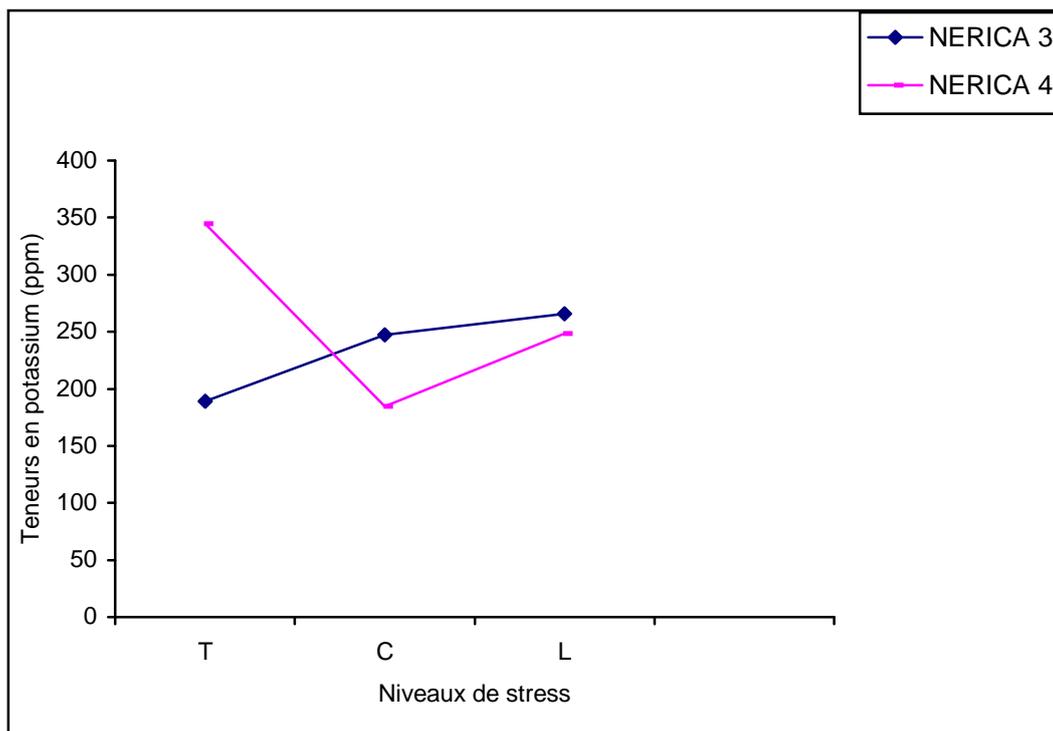
La figure 5 montre que chez les 2 variétés, la teneur en lipides des feuilles augmente à mesure que le stress hydrique perdure mais l'augmentation est plus marquée chez NERICA 3 que chez NERICA 4. Lorsque le stress est court, les 2 variétés accumulent ces substances à des rythmes identiques mais lorsque le déficit hydrique persiste, NERICA 3 en accumule plus.



T : Témoin ; C : Court ; L : Long

**Figure 6.** Variation de la teneur en protéines des feuilles en fonction des niveaux de stress et des variétés

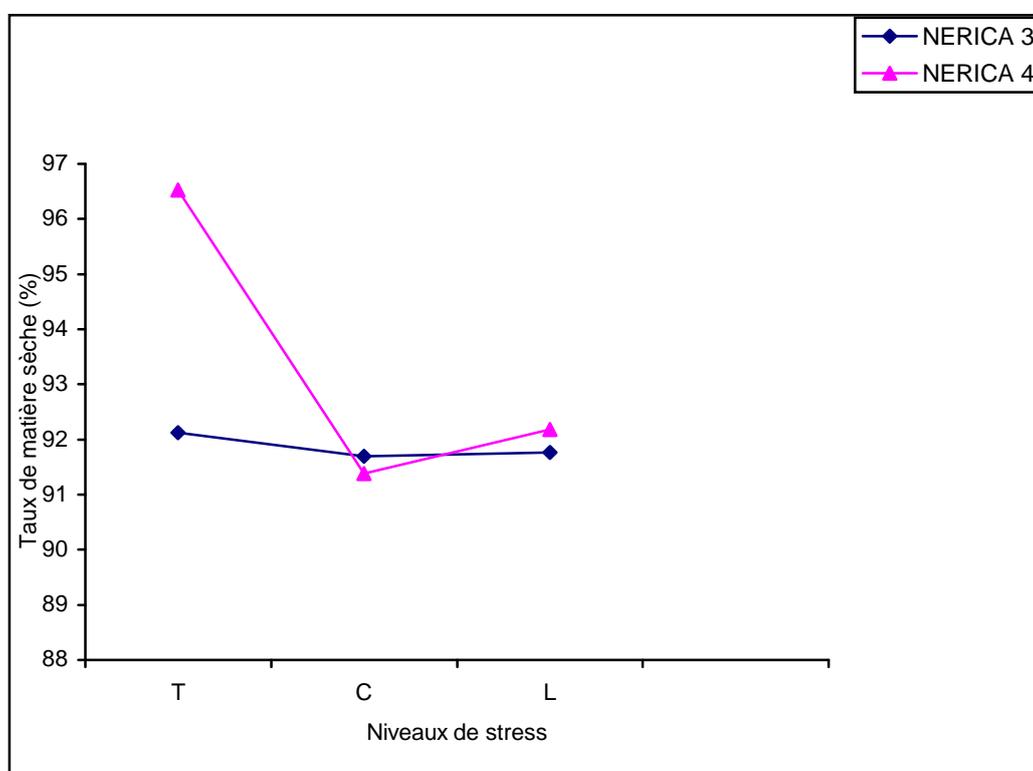
Sur la figure 6 on peut voir que la teneur en protéines des feuilles suit la même tendance chez les 2 variétés: maximale quand le stress est court, elle chute lorsque le stress devient long. Cela montre que lorsque ces 2 variétés sont stressées par déficit d'eau, **la teneur en protéines des feuilles baisse, ce qui nous semble être une caractéristique favorisant la résistance au stress hydrique.**



T : Témoin ; C : Court ; L : Long

**Figure 7.** Variation de la teneur en potassium des feuilles en fonction des niveaux de stress hydrique et des variétés

Tandis qu'elle augmente régulièrement chez NERICA 3 et au fur à mesure que le déficit hydrique dure 6 jours, la teneur en potassium dans les feuilles commence par baisser chez NERICA 4 pour augmenter lorsque le manque d'eau se prolonge, comme l'indique la figure 7. **Cette accumulation progressive de potassium par NERICA 3 indique que cette variété semble déclencher plus vite un mécanisme de protection contre le déficit hydrique par une absorption et une accumulation plus intenses du potassium ; ceci lui permet de maintenir une pression osmotique plus élevée des cellules, aboutissant à une meilleure rétention de l'eau en leur sein.** Quant à NERICA 4, la chute initiale de sa teneur en potassium nous semble être transitoire car, avec un stress court, cette teneur augmente sans toutefois atteindre le niveau atteint par NERICA 3.



T : Témoin ; C : Court ; L : Long

**Figure 8.** Variation de la teneur en matière sèche des feuilles en fonction des niveaux de stress hydrique et des variétés

La figure 8 montre que le taux de matière sèche diminue considérablement chez NERICA 4 avec le stress court. Par contre, la tendance à fabriquer de la matière sèche sous stress hydrique est plus régulière chez NERICA 3. La baisse drastique initiale constatée chez NERICA 4 peut être considérée comme due à une période d'adaptation élevée de la variété.

### c) Indices de sensibilité au stress hydrique (S% et Isv)

Les indices de sensibilité des paramètres morphophysiologiques et biochimiques (S%) et les indices de sensibilité des variétés à la sécheresse (Isv) sont consignés respectivement dans les tableaux XIII et XIV. Dans le tableau XIII ci-dessous, un pourcentage négatif signifie une augmentation par rapport au témoin.

**Tableau XIII:** Indices moyens de sensibilité au stress hydrique (S%) des paramètres des 2 variétés

Paramètre	NERICA 3 (%)	NERICA 4 (%)
Hauteur des plants	18,39	15,19
Longueur racinaire	-5,43	-7,32
Volume racinaire	27,32	22,56
Poids de mille grains	4,87	4,36
Rendement	23,56	28,08
Teneur en lipides des feuilles	-58,11	15,09
Teneur en protéines des feuilles	-19,53	-16,87
Teneur en potassium des feuilles	-37,72	37,13

Le tableau XIII montre que la hauteur des plants a été plus fortement affectée chez NERICA 3 (18,39% de réduction par rapport au témoin) que chez NERICA 4 (6,94% de diminution) ; cette réduction a d'ailleurs été constatée au niveau de la plupart des paramètres (volume racinaire, poids de mille grains et rendement). Par contre, la longueur racinaire et les paramètres biochimiques ont connu une augmentation par rapport aux témoins non stressés. Toutefois, les teneurs en lipides et en protéines des feuilles ont plus fortement augmenté chez NERICA 3 que chez NERICA 4. Quant à la teneur en potassium des feuilles, elle a augmenté dans les mêmes proportions chez les deux variétés (environ -37%) [respectivement environ -38% (-37,72%) et -37% (-37,13%)].

Au regard de ces constats, on peut dire que la restriction hydrique temporaire a plus affecté NERICA 4 que NERICA 3

**Tableau XIV.** Indices de sensibilité des variétés au stress hydrique (Isv).

NERICA 3			NERICA 4		
Court	Long	Moyenne	Court	Long	Moyenne
0,79	0,74	<b>0,77</b>	0,79	0,65	<b>0,72</b>

Le tableau XIV montre que :

- sous stress hydrique court, les 2 variétés peuvent donner 79% du rendement de leurs témoins respectifs ;
- lorsque le déficit persiste plus longtemps, NERICA 4 voit son rendement baisser plus pour ne donner que 65% du rendement de son témoin, tandis que dans les mêmes conditions, NERICA 3 voit son rendement baisser moins que celui de NERICA 4 et fournir 74% du rendement de son témoin ; 74% du rendement de son témoin.
- en moyenne, NERICA 3 donne 77% de son rendement tandis que NERICA 4 en fournit 72% par rapport à leurs témoins respectifs, ce qui montre une **résistance un peu plus grande de 5% (77%-72%=5%) au stress hydrique de NERICA 3 par rapport à NERICA 4.**

#### 2.2.4. Discussions

Placées dans 2 conditions de déficit hydrique temporaire (3 et 6 jours), les 2 variétés ont montré des comportements fort variables selon le paramètre d'évaluation considéré. Ce qui, d'entrée de jeu permet de soutenir comme plusieurs auteurs, que les critères d'évaluation de la résistance des plantes au déficit d'eau ne sont guère communs et définitifs. Leur fiabilité dépend de l'espèce et probablement même de la variété. Par ailleurs, le mode de *stressage* des plants (privation ou diminution temporaires d'eau) peut se présenter dans la réalité avec de fortes pluies alternant avec des périodes plus ou moins prolongées de sécheresse.

##### 2.2.4.1. Phénologie

Le prolongement du cycle observé chez les deux variétés sous stress hydrique est vraisemblablement une conséquence du retard de la montaison, laquelle est survenue entre les 50<sup>e</sup> et 71<sup>e</sup> jours après semis pour les deux variétés. Ces deux périodes coïncidant avec le stress, on peut supposer que celui-ci est à l'origine du prolongement du cycle des deux variétés, comme le note DOBELMANN (1976). Ce prolongement du cycle a été de 5 jours chez les deux variétés ce qui montre que le stress hydrique les a affectées de la même manière à ce point de vue.

##### 2.2.4.2. Paramètres morphophysiologiques qualitatifs

L'enroulement des feuilles chez les végétaux est une réaction au déficit hydrique qu'ils traversent. C'est une conséquence de la plasmolyse des cellules stomatiques occasionnant la fermeture des stomates. Il leur permet de réduire la transpiration et par conséquent, les pertes d'eau, ce qui constitue

la première réponse des plantes au stress hydrique, comme l'ont déjà constaté LAFON et ses collaborateurs (1990), DENDEN et LEMEUR (2000) et INRA (2000).

Aussi faut-il signaler que les deux variétés récupèrent très vite après un arrosage subséquent à un déficit hydrique plus ou moins prolongé (3 à 6 jours), ce qui est important lorsque la pluviométrie est mal répartie dans une zone dans l'espace et dans le temps.

En outre, ces variétés stressées sont demeurées relativement vertes et peu nécrosées par rapport à leurs témoins respectifs non stressés, ce qui dénote leur bonne résistance à la sécheresse due probablement à leur capacité à maintenir l'intégrité des membranes des cellules foliaires tout en réduisant la transpiration.

### 2.2.4.3. Indices de sensibilité au stress hydrique

La variation des indices de sensibilité des paramètres en fonction des variétés et des niveaux d'alimentation hydrique, révèle un polymorphisme de résistance de ces deux variétés au stress hydrique. Ainsi, parmi les paramètres morphophysologiques, seule la longueur racinaire a connu une augmentation, indépendamment des variétés, lorsque celles-ci sont stressées, ce qui confirme l'idée de FORESTIER (1979) selon laquelle l'élongation racinaire est une réaction physiologique de la plante au déficit hydrique qui la conduit à chercher l'eau dans les couches profondes du sol en allongeant ses racines. C'est donc un caractère lié à la résistance à la sécheresse.

Les autres paramètres comme la hauteur des plants, le volume racinaire, le rendement et le poids de mille grains ont plutôt subi une réduction d'autant plus forte que le déficit hydrique est prononcé et proche de la phase d'épiaison (MOREAU, 1987) et la variété, sensible au déficit d'eau. Cette tendance observée chez les deux variétés étaye les observations faites par plusieurs auteurs sur différentes espèces végétales dont le riz (FORESTIER, 1979 ; MONNEVEUX et NEMMAR, 1986). Cette réduction est d'autant plus faible que la variété est tolérante à la sécheresse. Ainsi, au point de vue rendement, NERICA 3 a été moins affectée par le stress, avec une réduction de 22,76% contre jusqu'à 28,05% pour NERICA 4. Le même comportement est révélé par les différents indices de sensibilité variétale de FISCHER et MAURER avec une réduction de 23% du rendement chez NERICA 3 contre jusqu'à 29% chez NERICA 4.

Les teneurs en lipides, protéines et potassium des feuilles ont également varié suivant les niveaux de stress et les variétés. Ainsi, la teneur en lipides a fortement augmenté chez NERICA 3

(-58,11%) et diminué chez NERICA 4 (jusqu'à 15,09% !). Conséquemment et par cela même, elles présentent diverses prédispositions à la résistance à la sécheresse, puisque **une accumulation des lipides serait un mécanisme biochimique que déclenchent les plantes pour résister au stress hydrique** (ARRADEAU, 1998). Cela semble se vérifier dans notre cas, du moins pour NERICA 3 qui

a connu la plus faible chute de rendement en grains consécutive au stress hydrique intermittent (22,76%) et a accumulé plus de lipides que NERICA 4.

La teneur en protéines a aussi augmenté avec le stress court. En effet, les accroissements chez les deux variétés sont de 19,53% pour la NERICA 3 et 16,87% pour NERICA 4, c'est – à – dire que la teneur en lipides des feuilles a augmenté environ 3 fois plus que celle des protéines chez NERICA 3 et est restée pratiquement constante chez la NERICA 4. Cela suggère que la baisse de la teneur en protéines des feuilles dans des conditions de stress hydrique serait l'apanage des variétés résistantes ; **ceci pourrait être dû à l'aptitude de ces variétés à dégrader leurs réserves de protéines et à en utiliser les produits (acides aminés, énergie notamment) pour subvenir à leurs besoins énergétiques non satisfaites dans ces conditions par une photosynthèse déjà affectée par le déficit hydrique.**

Quant à la teneur en potassium des feuilles, elle a augmenté chez NERICA 3 (-37,72%) et a diminué dans quasiment les mêmes proportions chez NERICA 4 (37,13%). Cette augmentation chez la NERICA 3 semble être liée au déficit d'eau compte tenu du rôle que joue le potassium dans l'équilibre hydrique de la plante. En effet, cet élément en augmentant la pression osmotique du suc cellulaire favorise l'absorption de l'eau et son accumulation dans les tissus végétaux. La plante en situation de stress hydrique peut utiliser cette eau pour subvenir à ses besoins physiologiques. **L'accumulation de potassium tout comme celle des lipides pourrait en plus être utilisée comme critère fiable de criblage variétal pour la résistance à la sécheresse du riz.**

### 2.2.5. Conclusion partielle

Les observations et mesures faites sur des paramètres morphophysiologiques (hauteur des plants, poids de mille grains, rendement, longueur des racines, volume racinaire) et biochimiques (teneurs des feuilles en lipides, protéines et potassium) **permettent de conclure qu'elles présentent toutes des indices de faible sensibilité (bonne résistance) à la sécheresse et ont une bonne aptitude de récupération après un stress hydrique plus ou moins long. Cependant, il faut noter que les divers indices de sensibilité observés classent NERICA 3 plus résistante (moins sensible) au déficit hydrique que NERICA 4.** Le même constat montre une plus grande accumulation en lipides chez NERICA 3 que chez NERICA 4 sous stress hydrique et une plus faible accumulation des protéines dans les feuilles chez NERICA 4. De même, la teneur en potassium a augmenté chez NERICA 3 et diminué dans les mêmes proportions chez NERICA 4. Ceci permet de conclure que si ces 2 variétés ont une assez bonne résistance au stress hydrique (elles donnent plus de 70% de leurs rendements sans stress hydrique). En outre, les 2 variétés ont les mêmes aptitudes à résister au déficit d'eau en développant le même mécanisme de défense vis-à-vis du stress hydrique court (faible enroulement

des feuilles). Mais, lorsque le déficit hydrique perdure, NERICA 3 résiste mieux (enroulement plus important des feuilles, caractère *stay green* plus important) ; dans ces mêmes conditions elles sont moyennement nécrosées.

Du reste, les quantités de potassium dans les feuilles et le comportement des plants des 2 variétés caractérisé par l'accumulation progressive du potassium en période stress, justifient l'apport supplémentaire du potassium dans les sols de la région de Faranah très pauvres en cet élément (1,7 méq/100g de sol). Il en est certainement de même pour les autres éléments majeurs des engrais à savoir le phosphore et l'azote.

Aussi, peut- on considérer ces paramètres comme critères fiables de criblage pour la résistance au stress hydrique du riz.

## 2.3. CHAPITRE III

# ESSAI 2 : INFLUENCE DU DEFICIT HYDRIQUE CONTINU SUR LES VARIETES NERICA 3 ET NERICA 4

### 2.3.1 Introduction

Cet essai a été réalisé du 30 mai au 25 novembre 2005. Son but était d'étudier les réponses physiologiques au stress hydrique continu (modéré et sévère) des variétés NERICA 3 et NERICA 4 et d'évaluer leur degré de résistance au déficit d'eau. En effet, si l'aptitude d'une variété à récupérer est importante pour la production de grains chez le riz pluvial, son association avec la résistance au déficit hydrique continu permet d'obtenir de meilleurs rendements.

### 2.3.2 Matériel et méthodes

#### 2.3.2.1 Préparation des pots et du substrat

Les pots utilisés sont des sachets en plastique de 16 cm de long et 10cm de diamètre, avec une surface supérieure de  $7,85 \times 10^{-3} \text{m}^2$ . La terre ayant servi de substrat a été extraite d'un sol ferrallitique à une profondeur moyenne de 30cm. Les analyses des échantillons de sol ont été effectuées au Centre d'Etude et Recherche en Environnement (CERE) de l'Université de Conakry.

#### 2.3.2.2. Variantes expérimentales

Les variétés ont été soumises à 3 niveaux d'alimentation hydrique à savoir ce qui suit.

- **T** : arrosage quotidien à *la capacité au champ* du sol, soit 80ml d'eau par pot ;
- **M** : arrosage quotidien à *la moitié* de la capacité au champ du sol (stress sévère), soit 40 ml d'eau par pot ;
- **S** : arrosage quotidien au *quart* de la capacité au champ du sol (stress sévère), soit 20 ml d'eau par pot ;

L'application de chacun de ces niveaux d'alimentation hydrique aux 2 variétés donne les 6 variantes suivantes.

- **N3T** : variété WAB 450 IBP 28HB recevant quotidiennement 80 ml d'eau ;
- **N3M** : variété WAB 450 IBP 28HB recevant quotidiennement 40 ml d'eau ;
- **N3S** : variété WAB 450 IBP 28HB recevant quotidiennement 20 ml d'eau ;
- **N4T** : variété WAB 450 IBP 91HB recevant quotidiennement 80 ml d'eau ;
- **N4M** : variété WAB 450 IBP 91HB recevant quotidiennement 40 ml d'eau ;
- **N4S** : variété WAB 450 IBP 91HB recevant quotidiennement 20 ml d'eau.

Ces cas de stress sont fréquents en zone tropicale extra-équatoriale avec une pluviométrie plus ou moins faible mais régulière durant le développement du riz pluvial

A partir du 61<sup>e</sup> jour après semis, les deux variétés ont été soumises aux différents niveaux d'alimentation hydrique jusqu'à la récolte. Cela a permis d'évaluer la résistance des deux variétés à un déficit plus ou moins marqué d'eau survenant entre la montaison et la récolte, phase très sensible au déficit d'eau.

### 2.3.2.3. Dispositif expérimental

Le factoriel en blocs avec 4 répétitions a été utilisé (Figure 9). Chaque variante a occupé 6 sachets dans chacun desquels, 5 grains ont été semés en croix le 25/06/2005, avec un grain au centre. Au 15<sup>e</sup> jour après semis, un démariage à un plant été effectué, avec 24 plants par variété et par niveau de stress et 144 plants pour tout l'essai.

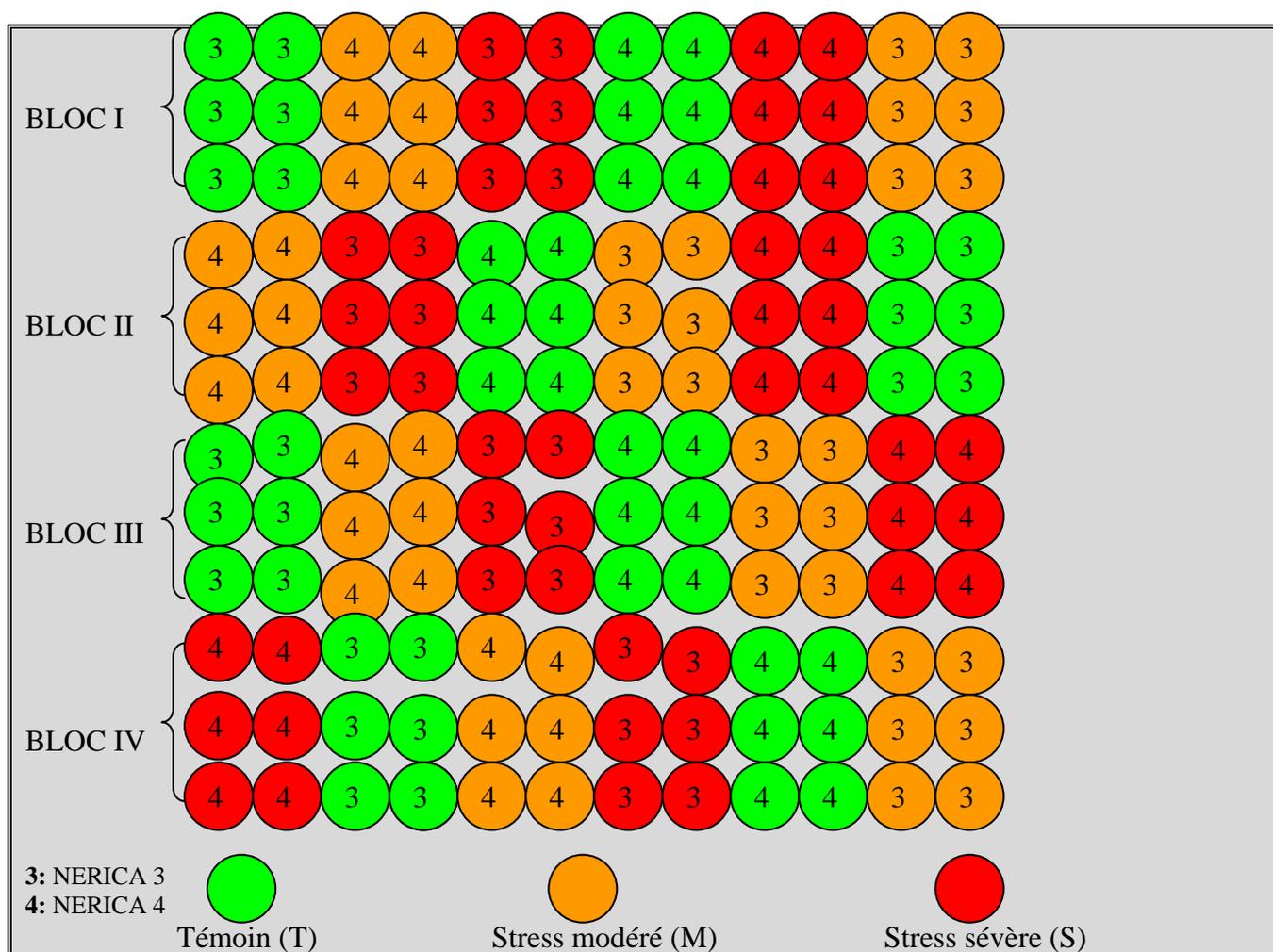


Figure 9. Dispositif expérimental de l'essai 2 (factoriel en blocs 6 × 4).

### 2.3.2.4. Observations diverses

#### 2.3.2.4.1. Paramètres d'évaluation de la résistance au stress hydrique des 2 variétés

##### a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs

Ce sont des paramètres morphologiques qui sont en rapport avec le degré de résistance (ou de sensibilité) au stress hydrique des variétés et qui permettent d'évaluer qualitativement le degré de résistance des variétés au stress hydrique, à travers des observations visuelles. Ceux utilisés dans cette étude sont les trois suivants.

- *L'enroulement des feuilles* : forme de protection naturelle des plantes par réduction de la surface de la feuille exposée aux rayons solaires par conséquent à la transpiration. Les variétés résistantes sont celles qui manifestent ce phénomène dès que le déficit hydrique commence à se faire sentir ;
- *Le caractère « stay green »* : comportement d'une plante consistant à demeurer verte pendant qu'elle subit un stress hydrique en développant des mécanismes lui permettant de maintenir sa turgescence malgré le déficit hydrique qu'elle endure ;
- *Les nécroses foliaires* : causées par un effet prolongé et plus ou moins sévère de la sécheresse sur les plantes. Leur intensité dépend du degré de résistance à la sécheresse de la plante.

Tous ces trois caractères ont été évalués au cours du stress hydrique par comparaison des plants stressés aux plants témoins non stressés.

##### b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs

Ce sont des paramètres morphologiques quantifiables qui sont en rapport avec le degré de résistance (ou de sensibilité) au stress hydrique des variétés et qui permettent d'évaluer quantitativement le degré de résistance des variétés au stress hydrique, à travers des mesures. Ceux utilisés dans cette étude sont les cinq suivants.

- *La hauteur des plants (HP) exprimée en centimètre* : mesurée du collet à l'extrémité de la panicule la plus longue, à l'aide d'un ruban de 2 m gradué au millimètre ;
- *La longueur racinaire (LR) exprimée en centimètres* : mesurée du collet à la racine la plus longue, comme précédemment ;
- *Le volume racinaire (VR) exprimé en cm<sup>3</sup>* : par immersion des racines dans l'eau contenue dans une éprouvette graduée et détermination du volume d'eau déplacé ;
- *le poids de 1000 grains (PMG) en grammes* : après comptage et pesage des grains sur une balance de marque « Sarzani » d'1 g de précision ;

- *Le rendement (Rdt) exprimé en grammes / 6 pots*: déterminé par pesage des grains récoltés par pot (0,0314 m<sup>2</sup>) après séchage au soleil jusqu'à un taux d'humidité de 14% et vannage ;

La longueur et le volume racinaires ont été déterminés après avoir arraché soigneusement les plants et lavé leurs racines à l'eau de robinet.

### c) Paramètres biochimiques

Ils ont été déterminés à partir de la biomasse aérienne de 8 plants par variété et niveau de stress. Ce sont :

- *la teneur en lipides des feuilles (TLF)* exprimée en % (Méthode de Faulch) ;
- *la teneur en protéines des feuilles (TPF)* exprimée en % (Méthode de Nesler);
- *la teneur en potassium des feuilles (TKF)* exprimée en % (Méthode de Nesler);
- *le taux de matière sèche (MS)* exprimé en % (Méthode gravimétrique).

Les analyses ont été faites au laboratoire du CERE, Université de Conakry.

#### 2.3.2.4.2 Indices de sensibilité au stress hydrique (S%) des variétés

Le degré de sensibilité d'un paramètre morphophysique ou biochimique au stress hydrique a été déterminé à travers l'indice de sensibilité (S%). Il a été déterminé par la formule suivante

$$S\% = (S\%_{\text{Modéré}} + S\%_{\text{Sévère}}) / 2 \text{ et } S\% = (\text{Paramètre mesuré sur } T - \text{Paramètre mesuré sur } M \text{ ou } S) \times (\text{Paramètre mesuré sur } T)^{-1} \times 100 \text{ (ZOMBRE et al, 1994)}$$

L'indice moyen de sensibilité de chaque paramètre a été déterminé en faisant la moyenne de son indice de sensibilité aux stress modéré et sévère :

Plus il est élevé, plus le paramètre est sensible et moins il est résistant au stress hydrique.

Nous avons également utilisé l'indice de sensibilité variétal (Isv) de FISCHER et MAURER (1978)

$$I_{sv} = R_s / R_t$$

où  $R_s$  est le rendement en grains en conditions de sécheresse,  $R_t$ , le rendement en conditions non limitatives en eau (témoin).

Plus cet indice est élevé, plus la variété est résistante (moins sensible) au stress hydrique.

#### 2.3.2.5. Analyses statistiques

Certains résultats ont été analysés par la méthode d'analyse de variance. La comparaison des moyennes a été faite au moyen du test de la Plus Petite Différence Significative en utilisant la technique des lettres.

### 2.3.3. Résultats

#### 2.3.3.1. Analyse du sol

Les résultats des analyses du sol sont les suivants.

- Argile : 4%.                    - Matière organique : 2,42%.
- Limon : 34%.                - Azote total : 0,07%.
- Sable : 62%.                - Phosphore : 6 ppm.
- pH (eau) : 4,.               - Potassium : 6,08 méq/100 g de sol.

Ces données indiquent que le sol a une texture sablo – limoneuse, acide, moyennement riche en matière organique et pauvre en N, P et K. Il a donc besoin d’être fertilisé en apportant ces éléments sous forme d’engrais pour avoir des rendements élevés en riziculture.

#### 2.3.3.2. Observations météorologiques

Les données des observations sur la température faites sous l’abri indiquent que la température moyenne était de 26,5°C pendant la période de l’essai avec le minimum observé à 7H TUC et le maximum à 12H TUC. Cela montre que les conditions de température dans lesquelles le stress a été appliqué ont été favorables à la croissance optimale des plants pour les 2 variétés. Les différences observées entre les variétés sont donc dues au stress hydrique imposé à partir de la montaison.

#### 2.3.3.3. Observations phénologiques

L’évolution des phases phénologiques des 2 variétés est consignée dans le tableau XV ci-dessous. Les chiffres expriment le nombre de jours passés du jour semis au jour de l’apparition des phénophases sur la totalité des plants.

**Tableau XV.** Nombre de jours à 100% des phénophases.

Variantes		Levée	Stade de 3 feuilles	Tallage	Montaison	Epiaison	Maturité	Cycle (jours)
Variétés	Stress							
NERICA 3	Témoin	6	17	47	57	77	108	108
	Modéré	6	17	47	77	87	110	110
	Sévère	6	17	47	80	93	114	114
NERICA 4	Témoin	6	17	47	67	77	108	108
	Modéré	6	17	47	77	87	110	110
	Sévère	6	17	47	80	93	114	114

Date de semis : 25/06/2005.

On peut noter dans le tableau que les cycles des deux variétés ont augmenté de 2 jours (110-108 = 2 jours) avec le stress modéré et de 6 jours (114-108 = 6 jours) avec le stress sévère. En effet, c'est à partir de la montaison que les phénophases ont présenté des différences de durée en fonction des niveaux d'alimentation hydrique, ce qui est apparemment dû au stress imposé. Toutefois, il y a lieu de noter que les 2 variétés ont eu le même cycle pour un même niveau de stress à savoir 110 jours avec le stress modéré et 114 jours avec le stress sévère ; cela montre que les 2 ont, au point de vue cycle, eu le même comportement.

### 2.3.3.4. Evaluation de la résistance au stress hydrique

#### a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs

Dans le tableau XVI apparaissent les résultats des observations faites sur l'enroulement des feuilles, le caractère *stay green* et l'apparition des nécroses foliaires pendant la période de l'essai.

**Tableau XVI.** Réponses qualitatives des variétés soumises au stress hydrique.

Stress Caractère	Modéré		Sévère	
	NERICA 3	NERICA 4	NERICA 3	NERICA 4
Enroulement des feuilles	+	+	+++	++
'Stay green'	+++	+++	+++	++
Nécroses foliaires	+	+	++	++

#### Légende

+ : Faible ;                      ++ : Moyen ;                      +++ : Important

Le tableau XVI montre que l'enroulement des feuilles et la présence de nécroses foliaires ont été faibles sous stress modéré et moyens sous stress sévère pour les deux variétés de riz qui ont, en outre, maintenu leur coloration verte malgré le stress hydrique. Cela montre que les 2 variétés ont eu les mêmes réactions vis-à-vis du stress modéré (faible enroulement des feuilles accompagné de peu de nécroses foliaires avec des feuilles vertes). **Mais, lorsque le stress devient sévère, chez NERICA 3, les feuilles demeurent vertes, faiblement nécrosées et s'enroulent davantage, ce qui dénote une tendance de cette variété à déclencher plus vite des mécanismes physiologiques de défense contre le déficit d'eau.**

## b) Paramètres morphophysologiques quantitatifs

### - Réponses morphophysologiques des variétés au stress hydrique

Les données obtenues des mesures effectuées sur les différents paramètres morphophysologiques chez les deux variétés de riz ainsi que les résultats de l'analyse statistique qui en découle sont consignés dans les tableaux XVII et XVIII respectivement.

**Tableau XVII.** Réponses morphophysologiques des variétés par paramètre et niveau d'alimentation hydrique.

Paramètre	NERICA 3			NERICA 4		
	Témoin	Modéré	Sévère	Témoin	Modéré	Sévère
Hauteurs des plants (cm)	79,07±7,33	67,72±1,49	61,12±7,84	70,77±11,07	69,13±14,05	53,28±8,35
Longueur des racines (cm)	20,38±1,79	20,61±1,82	23,03±1,14	21,6±1,82	23,3±2,61	25,53±2,45
Volume racinaire (cm <sup>3</sup> )	2,95±0,85	2,96±0,67	3,48±0,45	3,49±0,94	3,62±0,29	3,70±0,62
Poids de mille grains (g)	35,59±7,2	32,01±2,89	28,95±3,62	35,04±4,17	32,25±4,06	31,24±2,87
Rendement (g/pots)	15,23±0,94	12,97±0,8	9,23±0,97	14,49±0,25	11,73±0,49	7,49±0,58

Le tableau XVII montre une tendance générale à la diminution des valeurs des paramètres à mesure que le stress devient sévère, exception faite de la longueur racinaire. Mais cette diminution est plus marquée chez NERICA 4 que chez NERICA3. Quant à la longueur racinaire, son accroissement, provoqué par le stress hydrique est de 2,42 cm pour NERICA 3 et 3,93 cm pour NERICA 4. **On peut en déduire que NERICA 4 est plus prédisposée à se protéger du stress hydrique par l'allongement de ses racines en profondeur à la recherche de l'eau que par la réduction de la transpiration à travers l'enroulement des feuilles.** Il est à noter qu'en général, ces mêmes tendances ont été observées au cours de l'essai 1, bien que les stress ne soient pas de même nature

**Tableau XVIII.** Analyse comparative de variance des paramètres morphophysiologiques.

Sources de variation	ddl	Fcalculé					Fthéorique	
		Rdt	PMG	HP	VR	LR	5%	1%
Répétitions	3	1,39NS	3NS	0,13NS	1,66NS	NS	3,29	5,42
Variétés	1	9,27**	11,82**	141,77**	113,33**	109,92**	4,54	8,68
Stress	2	85,83**	251,5**	630,22**	25**	91,76**	3,68	6,36
Interaction V × S	2	0,5NS	19,5**	58,82**	8,33**	91,76**	3,68	6,36
Erreur	15	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	5,66	1,44	1,51	3,26	2,23	-	-

**Légende :** **Rdt** = Rendement ; **PMG** = Poids de 1000 grains ; **HP** = Hauteur des plants ;

**VR** = Volume racinaire ; **LR** = Longueur racinaire ; \*\* = Différence hautement significative

Le tableau XVIII ci-dessous montre une différence non significative entre les répétitions, ce qui révèle une homogénéité du substrat et des autres conditions environnementales (humidité, température etc.). Les interactions variétés × stress hydrique sont hautement significatives au niveau de tous les paramètres, le rendement excepté. La résistance au stress hydrique du rendement s'avère donc indépendante de la variété pour un même niveau de stress. Pour les autres paramètres, elle est fonction des variétés pour le même niveau de stress.

Le tableau XIX qui suit fait le classement des variétés en fonction des paramètres et du niveau de stress hydrique.

**Tableau XIX.** Classement des variétés en fonction des paramètres par niveau de stress.

Paramètre	Mode d'alimentation hydrique	Variétés		PPDS <sub>0,01</sub>	CV%
		NERICA 3	NERICA 4		
Rendement (g/pots)	Témoin	15,23a	14,49a	0,81	5,66
	Modéré	12,97a	11,73b		
	Sévère	9,23a	7,49b		
Hauteurs des plants (cm)	Témoin	79,07a	70,77b	1,21	1,51
	Modéré	67,72a	69,13b		
	Sévère	61,12a	53,28b		
Longueur des racines (cm)	Témoin	20,38a	21,6b	0,59	3,23
	Modéré	20,61a	23,3b		

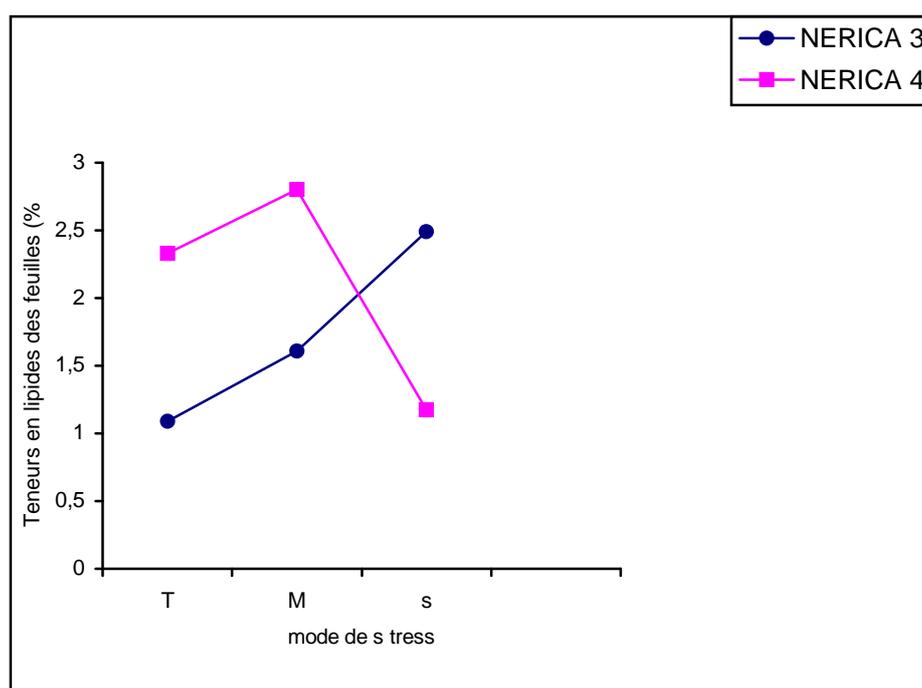
	Sévère	23,03a	25,53b		
Volume racinaire (cm <sup>3</sup> )	Témoin	2,95a	3,49b	0,13	3,26
	Modéré	2,96a	3,62b		
	Sévère	3,48a	3,70b		
Poids de mille grains (g)	Témoin	35,59a	35,04a	0,56	1,44
	Modéré	32,01a	32,25a		
	Sévère	28,95a	31,24b		

**NB :** Sur une même ligne, des moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes ( $p < 0,01$ ).

On peut voir dans le tableau XIX qu'en condition d'alimentation hydrique normale, les deux variétés donnent les mêmes rendements et les mêmes poids de 1000 grains. La longueur et le volume racinaires sont plus importants chez NERICA 4 à tous les niveaux d'alimentation hydrique. Quant au poids de 1000 grains, il est sensiblement identique chez les deux variétés en l'absence de stress hydrique ou lorsque celui-ci est modéré. Mais, lorsqu'il devient sévère, NERICA 3 subit une réduction de 18% de ce poids contre 10% pour NERICA 4. Les plus hauts plants sont observés chez NERICA 3 sans stress et lorsque celui-ci est sévère.

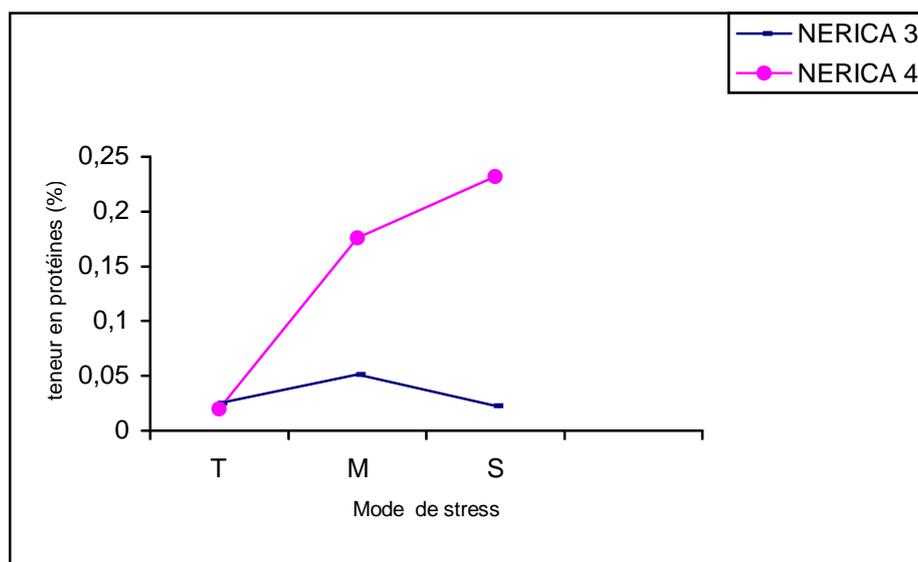
#### - Réponses biochimiques

Les figures 10, 11, 12 et 13 respectivement en pages 78, 79, 80 et 80) montrent les réponses biochimiques des variétés sous stress hydrique modéré et sévère. Ces réponses s'observent à travers des variations des teneurs en lipides, protéines et potassium dans les feuilles ainsi que la teneur en matière sèche.



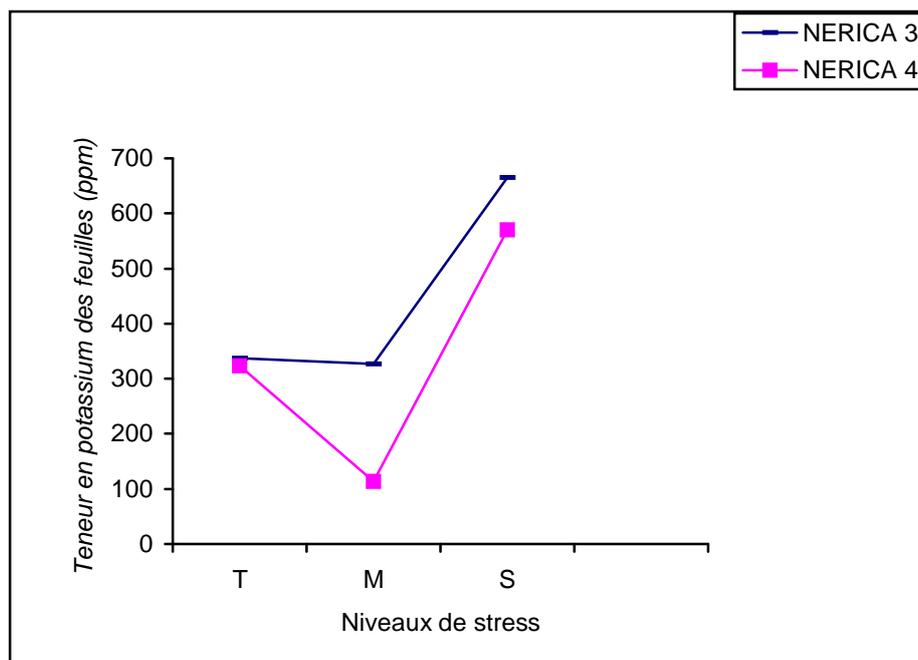
**Figure 10.** Variation des teneurs en lipides des feuilles en fonction des niveaux de stress hydrique et de la variété.

Sur la figure 10 on voit que la teneur en lipides des feuilles augmente chez les 2 variétés lorsque le stress est modéré ; une accentuation du stress provoque chez NERICA 4 une diminution drastique de cette teneur tandis que l'accumulation se poursuit chez NERICA 3. Cela montre des comportements opposés des 2 variétés vis-à-vis de l'accumulation des lipides lorsqu'elles sont soumises à une contrainte hydrique sévère. Ce même constat avait été observé lors de l'essai 1.



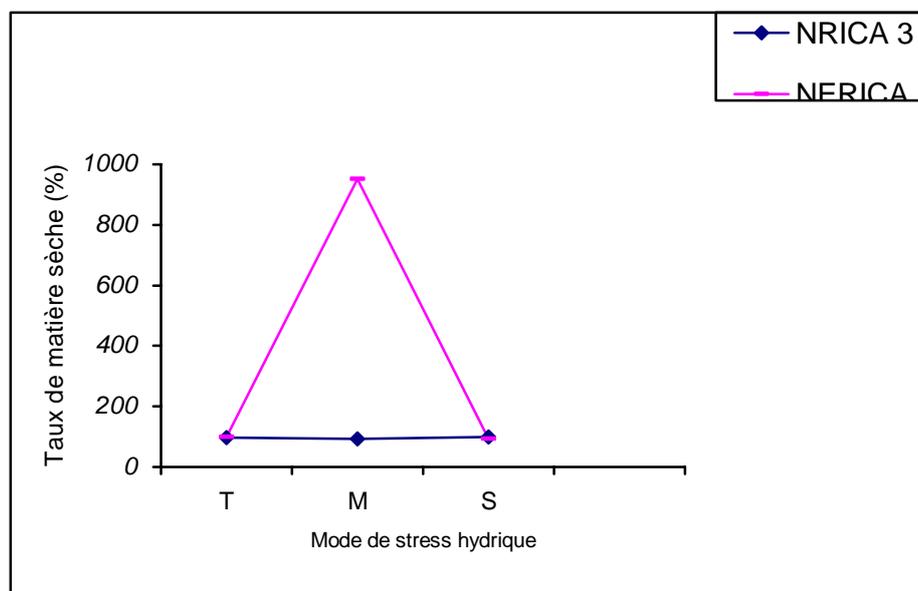
**Figure 11.** Variation des teneurs en protéines des feuilles en fonction des niveaux de stress hydrique et de la variété

Sur la figure 11 l'on peut constater que les 2 variétés ont la même teneur en protéines dans les feuilles en condition non stressante ; lorsque qu'elles subissent un stress modéré NERICA 4 en accumule plus que NERICA 3 et lorsque le stress devient plus sévère, celle -ci cesse d'en produire, contrairement à celle-là qui continue à le faire.



**Figure 12.** Variation des teneurs en potassium des feuilles en fonction des niveaux de stress hydrique et de la variété.

La figure 12 montre que les 2 variétés ont la même teneur en potassium au départ ; avec un stress modéré, cette teneur baisse fortement chez NERICA 4 et légèrement chez NERICA 3 avant d'augmenter chez les deux lorsque le stress devient sévère.



**Figure 13.** Variation du taux de matière sèche en fonction des niveaux de stress hydrique et de la variété.

Sur la figure 13 on peut voir que le taux de matière sèche de NERICA 3 est constant, indépendamment du niveau de stress tandis qu'il augmente lorsque le stress est modéré pour diminuer en condition de stress sévère chez NERICA 4.

### c) Indice de sensibilité au stress hydrique (S% et Isv)

Les indices de sensibilité des paramètres morphophysologiques et biochimiques et des variétés sont consignés dans les tableaux XX et XXI

**Tableau XX.** Indices moyens de sensibilité au stress hydrique des paramètres des 2 variétés (S%).

Paramètre	NERICA 3	NERICA 4
Hauteur des plants	18,52	13,51
Longueur racinaire	-7,06	-13,35
Volume racinaire	-9,11	-4,86
Poids de mille grains	14,35	9,4
Rendement	27,11	33,68
Teneur en lipides des feuilles	-88,07	14,67
Teneur en protéines des feuilles	-48	920
Teneur en potassium des feuilles	-47,18	10,52

Le tableau XX montre que le poids de mille grains et la hauteur des plants ont plus fortement diminué chez NERICA3 que chez NERICA 4 tandis que le contraire s'observe avec le rendement où la baisse a été plus forte chez NERICA 4 (33,68%) que chez NERICA 3 (27,118%). Cela suppose que manifestement NERICA 3 produit plus de grains donc plus de panicules par pied que NERICA 4. Quant aux volume et longueur racinaires, ils ont augmenté chez les deux variétés mais dans des proportions différentes : le volume racinaire a plus fortement augmenté chez NERICA3 (-9,11%) tandis que la longueur racinaire a plus fortement augmenté chez NERICA 4 (-13,35%). Les teneurs en lipides, protéines et potassium ont toutes augmenté chez NERICA 3 et diminué chez NERICA 4 par rapport aux témoins respectifs non stressés. Mais, cette augmentation a été plus forte au niveau des lipides (-88,07%) qu'au niveau des protéines (-48%) et du potassium (-47,18%).

**Tableau XXI :** Indices de sensibilité des variétés au stress hydrique (Isv)

NERICA 3			NERICA 4		
Modéré	Sévère	Moyenne	Modéré	Sévère	Moyenne
0,85	0,61	<b>0,73</b>	0,81	0,52	<b>0,67</b>

Le tableau XXI montre que :

- sous stress hydrique modéré, NERICA 3 a donné 85% de son rendement sans stress et NERICA 4 en a donné 81% ;
- sous stress hydrique sévère, NERICA 3 a donné 61% de son rendement sans stress et NERICA 4 en a fourni 52%;
- en moyenne lorsque ces 2 variétés subissent un déficit d'eau continu, NERICA 3 est capable de fournir 73% du rendement sans stress et NERICA 4, seulement 67%.

**Cela révèle que la diminution du rendement de NERICA 3 sous stress hydrique continu est moins importante que celle du rendement de NERICA 4. Cela confirme une fois de plus le fait que NERICA 3 a un système de protection contre de déficit d'eau plus efficient que celui de NERICA 4.**

#### **2.3.4. Discussions**

Le mode de stressage des plants utilisé dans ce 2<sup>e</sup> essai (restriction continue) peut se présenter en milieu réel avec une pluviométrie plus ou moins faible mais régulière durant tout ou partie du cycle de vie de la culture. Ce phénomène est d'ailleurs assez fréquent en zone tropicale. Il a semblé donc également opportun d'étudier le comportement de ces 2 variétés dans ces conditions de stress continu. Lors de cet essai, les 2 variétés ont également montré des comportements assez variables selon le critère de criblage considéré. Ainsi, bien que dans des conditions de déficit hydriques différentes, cet essai a permis de ressortir une grande similitude entre les comportement de ces deux variétés par rapport à l'essai précédent.

##### **2.3.4.1. Phénologie**

Au niveau des 2 variétés, le cycle a augmenté avec l'intensité du déficit hydrique, passant de 108 jours pour les témoins à 114 jours pour le stress sévère, soit une augmentation de 6 jours. Ce comportement observé chez les deux variétés a été constaté par d'autres auteurs (DOBELMANN, 1976 et KRAMER, 1983) qui s'accordent à dire que le stress hydrique prolonge de quelques jours le cycle végétatif des plantes. Toutefois cette prolongation semble être fonction du degré de résistance de la variété au stress hydrique : plus la variété est sensible au manque d'eau, plus le cycle semble se prolonger. De ce point de vue, nous n'avons pas décelé de différence de comportement entre ces 2 variétés

### 2.3.4.2. Paramètres morphophysiologiques qualitatifs

Tant l'enroulement des feuilles que le caractère *stay green* ont été moyens chez les deux variétés lorsque le stress est modéré. La différence entre elles se fait sentir lorsque le stress devient sévère, avec une meilleure résistance de NERICA 3 due à un enroulement plus prononcé des feuilles, caractère qui semble être lié à la résistance des végétaux au stress hydrique (ANNEROSE, 1993).

### 2.3.4.3. Indices de sensibilité au stress hydrique

Chez les deux variétés, le rendement, le poids de 1000 grains et la hauteur des plants stressés ont diminué par rapport aux témoins, tandis que le volume et la longueur racinaire ont plutôt augmenté dans diverses proportions ; cela étaye l'idée de ALBOUCHI et ses collaborateurs (2003) qui affirment que le stress hydrique provoque chez les plantes une réduction de la croissance en hauteur et une allocation de la biomasse vers les racines au détriment des parties aériennes. Il faut toutefois signaler que NERICA 3 accuse une plus faible réduction du rendement (27,11%) par rapport à NERICA 4 (33,68%) lorsqu'elles sont soumises à un stress hydrique dû à une pluviométrie insuffisante mais régulière à partir de la montaison.

Par ailleurs, la forte augmentation de la teneur en lipides chez NERICA 3 sous stress hydrique et sa diminution chez NERICA 4 rendent compte d'une plus grande résistance de la première à la sécheresse (ARRADEAU, 1998). La même tendance, observée avec le potassium conforte davantage ce constat qui semble être lié au rôle régulateur de cet élément dans le bilan hydrique de la plante.

### 2.3.5. Conclusion partielle

Cette deuxième évaluation de la résistance de ces 2 variétés au stress hydrique par restriction continue plus ou moins sévère d'eau, a permis de confirmer la principale conclusion tirée lors du premier essai à savoir que lesdites variétés présentent des indices de bonne résistance avec toutefois, de meilleurs performances de NERICA 3 par rapport à NERICA 4 pour la plupart des indices considérés dont le rendement notamment. Cela révèle que NERICA 3 résiste mieux à la diminution du rendement due au déficit d'eau prolongé que NERICA 4.

Il faut noter également que les variétés peuvent développer des moyens différents de résistance au déficit hydrique. Par exemple, alors que NERICA 4 dans ces conditions développe son système racinaire, NERICA 3 met l'accent sur l'enroulement des feuilles réduisant ainsi la transpiration.

## 2.4. CHAPITRE IV

### ESSAI 3 : UTILISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE COMME FACTEUR EXTERNE DE RESISTANCE AU STRESS HYDRIQUE DU RIZ NERICA 3

#### 2.4.1. Introduction

Il existe plusieurs méthodes d'amélioration de la résistance du riz au stress hydrique: génétiques, biotechnologiques et agrotechniques; si les 2 premières sont plus efficaces, elles restent encore trop onéreuses pour notre agriculture, en proie à des contraintes de tout genre.

C'est pourquoi cet essai a été réalisé. Il a couvert la période allant du 30 mai au 25 novembre 2005, période favorable à la culture du riz dans la zone d'essai. Son but était d'évaluer l'importance de la matière organique comme facteur externe d'amélioration de la résistance de la variété NERICA 3 au stress hydrique. Cette étude vise également une utilisation rationnelle des ressources locales dans le processus de production à travers la valorisation de la matière organique.

#### 2.4.2. Matériel et méthodes

##### 2.4.2.1. Préparation des pots et du substrat

Les pots utilisés sont des sachets en plastique de 16 cm de hauteur et 10cm de diamètre. La terre ayant servi de substrat a été extraite d'un sol ferrallitique à une profondeur moyenne de 30cm. Le fumier utilisé, bien décomposé a été obtenu dans une ferme d'élevage de bovins située à 35 km du site d'essai. Les analyses des échantillons de sol et de fumier ont été effectuées au Centre d'Etude et Recherche en Environnement (CERE) de l'Université de Conakry.

##### 2.4.2.2. Variantes expérimentales

Six proportions Fumier : Sol et 3 niveaux d'alimentation hydriques ont été expérimentés sur cette variété. Les 6 proportions de fumier sont :

- **1 : 0** = une portion de fumier pour 0 portion de sol (fumier pur) ;
- **1 : 3** = une portion de fumier pour 3 portions de sol ;
- **1 : 6** = une portion de fumier pour 6 portions de sol ;
- **1 : 9** = une portion de fumier pour 9 portions de sol ;
- **1 : 12** = une portion de fumier pour 12 portions de sol ;
- **0 : 1** = 0 portion de fumier pour 1 portion de sol (sol pur).

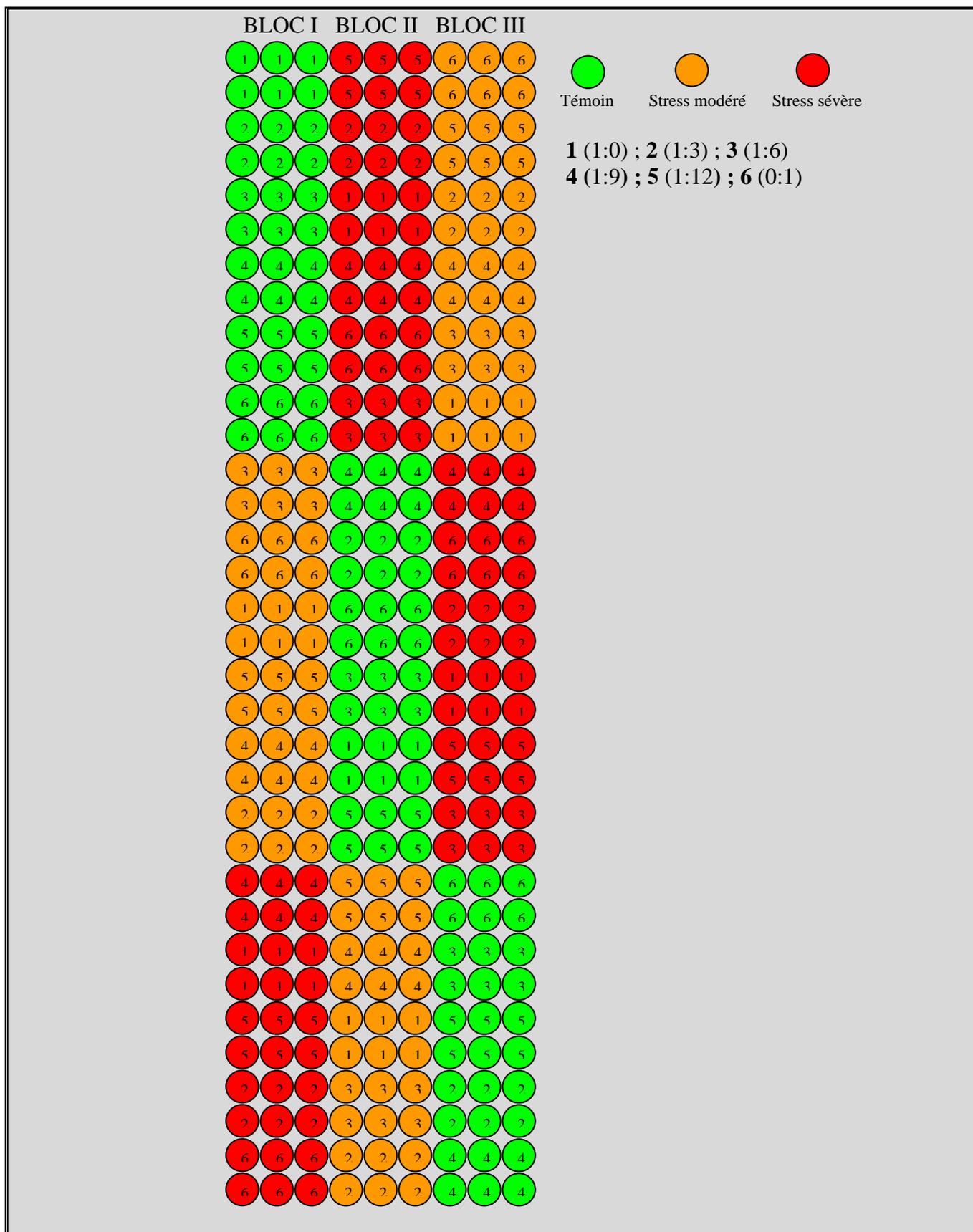
Les niveaux d'alimentation hydrique sont les suivants:

- **T** : arrosage quotidien à la capacité au champ du sol, soit *80 ml* d'eau par pot ;
- **M** : arrosage quotidien à la moitié de la capacité au champ du sol (stress modéré), soit *40 ml* d'eau par pot ;
- **S** : arrosage quotidien au quart de la capacité au champ du sol (stress sévère), soit *20 ml* d'eau par pot.

A partir du 61<sup>e</sup> jour après semis, le stress a été appliqué avec les différentes proportions *Fumier : Sol* jusqu'à la récolte. Cela a permis d'évaluer la résistance de la variété NERICA 3 à un déficit plus ou moins marqué d'eau de la montaison à la récolte

#### **2.4.2.3. Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental utilisé fut un split-plot à 3 répétitions avec l'alimentation hydrique comme facteur principal et la proportion *Fumier : Sol* comme facteur secondaire (Figure 6 et photo 3). Chaque variante a occupé 6 sachets. Le semis a été fait le 25/06/2005, à raison de 5 grains par sachet. Au 15<sup>e</sup> jour après semis, un démariage à un plant par pot a été effectué, soit 18 plants par variante et 324 plants pour tout l'essai (Figure 14).



**Figure 14.** Dispositif expérimental (split plot  $6 \times 3 \times 3$ ).

A partir du 61<sup>e</sup> jour après semis, le stress a été appliqué avec les différentes proportions *Fumier :Sol* jusqu'à la récolte. Cela a permis d'évaluer la résistance de la variété NERICA 3 à un déficit plus ou moins marqué d'eau de la montaison à la récolte

#### 2.4.2.4. Observations diverses

Compte tenu de l'influence de la température sur la croissance et le développement des plantes, un thermomètre a été suspendu dans l'abri à 2 m du sol pour mesurer quotidiennement à 7 H, 12 H et 18 H TUC la température ambiante. En plus, des données météorologiques complémentaires ont été relevées à la station météorologique de Faranah, située à 2,5 km du site expérimental.

Les observations phénologiques ont porté sur les phénophases suivantes : levée, stade de 3 feuilles, tallage, montaison, épiaison et maturité au niveau de chaque variante. Pour chacune, ont été notés le début, la plénitude et la durée. Nous avons noté la fin d'une phénophase lorsque la totalité des plants l'ont manifestée.

#### 2.4.2.5. Paramètres d'évaluation de la résistance au stress hydrique de la variété

##### a) Paramètres morphophysiologiques qualitatifs

Ce sont des paramètres morphologiques qui sont en rapport avec le degré de résistance (ou de sensibilité) au stress hydrique des variétés et qui permettent d'évaluer qualitativement le degré de résistance des variétés au stress hydrique, à travers des observations visuelles. Ceux utilisés dans cette étude sont les suivants.

*L'enroulement des feuilles* : forme de protection naturelle des plantes par réduction de la surface de la feuille exposée aux rayons solaires par conséquent à la transpiration ; les variétés résistantes sont celles qui manifestent ce phénomène dès que le déficit hydrique commence à se faire sentir.

- *Le caractère « stay green »* : comportement d'une plante consistant à demeurer verte pendant qu'elle subit un stress hydrique en développant des mécanismes lui permettant de maintenir sa turgescence malgré le déficit hydrique qu'elle endure.
- *Les nécroses foliaires* : causées par un effet prolongé et plus ou moins sévère de la sécheresse sur les plantes. Leur intensité dépend du degré de résistance à la sécheresse de la plante.

Tous ces caractères ont été évalués au cours du stress hydrique par comparaison des plants stressés aux plants témoins non stressés.

##### b) Paramètres morphophysiologiques quantitatifs

Ce sont des paramètres morphologiques qui sont en rapport avec le degré de résistance (ou de sensibilité) au stress hydrique des variétés et qui permettent d'évaluer quantitativement le degré de résistance des variétés au stress hydrique, à travers des mesures. Ceux utilisés dans cette étude sont :

- *la hauteur des plants (HP)* exprimée en centimètres et mesurée du collet à l'extrémité de la panicule la plus longue, à l'aide d'un ruban de 2 m gradué au millimètre ;
- *la longueur racinaire (LR)* exprimée en centimètres et mesurée du collet à la racine la plus longue, comme précédemment ;
- *le poids racinaire (PR)* exprimée en grammes et mesuré par immersion des racines dans l'eau contenue dans une éprouvette graduée et détermination du volume d'eau déplacé ;
- *le rendement (Rdt)* exprimé en grammes / 6 pots et déterminé par pesage des grains récoltés par pot (0,0314 m<sup>2</sup>) après séchage et vannage.

La longueur et le poids racinaires ont été déterminés après avoir arraché les plants et soigneusement lavé leurs racines à l'eau de robinet.

#### **2.4.2.6. Indices de sensibilité au stress hydrique (S%) de la variété**

Le degré de sensibilité d'un paramètre morphophysologique au stress hydrique a été déterminé à travers l'indice de sensibilité (S%). Il a été déterminé par la formule suivante

$$S\% = (\text{Paramètre mesuré sur } T - \text{Paramètre mesuré sur } M \text{ ou } S) \times (\text{Paramètre mesuré sur } T)^{-1} \times 100 \text{ (ZOMBRE } et \text{ al, 1994)}$$

L'indice moyen de sensibilité de chaque paramètre a été déterminé en faisant la moyenne de son indice de sensibilité aux stress modéré et sévère :

$$S\% = (S\%_{\text{Modéré}} + S\%_{\text{Sévère}}) / 2.$$

Plus il est élevé, plus le paramètre est sensible et moins il est résistant au stress hydrique.

Nous avons également utilisé l'indice de sensibilité variétal (*Isv*) de FISCHER et MAURER (1978)

$$Isv = Rs / Rt$$

où *Rs* est le rendement en grains en conditions de sécheresse, *Rt*, le rendement en conditions non limitatives en eau (témoin).

Plus cet indice est élevé, plus la variété est résistante (moins sensible) au stress hydrique.

### 2.4.2.7. Analyses statistiques

Certains résultats ont été analysés par la méthode d'analyse de variance. La comparaison des moyennes a été faite au moyen du test de la Plus Petite Différence Significative en utilisant la technique des lettres.

### 2.4.3. Résultats

#### 2.4.3.1. Analyse du substrat sol-fumier

Les résultats sont

pour le sol :

- Argile : 4% ;
- Limon : 34% ;
- Sable : 62% ;
- pH (eau) : 4,4;
- Matière organique : 2,42% ;
- Azote total : 0,07% ;
- Phosphore : 6 ppm ;
- Potassium : 6,08 méq/100 g de sol.

pour le fumier :

- Matière organique : 5,46% ;
- Azote : 2,27% ;
- Phosphore : 6 ppm ;
- Potassium : 52,22 ppm.

Ce fumier a été extrait d'une ferme bovine (bovins de la race N'Dama) avec bob niveau de décomposition.

Après extraction, séchage et homogénéisation aux proportions sus mentionnées, le substrat a été réparti dans les sachets en plastique à raison de 800 g par unité. Les quantités respectives de fumier, sol et substrat utilisées sont consignées dans le Tableau XXII.

**Tableau XXII.** Quantités de fumier, sol et substrat de l'essai 3.

Proportion Fumier : sol	Nombre de sachets			Poids (g)		
	par proportion	par répétition	Total	Fumier	Sol	Mélange
1 : 0	6	18	54	43200	0	43200
1 : 3	6	18	54	10800	32400	43200
1 : 6	6	18	54	6171,4	37028,6	43200
1 : 9	6	18	54	4320	38880	43200
1 : 12	6	18	54	3323	39877	43200
0 : 1	6	18	54	0	43200	43200
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	<b>324</b>	<b>67814,4</b>	<b>191385,6</b>	<b>259200</b>

Les résultats de cet essai porteront sur l'indice de sensibilité (S%) et l'indice de résistance variétale au stress hydrique de la variété NERICA 3 qui, dans les deux essais précédents a montré une meilleure résistance au stress hydrique. C'est ce qui justifie son choix pour évaluer la matière organique comme facteur externe de résistance au stress hydrique.

#### 2.4.3.2. Données météorologiques

Les données des observations faites sous l'abri montrent que la température moyenne était de 26,5°C pendant la période de l'essai. Cela indique que les conditions de température dans lesquelles le stress a été appliqué ont été favorables à la croissance normale des plants de la variété. Les données météorologiques recueillies à la station météorologique apparaissent dans le tableau XXXIV à l'annexe.

#### 2.4.3.3. Observations phénologiques

Les différentes phénophases observées sous l'influence des variantes de stress hydrique expérimentées sont consignées dans le tableau XXIII. Les valeurs donnent le nombre de jours passés pour que la totalité des plants manifestent chaque phénophase.

**Tableau XXIII.** Nombre de jours à 100% des phénophases.

Variante		Levée	Stade de 3 feuilles	Tallage	Montaison	Epiaison	Maturité	Cycle (j)
Stress	F : S							
<b>Témoin</b>	<b>1 :0</b>	7	14	24	57	87	127	127
	<b>1 :3</b>	7	14	21	49	79	127	127
	<b>1 :6</b>	7	14	21	49	79	124	124
	<b>1 :9</b>	7	14	21	49	79	127	127
	<b>1 :12</b>	7	14	21	44	79	124	124
	<b>0 :1</b>	7	14	21	65	74	117	117
<b>Modéré</b>	<b>1 :0</b>	7	14	21	49	95	127	127
	<b>1 :3</b>	7	14	21	49	79	127	127
	<b>1 :6</b>	7	14	21	49	79	127	127
	<b>1 :9</b>	7	14	21	49	79	142	142
	<b>1 :12</b>	7	14	21	49	79	142	142
	<b>0 :1</b>	7	14	21	72	79	142	142
<b>Sévère</b>	<b>1 :0</b>	7	14	21	49	102	150	150
	<b>1 :3</b>	7	14	21	49	79	150	150
	<b>1 :6</b>	7	14	21	49	79	150	150
	<b>1 :9</b>	7	14	21	49	79	150	150
	<b>1 :12</b>	7	14	21	49	79	150	150
	<b>0 :1</b>	7	14	24	44	74	150	150

**Date de semis :** 25/06/2005

F :T : Fumier : Sol

Dans ce tableau on peut voir que :

- la levée et le stade de 3 feuilles n'ont pas été influencées par le déficit d'eau quelle que soit la proportion de matière organique utilisée et sont apparues respectivement aux 7<sup>e</sup> et 14<sup>e</sup> jours ;
- le tallage a été retardé de 3 jours sur fumier et sol purs (proportions Fumier :Sol respectives 1 :0 et 0 :1) et n'a pris fin qu'au 24<sup>e</sup> jour du semis, alors qu'au 21<sup>e</sup> jour, il avait pris fin au niveau de toutes les autres proportions de matière organique, indépendamment du niveau de stress hydrique ;
- la montaison la plus tardive a été observée au niveau du stress hydrique modéré sur sol pur (72<sup>e</sup> jour) tandis que la plus hâtive l'a été au niveau du stress sévère sur sol pur et sur le témoin avec la proportion 1 :12 (44<sup>e</sup> jour) ;

- l'épiaison la plus tardive a été constatée au 102<sup>e</sup> jour sur fumier pur sous stress hydrique sévère tandis que la plus hâtive (74<sup>e</sup> jour) a été constatée au niveau du sol pur sous stress sévère ;
- la maturité la plus tardive (150<sup>e</sup> jour) a été atteinte avec le stress sévère, indépendamment des proportions expérimentées alors que la plus précoce (124<sup>e</sup> jour) a été obtenue au niveau du témoin avec les proportions 1 :6 et 1 :12.
- le cycle le plus court (117 jours) a été observé sur sol pur sans stress hydrique et le plus long (150 jours), sous stress sévère indépendamment des proportions Fumier : Sol ; il a donc augmenté de 28,2% par rapport au témoin. Sous stress modéré, il a été de 127 jours sur fumier pur et avec les proportions 1 :3 et 1 :6, mais a augmenté de 15 jours avec les proportions 1 :9, 1 :12 et sur sol pur ; sous stress sévère, le cycle a augmenté de plus de 21 jours avec toutes les proportions, la plus forte augmentation (33 jours) ayant été observée sur sol pur, puis suivent les proportions 1 :6 et 1 :12 avec 26 jours et 1 :9, 1 :3 et 1 :0 pour 23 jours.

#### 2.4.3.4.Indices de sensibilité au stress hydrique

##### a) Indice de sensibilité des paramètres (S%)

Les indices de sensibilité des paramètres, déterminés après la récolte apparaissent dans le tableau XXIV. Ils indiquent le degré de sensibilité des différents paramètres au stress hydrique.

**Tableau XXIV.** Indices de sensibilité des paramètres (S%).

Paramètres	Proportions Fumier : Sol					
	1 :0	1 :3	1 :6	1 :9	1 :12	0 :1
Rendement	82,55	88,62	49,28	67,90	68,73	65,08
Hauteur des plants	7,7	31,2	27,7	19,53	23,96	22,51
Poids des racines	11,1	32,3	33,45	25,43	29,91	-3,42
Longueur des racines	8,46	3,29	18,45	3,78	17,54	13,99

Le tableau montre que la plus forte sensibilité (88,62%) se situe au niveau du rendement avec la proportion 1 :3 et la plus faible (3,29%), au niveau de la longueur racinaire avec la même proportion.

**En général, il y a une influence positive de la matière organique du sol sur la sensibilité de la variété au stress hydrique avec un taux optimum entre 1 :6 et 1 :9.** Ce qui se traduit par une diminution des indices de sensibilité avec l'augmentation de la proportion fumier : sol

##### b) Indice de sensibilité de la variété (Isv)

Les indices de sensibilité de la variété au stress hydrique en fonction des proportions de matière organique dans le sol apparaissent dans le tableau XXV.

**Tableau XXV.** Indices de sensibilité de la variété (Isv) avec 6 proportions Fumier : Sol.

Proportion F : Sol	Stress		Moyenne
	Modéré (M)	Sévère (S)	
1 :0	0,36	0	<b>0,18</b>
1 :3	0,18	0,04	<b>0,11</b>
1 :6	0,50	0,51	<b>0,51</b>
1 :9	0,58	0,06	<b>0,32</b>
1 :12	0,56	0,06	<b>0,31</b>
0 :1	0,54	0,16	<b>0,35</b>

La plus forte résistance au stress hydrique a été obtenue avec la proportion 1 :6 qui a permis d'avoir sous stress 51% du rendement du témoin. Des proportions supérieures ou inférieures ont donné des indices plus faibles. Lorsque la proportion de matière organique baisse, l'indice diminue. Sur sol pur, on constate un léger relèvement (35%) par rapport au fumier pur (18%). **Cela montre que la matière organique est plus efficace lorsqu'elle est combinée à la fraction minérale du sol pour former le complexe argilo-humique qui a une capacité d'échange cationique plus élevée.**

#### 2.4.3.5. Analyse de variance des paramètres morphophysiologiques

Le tableau XXVI montre les résultats de l'analyse de variance des paramètres morphophysiologiques étudiés.

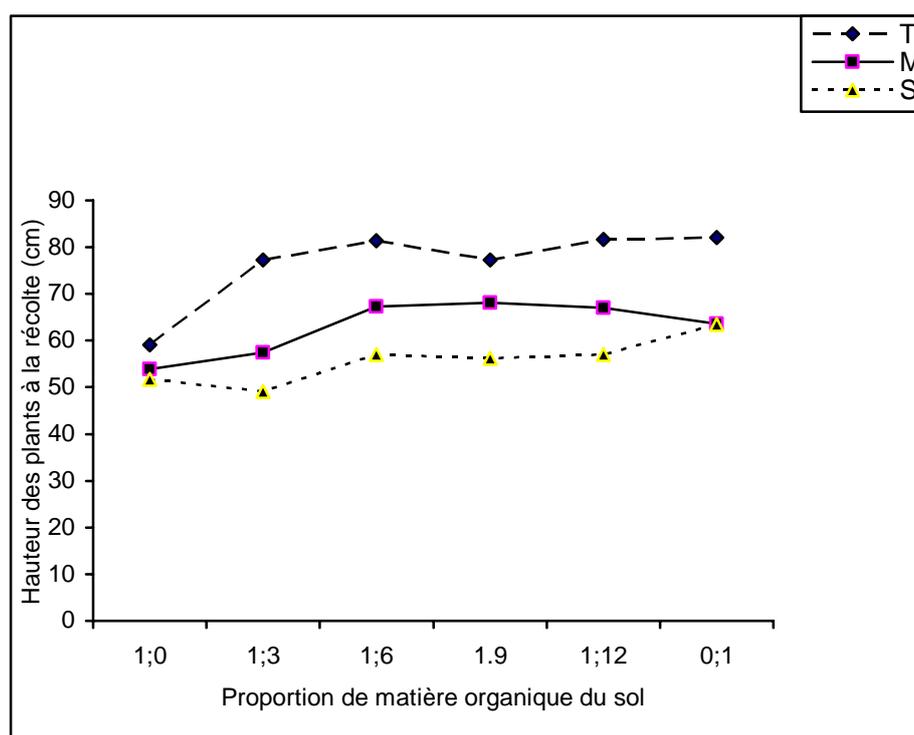
**Tableau XXVI.** Analyse comparative de variance des paramètres morphophysiologiques.

Source de variation	ddl	F calculé					F théorique	
		HP	LR	PMG	PR	Rdt	5%	1%
Répétitions	2	1,22NS	0,32NS	0,97NS	0,4NS	1,27NS	6,94	18
Stress	2	19,91**	5,34NS	210,1**	35,8*	2749,93**	6,94	18
Erreur (a)	4	-	-	-	-	-	-	-
Proportion F : Sol	5	90,72**	4,41**	198,12**	14,2**	452,9**	2,53	3,7
Stress × proportion F : Sol	10	16,12**	1,61NS	220,93**	3**	105,84**	2,16	2,98
Erreur (b)	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (a)	-	2,8	7,9	3,82	12,35	6,33	-	-
CV (b)	-	1,56	12,9	3,52	12,35	6,54	-	-

\* : différence significative ; \*\* : différence hautement significative ; NS : différence non significative

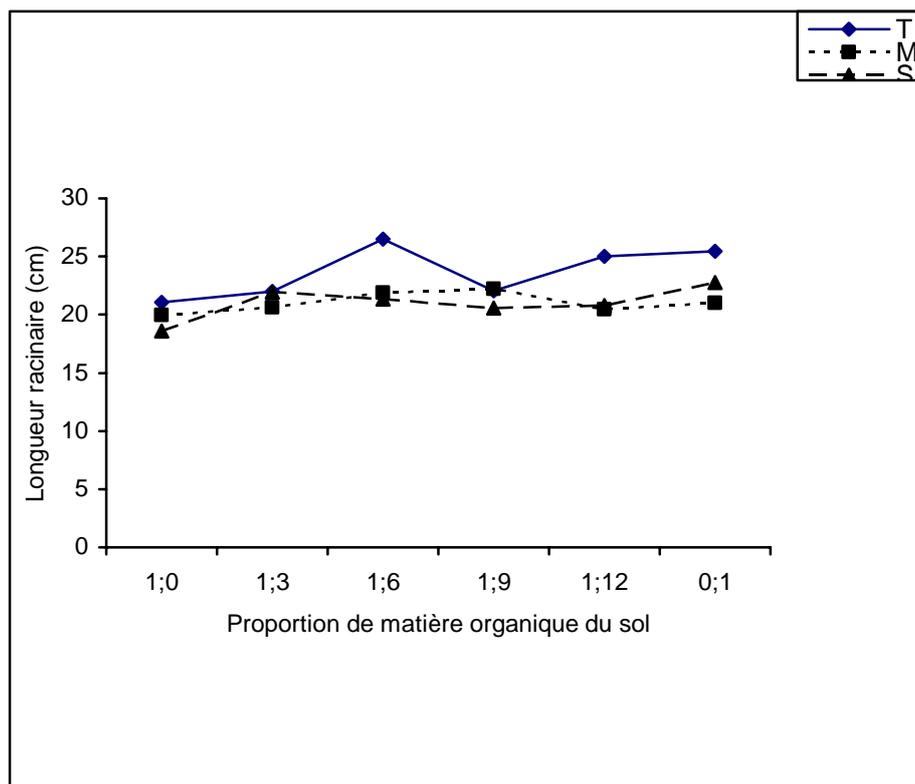
Le tableau XXVI montre qu'en dehors de la longueur racinaire, l'interaction stress  $\times$  matière organique a été hautement significative au niveau de tous les autres paramètres. On peut donc dire que l'efficacité de la matière organique comme facteur externe favorisant la résistance à la sécheresse dépend du niveau du déficit hydrique.

Par ailleurs, l'influence de la proportion de la matière organique du sol sur les différents paramètres (hauteur des plants, longueur et poids racinaires et rendement) est représentée dans les figures 15, 16, 17 et 18 ci-dessous.



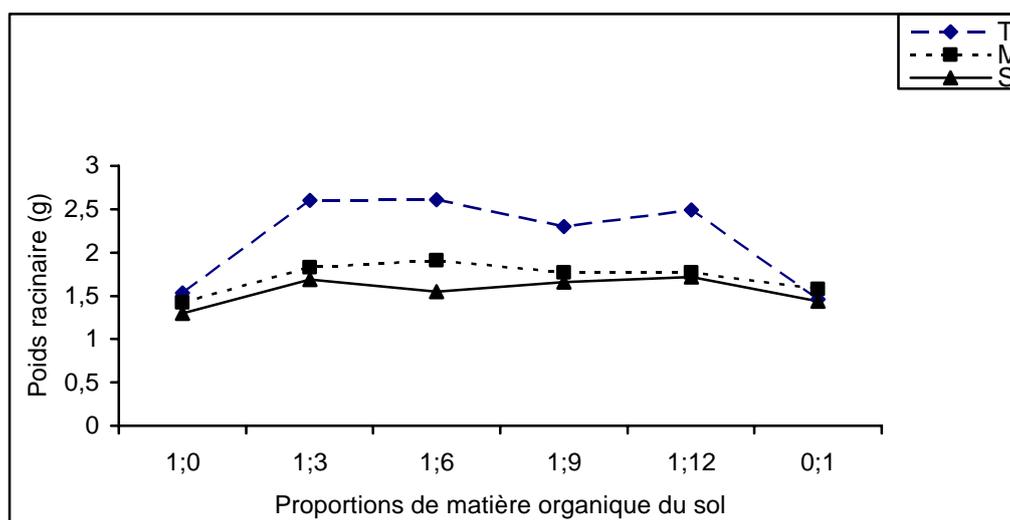
**Figure 15.** Influence de la proportion de matière organique du sol sur la hauteur des plants du NERICA 3 sans stress (T), sous stress modéré (M) et sévère (S).

La figure 15 montre que pour les 3 niveaux d'alimentation hydrique, la proportion 1 :6 a donné les plants les plus hauts. Des proportions plus faibles (1 :9 et 1 :12) ont provoqué une réduction des hauteurs par rapport aux témoins non stressés.



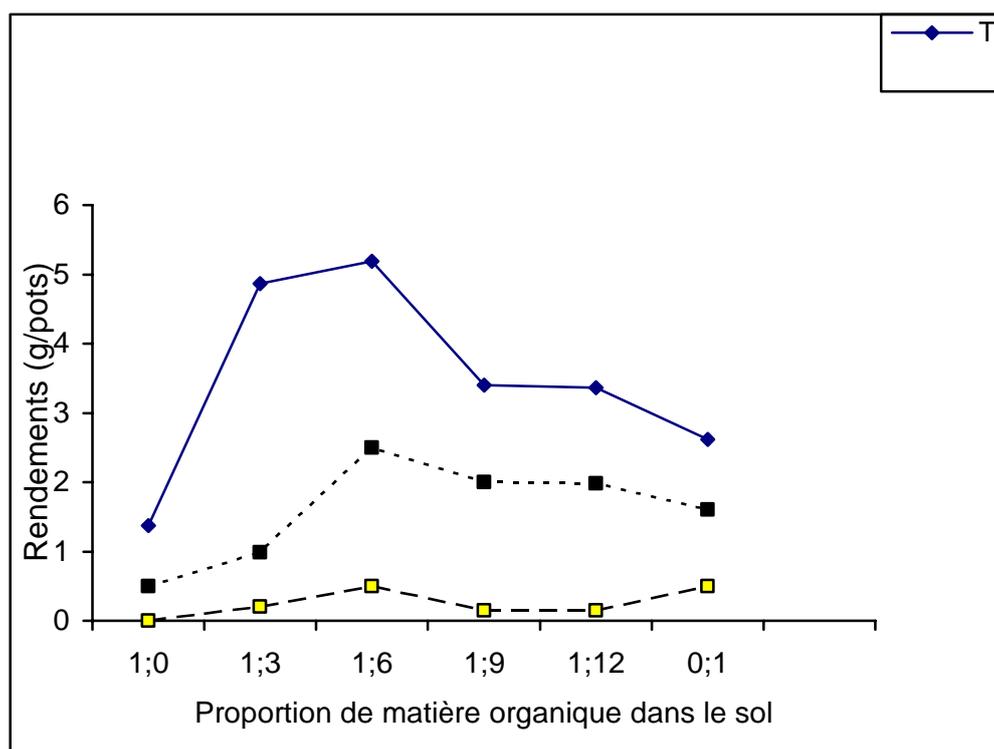
**Figure 16.** Influence de la proportion de matière organique du sol sur la longueur racinaire du NERICA 3 sans stress (T), sous stress modéré (M) et sévère (S).

On peut voir sur la figure 16 que la proportion 1 :6 a favorisé l'élongation des racines du témoin tandis que la proportion 1 :9 a donné les racines les plus longues avec le stress modéré. Le sol sans fumier a mieux favorisé l'élongation racinaire chez les plants sévèrement stressés.



**Figure 17.** Influence de la proportion de matière organique du sol sur le poids racinaire du NERICA 3 sans stress (T), sous stress modéré (M) et sévère (S).

Sur la figure 17 on peut voir que le poids des racines augmente avec la plus forte proportion de matière organique (1 :3) et à mesure que la proportion baisse une tendance à la baisse du poids racinaire est observée. Il est à noter par ailleurs que le fumier pur (1 :0) et le sol pur (0 :1) ont donné les racines les moins lourdes.



**Figure 18** : Influence de la proportion de matière organique du sol sur le rendement du NERICA 3 sans stress (T), sous stress modéré (M) et sévère (S)

La figure 18 montre que les rendements maxima des 3 niveaux d'alimentation hydrique ont été atteints avec la proportion 1 :6 au-delà de laquelle une baisse a été observée. Les rendements minima ont été obtenus avec la proportion 1 :0 pour le témoin et le stress modéré et avec la proportion 1 :3 pour le stress sévère.

#### 2.4.4. Discussions

Le fait que le cycle et les paramètres morphophysologiques aient été influencés par la proportion de matière organique dans le sol indépendamment des niveaux d'alimentation hydrique révèle que la matière organique du sol a une influence sur le comportement hydrique de cette variété de riz. Dans notre cas, la proportion 1 :6 a en général donné les meilleurs résultats, probablement à cause de l'amélioration des propriétés physiques et chimiques du sol, comme l'indiquent BRADY et WEILL (1999). Par ailleurs, l'enroulement des feuilles et le caractère *stay green* ont été importants sur toutes les proportions fumier : sol à tous les niveaux de stress, ce qui permet de voir le rôle de la matière organique dans l'amélioration des propriétés hydriques du sol ; cela étaye l'idée de CHEVSOVA (1977). La combinaison sol matière organique forme ce qu'on appelle le complexe argilo-humique possédant une plus grande capacité d'échange cationique et permettant une alimentation minérale et hydrique plus équilibrée ; ce qui confère à la plante une plus grande aptitude à résister au déficit hydrique.

#### **2.4.5. Conclusion partielle**

Les résultats de cet essai permettent de dire que la teneur en matière organique du sol est un facteur externe qui favorise la résistance du riz au stress hydrique. Son utilisation comme engrais en condition de sécheresse permet d'avoir des rendements satisfaisants en riziculture de coteaux. La proportion fumier : sol de 1 :6, a donné les meilleurs rendements avec les 3 niveaux d'alimentation hydrique. Aussi, faut-il noter que le cycle végétatif augmente avec la présence de la matière organique.

## 2.5. ANALYSE COMPARATIVE DES RESULTATS DES ESSAIS

### 2.5.1. Synthèse des essais 1 et 2

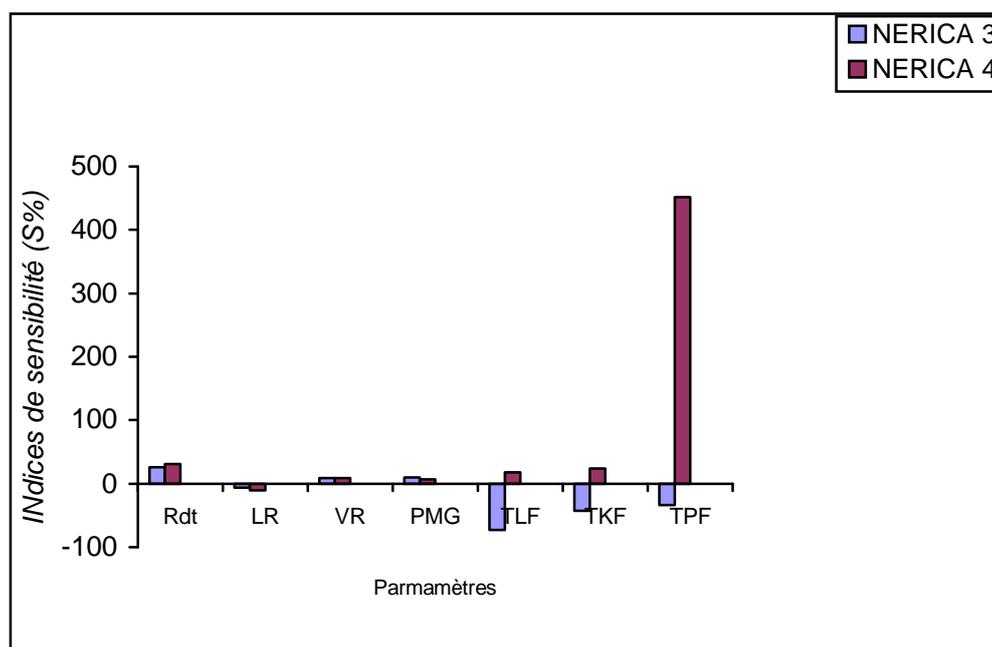
L'analyse comparative de ces 2 essais se justifie par le fait qu'ils ont pour objectif de faire le criblage de ces deux lignées de riz NERICA cultivées en Guinée pour la résistance au stress hydrique en vue de leur exploitation en période et zone à déficit pluviométrique marqué.

Pour cela, elles ont été soumises à deux conditions différentes de stress hydrique, toutes deux très fréquentes en zone tropicale à savoir :

- de fortes pluies suivies d'une période plus ou moins longue sans pluie (cas de l'essai 1 avec une restriction hydrique temporaire de 3 et 6 jours) ;
- des pluies régulières mais d'intensité variable (cas de l'essai 2 avec une restriction plus ou moins sévère et continue, couvrant une bonne partie du cycle végétatif de la culture).

Ces deux scénarios peuvent même se succéder au cours d'une campagne agricole.

Ainsi, la figure 19 montre les indices moyens de sensibilité obtenus au cours des 2 essais, quoique dans des conditions différentes :



**Figure 19** ; Indices moyens de sensibilité au stress hydrique des 2 variétés au cours des 2 essais ;

Rdt : Rendement ; LR : Longueur racinaire ; VR : Volume racinaire ; PMG : Poids de mille grains ; TLF : Teneur en lipides des feuilles ; TKF : Teneur en potassium des feuilles ; TPF : Teneur en protéines des feuilles.

La figure montre une réduction du rendement, du volume racinaire, du poids de mille grains et une augmentation de la longueur racinaire chez les 2 variétés. Une diminution des teneurs en lipides, potassium et protéines des feuilles chez NERICA 4 concomitamment à une augmentation chez NERICA 3. Ce qui montre une meilleure performance de NERICA 3 par rapport à la plupart des

paramètres durant les deux essais. En effet hormis la teneur en protéines dont la diminution est considérée comme une caractéristique des variétés résistantes au stress hydrique, tous les autres paramètres tendent à donner NERICA 3 pour la plus résistante au déficit hydrique.

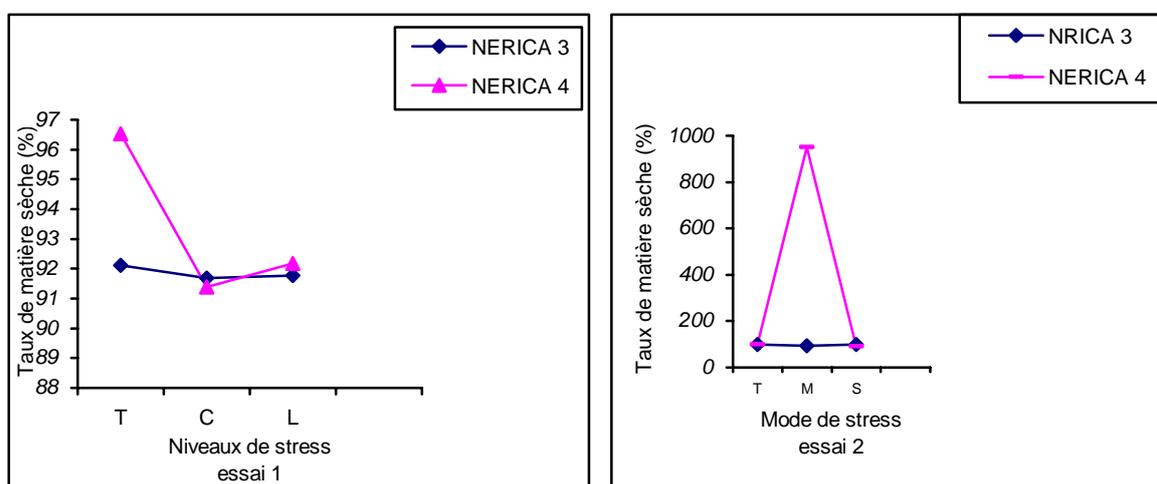
Par ailleurs, le tableau XXVII montre les indices moyens de sensibilité observés chez les 2 variétés pendant les 2 essais.

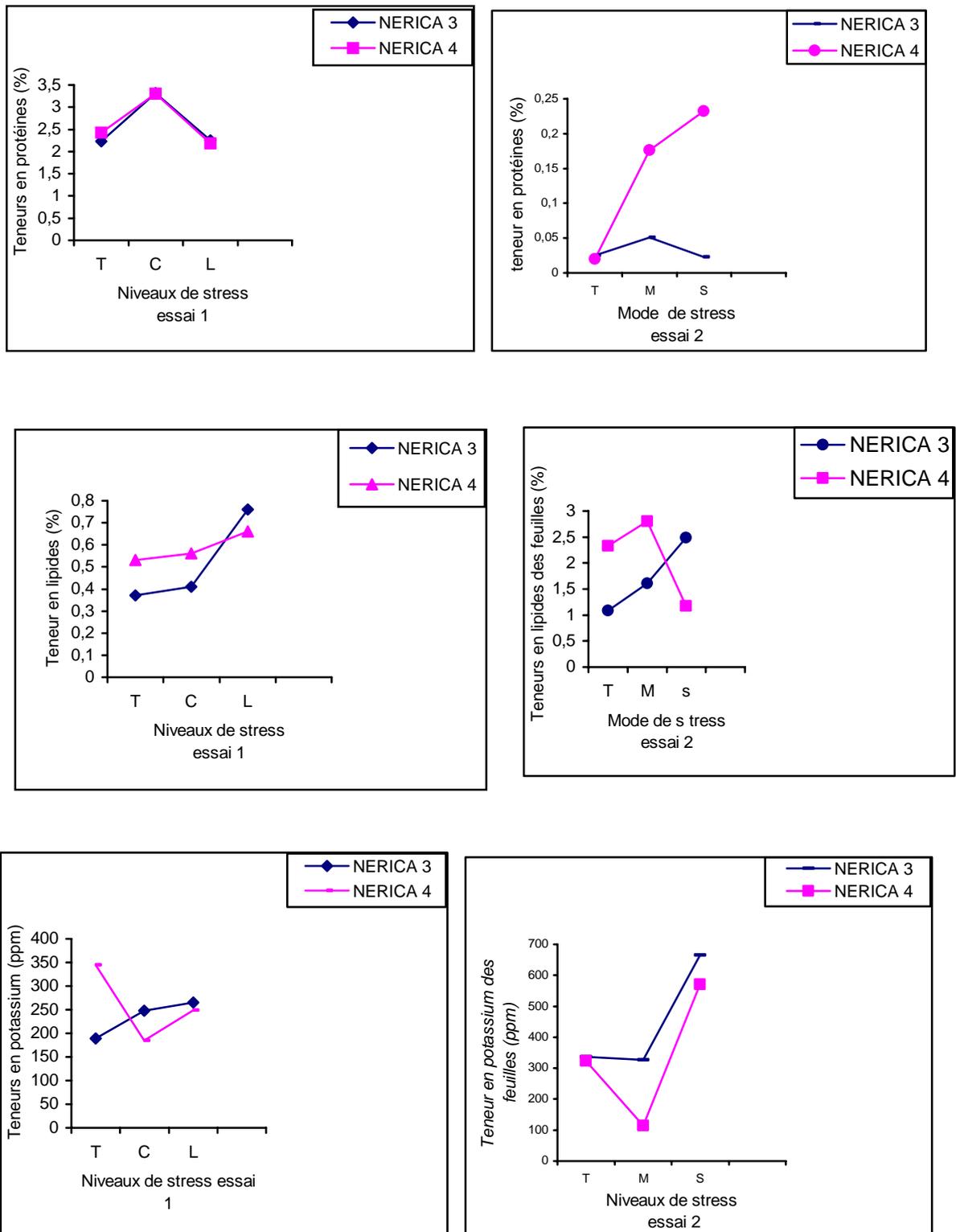
**Tableau XXVII** ; Indices de sensibilité des variétés (Isv) au cours des 2 essais ;

Essai 1 (2004)		Essai 2 (2005)		Moyennes	
NERICA 3	NERICA 4	NERICA 3	NERICA 4	NERICA 3	NERICA 4
0,77	0,72	0,73	0,67	<b>0,75</b>	<b>0,70</b>

Au cours des 2 années, avec la restriction temporaire (essai 1), NERICA 3 a donné 77% de son rendement contre 72% pour NERICA 4 ; avec la restriction prolongée plus ou moins sévère (essai 2), NERICA 3 a produit un rendement équivalant à 73% de celui de son témoin et NERICA 4 en a produit 67% seulement. En moyenne, NERICA 3 est capable de fournir 75% du rendement du témoin et NERICA 4, 70% lorsqu'elles sont soumises à différentes conditions de déficit hydrique.. Ces observations étayant celles révélées par les indices moyens de sensibilité (Figure 15).

La figure 20 composé des huit graphiques suivants montre l'évolution comparative des teneurs en éléments biochimiques (protéines, lipides, potassium et matière sèche) des deux variétés au cours des deux essais :





**Figure 20** ; Evolution comparative des teneurs en éléments biochimiques des deux variétés au cours des 2 essais ;

On note sur ces graphiques ce qui suit :

- le taux de matière sèche est demeuré constant avec les deux modes de stressage chez NERICA 3 pendant qu'il a diminué avec le stress court pour augmenter légèrement avec le stress long dans l'essai 1, contrairement à l'essai 2 où c'est l'inverse qui s'est produit.

- la teneur en protéines a augmenté avec le stress court et diminué avec le stress long chez les deux variétés tandis qu'avec le stress continu, elle augmente de façon régulière chez NERICA 4 et commence à baisser dès que le stress devient sévère chez NERICA 3;
- la teneur en lipides a fortement augmenté avec le déficit hydrique dans les deux scénarios de déficit chez NERICA 3, alors qu'elle est demeurée quasi constante avec le déficit temporaire et a accusé une forte réduction avec le stress sévère chez NERICA 4 ;
- les teneurs en potassium de NERICA 3 ont augmenté de façon régulière dans les deux essais au fur et à mesure que le déficit hydrique s'accroît ; mais cette augmentation a été plus marquée lorsque le déficit hydrique était continu ; NERICA 4 a accusé au départ une forte réduction de sa teneur en cet élément pour ensuite la voir augmenter mais dans de plus faibles proportions.

Ces différentes évolutions des teneurs de ces éléments (augmentation des teneurs en lipides et potassium chez NERICA 3 et diminution chez NERICA 4, diminution de la teneur en protéines chez NERICA 3 et augmentation chez NERICA 4), **montrent une meilleure résistance au stress hydrique de NERICA 3 par rapport à NERICA 4, quel que soit le mode de stress utilisé (temporaire ou continu)**. Quant à la matière sèche, la constance de son taux malgré le déficit hydrique dans les deux essais chez NERICA 3 pourrait probablement donc être un indice de résistance au stress hydrique, puisque cette variété s'est avérée moins sensible à cette contrainte abiotique.

### 2.5.2. Synthèse des trois essais

Les résultats moyens des indices de sensibilité de trois paramètres pour les trois essais avec NERICA 3 sont consignés dans le tableau XXVIII.

**Tableau XXVIII** ; Indices moyens de sensibilité de la hauteur des plants, de la longueur racinaire et du rendement dans les 3 essais chez NERICA 3 ;

Essais	Indices moyens de sensibilité au stress hydrique (S%)		
	HP	LR	Rdt
1	18,39	-5,43	23,56
2	18,52	-7,06	27,11
3	22,1	10,91	69,36

HP : Hauteur des plants ; LR : Longueur des racines ; Rdt : Rendement.

Les résultats montrent ce qui suit :

- la hauteur des plants et le rendement ont été moins affectés par le stress hydrique lors des 2 premiers essais que lors du 3<sup>e</sup> essai;

- la longueur racinaire a augmenté lors des deux premiers essais et diminué lors du troisième ;
- le rendement a diminué de plus de 23% avec le stress hydrique lors des deux premiers essais et de plus de 60% lors du troisième essai.

Ces constats montrent qu'un déficit d'eau, qu'il soit temporaire ou continu affecte plus la phase reproductrice (production de grains) que la phase végétative (croissance de la tige) de cette variété.

## DISCUSSION GENERALE

Il n'existe pas de céréale qui résiste au manque d'eau, vu le rôle que celle-ci joue dans le fonctionnement végétal, comme l'indiquent HELLER et ses collaborateurs en 1998. (COUDRET, 1977 ; FITTER et HAY, 1981).

L'enjeu majeur de la recherche dans ce domaine est donc :

- d'identifier des variétés adaptées à la sécheresse et capables de donner un rendement satisfaisant dans des conditions d'insuffisance temporaire d'eau ;
- de créer des conditions externes permettant à la plante de résister au stress hydrique ;
- de créer des variétés ayant un potentiel génétique leur permettant de tolérer la sécheresse.

Par ailleurs, il faut signaler que la résistance à la sécheresse est un phénomène complexe faisant intervenir de nombreux mécanismes interdépendants et le mécanisme de résistance au stress hydrique intervient à différents niveaux des organes de la plante (MONNEVEUX et THIS, 1997). En outre, la résistance physiologique des céréales au manque d'eau est fréquemment associée à un comportement isolé de la variété (BEN SALEM et *al*, 1991). Aussi, la résistance à la sécheresse constitue-t-elle l'objectif prioritaire de l'amélioration variétale du riz pluvial (LIDON, 1982).

La présente étude, axée sur les deux premiers enjeux a consisté à mettre les 2 variétés dans deux conditions différentes de stress hydrique et à observer leurs réactions à travers des indices très partagés de sensibilité à la sécheresse : l'indice de sensibilité (S%) donné par ZOMBRE et ses collaborateurs en 1994 et l'indice de sensibilité variétale de FISCHER et MAURER (Isv). Ces deux conditions, très fréquentes en zone tropicale (fortes pluies suivies d'une sécheresse plus ou moins prolongée ou une pluviométrie régulière mais déficitaire) ont permis de faire une évaluation du degré de résistance (ou de sensibilité) à la sécheresse de ces 2 variétés. L'évaluation a montré un polymorphisme variétal de résistance au stress hydrique assez variable ; ce qui a été perçu à travers divers critères morphophysiologiques et biochimiques de fiabilité relative. Toutefois la variété NERICA 3 s'est montrée plus performante pour la plupart des paramètres et dans les deux conditions de déficit hydrique; cela a été mis en évidence à travers des indices de sensibilité (S% et Isv) qui prennent en compte la hauteur des plants, le rendement, le poids de mille grains, la longueur et le volume racinaires, critères de criblage utilisés par YAKORO en 1996 et DIALLO D.en 2003 ). Les observations sur l'enroulement des feuilles, le caractère *stay green*, l'apparition des nécroses foliaires ont également permis de classer cette variété comme la plus performante. Mais, l'enroulement des feuilles s'est avéré être très pertinent car, comme le confirment MONNEVEUX et THIS (1997), ce phénomène, fréquent chez nombreuses plantes cultivées, peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation. En effet, l'eau représente 85 à 90% du poids de la cellule et 98% de la vacuole. Toutefois, en tenant compte du rendement qui, pour le biologiste est l'un des paramètres les plus révélateurs de l'état physiologique de

la plante et pour l'agronome, la finalité de l'activité de production, la variété NERICA 3 a montré une plus grande résistance (moins grande sensibilité) au stress hydrique que NERICA 4, ce qui a été observé par MANNEH et NDJONDJOP (2006) dans un essai en plein champ au Bénin. Cependant, cette différence entre les deux variétés a été moins marquée lorsque le déficit hydrique est prolongé que lorsqu'il est temporaire. Il faut d'ailleurs noter que les deux variétés ont été plus éprouvées par le déficit hydrique prolongé que par celui temporaire, même sévère ; ceci pourrait s'expliquer par le fait que dans le premier cas, le stress peut avoir affecté la formation des épillets au cours de la division réductionnelle de la phase reproductive et augmenté leur taux de stérilité (MOREAU, 1987). C'est pourquoi, en riziculture pluviale, la distribution des pluies importe plus que la quantité saisonnière totale (PANDE, 2003). En outre, les paramètres biochimiques ont confirmé la supériorité de NERICA 3 par l'augmentation des teneurs en lipides et la baisse de celle des protéines. Les teneurs en potassium ont également suivi la même tendance, ce qui laisse présager que cet élément semble également être un indice discriminatoire fiable pour la recherche de variétés résistantes au déficit hydrique. En effet, dans les 2 essais, la variété NERICA 3 a toujours accumulé dans ses feuilles une plus grande teneur en cet élément lorsque les 2 variétés sont soumises à des conditions de déficit hydrique ; et cette accumulation a été d'autant plus forte que la contrainte a été sévère. Ce fait est probablement lié au rôle régulateur que joue cet élément dans la dynamique de l'eau dans la plante. Cette supériorité de NERICA 3 révélée par la plupart des indices de sensibilité est probablement attribuable à des caractères génétiques apparus sous l'influence du milieu, étant donné que ces variétés sont des hybrides interspécifiques issues toutes du croisement WAB 56-104/CG14//2×WAB 56-104 ; ce qui reste fort probable car depuis leur création en 1990, ces variétés font l'objet de culture dans différents milieux et peuvent, sous l'influence de ces milieux, subir isolément une certaine variabilité allant dans le sens de l'amélioration de leur adaptabilité aux contraintes environnementales. Par ailleurs, la matière organique du sol s'est avérée un facteur externe permettant au riz de résister au stress hydrique. Cela trouve son explication dans les multiples rôles joués par cette substance dans la dynamique de l'eau dans le sol, comme l'indiquent ORLOV (1985) et DIALLO S.B. (1989). En effet, la matière organique possède une grande capacité de rétention de l'eau dans le sol. En outre elle libère de façon lente et régulière des éléments minéraux pouvant à leur tour favoriser le maintien de l'eau dans le sol (cas du potassium par exemple). Ce rôle double de la matière organique revêt une grande importance dans les programmes de fertilisation des sols de culture, surtout en zone à faible pluviométrie où la fumure organique devrait occuper une place importante dans la gestion de la fertilité des sols. Cela aurait le double avantage de réduire l'effet de la sécheresse sur la culture et de protéger durablement l'environnement en général et les sols en particulier. Aussi, par rapport aux engrais minéraux, les engrais organiques ont-ils l'avantage de coûter moins chers et d'être moins polluants ; leur gestion rationnelle constitue une des bases de l'agriculture durable, respectueuse de l'environnement.

## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'évaluation physiologique de la résistance au stress hydrique des deux variétés de riz NERICA par l'étude du comportement des paramètres morphophysologiques et biochimiques dans différentes conditions de déficit hydrique nous a permis de faire les constats suivants:

- le déficit hydrique provoque une diminution moyenne de 25,34% du rendement de NERICA 3 et de 30,88% de celui de NERICA 4 ; ce qui s'est autrement exprimé à travers les indices de sensibilité des deux variétés : 0,75 pour NERICA 3 et 0,70 pour NERICA 4 ;
- une réduction de 20% de la hauteur des plants réduit de 40% le rendement chez NERICA 3, tandis que chez NERICA 4, une réduction de 15% de cette hauteur provoque une diminution de 30% du rendement, ce qui révèle que chez les deux variétés, le rendement est deux fois plus sensible au déficit hydrique que la hauteur des plants;
- l'enroulement des feuilles et le caractère *stay green* sont plus marqués chez NERICA 3 que chez NERICA 4, ce qui montre une meilleure résistance de celle-là par rapport à celle-ci ;
- l'accumulation des lipides, protéines et du potassium dans les feuilles en condition de déficit hydrique est un indice de résistance au stress hydrique du riz ;
- un déficit hydrique prolongé réduit plus les rendements de ces variétés qu'un manque temporaire d'eau ;
- la matière organique (proportion 1 :6) a permis d'augmenter de plus de la moitié (2,43 T/ha) le rendement de NERICA 3 sous déficit hydrique sévère prolongé.

Ce qui précède permet de conclure que **la variété NERICA 3 s'est montrée plus résistante au stress hydrique qu'il soit temporaire (aptitude à récupérer après une période de stress plus ou moins longue) ou continu ; cette résistance peut être améliorée avec le relèvement du taux de matière organique du sol par l'apport d'engrais organiques. Par ailleurs, la teneur en potassium des feuilles semble être un critère fiable de l'évaluation de la résistance du riz au stress hydrique.**

Il reste entendu que ce travail n'est pas exhaustif et soulève d'autres questions à élucider : **la résistance au stress hydrique de ces hybrides inter – spécifiques est – elle durable ? Quelle est la limite de résistance de ces variétés au stress hydrique ? Quels autres critères morphologiques fiables peut-on utiliser pour évaluer la résistance du riz au stress hydrique ? Quel serait le comportement de ces variétés avec une restriction hydrique imposée le long de tout leur cycle végétatif ? Quelle est la dose optimale de fumure organique pour l'amélioration de la résistance au stress hydrique de ce riz ? Les engrais potassiques peuvent-ils favoriser la résistance du riz au**

**stress hydrique ? Quel serait le comportement hydrique de ces variétés dans d'autres zones écologiques ?** Des études pourraient être menées ultérieurement dans ce sens.

Il est évident que les réponses à ces différentes questions requièrent la mobilisation d'importantes ressources humaines, matérielles et financières. Pour notre part, cela est nécessaire, à l'heure où la crise mondiale du riz pousse de nombreux pays à tenter d'augmenter leur production rizicole nationale. Pour cela, avec les coûts de plus en plus élevés des aménagements hydro- agricoles, **le développement de la riziculture pluviale par la diffusion à grande échelle du riz NERICA semble être une voie prometteuse pour réussir un accroissement significatif de cette production.** Dans cette optique, la récente décision de la 4<sup>e</sup> session du TICAD en mai 2008 à Tokyo, au Japon, d'allouer 4 milliards de dollars au développement de l'Afrique dont une partie importante **sera injectée dans la diffusion du riz NERICA**, l'engagement du Burkina Faso à doubler sa production de riz au cours de la campagne agricole 2008-2009, l'allocation par la Guinée de 3 milliards de francs guinéens à la même campagne agricole 2008-2009 en Guinée sont des actes fort significatifs.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **ALBOUCHI A., BEJAOUI Z. et AOUNI M. M., 2003.** Influence d'un stress hydrique modéré ou sévère sur la croissance de jeunes plants de *Casuarina glauca* Sieb. *Sécheresse*. **14** (3) 137 – 42.
2. **ANGLADETTE A., 1966.** *Le riz*. Paris, Maisonneuve et Larose. 930 p.
3. **ANNEROSE D. J.M., 1993.** *Physiologie de l'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées en zone semi – aride*. CEERAS/ISRA.
4. **ARRADEAU M.A. 1998.** *Le riz irrigué*. Montpellier, France Maisonneuve et Larose. 321 pages. ISBN 0298.3540 et 2 – 7068 – 1307 – 5. 321 p.
5. **ASCH F. DINGKUH N. M., 2000.** Root accumulate partitionning in upland rice subjected to different levels of drought stress. *J. Exp. Bot.* 51 p.64.
6. **BALDY C. et STIGTER C. J.1993.** *Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes*. INRA, Montpellier, France. 246 p. ISBN : 2 – 7380 – 0442 – 3 ; ISSN : 1150- 3564. 246 p
7. **BALDY C., KONATE, J.M., RUELLE P. et FERNANDEZ A., 1993.** Résistance à la sécheresse du sorgho – grain en climat méditerranéen et gestion optimale d'une quantité d'eau limitée. *Sécheresse*. Vol. 4 n° 2. pp. 85 – 93.
8. **BARRAKAT F. et DA SILVA V. 1998.** Approche agroclimatique de la sécheresse agricole au Maroc. *Sécheresse*. 9 (3) : pp. 201 – 208.
9. **BARRY, A. B. et SIVAKUMAR, M. V.K., 1997.** *Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : la Guinée*. ICRISAT – ACMAD, France. Direction Nationale de la Météorologie. 85 p.
10. **BEN SALEM et DA SILVA V. 1991.** *Polymorphisme variétal et résistance à la sécheresse chez les céréales à paille : cas du blé*. INRAT.Labo, France.
11. **BONNEMAIN J. L. et DUMAS C.,1998.** *La biologie végétale*. PUF.Paris, ISBN 2 13 048103 5 p. 125 P ;
12. **BRADY N. C. and WEIL R. R., 1999.** *The nature and properties of soils*. 12<sup>th</sup> edition. Printice Hall U.S.A. ISBN 0 – 13 – 852444 – 0. 881 p.
13. **CHEVSOVA L.K., 1977.** Détermination des propriétés hydrophiles de l'humus sur sols longuement fertilisés. *Acad. des Sci. de l'URSS. Agropédol.* n° 35 pp 59 – 63.
14. **CIRAD 1984.** *La sécheresse en zone intertropicale : pour une lutte intégrée*. Actes du CIRAD, Paris. ISBN 2 85319 – 151 – 6 p. 582.
15. **COUDRET A. et FERRON, F. 1977.** La transpiration végétale, mode d'action des antitranspirants. *Ann.Amél. Plants.* **27** : 613 – 638.

16. **DENDEN M. et LEMEUR R. 2000.** Modélisation de la résistance en fonction des caractéristiques morphophysologiques et anatomiques des stomates, du rayonnement et du potentiel hydrique. *Sécheresse*. **8** (1) pp. 29 – 37.
17. **DENDEN M., BOUSLAMA M., SLIMI H. et BOUAOUINA T., 2005.** Action du trajet foliaire de diffusion de l'eau et de l'épaisseur de la cuticule sur la transpiration. *Sécheresse*. **16** (2) : 125 – 9.
18. **DIALLO D. 2003.** *Résistance à la sécheresse du riz : criblage variétal en phase végétative.* Mémoire de DEA. Université de Ouagadougou, B.P. 7021. 54 p.
19. **DIALLO S.B.1989.** *Influence de la matière organique sur la fertilité de quelques types de sol dans les conditions extrêmes d'humidité.* Thèse de Doctorat. Moscou, URSS. 180 p.
20. **DIAZ Z. J., 1970.** Influencia del tipo de materia orgánica del suelo sobre el contenido en agua aprovechable por las plantas. *An. Edafol. y Agriuct.* **29**, n°3 – 4. pp 233 – 243.
21. **DOBELMANN J., 1976.** *Riziculture pratique . Le riz pluvial.* Paris,PUF. ISBN 2 85319 – 024 – 2. p 123.
22. **DUTUIT P., POURRAT Y. et DUTIT J.M., 1994.** La notion de sécheresse de la cellule à l'écosystème. *Sécheresse*. n° 1 vol.5. pp. 23 – 31.
23. **FALALOU H., 2000.** *Réponse physiologique du niébé (Vigna unguiculata L. Walp) au déficit hydrique s'exerçant au cours de deux stades de développement : début floraison et début formation des gousses.* Mémoire de D.E.A. Université de Ouagadougou, BP 7021 ; 62 p.
24. **FISCHER R.A. et MAURER R., 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars: grain yield response. *Aust. Agric. Res.*, 29: pp 897 – 903.
25. **FITTER A.H. et HAY, R.K. 1981.** *Environmental physiology of plants.* Academic Press.
26. **FORESTIER J. 1979.** *Inventaire pour une étude de résistance à la sécheresse du riz pluvial.* Labo d'Ecologie Générale 31 pages, Paris, France
27. **FOTI S., CONSENTIN S., PATANE C., COPANI V. et SAZONE E., 2003.** Plant indicator of available soil water in perennial herbaceous crop *Miscanthus × giganteus* Greef et Deu. *Agronomie*. **23** (1) pp 29 – 36.
28. **FUKAI S., COOPER M. et SALISBURY J., 1997.** Breeding strategies of rainfed lowland rice in drought – prone environments. ACIAR. Actes. ISBN 1 86320 201 3 p 248.
29. **GLORIA S.C., ITO, O. et ALEJAI A. A., 2002.** Physiological evaluation of response of rice (*Oryza sativa* L.) to water déficit. *Plant Science*. **164** Issue 3 pp. 815 – 827.
30. **HELLER, R., ESNAULT, R. et LANCE, C., 1995.** *Physiologie végétale. 2. Développement* 5<sup>e</sup> éd. Paris, Dunod. ISBN 2 – 225- 84778- . 135 p.

31. **HEMA D., ZOMBRE G., SIE M. et KABORE B., 2002.** Elongation des feuilles, transpiration, utilisation efficace de l'eau et rendement grain du riz en condition de stress hydrique. *In Actes*; pp 7 – 13. Centre de Recherche de Farakobâ, Bobo- Dioulasso, Burkina Faso.
32. **INRA., 2000.** *Construire des plantes résistantes à la sécheresse.* SPRP. Rue de l'Université. Paris, France.
33. **IRD, 2003.** *Sahel : une sécheresse persistante.* Fiche d'actualité scientifique. *Ouagadougou* , Burkina Faso
34. **JACQUOT M. CLEMENT G., GHESQUIERE A., A., GLASZMANN J.C., GUIDERDONI E. et THARREAU D. 1997.** *Le riz dans l'amélioration des plantes tropicales.* Paris, France.
35. **JOSIS P. NDAYSHIMYE V. et RENARD C. 1983.** Etude des relations hydriques chez *Coffea arabica* L. : évaluation à la résistance à la sécheresse de divers cultivars à Gisha (*Burundi*). *Café Cacao Thé.* Vol. XXVII n° 4 pp 275 – 281.
36. **KATERJI N. HAMADY A., ROAD et MASTRORILLI M., 1991.** Conséquence d'une contrainte hydrique appliquée à différents stades phénologiques sur le rendement des plantes de poivron. *Agronomie* **11** (8) pp. 679 – 687.
37. **KOULIBALY F., TRAORE H. et TIENDREBEOGO I., 2002.** Le riz au Burkina Faso: Production, commercialisation, consommation, recherche. *Eurêka.* N° 41/42 ISBN 1019 – 6927 ; 77 p.
38. **KRAMER P. J., 1983.** *Water relationships of plants.* Agronomy Press. New York. 489 p.
39. **LAFON J.P., THARAUD – PRAYER C. et LEVY G. 1990.** *Biologie des plantes cultivées. Tome 2 : Physiologie du développement, génétique et amélioration.* Techn. Doc. Paris, Lavoisier. ISBN 2 – 82206 – 684 – X 172 p.
40. **LAM – SANCHEZ A., FILHOF D., PEDROSO P. A. C. et BADIN H., 1987.** Determinação da tolerância à seca em cultivars de arroz (*Oryza sativa* L.) pelo uso do mannitol. *Cientific a Sao Polo* **15** (1/2) 115 – 125.
41. **LEMEE G., 1978.** *Précis d'écologie végétale.* Paris, Masson p 285 ISBN/2 – 225 – 48257 – 8 ; p 285
42. **LEVITT J., SULLIVAN, C. Y. et KRULL E., 1960.** Some problems in drought resistance . *Bull. Res. Coun. Israël..*
43. **LIDON B., 1982.** *Besoin du riz en phase pluviale.* CIEH. Série Agroclim. 39 P.
44. **MAE – CIRAD., 2002.** *Mémento de l'agronome.* Paris, Jouve. ISBN 2 – 87614 – 522 – 7 ; 1691 p.
45. **MAEF, 2002.** *Historique du NERICA en Guinée.* Rapport. 40 p. Conakry, Guinée
46. **MAINGET M., 1995.** *L'homme et la sécheresse.* Ed. Paris, Masson 335 p.
47. **MANNEH B. and NDJIONDIOP M.N. 2006.** Drought screening of upland NERICA varieties.

48. **MESSIAEN C.M. 1989.**, Le potager tropical. 2<sup>ème</sup> éd. Paris
49. **MFC D., 1991.** *Mémento de l'agronome*. Coll. Techn. Rur. d'Afrique. ISBN 2 – 11086725 – 6 ; 1635 p.
50. **MILLER P., ULRICH D., ENTZ M., BRIAN M.C., BRANDT S., CUTFORTH et WOLTMAN K., 1997.** Les pois tolérant la sécheresse. *CRAPSA*.
51. **MONNEVEUX P., et NEMMAR M., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et le blé dur (*Triticum dura* L.): étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*. **6 (6)** pp. 583 – 590.
52. **MONNEVEUX P. et THIS D., 1997.** La génétique face au problème de tolérance des plantes à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse* n° 1 vol. 8 pp. 29 – 37.
53. **MOREAU D. 1987.** *L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic*. La Fayette. 75010. Paris France. Tel : (1) 42391314..
54. **MOREL R., 1991.** *Sécheresse et rendements des cultures*. C.R. ISBN 91 85798 290.
55. **MORIN H., 2002.** Un riz basmati transgénique résiste à la sécheresse et à l'eau saumâtre. *Paris, Journal Le Monde* du 5 décembre 2002.
56. **MUNGO S.N., BAZIGER M., 1999.** Prospects of using ABA in selection for drought tolerance in cereal crop. Mexico *CIMMYT*.
57. **NWOSU L.A. et ONOFEGERA F.A. 1991.** Water stress and associated changes in carbohydrates and some respiratory parameters in leaves of two casava cultivars (*Manihot esculenta* Crutz). *CR* pp 37 – 52.
58. **ORLOV D.C., 1985.** *Chimie des sols*. Moscou : Univ. Lomonosov de Moscou. 376 p.
59. **PANDE H. K., 2003.** Systèmes améliorés de riziculture pluviale. *Rome, FAO* pp 27 – 100. .
60. **RAISSAC M. de 1992.** Mécanismes d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. *L'Agronomie Tropicale*. Vol. 46 n°1 pp. 29 – 39 ISBN 0151 – 1238.
61. **REYNIER F.N. et JACQUOT M., 1978.** Démarche pour l'obtention de la résistance à la sécheresse : cas du riz pluvial. *Agron. Trop.* XXXIII 4 pp 314 – 317.
62. **SENASOL 1982.** Classification des sols de Guinée « 3<sup>e</sup> approximation » et leur utilisation rationnelle. *Bulletin*. Conakry, Guinée..
63. **TAMINI Z., 1997.** *Etude ethnobotanique et analyses morphophysologiques du développement de la lentille de terre* (*Macrotyloma geocarpum* « Harms ») Maréchal et Baudet. Thèse de Doctorat d'Etat. *Université de Ouagadougou*. 110 p.
64. **TESHA A. J., 1991.** *Testing for drought resistance in maize cultivars grown in Tanzania*. C.R. ISBN 91 85798 290.

65. **TURNER N.C., 1979.** Drought resistance and adaptation to water deficit in crop plants. In: Stress physiology of crop plants. MUSSEL et STEPPLES R. c.c. (eds) WILEY. *Interscience. New York; U.S.A.* pp. 343 – 372.
66. **U.S. DEP. OF AGRIC., 1962.** *Soil Survey Manual. New York, U.S.A.* Agricultural Research Administr., 502 p.
67. **VACHER J.J., DEL CASTILLO C., DISEZ J. et BOSSENO R., 1998.** Une pratique paysanne face aux risques de sécheresse sur l'altiplano bolivien : l'adaptation d'une biodiversité de *Solanum*. pp 55 – 74. In : La conduite du champ cultivé. Ed. ORSTOM. *Bondy, France* ISBN 2 – 7099 – 1387 ; pp 55 – 74.
68. **VAN KEULEN H., BREMAN H., 1990.** Agriculture development in the West African region : a cure against land hanger. *Agric. Ecosyst. Environ.* **32**: 177 – 97.
69. **YACOUBI M., EL MOURID M., CHBOUKI N et STOCLE C.O., 1998.** Typologie de la sécheresse et recherche d'interlocuteurs d'alerte en climat semi – aride marocain. *Sécheresse*. Vol. 9 n°4. pp. 269 – 276.
70. **YAKORO A, 1996.** *Détermination des critères d'un criblage précoce pour la résistance à la sécheresse chez le sorgho.* Mémoire de DEA. *Univ. de Ouagadougou, Burkina Faso.* 60 p.
71. **YOSHIDA S. et SHIOA M., 1976.** Photosynthesis of the rice plant under water stress. *Soil Sci. Plant Nutr.* **22 (2)** pp 169 – 180.
72. **ZOMBRE G., ZONGO J.D. et SANKARA E.T.P., 1994.** Réponse physiologique du niébé au déficit hydrique s'exerçant uniformément au cours du cycle de développement. *African Crop Science Journal*. Vol 2, n°3, pp 225 – 231.

## ANNEXES

**Tableau XXIX** : Superficies rizicultivées en Afrique de l'Ouest (FAO, ISRA et ADRAO, 2002)

Pays	Superficies en milliers d'hectares					Total
	Plateau	Bas – fond		Mangrove	Eau profonde	
		Pluvial	Irrigué			
Mauritanie	0	0	17,7	0	0	17,7
Sénégal	3,8	33	34,5	5,4	0	76,7
Gambie	1,2	1,5	0,6	6,7	0,2	10,2
Guinée Bissau	6,7	19,4	6	32,2	3,4	67,7
Guinée	567,6	293,6	0	88,1	29,4	978,7
Sierra Leone	247	81,1	7,4	25,8	7,4	368,7
Liberia	29,3	52,3	10,1	0	0	91,7
Côte d'Ivoire	395,9	101,7	37,5	0	0	535,1
Ghana	7,1	64	7,9	0	0	79
Togo	15,4	4,8	3,8	0	0	24
Bénin	0,7	6,7	0,8	0	0	8,2
Nigeria	443	851,9	272,6	0	136,3	1703,8
Cameroun	0,5	1,5	13,2	0	0	15,2
Tchad	5,8	44,3	2,6	0	0	52,7
Niger	0	7,9	16,7	0	5	29,6
Burkina Faso	2,2	20,3	6	0	3,2	31,7
Mali	10,2	63,9	81,8	0	102,3	258,2
Total	1736,4	1647,9	519,2	158,2	287,2	4348,9

**Tableau XXX** : Moyennes annuelles des températures maximales de Faranah de 1995 à 2006 (°C)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1995	32,1	35,6	36,5	35,9	33,0	30,9	29,1	29,2	30,0	31,1	32,7	31,1
1996	33,4	36,0	36,0	35,4	33,7	31,2	29,6	29,8	29,7	30,9	32,7	32,8
1997	34,0	35,1	35,9	35,9	33,7	30,3	29,3	29,3	30,5	31,6	32,7	31,6
1998	32,7	37,5	37,9	36,2	34,3	31,1	29,9	29,1	30,0	31,5	33,2	32,2
1999	32,9	36,4	36,7	35,5	33,2	31,4	29,3	18,8	29,7	30,6	31,8	32,1
2000	33,3	36,3	36,8	35,8	33,2	30,7	29,2	27,9	30,5	30,5	32,8	31,1
2001	32,4	35,7	35,6	35,5	33,5	31,1	29,5	28,6	31,0	30,7	31,9	32,5
2002	33,6	36,2	36,6	36,2	33,0	31,4	29,2	29,2	29,6	31,1	32,1	31,8

2003	32,8	36,5	36,5	36,3	33,2	30,5	29,3	29,1	29,5	30,2	31,5	32,6
2004	32,8	35,9	36,7	35,0	32,4	31,0	29,1	29,2	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	33,9	35,8	37,2	35,4	33,6	30,5	30,4	30,0	30,0	31,6	33,5	32,2
<b>Moy.</b>	<b>33,1</b>	<b>36,1</b>	<b>36,6</b>	<b>35,7</b>	<b>33,3</b>	<b>30,9</b>	<b>29,4</b>	<b>28,2</b>	<b>30,1</b>	<b>31</b>	<b>32,5</b>	<b>32,1</b>

**Tableau XXXI** : Moyennes annuelles des températures minimales de Faranah de 1995 à 2006 (°C)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1995	10,3	16,7	22,1	22,9	21,5	21,0	20,4	20,6	20,1	19,4	16,4	14,5
1996	14,9	18,4	20,9	21,0	21,0	20,7	19,7	20,2	19,9	19,4	15,9	13,4
1997	16,2	14,9	18,9	21,1	19,7	18,8	18,9	20,5	19,8	20,2	18,6	13,7
1998	13,1	17,6	20,0	22,7	21,6	19,9	19,6	19,1	19,1	18,6	15,7	13,0
1999	13,8	14,6	18,5	19,9	18,6	17,3	17,6	17,6	17,4	16,6	15,8	10,1
2000	15,7	12,6	17,2	18,4	17,9	16,5	16,5	16,4	16,0	16,4	13,8	9,1
2001	8,7	11,0	8,7	11,0	17,5	18,2	18,3	16,3	16,2	15,9	15,4	10,3
2002	15,3	17,1	20,8	21,8	21,1	17,2	17,6	19,6	19,4	19,6	16,7	12,3
2003	14,6	16,8	18,7	22,0	19,8	19,1	18,4	20,2	20,3	18,8	15,9	13,5
2004	13,8	18,5	20,5	21,2	20,2	19,4	18,6	18,8	18,0	17,3	16,4	17,0
2005	12,6	17,9	20,2	22,4	20,9	20,9	20,2	20,2	19,2	19,7	19,7	15,9
2006	15,9	17,9	21,7	21,9	21,9	20,7	21,0	20,8	18,8	21,0	17,7	12,5
<b>Moy.</b>	<b>13,7</b>	<b>16,2</b>	<b>19,7</b>	<b>21,1</b>	<b>20,2</b>	<b>19,0</b>	<b>18,8</b>	<b>19,2</b>	<b>18,6</b>	<b>18,6</b>	<b>16,5</b>	<b>12,2</b>

**Tableau XXXII** : Moyennes annuelles des températures moyennes de Faranah de 1995 à 2006 (°C)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>Moy.</b>	<b>23,4</b>	<b>26,1</b>	<b>28,1</b>	<b>28,4</b>	<b>26,7</b>	<b>24,9</b>	<b>24,1</b>	<b>23,7</b>	<b>24,3</b>	<b>24,8</b>	<b>24,5</b>	<b>22,5</b>

**Tableau XXXIII** : Moyennes des précipitations de Faranah de 1995 à 2006 (mm)

Année	Janv	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dé c.
1995	0	0	12,1	41,2	162,8	237,0	234,1	386,5	378,7	245,9	0,2	21
1996	0	0,5	6,0	75,4	196,2	185,3	252,6	371,7	363,0	155,5	10,6	0
1997	0	0	0,3	19,0	153,2	212,7	251,3	301,4	363,5	224,6	22,8	0
1998	0	0,5	0	68,1	136,2	165,4	165,7	393,1	290,8	185,4	0,0	0
1999	0	0	61,9	26,5	177,1	185,6	150,7	446,7	220,8	429,4	4,7	0

2000	0	10,6	25,4	110,9	115,0	183,6	313,2	390,3	349,1	223,2	19,1	0
2001	0	0	5,4	21,2	149,3	142,7	386,5	436,1	233,8	166,1	38,4	0
2002	0	2,7	4,6	5,8	138,0	156,8	179,0	334,4	210,40	165,1	1,4	0
2003	0	10,7	0	62,0	90,3	339,6	248,8	234,6	233,9	193,3	1,2	0
2004	0	0	8,0	44,6	152,0	171,2	272,0	448,8	284,9	89,2	162,9	0
2005	0	0	6,8	34,4	145,9	322,7	270,4	258,2	82,5	0	0	0
2006	0	0	31,8	255,6	126,1	235,3	282,1	269,5	269,9	237,3	0	0
<b>Moy.</b>	<b>0</b>	<b>2,1</b>	<b>13,5</b>	<b>64,0</b>	<b>145,2</b>	<b>211,5</b>	<b>250,5</b>	<b>355,9</b>	<b>273,4</b>	<b>192,9</b>	<b>21,8</b>	<b>6,9</b>

**Tableau XXXIV:** Données météorologiques de Faranah de juin à novembre 2005

Mois	Température (°C)			Pluviométrie		Humidité relative (%)			Vent	
	Mini	Maxi	Moy.	mm	Nombre de jours	Mini	Maxi	Moy.	Direction	Vitesse (m/s)
Juin	20,9	-	-	245,9	18	67	97	82	S	9
Juillet	20,2	-	-	322,7	18	68	98	83	NE	7
Août	20,2	-	-	270,4	22	71	97	84	E	13
Sept.	19,2	-	-	258,2	22	66	98	82	E	10
Oct.	19,7	-	-	82,5	11	62	100	81	S	7
Nov.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>Total</b>		-	-	<b>1179,7</b>	<b>91</b>	<b>334</b>	<b>490</b>	<b>412</b>	-	<b>46</b>
<b>Moy.</b>		-	-	<b>235,94</b>	-	<b>66,75</b>	<b>98</b>	<b>82,4</b>	-	<b>9,2</b>

Source : Station météorologique de Faranah (2005)

Les données du mois de novembre n'étaient pas disponibles au moment des travaux



**Figure 21.** Position de la République de Guinée en Afrique de l'Ouest



**Photographie 1** : Vue partielle de la position des pots du dispositif dans l'abri (essai 1)



**Photographie 2** : Position des sachets sur le dispositif expérimental (essai 2)



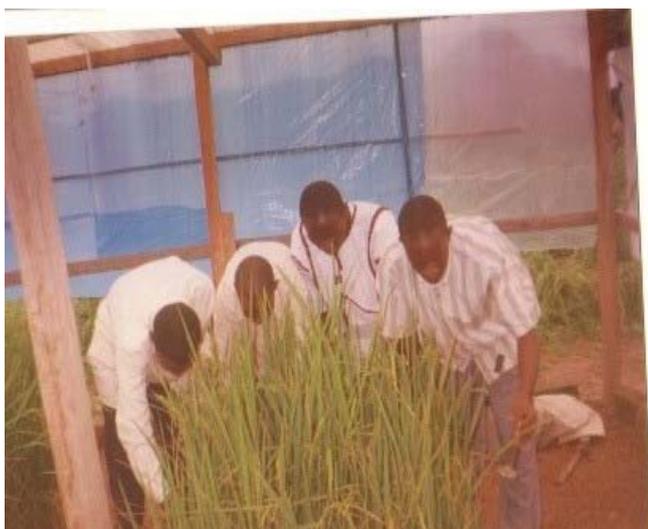
**Photographie 3** : Position des sachets sur le dispositif expérimental (essai 3)



**Photographie 4 : Position des sachets (essai 3)**



**Photographie 5 : Arrosage (essai 2)**



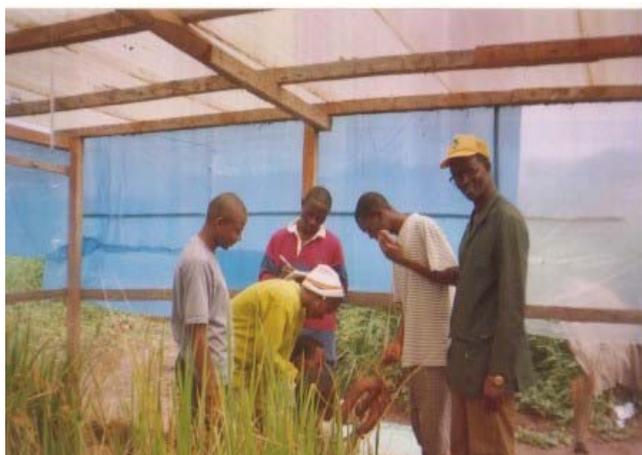
**Photographie 6 : Observations (essai 2)**



**Photographie 7 : Mesures (essai 3)**



**Photographie 8 : Mesures (essai 3)**



**Photographie 9 : Mesure (essai 2)**



**Photographie 10 : Mesures (essai 3)**



**Photographie 11 : Observations (essai 2)**



**Photographie 12 : Arrosage (essai 3)**



**Photographie 13 : Mesures (essai 2)**



**Photographie 14 : Arrosage (essai 3)**



**Photographie 15 : Mesures (essai 3)**

**Titre : « Evaluation physiologique de la résistance au stress hydrique du riz *NERICA* (*ORYZA* L) : cas de *WAB 450 IBP 28HB* et de *WAB 450 IBP 91HB* cultivées en Guinée »**

**RESUME**

La présente étude a eu pour objectifs de comparer les réponses physiologiques au stress hydrique de deux variétés de riz *NERICA* introduites en Guinée en 1997 et d'évaluer l'importance de la fumure organique comme facteur externe favorisant la résistance de cette culture au stress hydrique. Les expérimentations ont été conduites à l'Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire (ISAV) de Faranah, chef lieu de l'une des régions les plus productrices du riz *NERICA* en Guinée. Les deux variétés expérimentées sont *NERICA 3* (*WAB 450 IBP 28HB*) et *NERICA 4* (*WAB 450 IBP 91HB*) qui sont des hybrides interspécifiques issus du croisement *WAB 56-104/CG 14//2W* × *AB 56-104*.

Trois essais ont été réalisés en 2004 et 2005 sous abri dans des pots en plastique contenant un sol ferrallitique comme substrat. Dans les deux premiers, les variétés ont été soumises à deux modes de restriction hydrique à partir de la montaison, phase la plus sensible au déficit hydrique:

- restriction temporaire : arrêt de l'arrosage pendant 3 jours (stress court) et 6 jours (stress long)
- restriction continue : arrosage quotidien à la moitié de la capacité au champ du sol (stress modéré) et au quart de la capacité au champ (stress sévère) jusqu'à la récolte.

Dans le 3<sup>e</sup> essai, une seule variété (*NERICA 3*) a été soumise à 6 proportions de fumier/sol (1 :3 ; 1 :6 ; 1 :9 ; 1 :12 et 0 :1) et à la même restriction continue à partir de la montaison.

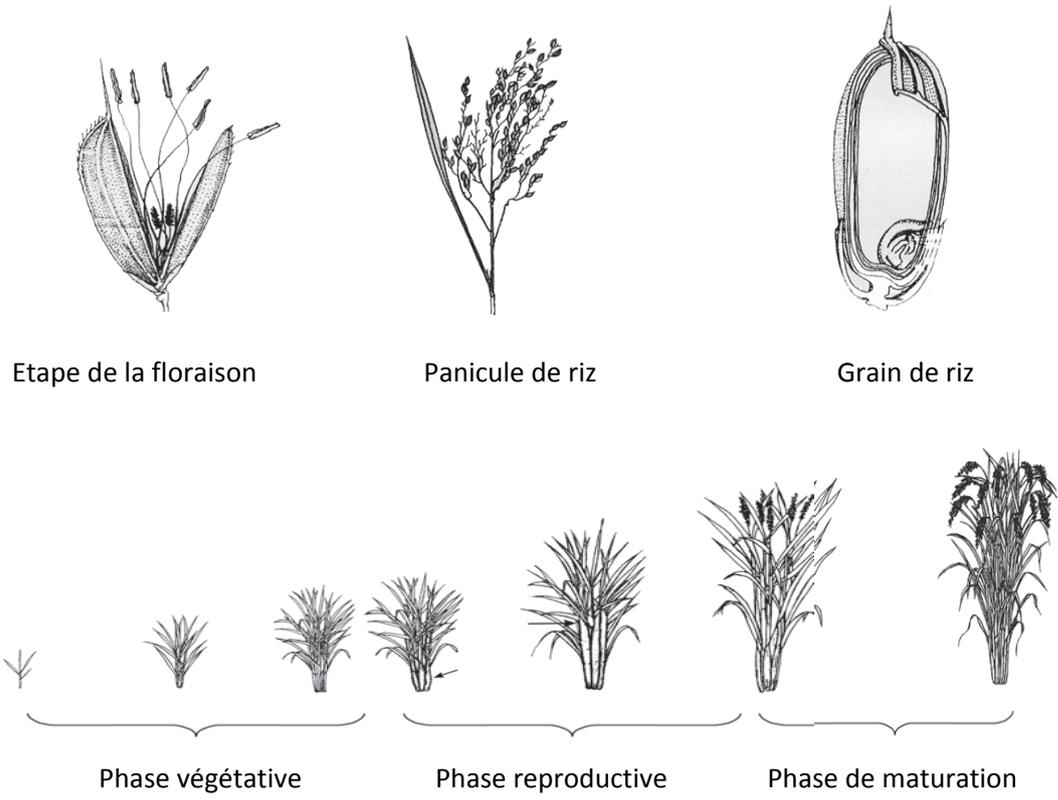
Les critères d'évaluation physiologique de la résistance au stress hydrique ont été :

- des paramètres morphophysiologiques qualitatifs (enroulement des feuilles, caractère « stay – green » et présence de nécroses foliaires) ;
- l'indice de sensibilité au stress hydrique de différents paramètres (hauteur des plants, longueur et volume racinaires, poids de 1000 grains, rendement, teneurs des feuilles en lipides, protéines et potassium et le taux de matière sèche) ;
- l'indice de sensibilité variétale selon FISCHER et MAURER (1978).

Les résultats obtenus ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- le déficit hydrique provoque une diminution moyenne de 25,34% du rendement de *NERICA 3* et de 30,88% de celui de *NERICA 4* ;
- chez les deux variétés, le rendement est deux fois plus sensible au déficit hydrique que la hauteur des plants ;
- un déficit hydrique continu réduit plus les rendements de ces variétés qu'un manque temporaire d'eau ;
- l'accumulation du potassium dans les feuilles en condition de déficit hydrique est un indice de résistance au stress hydrique du riz ;
- la matière organique (proportion 1 :6) est un facteur externe favorisant la résistance au stress hydrique du riz.

**Mots clés :** Guinée, essai, évaluation, paramètre, *NERICA*, plante, *Oryza*, riz, sol, stress hydrique, matière organique, résistance au déficit hydrique, capacité au champ, indice de sensibilité au stress hydrique.



Un plant de riz

**Figure 22.** Connaissance du riz

(Source : Wopereis et al, 2009)