

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UN PEUPLE – UN BUT – UNE FOI



Ministère de l'Éducation Supérieure
Et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ DE THIESSE
Recherches Agricoles (ISRA)
Institut Supérieur de Formation Agricole et
Rurale (ISFAR), ex-ENCR de Bambey
Centre de Recherches Agricoles
(CRA) de Saint-Louis
Département Production Végétale (DPV)



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles
THEME :

**EVALUATION AGRONOMIQUE DE NEUF (9) VARIETES
DE RIZ D'ORIGINE SUD COREENNE DANS LES
CONDITIONS DE STRESS FROID DE LA VALLEE DU
FLEUVE SENEGAL**

I
S
R
A

I
S
F
A
R

Présenté et soutenu par :

M. Mahamédou DRAME
45^{ème} Promotion

Maitre de stage :
Dr Saliou DIANGAR
Enseignant-Chercheur
à l'ISFAR

Tuteur de stage :
M. Omar Ndaw FAYE
Chercheur à l'ISRA
Coordinateur du projet KAFACI

Décembre 2012

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Mon père pour son affection, l'éducation qu'il m'a inculquée, les conseils, ainsi que tous les sacrifices faits à mon égard durant toutes mes années d'études. Papa que Dieu t'accorde longue vie et santé de fer ;

Ma mère pour toute l'affection et soutien portés à l'égard de mes frères et moi. Maman vous êtes exemplaire. Que Dieu te donne encore longue vie avec bonheur et prospérité ;

A mon grand père pour ses prières et aussi son soutien moral et matériel.

A tous mes oncles, tantes et autres parents qui de près ou loin ont exprimé leur noble sentiment ainsi que leur soutien moral et matériel à mon égard. Je vous en suis reconnaissant ;

A mes frères de sang pour leur affection et leur soutien sans faille. Que Dieu puisse nous donner d'avantage de chance pour le maintien de cette affection, complicité et entre-aide qui nous lie.

A tous mes cousins, cousines, frères et sœurs ;

A toute la famille de DRAME KOUNDA à Madina Ndiathbé ;

A toute la famille DOUCOURE à Front de Terre (Dakar) ;

A la famille Dia à Aéré Lao ;

A la famille Diawara à Bambey ;

A tous mes camarades d'enfance ;

A notre camarade feu Idrissa BODIAN qui nous a quittés en pleine formation. Idrissa tu es un homme exemplaire et digne. Que la terre te soit légère et que Dieu t'accueille dans son illustre paradis ;

A tout le personnel enseignant, administratif et technique de l'ISFAR ;

A tout le personnel administratif et technique du CRA de Saint-Louis (ISRA) ;

A tous mes camarades étudiants de la 43^{ième}, 44^{ième}, 45^{ième}, 46^{ième}, 47^{ième} et 48^{ième} promotion;

A tous ce qui ont contribué à ma réussite scolaire et universitaire.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas connu son épilogue sans l'aide de Dieu, à qui nous rendons grâce, mais aussi l'engagement d'un certain nombre de personnes et de structures vers lesquelles, nos pensées se tournent à l'instant. Elles nous ont aidés à sa réalisation. Ainsi, nous tenons vivement à remercier :

- ✓ Monsieur le Recteur de l'Université de Thiès, Pr Cheikh Saad Bouh Boye ;
- ✓ Monsieur le Directeur sortant de l'ISFAR, Dr Abdoulaye DRAME ;
- ✓ Monsieur le Directeur entrant de l'ISFAR, Dr Mohamed CAMARA ;
- ✓ Monsieur le Directeur des études sortant de l'ISFAR, Dr Abdoulaye FAYE ;
- ✓ Monsieur le Directeur des études entrant de l'ISFAR, M. Birahim FALL ;
- ✓ Tous les chefs de départements à l'ISFAR, ainsi que l'ensemble du corps professoral, administratif et technique ;
- ✓ Monsieur le Directeur du CRA de Saint-Louis, Dr Abdoulaye Amadou Fall qui a bien voulu m'autoriser à réaliser mon stage à la station de Fanaye ;
- ✓ Monsieur le coordonnateur du projet KAFACI et chercheur à l'ISRA, M. Omar Ndaw FAYE qui a bien voulu me proposer un thème et m'encadrer ;
- ✓ Docteur Saliou DIANGAR, enseignant-chercheur à l'ISFAR qui a bien voulu être mon Maître de stage ;
- ✓ Tout le personnel administratif et technique de l'ISRA, particulièrement M. Amadou NDIAYE, chef de la station de l'ISRA à Fanaye, M. Issa Fall chef des travaux de terrain de l'ISRA à Fanaye, M. Boubacar SAGNA et Mamadou SARR, tous deux techniciens de terrain à la station de l'ISRA à Fanaye ;
- ✓ Monsieur Boubacar DRAME, agrobiologiste au CDH (ISRA) et Monsieur Malick NDIAYE, ingénieur agronome au CRA/Saint-Louis (ISRA) qui ont bien voulu corriger ce document ;
- ✓ Tous les étudiants de l'ISFAR, particulièrement ceux de la 45^e promotion.

Je voudrais enfin remercier vivement les membres de ma famille pour leur soutien matériel et moral permanent.

SOMMAIRE

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
SOMMAIRE	III
SIGLES ET ACRONYMES	V
LISTES DES TABLEAUX	VI
LISTES DES FIGURES	VII
LISTES DES ANNEXES	VIII
RESUME	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCTION GENERALE	1
CONTEXTE	2
IUSTIFICATIFS	3
OBJECTIFS DE RECHERCHE	4
1. OBJECTIF GLOBAL	4
2. OBJECTIFS SPECIFIQUES	4
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
I. Cadre de l'étude	5
1.1. ISRA	5
1.2. KAFACI	6
1.3. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE	7
1.3.1. MILIEU PHYSIQUE	7
1.3.1.1. Localisation géographique	7
1.3.1.2. Climat	7
1.3.1.3. Végétation	8
1.3.1.4. Sols	8
1.3.1.5. Hydrographie	9
1.3.2. MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE	9
II. Etat des connaissances	10
III. Présentation générale du riz	14
3.1. GENERALITES	14
3.2. MORPHOLOGIE DU PLANT DE RIZ	14
3.2.1. ORGANES VEGETATIFS	14
3.2.1.1. Racines	14
3.2.1.2. Tige	15
3.2.1.3. Talles	15
3.2.1.4. Feuille	15
3.2.2. ORGANES DE REPRODUCTION	16
3.2.2.1. Panicule	16
3.2.2.2. Epillet	16
3.2.2.3. Fleur	17
3.2.2.4. Grain ou paddy	17
3.3. CYCLE DE DEVELOPPEMENT	17
3.3.1. PHASE VEGETATIVE	17
3.3.2. PHASE REPRODUCTIVE	18

3.3.3. PHASE DE MATURATION	18
3.4. ECOLOGIE	19
3.4.1. TEMPERATURE	19
3.4.2. LUMIERE	19
3.4.3. EAU	19
3.4.4. EXIGENCES EDAPHIQUES	20
3.4.5. ALTITUDE	20
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	21
1. Site	21
2. Matériel végétal	24
3. Dispositif expérimental	24
4. Conduite de l'essai	26
5. Variables étudiés	26
6. Méthodes de collecte de données	27
7. Méthode d'analyse de données	29
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	29
I. RESULTATS	29
1.1. EVALUATION DE LA TOLERANCE AU STRESS FROID DES PLANTULES EN PEPINIERE	29
1.2. ETUDE DE L'EVOLUTION DU CYCLE DE DEVELOPPEMENT	30
1.2.1. NOMBRE DE JOURS 50 % EPIAISON	31
1.2.2. NOMBRE DE JOURS 50 % FLORAISON	32
1.2.3. NOMBRE DE JOURS 50 % MATURETE	33
1.3. CARACTERISTIQUES AGROMORPHOLOGIQUES	35
1.3.1. HAUTEUR TOTALE DES PLANTS	36
1.3.2. LONGUEUR PANICULAIRE	37
1.3.3. FORME PANICULAIRE	38
1.4. ETUDE DE L'EVOLUTION DES COMPOSANTES DE RENDEMENT	38
1.4.1. NOMBRE DE TALLES A 60 JOURS APRES REPIQUAGE	39
1.4.2. NOMBRE DE PANICULES PAR M ²	40
1.4.3. POIDS PANICULAIRE	41
1.4.5. POIDS DE 1000 GRAINS	42
1.4.4. POURCENTAGE DE STERILITE	43
1.4.6. RENDEMENT A L'HUMIDITE 14%	44
II. DISCUSSIONS	45
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	48
BIBLIOGRAPHIE	49
ANNEXES	XI

SIGLES ET ACRONYMES

- ADRAO** : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest
- ASI** : ADRAO SAHED ISRA
- BAME** : Bureau d'Analyses Macro-Economiques
- CNCAS** : Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal
- CSS** : Compagnie Sucrière Sénégalaise
- CRA** : Centre de Recherches Agricoles
- DAP** : Di-Ammonium Phosphate
- EPST** : Etablissement public à Caractère Scientifique
- FAO** : Food and Agricultural Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)
- IRAT** : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières
- ISFAR** : Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale
- ISRA** : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
- KAFACI** : Korea-Africa Food and Agriculture Cooperation Initiative
- OMVS** : Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal
- OP** : Organisations Paysannes
- PPDS** : Plus Petite Différence Significative
- SAED** : Société nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé
- SIAD** : Système Interactif d'Aide à la décision
- SISMAR** : Société Industrielle Sahélienne de Mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentations
- SOCAS** : Société de Conserves Alimentaires du Sénégal
- STRASA** : Stress Tolerant Rice for Africa and South Asia
- UE** : Unité Expérimentale
- VFS** : Vallée du Fleuve Sénégal

LISTES DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Pluviométrie de Fanaye de 2005 à 2012	22
<u>Tableau 2</u> : Liste des différentes variétés de l'essai	24
<u>Tableau 3</u> : Variation du cycle de développement en fonction des variétés	30
<u>Tableau 4</u> : Variation de la hauteur des plants et de la longueur paniculaire en fonction des variétés	35
<u>Tableau 5</u> : Variation des composantes de rendement et du rendement en fonction des variétés	38

LISTES DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : Plant de riz avec ses organes	16
<u>Figure 2</u> : Histogramme de la hauteur pluviométrique de Fanaye de 2005 à 2012.....	23
<u>Figure 3</u> : Plan du dispositif expérimental.....	26
<u>Figure 4</u> : Les différentes formes d'exsertion paniculaire	27
<u>Figure 5</u> : Les différentes formes de panicule	28
<u>Figure 6</u> : Variation de la température en Janvier à la station de Fanaye	30
<u>Figure 7</u> : Variation du nombre de jour à 50 % épiaison par variété.....	32
<u>Figure 8</u> : Variation du nombre de jour à 50 % floraison par variété	33
<u>Figure 9</u> : Variation du nombre de jour à 50 % maturité par variété	34
<u>Figure 10</u> : Variation de la hauteur des plants en fonction des variétés.....	36
<u>Figure 11</u> : Variation de la longueur paniculaire en fonction des variétés	37
<u>Figure 12</u> : Variation du tallage à 60 jours après repiquage en fonction des variétés	39
<u>Figure 13</u> : Variation du nombre de panicules par m ² en fonction des variétés.....	41
<u>Figure 14</u> : Variation du poids paniculaire en fonction des variétés.....	42
<u>Figure 15</u> : Variation du poids de 1000 grains en fonction des variétés	43
<u>Figure 16</u> : Variation du pourcentage de stérilité en fonction des variétés.....	44
<u>Figure 17</u> : Variation du rendement en fonction des variétés	45

LISTES DES ANNEXES

<u>Annexe 1</u> : Table d'analyse de variance du nombre de jours 50% épiaison	XI
<u>Annexe 2</u> : Table d'analyse de variance du nombre de jours 50% floraison.....	XI
<u>Annexe 3</u> : Table d'analyse de variance du nombre de jours 50% maturité.....	XI
<u>Annexe 4</u> : Table d'analyse de variance de la longueur paniculaire	XI
<u>Annexe 5</u> : Table d'analyse de variance du nombre de panicules par m ²	XII
<u>Annexe 6</u> : Table d'analyse de variance du tallage à 60 jours après repiquage	XII
<u>Annexe 7</u> : Table d'analyse de variance du poids paniculaire.....	XII
<u>Annexe 8</u> : Table d'analyse de variance du poids de 1 000 grains	XII
<u>Annexe 9</u> : Table d'analyse de variance du pourcentage de stérilité	XIII
<u>Annexe 10</u> : Table d'analyse de variance du rendement.....	XIII
<u>Annexe 11</u> : Photo des plants des différentes variétés en pépinière.....	XIV
<u>Annexe 12</u> : Photo des plants mettant en exergue le jaunissement dû au stress froid ...	XIV
<u>Annexe 13</u> : Photo mettant en exergue le gardiennage dû à la pression aviaire	XV
<u>Annexe 14</u> : Photo de quelques variétés du 4 ^e bloc au stade tallage.....	XV

RESUME

L'intensification de la riziculture par la pratique de la double culture constitue aujourd'hui un défi pour l'Etat du Sénégal dans le but de satisfaire les besoins de consommation en riz des populations et d'atteindre l'autosuffisance alimentaire. Cette pratique reste encore faible à cause d'un certain nombre de contraintes liées surtout à un calendrier cultural non adapté et une absence de variétés tolérantes au froid pour un semis de fin décembre, début janvier.

Dans le cadre de notre étude, nous avons évalué neuf variétés de riz d'origine de la Corée du Sud en vue de trouver parmi elles celles qui sont performantes dans les conditions agro-écologiques de la vallée du fleuve Sénégal et tolérantes au stress froid. L'essai a été implanté à la station de Fanaye (vallée du fleuve Sénégal) en conditions de stress froid avec un semis de début janvier. Un dispositif à blocs randomisés complets avec 4 répétitions a été adopté. Le stress froid, ainsi que les caractères agronomiques tels que la date à 50 % épiaison, floraison et maturité, la hauteur des plants, la longueur, la forme et le poids paniculaire, le nombre de panicules par m², le poids de 1000 grains, la stérilité et le rendement ont été évalués.

Les résultats des travaux ont révélé que les variétés ont souffert du stress froid au stade plantule entraînant un allongement du cycle qui dépasse 135 jours. Pour la plupart des caractères étudiés, les tests d'analyse de variance révèlent une différence non significative. Cependant, on note une différence significative pour la longueur paniculaire, le poids paniculaire, le poids de 1000 grains et la stérilité. Concernant cette dernière, les résultats ont montré que 50 % des variétés testées ont un pourcentage de stérilité supérieur à 50, particulièrement les témoins Nerica S 19 et Sahel 210. Ceci a occasionné de faibles rendements qui varient entre 1,14 et 4,19 t/ha ; Hanareumbyeo et Saegyeajinmi donnent les plus grands rendements avec respectivement 4,19 et 4,11 t/ha).

Mots clés : Riz, variétés, Corée du Sud, stress froid, vallée du fleuve Sénégal

ABSTRACT

The intensification of rice production by the practice of double culture cropping is a challenge for the government of Senegal in order to meet the needs of the populations in rice consumption and to achieve food self-sufficiency. The adoption of this practice is still low due to number of constraints, particularly unsuitable calendar and the lack of cold tolerant varieties for sowing in late December or early January.

In our study, we evaluate nine rice varieties of from South Korea in order to choose among them those which possess the best performances in the agro-ecological zone of the valley and tolerant to cold stress. The trial was implemented in the station of Fanaye (Senegal river valley) under cold stress conditions with a sowing period. A randomized complete block design with four replications was used. Cold stress and agronomic characters such as heading date 50 %, flowering and maturity, plant height, length, shape and weight of panicle, number of panicles per m², weight of 1 000 grains, sterility and performance were evaluated.

The results of the work have revealed that the varieties have suffered from cold stress at seedling stage leading to an elongation of the cycle exceeds 135 days. For most traits studies ANOVA tests revealed a no significant difference. However there is a significant difference in panicle length, panicle weight, weight of 1 000 grains and the sterility. The results showed that 50 % of tested varieties have more than 50 sterility percentages, particularly in control plots of Nerica S 19 and Sahel 210. This has resulted in low yields ranging between 1.14 and 4.19 t/ha with Hanareumbyeo and Saegyeajinmi gave the greatest yields (respectively 4,19 and 4,11 t/ha).

Keywords: Rice, varieties, South of Korea, cold stress, Senegal River valley

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture occupe une place prépondérante dans l'économie du Sénégal. Plus de 95 % des ménages en milieu rural s'activent dans ce secteur qui leur procure la première source de revenus (ISRA/BAME, 2004). Elle emploie également plus de 60 % de la population. Malgré son importance, le secteur traverse des difficultés qui engendrent et aggravent l'exode des populations rurales vers les villes à la recherche de l'emploi. Cette densification des zones urbaines consécutive au départ de la main d'œuvre agricole active des campagnes limite l'offre locale des produits alimentaires et aggrave l'insécurité alimentaire du pays. Le fossé entre la production et la demande intérieure en produits alimentaires a ainsi annihilé les efforts de recherche d'une autosuffisance voire de sécurité alimentaire. Ceci a induit de forte incidence sur la balance des paiements avec de lourdes factures d'importations du riz et du blé. En plus, la forte urbanisation accentue la demande intérieure en céréales et particulièrement le riz qui constitue l'aliment de base des ménages Sénégalais.

Cette situation a conduit les autorités à favoriser l'intensification de la culture du riz, en conditions irriguées dans la vallée du Fleuve Sénégal (VFS) (au nord du Sénégal), mais également à un degré moindre, dans les autres écologies, pluviales et/ou bas-fond de Fatick (au centre), Kolda (au Sud-Est) et en Casamance (au Sud).

En plus des conditions climatiques favorables, le Sénégal dispose d'environ 81 500 km² de terres arables disponibles, soit 40 % de sa superficie totale (Guèye *et al.*, 2008). Une bonne combinaison de ces facteurs devrait permettre au Sénégal de pouvoir satisfaire en grande partie la demande en riz par une amélioration soutenue de la production nationale.

La culture de contre saison froide semble être la seule alternative pour une intensification globale dans la mesure où elle permettra d'éviter le chevauchement des deux saisons, facteur principal qui entrave la double culture. Cela passera par une amélioration continue des technologies générées par la recherche, particulièrement le développement ou l'introduction de variétés performantes, adaptées aux conditions adverses du milieu tel que le stress froid.

Ainsi pour apporter sa contribution à la résolution des problèmes qui minent le développement de la riziculture à travers l'intensification, l'Institut Sénégalais de

Recherches Agricoles (ISRA) a bénéficié dans le cadre de KAFACI (Korea-Africa Food and Agriculture Cooperation Initiative) d'un financement d'un projet « Sélection participative de variétés coréennes du sud assistée par marqueurs » pour une durée de deux ans renouvelables un an. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre présent mémoire.

Nous aborderons d'abord la problématique englobant le contexte, le justificatif et les objectifs de recherche, ensuite la synthèse bibliographique, après la description du matériel et la méthodologie et enfin l'analyse des résultats aboutissant aux discussions.

CONTEXTE

Le riz est la deuxième céréale la plus produite à travers le monde après le maïs. En 2010 les superficies emblavées au plan mondial étaient estimées à environ 161 millions d'ha avec une production de 700,7 millions de tonnes (467,3 millions de tonnes, en équivalent riz usiné) (FAO, 2011).

En Afrique, le potentiel des terres cultivables s'élève à 367 millions d'ha (68 % inexploitées) et la production rizicole occupe 1,6 % du potentiel des terres arables (ADRAO, 2008).

En outre le riz constitue l'aliment de base de plus de 2,5 milliards de personnes dans les pays en voie de développement avec des consommations annuelles très importantes dépassant dans certains pays les 100 kg par personne (Courtois, 2007). L'Asie domine l'économie du riz avec 90 % des surfaces, l'Amérique latine et l'Afrique se partagent les 10% restants (Courtois, 2007).

La consommation totale de riz dans le Sahel a fortement augmenté au cours de ces dernières décennies à cause de la croissance démographique et de l'augmentation de la consommation par habitant, en particulier dans les centres urbains. Parmi les pays sahéliens, le Sénégal a la plus forte consommation de riz (ADRAO, 2000).

Le riz occupe une place de choix dans l'alimentation des sénégalais. L'accroissement démographique et l'urbanisation rapide ont augmenté significativement les besoins de consommation en riz qui atteignent 74 kg/an/habitant en 2003 (Guèye *et al.*, 2008).

Cependant, la production rizicole nationale, sur l'ensemble des écologies du pays, ne représente que 20 % de la demande totale. Les 80 % qui restent proviennent de

l'importation (Guèye *et al.*, 2008). De 2003 à 2007 les importations de riz se sont élevées à 862 000 T par an en moyenne, soit près de 133 milliards de francs CFA (Fall, 2010).

Pour la campagne agricole 2011/2012, la production nationale de riz s'élevait à 405823,5 T pour une superficie totale de 109 091,8 ha (ANSD, 2012). En outre en 2011 le riz représentait à lui seul 6,9 % des importations totales du Sénégal, soit près de 175,6 milliards de francs CFA (ANSD, 2011). Cela se traduit par une perte importante en devises et une insécurité alimentaire sans précédent.

Cette situation déficitaire chronique contraste avec l'intensité des efforts déployés par l'Etat du Sénégal pour développer la culture du riz irrigué.

Conscient de l'importance de la sécurité alimentaire nationale et du potentiel rizicole du pays, l'Etat du Sénégal a fait de l'autosuffisance en riz une de ses priorités de développement agricole. Il préconise l'intensification de la culture du riz en condition irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal avec une pratique de la double culture à une intensité de 1,5 des superficies exploitées. Cependant la double culture se heurte à de nombreuses contraintes :

- le chevauchement des campagnes (contre saison sèche et hivernage) qui entraîne beaucoup de pertes de récolte ;
- l'insuffisance du matériel agricole qui ne permet pas une bonne récolte suivie d'une préparation du sol adéquate pour l'hivernage ;
- les températures élevées des mois de mai, juin et juillet qui perturbent le processus de reproduction: taux de stérilité important ;
- les pertes d'eau d'irrigation par évapotranspiration ;
- le retard de financement de la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal (CNCAS), etc.

Il est alors nécessaire de trouver des variétés résistantes au stress froid pour effectuer un semis de fin décembre ou début janvier en vue de contourner ces obstacles et réaliser une intensification à travers la pratique de la double culture : d'où le but de cette présente étude.

JUSTIFICATIFS

De 1994 à nos jours 19 variétés de riz en condition irriguée et 5 variétés de riz pluvial ont été homologuées. Les variétés de riz irrigué sont composées de 8 à cycle court et 11 à cycle moyen. Le binôme variétal choisi en cas de double culture est composé d'une variété à cycle court pour la contre saison et d'une variété à cycle moyen pour un semis de juin à juillet pour l'hivernage. L'intensification de la riziculture par la pratique généralisée de la double culture s'accompagne avec des variétés performantes suivant le zonage agro-écologique de la vallée et tolérantes à différents types de stress. Pour éviter les chevauchements des campagnes, une des alternatives est d'introduire ou de créer des variétés à haut potentiel de rendement avec un semis durant la contre saison froide.

En Corée du Sud la culture du riz s'effectue généralement dans des conditions de basses températures. Certaines variétés sont tolérantes au stress froid au stade plantule. Dans le cadre du projet KAFACI neuf variétés de riz venant de la Corée du Sud ont été introduites au Sénégal. Ces variétés font l'objet de test d'adaptabilité dans la station de Fanaye (vallée du fleuve Sénégal). C'est en ces termes que notre étude porte sur l'évaluation agronomique de neuf variétés de riz d'origine sud coréenne dans les conditions de stress froid de la vallée du fleuve Sénégal.

OBJECTIFS DE RECHERCHE

1. Objectif global

L'objectif général est d'évaluer le comportement agronomique des variétés coréennes dans des conditions de culture de stress froid de la vallée du Fleuve Sénégal en vue de leur caractérisation agromorphologique.

2. Objectifs spécifiques

Comme objectifs spécifiques, il s'agira de :

- ✓ évaluer la tolérance au stress froid durant le stade plantule ;
- ✓ déterminer le cycle de développement des variétés ;
- ✓ déterminer quelques caractéristiques agromorphologiques des variétés ;
- ✓ étudier l'évolution des composantes de rendement ;
- ✓ évaluer le rendement.

Chapitre I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Cadre de l'étude

1.1. ISRA

L'Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles (ISRA) est un établissement public à caractère scientifique (EPST) créé par la loi n° 74- 53 du 04 Novembre 1974.

Ses activités sont menées dans 11 centres de recherche et 33 stations, points d'essai et points d'appui pour l'expérimentation multilocale qui sont répartis dans toutes les zones et constituent des cadres de réalisation et d'expression de la recherche et de ses résultats.

Les recherches sont menées dans 5 grands domaines :

- les productions végétales ;
- les productions animales ;
- les productions halieutiques ;
- les productions forestières ;
- la socio-économie rurale.

Les principales missions de l'ISRA sont :

- ✓ la conception et l'exécution de programmes de recherche sur les productions végétales, forestières, animales et halieutiques et en économie rurale ;
- ✓ la création de connaissances scientifiques, la génération d'innovations technologiques et la mise au point d'outils d'aide à la décision pour l'amélioration du secteur agricole ;
- ✓ la valorisation et le transfert des résultats de la recherche ;
- ✓ la promotion et la formation à la recherche par la recherche ;
- ✓ le développement de la coopération scientifique aussi bien interafricaine et internationale qu'avec les institutions de recherche et universités sénégalaises.

Parmi les centres que compte l'ISRA, il y a le Centre de Recherches Agricoles de Saint-Louis (CRA) couvrant la région agro-écologique de la vallée du fleuve Sénégal (VFS).

Le CRA/Saint-Louis a pour mission de contribuer à l'effort de développement socio-économique, par la génération de technologies et de connaissances et la mise au point d'innovations techniques permettant d'améliorer le bien-être des populations rurales en augmentant leurs revenus. A travers son programme : « Système de production et gestion des ressources naturelles dans la VFS », le CRA de Saint-Louis vise à contribuer significativement à la réduction de la pauvreté rurale d'ici l'horizon 2015.

Ses objectifs spécifiques sont :

- améliorer et sécuriser les revenus des populations locales ;
- optimiser l'utilisation des systèmes d'exploitation pour une gestion durable des ressources naturelles ;
- diffuser les résultats de recherche par la formation et l'information scientifique et technique.

Il compte 4 stations que sont : le jardin d'Essai, la station Sérigne Moustapha Bassirou Mbacké de Ndiol, la station de Fanaye et la station de Ndianga.

1.2. KAFACI

Korea-Africa Food and Agriculture Coopération Initiative (KAFACI) s'inscrit dans le cadre de la coopération Corée du Sud-Afrique et le partenariat Afrique-Afrique afin de renforcer la recherche agricole et le développement dans le continent africain en se concentrant sur l'innovation technologique, et de sa stratégie de mise en œuvre. Il est le bailleur principal du projet « sélection participative de variétés coréennes du Sud assistées par marqueur » piloté par l'ISRA. KAFACI intervient dans 16 pays d'Afrique dont le Sénégal.

Il a pour objectifs :

- ✓ contribution à la lutte contre la pauvreté et la faim en Afrique ;
- ✓ mise en place d'une agriculture durable par la coopération dans les domaines de l'alimentation et de l'énergie ;
- ✓ expansion de l'agriculture, de la production agricole vers l'industrie alimentaire par la restructuration de la chaîne de valeurs des principaux produits ;
- ✓ création d'un réseau global de ressources humaines capables de relever les principaux défis.

Les thèmes choisis par le Sénégal dans le cadre de ce projet sont :

- la sélection assistée par marqueurs ;
- la mécanisation agricole ;
- la post-récolte.

1.3. Caractéristiques de la zone d'étude

1.3.1. Milieu physique

1.3.1.1. Localisation géographique

La rive gauche de la vallée du fleuve Sénégal s'étend sur plus de 800 kilomètres, de l'embouchure jusqu'à la frontière avec le Mali, puis le long de la Falémé affluent du Sénégal, soit 34 % du territoire national.

Sur le plan administratif, elle couvre les trois régions de Saint-Louis (Départements de Saint-Louis, Dagana et Podor), de Matam (Départements de Matam et Kanel) et de Tambacounda (Département de Bakel).

Sur le plan géographique, on distingue quatre grandes zones:

- ✚ la haute vallée en amont de Bakel et qui concerne les 50 km situés le long du fleuve jusqu'à la frontière malienne et la rive gauche de la Falémé ;
- ✚ la moyenne vallée qui s'étend sur environ 300 km de Bakel à Saldé (plus exactement M'Bagne 20 km en amont de Saldé) ;
- ✚ la basse vallée qui s'étend, elle aussi, sur près de 300 km de Saldé jusqu'à Richard-Toll ;
- ✚ enfin, le delta du fleuve de Richard-Toll jusqu'à l'embouchure, sur environ 170 km (Diop *et al.*, 2008).

1.3.1.2. Climat

Le climat est de type sahélien marqué par l'influence de la mer (Delta), soudanien (Moyenne et Basse vallée) et guinéen (Haute vallée). Il est caractérisé par l'interaction température vent et pluviométrie et par l'alternance de trois saisons:

- une saison des pluies courtes de 2 à 3 mois (Juillet à Septembre) avec des pluies faibles et irrégulières. Dans l'ensemble, les quantités et le nombre de jours de pluie diminuent du Nord au Sud et Ouest en Est. Les moyennes mensuelles sont de: 200-300 mm dans le delta et la basse vallée, 300-400 mm dans la moyenne vallée, 500-

600 mm dans la haute vallée. Les températures oscillent entre 23 et 35°C et l'humidité relative est élevée ;

- une saison sèche froide entre mi-novembre et février avec des températures minimas de 12 et 16°C et une humidité relative très basse ;
- une saison sèche chaude de Mars à Juin avec des températures maximales de 35 à 40°C et des vents chauds et secs chargés de poussière (continentaux) soufflant sur l'ensemble de la zone (Diop *et al.*, 2008).

1.3.1.3. Végétation

La vallée présente un paysage de forêts de Gonakier (*Acacia nilotica* ssp, *Tomentosa*) occupant en général les sols hollaldés, marqué par une absence presque totale de strate herbacée. La zone marginale du lit majeur est occupée par une végétation plus ou moins dense et complexe faisant la transition entre la forêt à Gonakier et la savane arbustive claire du Diéri ; les espèces qui y dominent sont les *Acacia*, les *Balanites* et les *Zizyphus*. Quant au Delta, il se caractérise par des espèces halophiles telles que les *Tamarix senegalensis*, DC et même des palétuviers du côté de l'embouchure du fleuve (Diop *et al.*, 2008).

1.3.1.4. Sols

On distingue 4 grands types de sols classés en fonction de leur texture et de leur structure (OMVS/FAO, 1973), cité par (Diop *et al.*, 2008) :

Hollaldé : 36 % du potentiel irrigable, contiennent 50 à 75 % d'argile (sont argileux), mauvais drainage, favorables à la riziculture, structure prismatique à sols sans structure, supportent la submersion, sont très difficiles à travailler aussi bien en sec qu'en humide.

Faux-Hollaldé : 31 % du potentiel irrigable, contiennent 30 à 50 % d'argile (sont argilo-limoneux), mauvais drainage, sols sans structure, favorables à la riziculture et autres cultures.

Fondé : 33 % du potentiel irrigable, teneur en argile de 10 à 30 % (sont limoneux), drainage moyen, structure cuboïde, favorables à toutes cultures autres que le riz, sols filtrants.

Diéri : contiennent 80 à 90 % de sable (sols sablonneux), structure monogranulaire, supportent toutes les cultures autres que le riz.

En dehors de ces grands types de sols, on peut rencontrer les « **Falo** », talus des berges du lit mineur du fleuve et de ses affluents et les « **Diacres** », bourrelets recouverts par les crues moyennes et fortes.

Ces sols sont caractérisés en général par une faible teneur en azote, en matière organique, en phosphore assimilable, une forte capacité de fixation du phosphore, une forte salinité chlorure-sodique et une alcalinisation potentielle induite par l'irrigation.

1.3.1.5. Hydrographie

La vallée recèle des eaux de surface et souterraines. Les eaux de surface sont composées :

- du fleuve Sénégal long de 1 790 km et qui prend sa source au Fouta-Djalon (Guinée Conakry) traverse la partie occidentale du Mali, puis constitue une frontière naturelle entre le Sénégal et la Mauritanie avant de se jeter dans l'Océan Atlantique à Saint-Louis. Son volume est estimé à 20 milliards de m³. Deux barrages y sont installés : le barrage de Diama qui est un barrage antisel situé en aval du fleuve à 40 km de Saint-Louis et celui de Manantali qui a une fonction hydro-électrique, situé en amont sur le Bafing et à 1 100 km de l'embouchure. Ces deux barrages devaient permettre d'irriguer 375 000 ha;
- du lac de Guiers long de 50 km et qui est une dépression alimentée par le marigot « Taoué » qui est lié au fleuve Sénégal. Il constitue une vaste réserve d'eau douce (250 km²) exploité principalement à des fins agricoles et de production d'eau potable ;
- et d'un réseau de marigots drainant les terres de Walo tout le long de la vallée.

1.3.2. Milieu socio-économique

La population de la vallée est estimée à 1 030 488 habitants suite au recensement général de la population et de l'habitat (MITCL/DRGPH, 2000), cité par (Diop *et al.*, 2008) dont 75 % de ruraux. Les groupes ethniques les plus importants sont les Hal Pulaar (Toucouleur et Peulh : plus de la moitié de la population), les Wolof (près de 25 %), les Soninké et les Maures. La population est très inégalement répartie; le département de Dagana concentre près de 41 % de l'effectif. La moitié a moins de 20 ans; 52 % sont des femmes (Diop *et al.*, 2008).

Les activités économiques sont essentiellement agricoles avec notamment le développement de l'agriculture irriguée grâce aux aménagements hydro-agricoles.

L'agriculture irriguée reste dominée essentiellement par la culture du riz. Cependant d'autres cultures telles que la tomate, l'oignon, le gombo, la patate douce, etc. y sont bien développées. Les cultures de décrues (maïs, sorgho, niébé) et les cultures pluviales (mil et niébé) sont pratiquées mais occupent une faible place dans le secteur agricole. L'élevage est la seconde activité.

Il est surtout le domaine des Peulhs qui sont nomades mais l'élevage sédentaire se développe de plus en plus en intégrant les exploitations agricoles.

Les autres activités extra-agricoles sont la pêche (dans l'océan, le fleuve, les marigots, les canaux d'irrigation et de drainages), le commerce (à travers surtout les marchés hebdomadaires), le transport, le tourisme, etc.

L'agro-industrie connaît aussi un essor notable dans la vallée du fleuve Sénégal avec essentiellement :

- ✓ la culture de la canne à sucre avec la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) qui exploite 9 000 ha de terre et possède une raffinerie à Richard Toll ;
- ✓ la culture de la tomate par les paysans sur 3 500 ha, sous contrat avec la Société de Conserves Alimentaires du Sénégal (SOCAS), qui possède 2 usines de transformations à Savoigne (Saint-Louis) et à Dagana.

II. Etat des connaissances

L'intensification de la riziculture dans la vallée du fleuve a fait l'objet de nombreux travaux dont certains sont récents et d'autres en cours.

En amélioration variétale, une collaboration entre l'ADRAO et l'ISRA a permis l'homologation, en 1994, de trois nouvelles variétés baptisées Sahel 108, Sahel 201 et Sahel 202. Dans le cadre d'un partenariat plus élargi regroupant la SAED, la mission chinoise de coopération, l'ADRAO, l'ISRA et les OP, 6 variétés dont 3 de cycle court et 3 de cycle moyen ont fait l'objet de tests multi-locaux ayant abouti à l'homologation en 2007 de deux variétés de cycle court et des trois de cycle moyen. Les dernières variétés homologuées datent de 2009 : 5 variétés à cycle court dont 3 aromatiques, 6 à cycle moyen dont 4 NERICA et 5 variétés de riz de plateau pluvial dont trois NERICA. Dans le cadre du projet STRASA (Stress Tolerant Rice for Africa and South Asia) des variétés de riz tolérantes au stress froid au stade plantule et à la salinité ont été sélectionnées et font actuellement l'objet de tests multi-locaux par l'ISRA.

Le calage des cycles des variétés dans l'optique de la double culture a fait l'objet de nombreux travaux des chercheurs de l'ADRAO (Dingkuhn *et al.*, 1991, 1992, 1993) et de l'ISRA (Diouf, 1992, 1993, 1994, 1996) qui ont mis l'accent sur l'adaptation aux différentes saisons de culture et sur la réalisation de la double culture. Les résultats de ces travaux ont abouti à la conception par l'ADRAO d'un logiciel (RIDEV) pour l'établissement de calendriers culturaux. L'étude du calage du cycle au calendrier cultural et de l'évaluation du rendement menée par l'ISRA (Diouf, 1996) a abouti à la classification des variétés en trois catégories en fonction de leur cycle, de leur rendement et de leur adaptation aux différentes saisons de culture. Il a été identifié de binômes de variétés adaptés à la double culture. Un calendrier cultural répondant aux conditions socio-économiques des agriculteurs a été élaboré. Une date optimale de récolte comme outil d'aide à la décision a été recommandé.

En fertilisation, Ndiaye (1993) a mis en évidence une très grande variabilité des propriétés physico-chimiques des sols des périmètres du Delta du fleuve Sénégal. Des formules de fumures minérales ont été mises au point et l'efficacité de l'équilibre N P K « 2 : 1 : 1 » correspondant à une application 120 kg N + 60 kg P₂O₅ + 60 kg K₂O à l'hectare, a été mis en évidence. Des isoquantes de rendement (courbes de rendement égales pour les différentes combinaisons d'azote, de phosphore et de potassium) et des isoclines (lignes de moindres coûts pour un apport de prix donné entre les trois éléments fertilisants) ont été élaborées. Mais les recommandations en ce qui concerne les doses engrais minéraux et les modes d'application ne sont pas respectés par les agriculteurs. Ainsi la dose de potassium contenu dans la fumure recommandée n'est pas apportée. Cette situation présente des risques à long terme en raison de l'exportation du potassium par les plantes sans restitution (exportation quasi-totale des résidus).

En matière d'irrigation, les besoins en eau du riz ont été déterminés en fonction des saisons. Les doses moyennes s'établissent comme suit : hivernage 1200 – 1500 mm ; saison sèche chaude : 1650 – 2300 mm au maximum sur des sols Fondé perméables. Pour une meilleure gestion de l'eau et une bonne conduite de la culture, les périodes de drainage ont été déterminées comme suit : 1^{er} drainage 5 jours après semis pour faciliter l'enracinement et la levée des plantules ; 2^{ème} drainage : 25 jours après semis pour le premier apport d'urée et le traitement herbicide ; 3^{ème} drainage : 60 jours après semis

pour le second épandage d'urée et le second désherbage chimique éventuel ; 4^{ème} drainage : 10 à 15 jours avant maturation et récolte.

L'irrigation est, cependant, assez mal maîtrisée par les paysans en raison, d'une part, du manque de nivellement des parcelles et de la mauvaise qualité du travail du sol et, d'autre part, de la mauvaise qualité et de l'état défectueux des aménagements pour certains périmètres.

En matière de machinisme agricole, les travaux de recherche ont porté sur plusieurs types de matériels selon la nature des opérations. Pour le travail du sol, les matériels suivants ont été testés : le Rotovator, la charrue à socle ou à disque, l'offset, la lame niveleuse, etc. Les résultats de ces travaux ont abouti aux recommandations suivantes : labour profond après pré-irrigation suivi d'un offsetage croisé. Le semis mécanisé a été testé avec le semoir Gougis, mais les résultats n'ont pas fait l'objet d'une diffusion. En technologie post-récolte, différents types de matériels notamment les moissonneuses-batteuses, les batteuses, les décortiqueuses et les rizeries ont été testées et ont fait l'objet de suivi. Des fiches techniques sur la motorisation dans la vallée ont été élaborées et ont porté sur le crédit, les performances techniques et économiques. Il a été également mis au point des programmes de calcul des performances des matériels agricoles utilisés dans la vallée : tracteurs et matériels d'accompagnement, moissonneuse - batteuses, batteuses, décortiqueuses, rizeries, groupes motopompes. Plus récemment, dans le cadre de la recherche de matériels agricoles alternatifs à la grosse motorisation, un combiné Stripper/batteuse a fait l'objet de transformation et d'adaptation en étroite collaboration entre l'ISRA, l'ADRAO, la SAED, la SISMAR et les artisans locaux. Ce travail a abouti à la mise au point d'un prototype de batteuse baptisée ASI permettant de doubler le rendement horaire par rapport aux batteuses vulgarisées. Après son lancement au cours d'une cérémonie officielle en novembre 1997, cette batteuse est en cours de vulgarisation. En matière de lutte contre les mauvaises herbes, des études sur la flore réalisées par plusieurs auteurs ont permis d'établir une liste des adventices communes des rizières dans la vallée et de montrer la prédominance des Cypéracées et des Graminées (Davies, 1983 ; Godderis, 1990 ; Diagne, 1993). Toutefois la plupart de ces travaux ont concerné des sites ou des zones localisées et ne se sont pas référés aux méthodes culturales pratiquées par les paysans. Une réactualisation de cette liste est nécessaire notamment pour préciser la répartition et l'impact des principales espèces.

Le désherbage chimique est l'aspect sur lequel les travaux ont été les plus importants et pour lequel des résultats notables ont été obtenus. Les expérimentations initiées par l'IRAT et qui se sont poursuivies avec l'ADRAO et l'ISRA ont concerné un nombre considérable de produits herbicides (Aubin *et al.*, 1974 ; ADRAO, 1978, 1982, 1984 ; Diop, 1989 ; Diallo et Johnson, 1997). Les produits recommandés les plus cités sont : Propanil, 2,4-D, Oxadiazon, Bentazone, Thobencarb, Trichlopyr, Molinate, Bensulfuron methyl, Prétalachlore, et Diméthamethryne. Le mélange Propanil + 2,4-D (Weedone) est la formule la plus largement employée dans la vallée, en raison de la meilleure accessibilité (prix et disponibilité sur le marché) de ces deux produits.

Il faut souligner cependant que, malgré une certaine généralisation du désherbage chimique associé ou non au sarclage manuel, les paysans maîtrisent très mal les techniques et les conditions d'application des herbicides ; l'impact sur la maîtrise des mauvaises herbes est faible.

Les autres insuffisances qu'on peut relever par rapport à l'application des itinéraires techniques élaborées pour la conduite de la culture sont les suivantes (Diouf, 1991) :

- la dose de semis de 120 kg à l'hectare pratiquée actuellement en semis manuel par les paysans était préconisée pour le semis mécanique ;
- le repiquage en lignes distantes de 20 cm entre les lignes et 20 cm sur la ligne est fastidieux pour le paysan à cause du manque de main d'œuvre temporaire. Il est remplacé par un repiquage au pif avec une densité faible ;
- la récolte et le battage constituent des contraintes majeures à cause de l'insuffisance de la main d'œuvre, des batteuses et des moissonneuses-batteuses prolongeant ainsi la date de récolte ; ce qui entraîne des pertes considérables de rendement, un faible taux d'usinage et une mauvaise qualité du grain.

En gestion des exploitations paysannes, les recherches ont porté sur la performance de la gestion paysanne des aménagements hydro-agricoles et sur la gestion des terroirs. Les résultats obtenus portent sur la mise au point d'un modèle de ressuyage des sols après vidange, l'élaboration d'un système interactif d'aide à la décision (SIAD) adapté au thème étudié, la mise en évidence de dynamiques organisationnelles diversifiées dans la vallée du fleuve et l'élaboration d'une typologie des organisations paysannes.

III. Présentation générale du riz

3.1. Généralités

Le riz est une plante monocotylédone annuelle herbacée aquatique. Il appartient à la famille des Graminées (Poacées), tribu des Orizées qui regroupe un nombre de genres variables, compris entre 7 et 16 selon la classification (Courtois, 2007). Les données taxonomiques les plus récentes considèrent que le genre *Oryza* compte lui-même 24 espèces dont deux sont cultivées :

- *Oryza sativa* (riz commun asiatique et présent dans la plupart des pays rizicoles du monde) originaire de l'Extrême-Orient au pied du mont himalayen donnant du côté chinois la sous espèce *O. sativa japonica*, et du côté indien la sous espèce *O. sativa indica*. La quasi-totalité des variétés cultivées lui appartient, grâce notamment à sa grande plasticité et à ses caractéristiques gustatives ;
- *Oryza glaberrima*, espèce annuelle originaire d'Afrique occidentale, du delta central du Niger au Sénégal. Cette espèce est cantonnée en Afrique de l'Ouest (Courtois, 2007).

Considéré comme étant la deuxième céréale après le maïs en termes de surface cultivée dans le monde, le riz entre dans l'alimentation humaine et constitue une nourriture de base pour la grande partie de la population.

A part cet emploi, il sert à fabriquer de l'alcool, de l'amidon, du glucose, de l'acide acétique et du vinaigre, de l'acétone, de l'huile, des produits pharmaceutiques, des aliments vitaminés, etc.

3.2. Morphologie du plant de riz

3.2.1. Organes végétatifs

3.2.1.1. Racines

Au début de la germination, la première racine est la radicule. Pourvue tout d'abord d'un manchon de poils absorbants, elle se ramifie dès qu'elle atteint 2 à 3 cm de longueur et constitue les racines primaires issues du grain. Ces racines ont une vie éphémère. C'est surtout dans les 15 premiers centimètres du sol qu'il y a plus de racines. Des racines secondaires apparaissent au cours de la croissance de la plante. Elles prennent naissance

sur les premiers bourgeons (nœuds) de la base de la tige qui peuvent se développer sur des nœuds supérieurs de la tige et formant de véritables racines adventives.

En tout, un pied de riz comprend plus de 2 000 racines, dont chaque racine porte 10 à 30 radicelles et ces dernières portent elles-mêmes de très nombreux poils absorbants.

3.2.1.2. Tige

La première ébauche de la tige au moment de la germination est la tigelle. Elle est entourée à sa sortie de l'embryon par un fourreau de couleur pâle, la coléoptile.

La première feuille apparaît après la coléoptile d'une forme cylindrique. A maturité, la hauteur de la tige se mesure à partir du niveau du sol, c'est à dire du collet, à l'extrémité des panicules.

La tige est divisée en entre-nœuds : court à la base et plus grand vers le sommet.

L'entre-nœud donne des tiges secondaires, puis tertiaires, etc. formant le tallage du riz.

Une touffe de riz a de 3 à 60 tiges qui peuvent atteindre de 50 cm à 1,5 m de long selon les variétés.

Une tige de riz fournit au cours de sa croissance 10 à 20 feuilles dont 5 à 10 seulement vivent et les autres se dessèchent au fur et à mesure du développement de la plante.

3.2.1.3. Talles

A la partie inférieure de la tige primaire, et à la base de chaque feuille, se trouve un bourgeon qui normalement donne naissance à une tige secondaire, ou talle. Les bourgeons de cette talle donnent naissance à des tiges tertiaires, quaternaires, etc. C'est l'ensemble de ces talles qui constitue, à partir d'un seul plant, la touffe de riz.

3.2.1.4. Feuille

La dernière feuille avant la panicule s'appelle feuille paniculaire.

Les principaux organes de la feuille sont : le limbe, la gaine dont la séparation est marquée par une ligule et une auricule. Les feuilles ont 8 à 15 mm de large et de 30 cm à 1 m de long suivant les variétés.

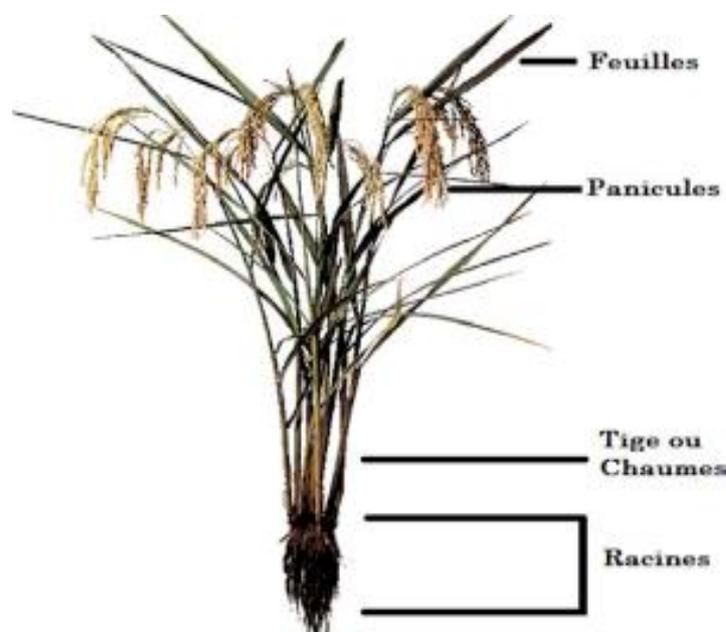


Figure 1 : Plant de riz avec ses organes

3.2.2. Organes de reproduction

3.2.2.1. Panicule

La panicule est le nom donné à l'inflorescence du riz qui est portée par le dernier entrenœud du chaume. Elle se compose d'une base (ou cou paniculaire), d'axe (ou rachis), des ramifications primaires et secondaires, des pédicelles et des épillets. La taille de la panicule, sa compacité, la longueur de son axe, la forme et l'angle des ramifications primaires ainsi que son poids et sa densité sont des caractéristiques permettant de décrire ou de reconnaître une variété.

3.2.2.2. Epillet

L'épillet est l'unité de base de l'inflorescence et communément appelé grain de paddy. Il est composé de deux glumelles (le lemma et le paléa) qui enveloppent le caryopse. La fine extension de la glumelle inférieure (lemma) est l'apex (ou bec) prolongée par la barbe ou aristation ; les glumes vestigiales ou rudimentaires forment une cupule élargie sur laquelle s'insère l'épillet.

3.2.2.3. Fleur

Chaque épillet possède une fleur. Elle est allogamie, c'est à dire présentant des organes mâles et femelles. Les organes mâles comprennent six étamines. Les organes femelles sont constitués par l'ovaire surmonté de deux stigmates plumeux.

La période de fécondation s'appelle anthèse. Le développement de l'ovaire, après fécondation, donne naissance au grain comportant le caryopse avec ses téguments et l'embryon.

3.2.2.4. Grain ou paddy

C'est le fruit obtenu après la fécondation de l'ovaire. Le grain de riz est constitué par les enveloppes (glumes et glumelles), les téguments, le caryopse et l'albumen contenant de l'amidon, l'embryon.

Le riz cargo est le grain débarrassé de ses enveloppes externes, après décorticage. Le riz blanchi est le grain débarrassé de ses téguments après blanchissage. Les téguments donnent le son et la farine.

Sur la partie externe du caryopse, on trouve le tégument ou péricarpe. Ce tégument coloré en rouge donne les variétés dites "riz rouge ". Et cette couleur disparaît plus ou moins pendant l'opération de blanchissement.

3.3. Cycle de développement

Le cycle de développement comporte trois phases : la phase végétative, la phase reproductive et la phase de maturité (Caron et Granès, 1993).

3.3.1. Phase végétative

Elle va de la germination à l'initiation paniculaire avec une durée variable de 40 à 60 jours. Cette phase comporte les stades, germination, levée, plantule, tallage, élongation. Le cycle débute avec la germination qui se déclenche quand la graine a absorbé le quart de son poids en eau, la radicule se développe d'abord sur quelques centimètres, puis, c'est le tour du coléoptile qui est percée par la première feuille au niveau de la surface du sol. La plantule dépend totalement des réserves du grain pendant les premiers jours, au delà un sevrage total est possible. A partir du 15^{ème} jour, le système racinaire prend le relais des racines séminales (Caron et Granès, 1993).

Le tallage débute 15 jours après semis et se poursuit jusqu'à la floraison. En cas de repiquage, la tige primaire disparaît presque totalement, seules survivent les nœuds de la base, d'où partent les talles qui en 50 ou 60 jours, couvrent en fonction des écartements l'espace entre les plants. La capacité de tallage dépend de la variété et des conditions de culture. Généralement, chaque tige principale donne 5 à 20 talles productives et 100 talles formées correspondent entre 30 et 75 talles productives (Caron et Granès, 1993).

3.3.2. Phase reproductive

Cette phase comporte les stades : initiation paniculaire, montaison, épiaison, floraison. Elle est très sensible aux conditions défavorables (basses températures, salinité, manque d'eau ou sécheresse etc.). Cette phase débute juste après le tallage maximum et dure 30 à 35 jours. La durée entre germination et initiation paniculaire dépend de la variété, de la température et de la photopériode. Pendant cette phase, il y a la formation des épillets, la différenciation du pollen et de l'ovaire ; c'est une période critique très sensible aux conditions climatiques défavorables. La période épiaison - floraison généralement très courte augmente avec un allongement de la durée d'éclairement.

Pour l'ensemble d'un pied de paddy l'épiaison ne s'échelonne guère sur plus d'une semaine ou au maximum 10 jours. La durée totale de la floraison d'une panicule est de 5 jours à 9 jours pour un plant jusqu'à 3 semaines en fonction du tallage. La réalisation de la floraison dépend de la température et de l'hygrométrie.

L'autofécondation est la règle ; il existe un faible taux de pollinisation croisé à courte distance par le vent et les insectes ; la fécondation se produit 4 à 5 jours après la pollinisation (Caron et Granès, 1993).

3.3.3. Phase de maturation

L'embryon est complet au 10ème jour après fécondation, le grain prend sa taille définitive environ au bout de 26 jours alors que sa texture est encore laiteuse, puis devient pâteuse et dure en pleine maturité. Cette phase dure 30 à 35 jours ; la maturité progresse du haut vers le bas de la panicule (Caron et Granès, 1993).

3.4. Ecologie

3.4.1. Température

La température est l'un des facteurs climatiques les plus importants pour le développement d'une culture.

A la germination l'optimum de température se situe entre 35 et 37°C avec un minimum de 18 °C et un maximum de 40° C. la température est létale à 50° C (Caron et Granès, 1993).

La vitesse de tallage varie avec la température lorsque cette dernière est comprise entre 15 et 30° C. Le nombre de talle diminue lorsque la température dépasse 32 à 34° C.

Les basses températures à la floraison ont des conséquences graves sur le rendement ; la formation des épillets, du pollen et des ovaires est compromise ; l'épiaison est retardée, la taille des tiges et des panicules réduites.

L'optimum de température pour l'ouverture des fleurs et la pollinisation se situe respectivement à 22 – 32° C et 26 – 37° C (Caron et Granès, 1993). La température de l'eau d'irrigation ne doit pas descendre en dessous du seuil minimum de 13 à 14° C ; l'optimum est de 30 à 34° C (Carton et Granès, 1993).

3.4.2. Lumière

A la phase juvénile la photopériode n'a pas ou peu d'action sur le développement du riz (3 à 5 semaines en générale). La sensibilité à la photopériode pour l'initiation paniculaire est une caractéristique variétale. Pour les variétés hâtives, la durée d'éclairement journalière optimale se situe entre 10 et 11 heures au-delà de laquelle l'initiation est retardée ou arrêtée ; la croissance de l'inflorescence semble être influencée par la durée de la photopériode qui agit en interaction avec la température. Pour les variétés les plus sensibles, un éclaircissement plus long retarde l'épiaison (Caron et Granès, 1993).

Un très faible accroissement de l'intensité lumineuse a un effet important sur le riz : photosynthèse plus importante, meilleure assimilation des éléments minéraux ; le manque de lumière au moment de la floraison augmente le nombre d'épillets stériles.

3.4.3. Eau

Le riz exige 160 à 200 mm d'eau par mois au cours de son cycle de développement. Son coefficient de transpiration varie de 250 à 650 g d'eau/g de matière sèche selon les

variétés et les conditions de culture (Caron et Granès, 1993). Les besoins sont faibles en début de croissance augmentent très rapidement au moment du repiquage, atteignent une valeur maximale après tallage, diminuent ensuite de l'épiaison à la floraison puis s'accroissent pendant une vingtaine de jours et enfin diminuent fortement les vingt derniers jours de végétation (Caron et Granès, 1993). Les périodes de sensibilité à la sécheresse sont celles du développement racinaire et de l'épiaison – floraison (20 jours avant, 5 jours après). L'excès d'eau est très préjudiciable au riz ; il perturbe gravement la germination, la reprise des plants repiqués et le tallage, les dégâts dépendent du degré et de la durée de la submersion, aggravés par la température et la turbidité élevée de l'eau (Caron et Granès, 1993).

Le degré d'hygrométrie intervient sur la réussite de la floraison (optimum 70 à 80 % ; en dessous de 40 % et au delà de 95 %, elle est impossible) (Caron et Granès, 1993).

3.4.4. Exigences édaphiques

Le riz est un peu exigeant quant aux qualités physiques et chimiques du sol, et il est cultivé sur les sols les plus divers, tant en pluvial qu'en irrigué.

Une texture grossière ou sableuse est la plus défavorable à la riziculture aquatique. Un taux d'argile de 40 % dans l'horizon supérieur semble particulièrement favorable ; dans tous les cas, les sols destinés à la riziculture irriguée se transforment sous l'action de la submersion, du drainage et du travail de l'homme (Caron et Granès, 1993).

En culture sèche, comme pour les autres céréales, le sol le plus favorable au riz est le sol limoneux, limono – argileux, meuble et bien drainé.

Le pH peut varier dans une large gamme de 4 à 8. L'optimum se situe entre 6 et 7. Les éléments essentiels à la croissance du riz sont les majeurs N, P, K et certains oligo-éléments tels que le Fe, le Mn et le Si sous forme assimilable (Caron et Granès, 1993).

3.4.5. Altitude

Le riz est une plante plastique qu'on cultive de l'équateur à 45° de latitude et de 0 à 1500 m d'altitude (Caron et Granès, 1993). Il pousse aussi bien au niveau de la mer qu'en altitude pourvu que les conditions concernant la chaleur et l'eau soient satisfaites.

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

1. Site

L'essai a été conduit pendant la contre-saison froide, dans la station de recherches agricoles de l'ISRA à Fanaye du 5 janvier à fin mai 2012.

Fanaye (16°33 Nord et 15°46 Ouest) se trouve dans la basse vallée, environ 160 km de l'embouchure du fleuve Sénégal et plus précisément dans le département de Podor, région de Saint-Louis.

Le site se situe entre le marigot appelé Ngalanka et la route nationale n°2. Il occupe une superficie de 117 ha dont 12 ha sont aménagés et raccordés à une motopompe.

Le climat est de type sahélien, caractérisé par trois (3) saisons :

- ✓ la saison des pluies : de juillet à septembre, chaude et humide avec une humidité relative très élevée et des températures qui oscillent entre 23 et 35° C. La hauteur moyenne annuelle tourne autour de 220 mm (Tableau 1, figure 2);
- ✓ la saison sèche froide : de mi-novembre à février avec des températures minimas de 12 et 16°C et une humidité relative très basse ;
- ✓ la saison sèche chaude : de mars à juin avec des températures maximales de 40°C et des vents chauds et secs chargés de poussière.

Tableau 1 : Pluviométrie de Fanaye de 2005 à 2012

Années	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Hauteurs (mm)	160,4	282,2	223,9	202,9	219,7	375	148,9	280,5
Nombre de jours	14	20	22	18	18	22	13	15

(Source : Station ISRA Fanaye, 2012)

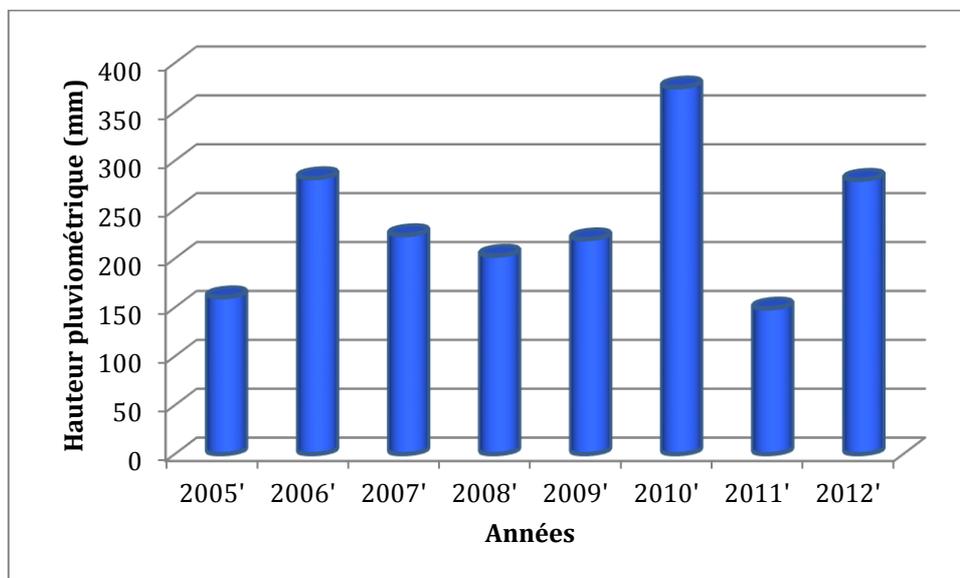


Figure 2 : Histogramme de la hauteur pluviométrique de Fanaye de 2005 à 2012

Le site présente trois (3) types de sols :

- hollaldé : vertisol à Gley de surface ;
- faux hollaldé : vertisol à tâches et sur lequel a été installé l'essai ;
- fondé : sol peu évolué d'apport hydromorphe, pseudogley à tâches.

La végétation est dominée par une savane arbustive qui est essentiellement composée de : *Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Acacia nilotica*, *Combretum micrantum* et *Balanites aegyptiaca*.

2. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de neuf (9) variétés d'origine sud coréennes et trois (3) témoins que sont la Sahel 134, la Sahel 210 et le Nerica S 19.

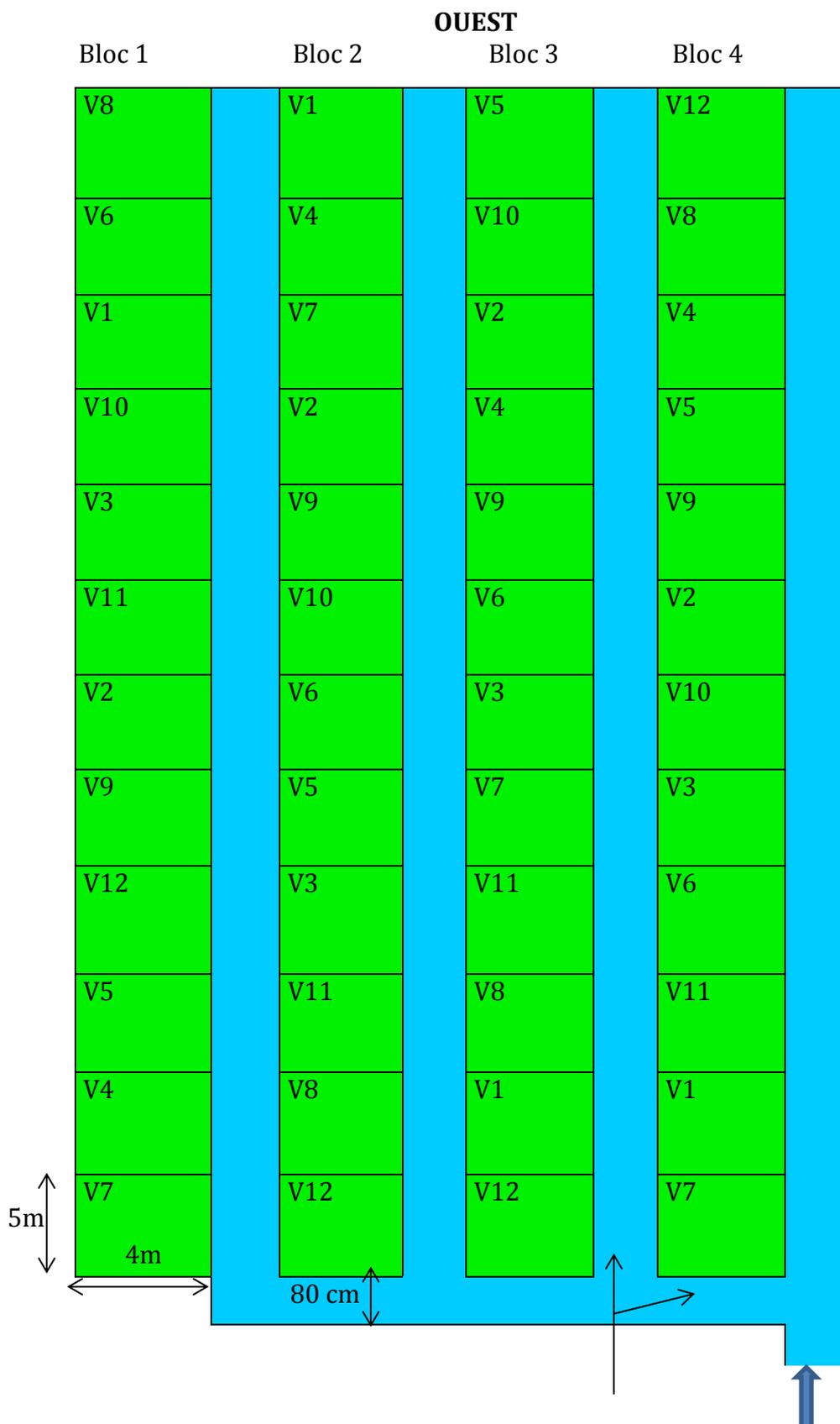
Tableau 2: Liste des différentes variétés de l'essai

Désignation	Variétés
V1	MILYANG 23
V2	TAEBAEGRYEO
V3	SAMGANGBYEO
V4	HANAREUMBYEO
V5	DASAN 2
V6	SAEGYEAJINMI
V7	KEUNSOEM
V8	UNKWANGBYEO
V9	JINMIBYEO
V10	NERICA S 19
V11	SAHEL 134
V12	SAHEL 210

3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un plan en blocs aléatoires randomisés complets avec quatre (4) répétitions (Figure 3).

Le facteur étudié constitue les variétés. Nous avons quatre (4) blocs. Chaque bloc compte douze (12) unités expérimentales (UE) qui abritent chacune une variété. Les blocs sont séparés entre eux par des canaux d'irrigation de 80 cm. Chaque UE est délimitée par une diguette de 30 cm et a comme dimension 4m sur 5m, soit 20 m² de superficie.



EST Canaux Entrée eau

Figure 3 : Plan du dispositif expérimental

4. Conduite de l'essai

Les plants sont repiqués après un séjour d'un mois en pépinière, dans les UE bien préparées : deux passages d'offset, un planage à sec, une mise en boue suivie d'un planage en humide. Ainsi la date de semis a eu lieu le 5 janvier. Le repiquage s'est effectué le 3 Février avec des écartements de 20 cm sur 20 cm et un brin par poquet. Le remplacement des manquants s'est fait aussitôt après la reprise des plants.

Les parcelles sont irriguées à la demande et en moyenne deux (2) fois par semaine avec une lame d'eau de 5 cm.

La fumure de fond appliquée avant repiquage est le di-ammonium phosphate (DAP) à la dose de 100 kg/ha. L'épandage d'urée s'est effectué à la dose de 300 kg/ha, en deux applications : 150 kg/ha au début tallage et la même dose à l'initiation paniculaire.

Le Kalach (2 l/ha), avant offset et le mélange Propanil (8 l/ha) plus Weedone (1 l/ha), 15 jours après repiquage ont été utilisés comme traitement herbicide. Le désherbage manuel s'est fait un mois environ après repiquage et aussi à la demande.

Le Furadan (2 kg/ha), 25 jours après repiquage et le Diméthoate (1,5 l/ha), en début maturité ont été utilisés comme traitement insecticide.

Un gardiennage a été assuré pour la protection contre les oiseaux granivores.

5. Variables étudiés

Pour mieux évaluer les différentes variétés coréennes sur le plan agromorphologique nous avons :

- observé les dates 50 % épiaison, 50 % floraison et 50 % maturité, l'exsertion et la forme paniculaire ;
- mesuré la hauteur des plants et la longueur de la panicule ;
- compté le nombre de talles à 60 jours après repiquage et le nombre de panicule par m² ;
- calculé le pourcentage de stérilité ;
- pesé le poids de 1 000 grains
- et en fin évalué le rendement en t/ha et à l'humidité 14 %.

6. Méthodes de collecte de données

- La période de 50 % d'épiaison est le nombre de jours du semis à l'épiaison de 50 % des plants d'une variété sur une parcelle donnée.
- La période de 50 % de floraison est le nombre de jours du semis à la floraison de 50 % des plants d'une variété sur une parcelle donnée.
- La période de 50 % maturité est le nombre de jours du semis à la maturité de 50 % des plants d'une variété sur une parcelle donnée.
- L'exertion paniculaire a été observée après récolte avec les codes suivants : 1 = panicule emboîtée dans la gaine ; 3 = panicule un peu au dessus du collier du drapeau ; 5 = la base de la panicule coïncide avec le collier du drapeau ; 7 = la base de la panicule est au dessus du collier du drapeau ; 9 = la base de la panicule apparaît bien au dessus du drapeau (Figure 4).

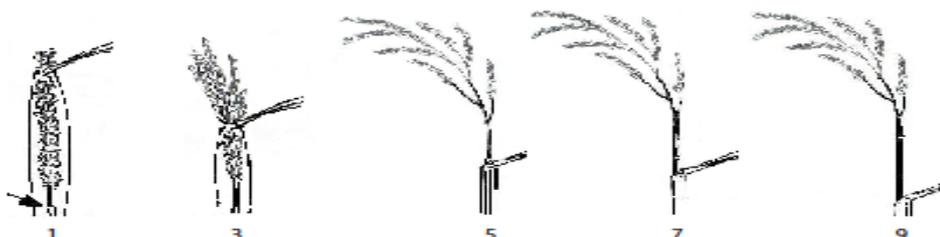


Figure 4 : Les différentes formes d'exertion paniculaire (Source cahier d'observation des essais à la station de l'ISRA à Fanaye)

- Quant à la forme paniculaire la codification suivante a été adoptée : 1 = panicule compacte ; 3 = panicule semis compacte ; 5 = panicule lâche, ouverte ; 7 = panicule horizontale ; 9 = panicule touffue (Figure 5).

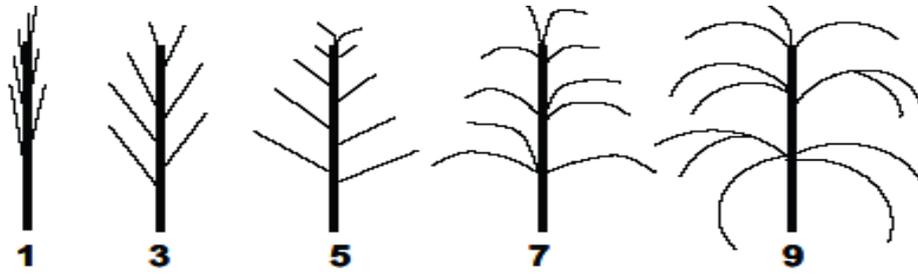


Figure 5 : Les différentes formes de panicule (Source cahier d'observation des essais à la station de l'ISRA à Fanaye)

- Le comptage du nombre de talles a été effectué 60 jours après repiquage. 10 touffes ont été choisies au hasard à l'intérieur de chaque parcelle. Ainsi une moyenne a été calculée sur la base du nombre total de talles que comptent ces 10 touffes choisies. Cette même opération a été reprise à la veille de la récolte.
- La hauteur des plants a été mesurée à la veille de la récolte. 10 plants ont été choisis au hasard à l'intérieur de chaque parcelle puis mesurés à l'aide d'une règle graduée, en partant du niveau du sol jusqu'au sommet de l'épi. La moyenne des 10 plants mesurés représente ainsi la hauteur moyenne de la variété.
- Le comptage du nombre de panicules par m² a été effectué avec une placette de 0,25 m² placée à 4 endroits différents à l'intérieur de chaque parcelle. Les plants sont fauchés et le nombre total de panicules des 4 échantillons de 0,25 m² compté.
- Le pourcentage de stérilité a été calculé sur la base d'un échantillon de 10 panicules pris au hasard dans chaque parcelle. L'échantillon est égrené et le nombre de grains remplis et de grains vides comptés. Le rapport grains vides sur total grains, multiplié par 100, nous donne ainsi le pourcentage de stérilité.
- Le poids de 1 000 grains a été obtenu en pesant à l'aide d'une balance 1 000 grains remplis pris dans le même échantillon qui nous a permis de calculer le pourcentage de stérilité pour chaque parcelle.
- Le rendement (t/ha) a été calculé dans un premier temps sur la base d'un échantillon de poids pris par m² sur chaque parcelle puis extrapolé en t/ha. Et pour une meilleure estimation de la production de grains (t/ha), le calcul est fait ensuite à partir du taux d'humidité standard de 14 %. En outre le taux d'humidité des grains a été obtenu en prélevant un échantillon de grains remplis pour chaque parcelle, et en le mesurant avec un humidimètre.

7. Méthode d'analyse de données

La saisie des données collectées a été effectuée par le tableur Excel.

L'analyse de variance a été faite avec le logiciel Genstat discovery édition 4.

Les graphiques ont été effectués sur Excel avec la table des moyennes issue de l'analyse de variance.

La comparaison des moyennes a été faite avec la plus petite différence significative (PPDS) ou LSD (Least Significant difference) au seuil de 5 %.

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. RESULTATS

1.1. Evaluation de la tolérance au stress froid des plantules en pépinière

La pépinière a été installée en début janvier. Les températures minima du mois de janvier au 02 février ont varié de 6,8 à 21°C (Figure 6). Ceci a provoqué un stress froid sur les plantules avec comme conséquences :

- ✓ un prolongement de la durée du développement végétatif au stade pépinière qui s'est étalée sur un mois au lieu des 21 jours en contre saison normale (semis du 15 février) ;
- ✓ un taux de reprise assez mitigé pour l'ensemble des variétés : les variétés coréennes Taebaegryeo, Unkwangyeo n'ont pas bien levé (photo en annexe 1). En effet ceci a entraîné un défaut de remplissage de certaines parcelles ;
- ✓ un jaunissement observé sur certaines plantules en pépinière (photo en annexe 2) ;
- ✓ une faible vigueur végétative qui a occasionné après le repiquage des mortalités chez les variétés Saegyeajinmi, Hanareumbyeo, Dasan 2, Jinminbyeo et Samgangbyeo.

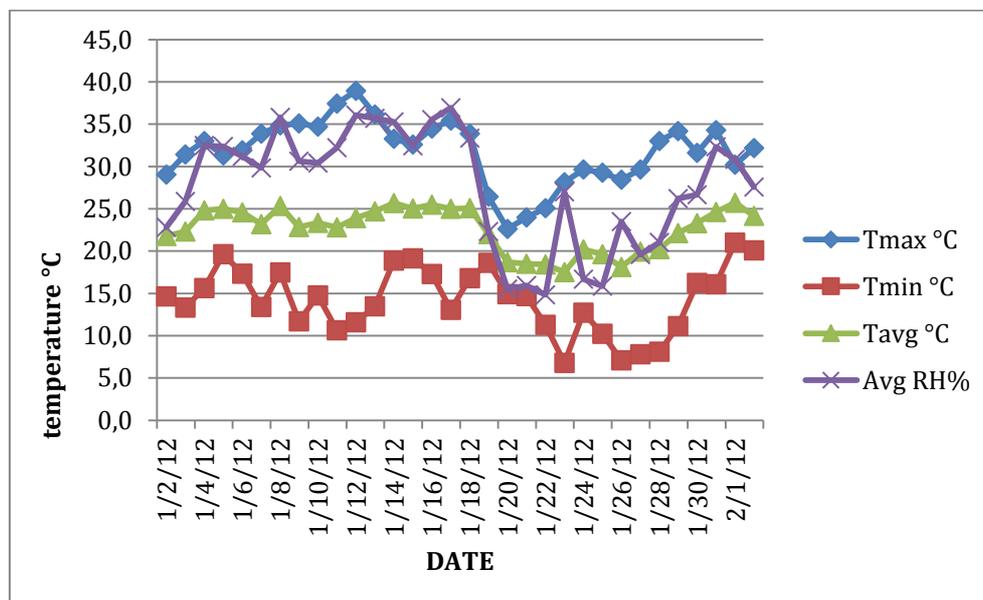


Figure 6 : Variation de la température en Janvier à la station de Fanaye

1.2. Etude de l'évolution du cycle de développement

Les moyennes des composantes du cycle de développement des différentes variétés sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Variation du cycle de développement en fonction des variétés

Variétés	50% épiaison	50% floraison	50% maturité
Dasan 2	119,8	122,2	140,2
Hanareumbyeo	116,2	118,5	140,5
Sahel 134	121,2	123,4	138,1
Jinmibyeo	116,2	119	152,2
Keunsoem	110,2	112,8	137,5
Milyang 23	132,8	135	156,5
Nerica S 19	134	136	153,5
Saegyeajinmi	128,2	130,2	156,2
Sahel 210	125	127,5	147,5
Samgangbyeo	118,8	121,2	142
Taebaegryeo	117,8	119,8	143,2
Unkwangyeo	115,8	118,2	137,5
Moyenne générale	121,3	123,7	145,4
F pr.	0,085	0,083	0,06
PPDS (5 %)	-	-	-

F pr. : Probabilité

PPDS : Plus petite différence significative

1.2.1. Nombre de jours 50 % épiaison

L'analyse de la variance montre qu'il n'existe pas une différence significative au seuil de 5 % ($F_{pr}=0,085$).

Le nombre de jours à 50 % épiaison varie entre 110 et 134 jours (Figure 7). Les variétés Milyang 23 et le Saegyeajinmi ont en moyenne un cycle végétatif plus important (respectivement 133 et 128 jours). Par contre les autres variétés coréennes ont moins de 120 jours à 50 % épiaison.

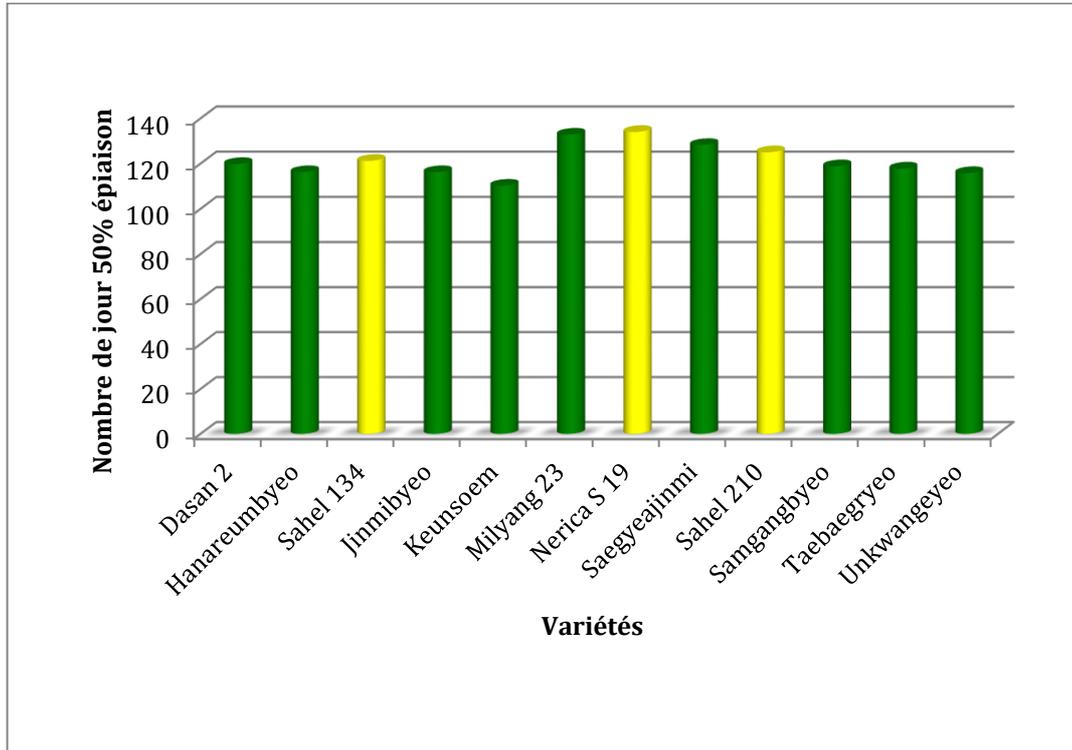


Figure 7: Variation du nombre de jour à 50 % épisaison par variété

1.2.2. Nombre de jours 50 % floraison

L'analyse de la variance du nombre de jours 50 % floraison montre qu'il n'existe pas une différence significative entre les différentes variétés testées ($F_{pr.}=0,083$). Par ailleurs nous constatons les mêmes différences de cycles (Figure 8) que celles obtenues à 50 % épisaison.

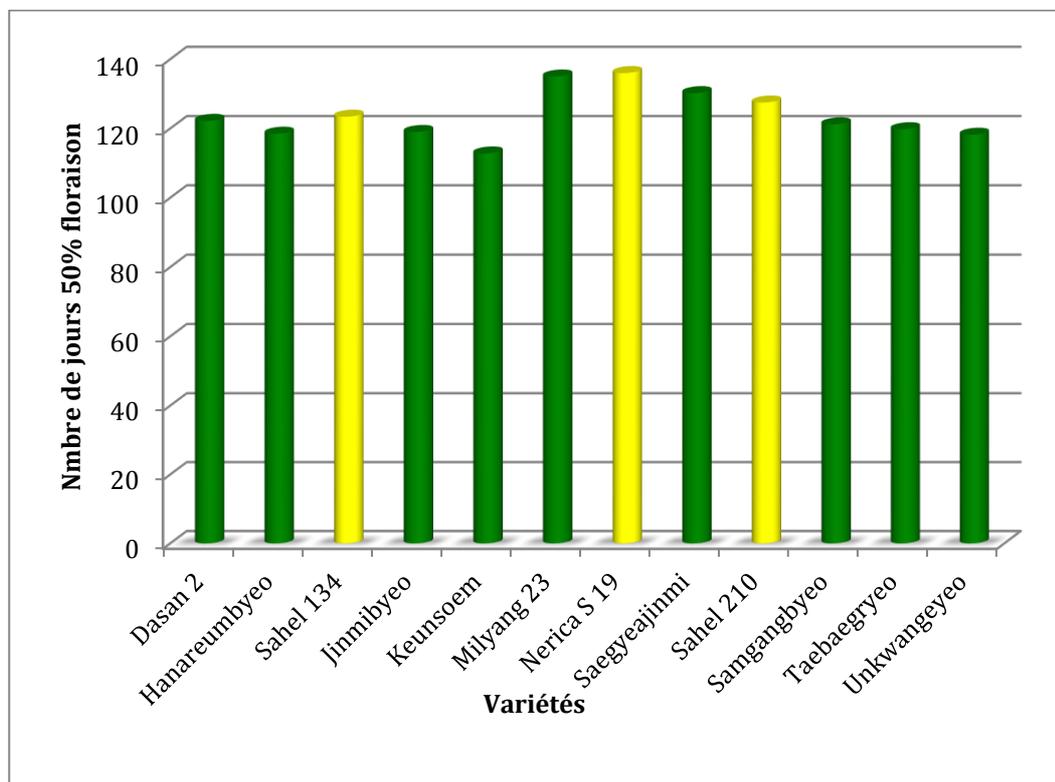


Figure 8 : Variation du nombre de jour à 50 % floraison par variété

1.2.3. Nombre de jours 50 % maturité

L'analyse de la variance du nombre de jours à 50 % maturité montre aussi qu'il n'y a pas une différence significative entre les 12 variétés testées ($F_{pr}=0,060$). Les moyennes issues de l'analyse de variance varient entre 138 et 157 jours (Figure 9).

Les variétés Milyang 23, Saegyeajinmi et le Jinmiby eo sont les plus tardives, dépassant 150 jours. Par ailleurs les autres variétés coréennes ont un cycle de maturité plus précoce avec un nombre de jours variant entre 137 et 140 en moyenne.

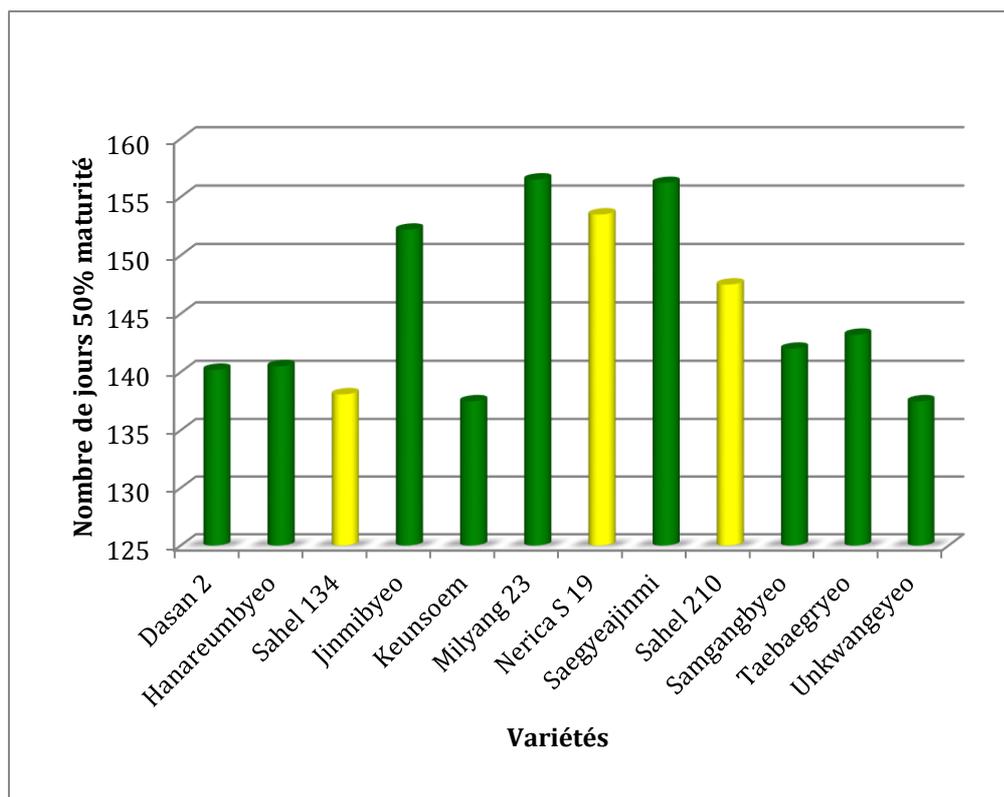


Figure 9 : Variation du nombre de jour à 50 % maturité par variété

1.3. Caractéristiques agromorphologiques

Les moyennes des caractéristiques agromorphologiques (hauteur des plants et longueur paniculaire) des différentes variétés sont consignées dans le tableau 4 avec leur classification selon la PPDS.

Tableau 4 : Variation de la hauteur des plants et de la longueur paniculaire en fonction des variétés

Variétés	Hauteur plants (cm)	longueur paniculaire (cm)
Dasan 2	75,3	17,71 d e
Hanareumbyeo	64,4	17,9 d e
Sahel 134	70,8	18,05 d e
Jinmibyeo	72,1	17,15 e
Keunsoem	64,1	17,09 e
Milyang 23	77,6	18,66 c d
Nerica S 19	71,8	22,6 a
Saegyeajinmi	75,3	17,8 d e
Sahel 210	81,4	22,26 a
Samgangbyeo	74,6	20,15 b
Taebaegryeo	65,8	18,9 c
Unkwangyeo	66,1	14,28 f
Moyenne générale	71,6	18,55
F pr.	0,141	< 0,001
PPDS (5%)	-	1,655

Les valeurs suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes selon la PPDS au seuil de 5 %.

1.3.1. Hauteur totale des plants

L'analyse de variance de la hauteur totale des plants montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différentes variétés ($F_{pr}=0,141$). La hauteur varie entre 64,1 et 81,4 cm (Figure 10).

Les variétés coréennes Milyang 23, Dasan 2, Saegyeajinmi, Samgangbyeou sont les plus grandes, dépassant 72 cm.

Le reste des variétés coréennes ont une hauteur variant entre 64 et 66 cm.

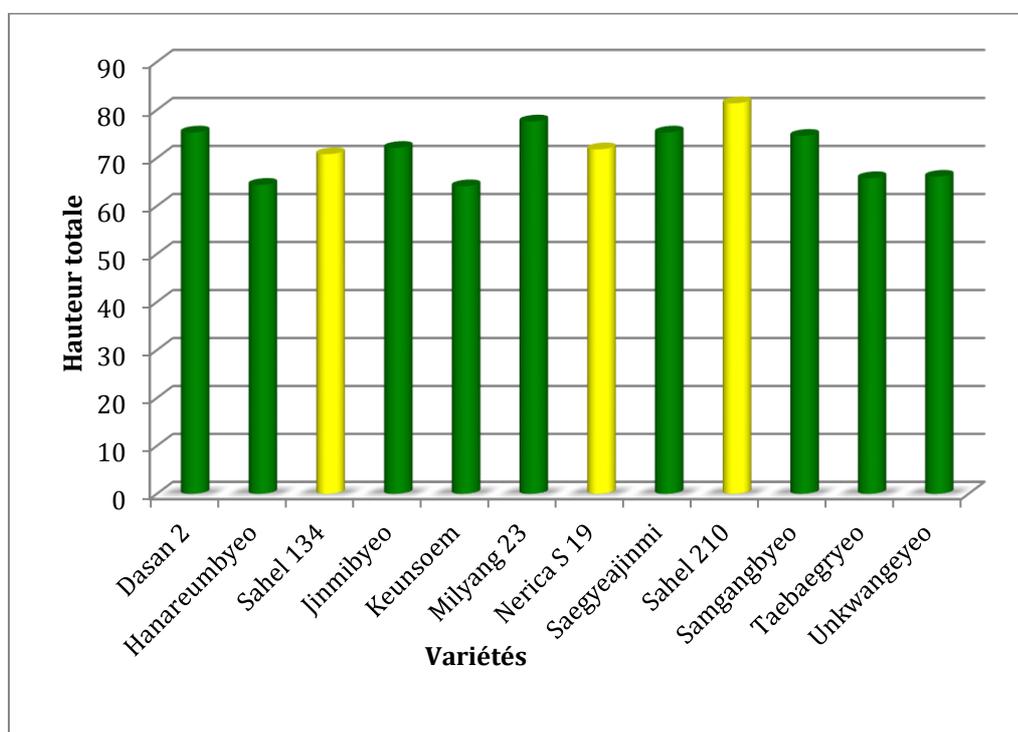


Figure 10 : Variation de la hauteur des plants en fonction des variétés

1.3.2. Longueur paniculaire

L'analyse de variance de la longueur paniculaire montre qu'il y a une différence très hautement significative ($F_{pr.} < 0,001$). Les longueurs paniculaires varient entre 22,6 et 14,28 cm (Figure 11) avec une plus petite différence significative (PPDS) qui est de 1,655. Il est important d'indiquer d'après la comparaison des moyennes avec la PPDS que la variété Samgangbyeo présente la plus grande longueur paniculaire parmi les variétés coréennes. Elle est suivie de Taebaegryeo avec 18,9 cm puis de Milyuang 23 avec 18,66 cm. La quatrième classe est formée par les variétés Hanareumbyeo, Saegyeajinmi et Dasan 2 qui présentent des longueurs similaires. Les variétés Keunsoem et Jinminbyeo présentent elles aussi des longueurs similaires. Par contre la variété Unkwangyeo a la plus petite longueur paniculaire avec 14,28 cm.

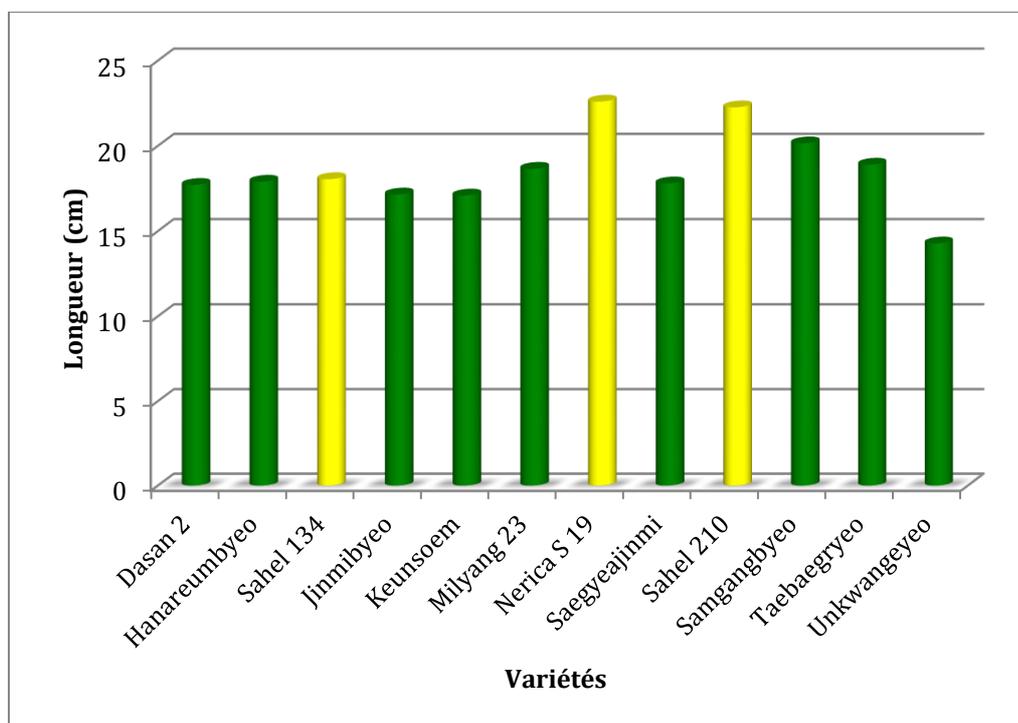


Figure 11 : Variation de la longueur paniculaire en fonction des variétés

1.3.3. Forme paniculaire

Les observations faites sur les plants au stade de maturité et sur les échantillons prélevés indiquent que toutes les variétés coréennes ont une forme semi-compacte, exceptée la variété coréenne Saegyeajinmi qui a une forme paniculaire touffue. Par contre les trois témoins sont de forme paniculaire compacte.

1.4. Etude de l'évolution des composantes de rendement

Les moyennes issues de l'analyse de variance des composantes de rendement et le rendement des différentes variétés ainsi que leur classement sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Variation des composantes de rendement et du rendement en fonction des variétés

Variétés	Tallage	Nombre panicule/m ²	Poids paniculaire	Poids 1000 grains (g)	% Stérilité	Rendement (t/ha)
Dasan 2	27.1	383	1,725 a b	21,25 a b	53,6 a b	3,24
Hanareumbyeo	23.7	360	1,345 b	19,57 a b	24,6 c	4,19
Sahel 134	31.1	418	1,265 b	18,81 a b	40,2 b c	3,37
Jinmibyeo	23.6	426	1,325 b	19,98 a b	39,1 b c	1,45
Keunsoem	29.6	502	1,202 b	17,41 b	65,7 a	2,65
Milyang 23	35.1	448	1,465 b c	20,74 a b	47,2 b c	3,07
Nerica S 19	29.9	376	2,315 a	23,83 a	50,9 b c	3,11
Saegyeajinmi	39.5	393	1,76 a	22 a b	38,8 b c	4,11
Sahel 210	28.8	378	1,642 b	22,9 a	59,2 a b	2,78
Samgangbyeo	31.5	431	1,492 b	18,25 a b	65 a b	3,29
Taebaegryeo	30.7	426	1,232 b	20,33 a b	48 b c	2,99
Unkwangeyeo	33.7	426	0,612 c	9,15 c	81,8 a	1,14
Moyenne générale	30,4	206,9	1,449	19,52	51,2	2,95
F pr.	0,085	0,478	0,001	0,003	0,034	0,671
PPDS (5%)	-	-	0,5973	5,768	29,1	-

Les valeurs suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes selon la PPDS au seuil de 5 %.

1.4.1. Nombre de talles à 60 jours après repiquage

L'analyse de variance du tallage à 60 jours montre qu'il n'y a pas une différence significative entre les 12 variétés testées ($F_{pr.}=0,085$). Le nombre de talles à 60 jours après repiquage varie en moyenne entre 27 et 39 (Figure 12). Les variétés Saegyeajinmi, Milyang 23, Samgangbyeo et Taebaegryeo ont un tallage plus important que les autres variétés coréennes testées, dépassant 30 talles par plant. Ces variétés sont suivies par Keunsoem et Dasan 2 avec respectivement 29 et 27 talles par plant. En outre les variétés Hanareumbyeo et Jinmibyeo présentent le plus faible tallage avec un nombre de talles par plant inférieur à 25.

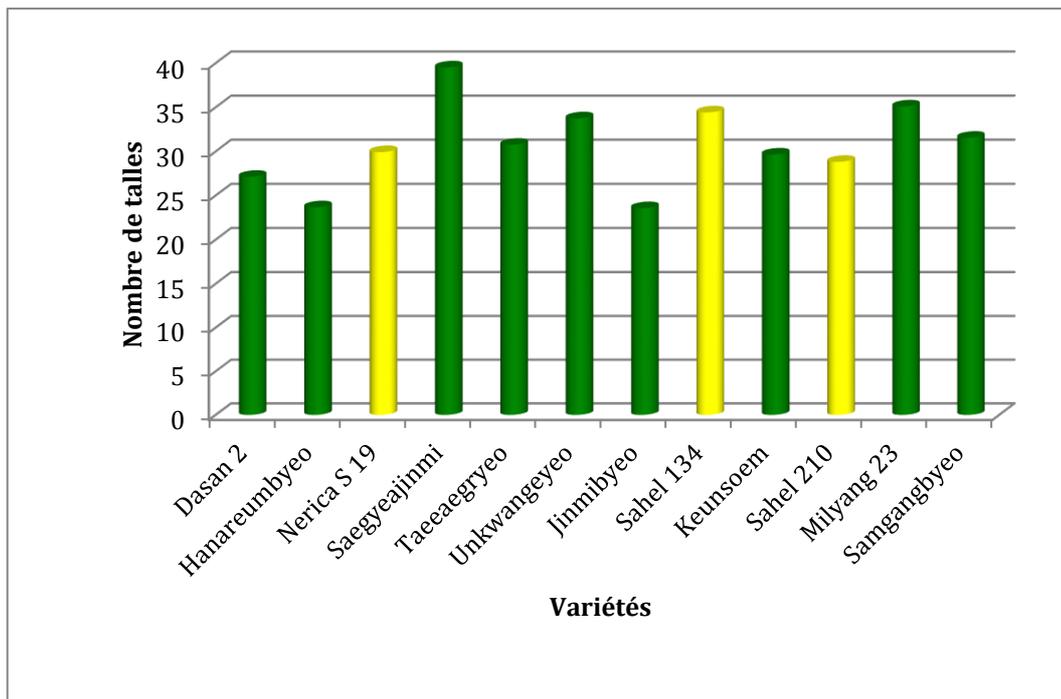


Figure 12 : Variation du tallage à 60 jours après repiquage en fonction des variétés

1.4.2. Nombre de panicules par m²

L'analyse de variance du nombre de panicules par m² montre aussi qu'il n'y a pas une différence significative entre les différentes variétés ($F_{pr.}=0,478$). Le nombre de panicules par m² varie entre 360 et 502 (Figure 13). Il est important de noter que les variétés respectives Keunsoem, Milyang 23, Samgangbyeo, Taebaegryeo, Unkwangeyeo et Jinminbyeo ont le plus grand nombre de panicules par m², dépassant 425. Par contre les autres variétés coréennes ont un nombre de panicules par m² inférieur à 400.

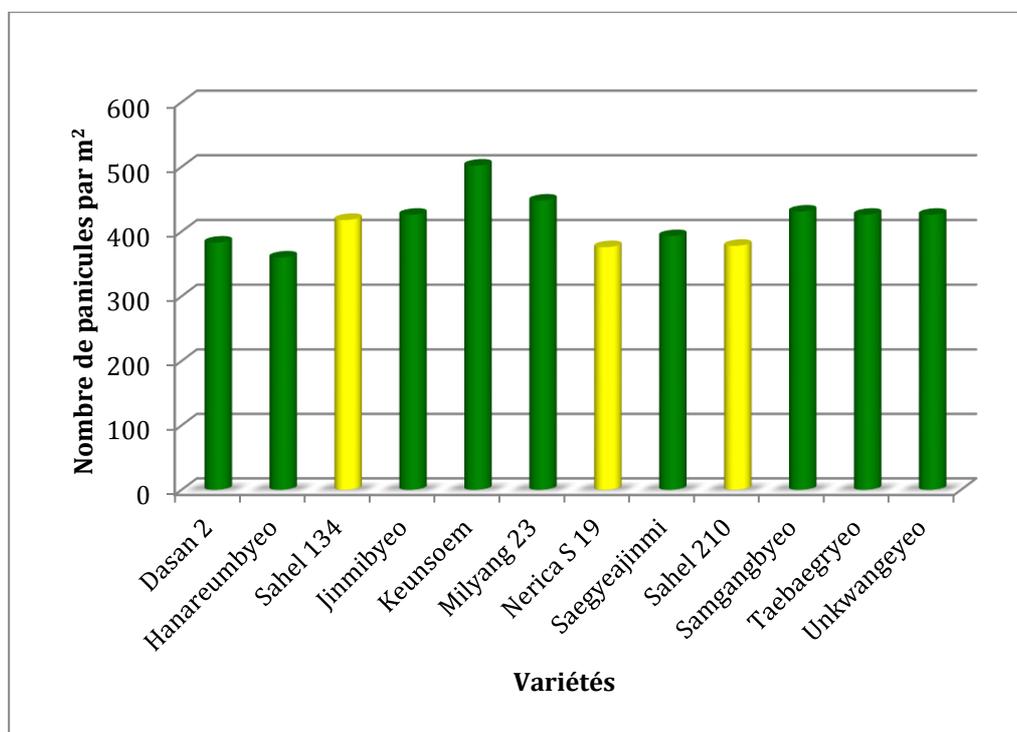


Figure 13 : Variation du nombre de panicules par m² en fonction des variétés

1.4.3. Poids paniculaire

L'analyse de variance du poids paniculaire montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différentes variétés testées ($F_{pr}=0,001$). Les moyennes issues de l'analyse de variance varient entre 0,6 et 2,3g (Figure 14) avec une PPDS égale à 0,5973. D'après la comparaison des moyennes avec la PPDS différentes classes se dégagent. Saegyeajinmi et Dasan 2 présentent les plus grands poids parmi les variétés coréennes avec respectivement 1,76 et 1,72 g. Elles sont suivies des autres variétés coréennes qui ont des poids similaires à l'exception de Keunsoem avec 1,2 g et Unkwangyeo qui a le plus faible poids paniculaire.

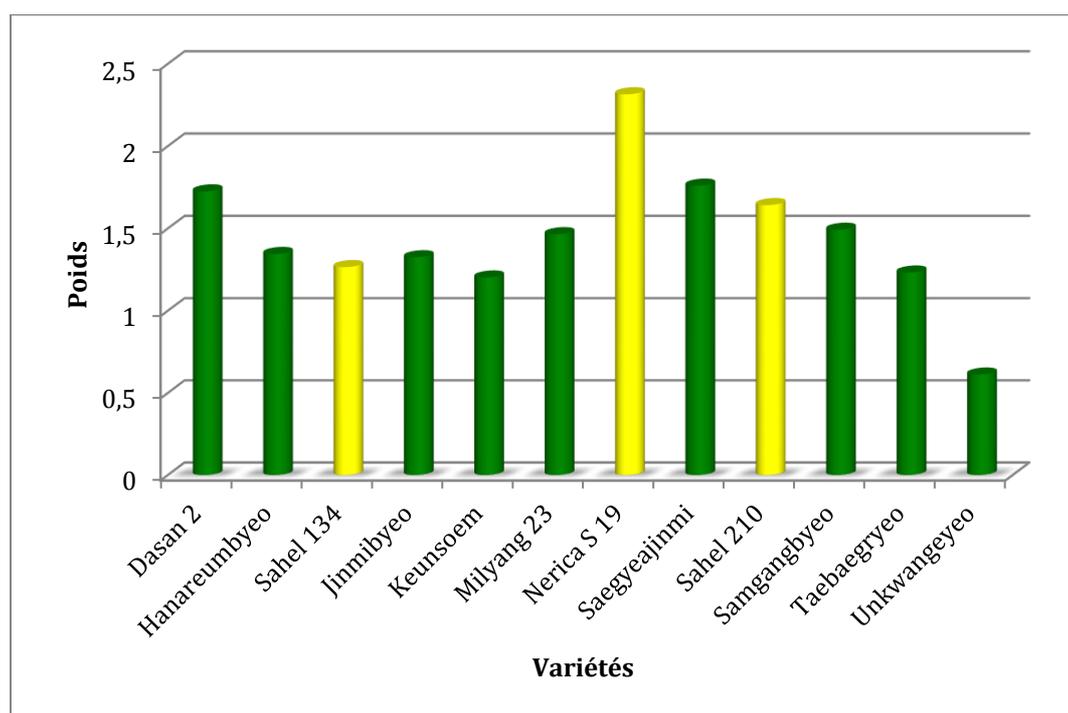


Figure 14 : Variation du poids paniculaire en fonction des variétés

1.4.5. Poids de 1000 grains

L'analyse de variance du poids de 1000 grains montre une différence très significative entre les différentes variétés ($F_{pr.}=0,003$). Les moyennes issues de l'analyse de variance varient entre 9,15 et 23,83g (Figure 15) avec une PPDS égale à 5,768. D'après la comparaison des moyennes avec la PPDS nous observons les mêmes différences de poids que celles constatées avec le poids paniculaire. En effet toutes les variétés coréennes présentent des poids similaires, à l'exception Keunsoem et Unkwangyeo qui a un poids de 1000 grains très inférieur aux autres.

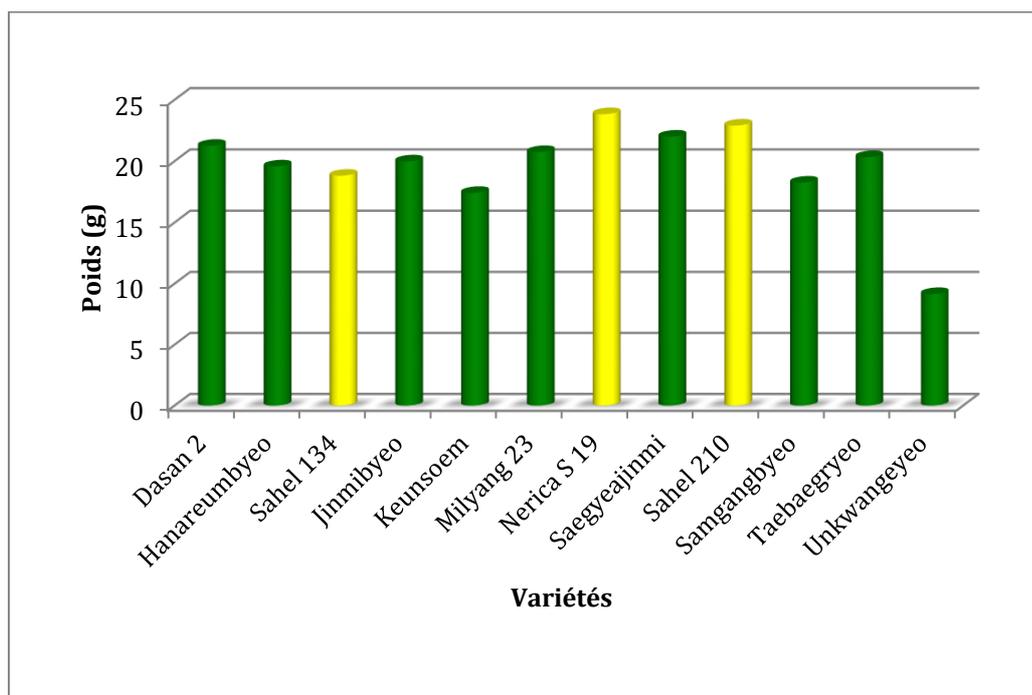


Figure 15 : Variation du poids de 1000 grains en fonction des variétés

1.4.4. Pourcentage de stérilité

L'analyse de variance du pourcentage de stérilité montre qu'il y a une différence significative entre les différentes variétés ($F_{pr.}=0,034$). Cette stérilité varie entre 24,6 et 81,8 % (Figure 16) avec une PPDS égale à 29,10. D'après la comparaison des moyennes avec la PPDS, les variétés coréennes Unkwangyeo et Keunsoem présentent les plus grands pourcentages de stérilité avec respectivement 81,8 et 65,7 %. Elles sont suivies de Samgangbyeo et Dasan 2 qui forment le deuxième niveau avec respectivement 65 et 53,6 %. Les autres variétés coréennes présentent des pourcentages similaires à l'exception de Hanareumbyeo qui a le plus faible taux de stérilité avec 24,6 %.

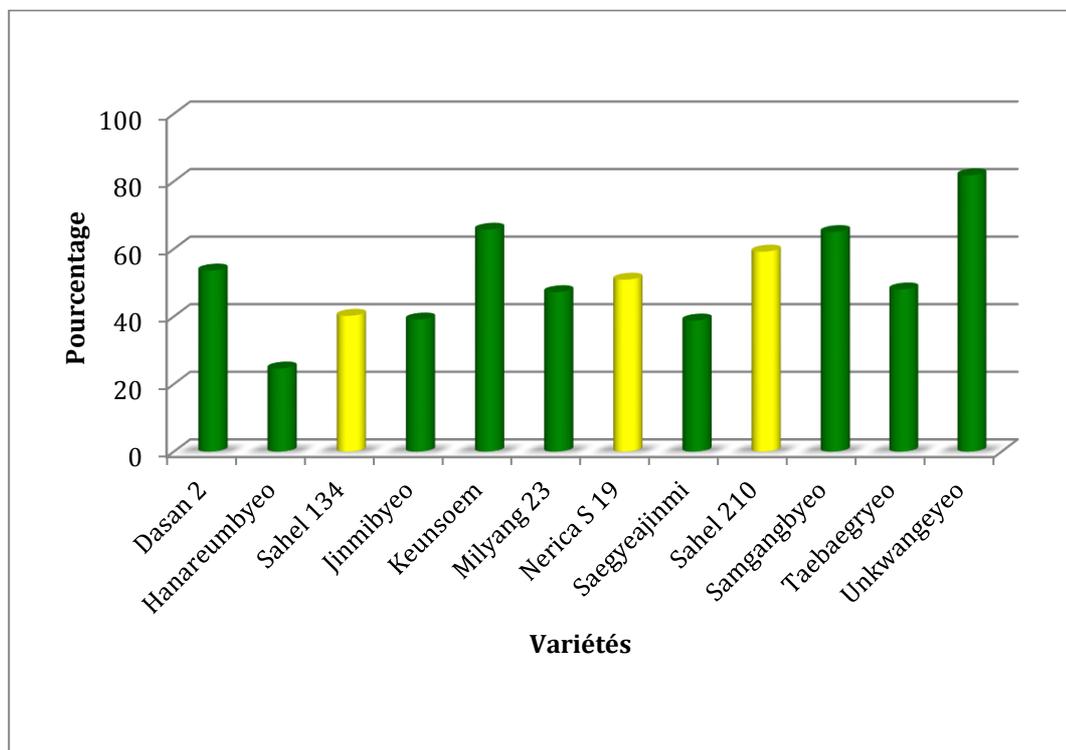


Figure 16 : Variation du pourcentage de stérilité en fonction des variétés

1.4.6. Rendement à l'humidité 14%

L'analyse de variance du rendement montre qu'il n'existe pas une différence significative entre les variétés testées ($F_{pr.}=0,671$). Il est important d'indiquer que les variétés respectives Hanareumbyeo avec 4,19 t/ha et Saegyeajinmi avec 4,11 t/ha ont les meilleurs rendements (Figure 17). Il s'en suit les variétés coréennes Samgangbyeo et Dasan 2 qui ont un rendement supérieur à 3 t/ha. Par contre les variétés Unkwangeyeo, Jinmibyeyo et Keunsoem présentent respectivement les plus faibles rendements parmi les 9 variétés coréennes.

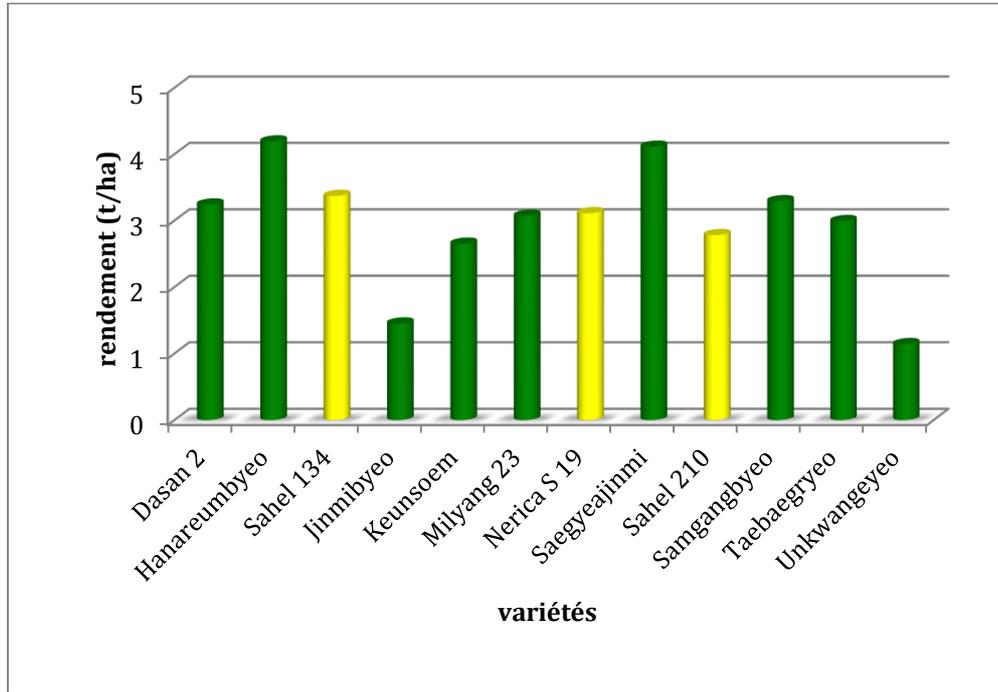


Figure 17 : Variation du rendement en fonction des variétés

II. DISCUSSIONS

Au vu des différents résultats obtenus, l'analyse de variance donnant les carrés moyens et les niveaux de significations pour les différents caractères agronomiques étudiés, présente une différence significative pour certains caractères et non significative pour d'autres indiquant qu'il existe une variabilité entre les variétés pour les caractères étudiés.

Les basses températures de janvier allant parfois jusqu'à 6°C ont entraîné des problèmes de levée observés surtout chez les variétés coréennes Taebaegryeo et Unkwangyeo. Ceci confirme les travaux de Caron et Granès (1993) qui indiquent que la température

minimale adéquate pour la levée est de 12°C et inférieur à cette dernière, on assiste éventuellement à un problème de germination, de ralentissement ou de mortalité.

La notation de la date de floraison qui survient environ 2 à 3 jours après épiaison renseigne sur la durée du cycle végétatif des variétés. Les résultats obtenus indiquent que toutes les variétés testées ont un long cycle végétatif avec une période de 50 % de floraison qui tourne autour de 124 jours en moyenne.

En outre cette étude a permis d'identifier un groupe de variétés ayant un cycle très long dépassant les 145 jours de maturité. Il s'agit respectivement des variétés Saegyeajinmi, Milyang 23 et Jinmibyeo se comportant comme les témoins Nerica S 19, et Sahel 210. En effet les variétés Nerica S 19 et la Sahel 134 ont un cycle en contre saison chaude (semis du 15 février) de 131 jours tandis que la Sahel 210 a 141 jours de maturité. On constate ainsi une rallonge respective de ces 3 dernières variétés de 16 ; 12 et 16 jours (source fiche descriptive des variétés homologuées au Sénégal) du cycle pour un semis de 5 janvier. Ceci s'expliquerait par l'effet du stress froid sur les plants qui a prolongé d'avantage le cycle végétatif et par conséquent le cycle de développement.

Pour ce qui concerne les caractères agromorphologiques, les résultats obtenus montrent une certaine ressemblance des variétés en terme de forme et d'exertion paniculaire, à l'exception de Saegyeajinmi qui se distingue des autres. Par ailleurs, au vu des résultats obtenus portant sur la hauteur des plants, deux groupes de variétés caractérisées par des hauteurs similaires se dégagent : les variétés coréennes Milyang 23, Dasan 2, Saegyeajinmi, Samgangbyeo et Jinminbyeo se comportant comme les 3 témoins avec les plus grandes hauteurs et les 4 autres variétés présentant des hauteurs plus petites. En outre, on a constaté une diminution de hauteur des témoins (la Sahel 210, le Nerica S 19 et la sahel 134) respectivement de 12 et 16 cm par rapport celles obtenues aux saisons normales (source fiche descriptive des variétés homologuées au Sénégal). Ceci s'expliquerait par des conditions défavorables liées surtout au climat.

En ce qui concerne le tallage, les résultats obtenus montrent un groupe de variétés ayant produit un nombre important de talles. En effet, les variétés Saegyeajinmi, Milyang 23, Samgangbyeo et Taebaegryeo ont le même comportement que la Sahel 134 qui est reconnu pour son bon tallage. Par ailleurs, on constate que les variétés qui ont souffert au froid en pépinière et en début de repiquage, ont un comportement de tallage très

satisfaisant. Ceci s'expliquerait par le fait que les plants ont pu survivre aux conditions de stress en développant d'autres talles.

D'autre part les résultats indiquent que les variétés Keunsoem, Milyang 23, Samgangbyeo, Jinminbyeo, Taebaegryeo et Unkwangyeo ont produit les plus grands nombres de panicules par m² juste devant la Sahel 134. Les autres variétés présentent un nombre de panicules par m² plus ou moins similaires. En outre, nous constatons que la variété Keunsoem qui a produit le plus grand nombre de panicules par m² ne figure pas parmi le groupe de variétés présentant un excellent tallage. Cette variété aurait un taux de fertilité des talles plus important par rapport aux autres. Par contre la variété Saegyeajinmi qui a produit le meilleur tallage, n'a pas donné un nombre de panicules par m² important comparé à la plupart des variétés testées. Ceci s'expliquerait par un faible taux de fertilité des talles pour cette variété.

Le comportement des variétés coréennes en terme de poids paniculaire est presque identique aux variétés Sahels 134 et 210. Cependant la variété Unkwangyeo présente un poids très inférieur par rapport aux autres tandis que le Nerica S 19 a donné le poids le plus élevé.

Ce même état de fait est constaté avec le poids de 1 000 grains. Cependant ce caractère dépend de la taille du grain. En effet, les Nerica de façon générale ont des grains plus gros hérités de l'espèce africaine. Ces résultats confirment ceux obtenus par MOUKOUMBI (2001).

Pour la stérilité, les résultats ont montré que 50 % des variétés testées ont un pourcentage supérieur à 50. Les variétés respectives Hanareumbyeo, Saegyeajinmi et Sahel 134 sont les plus fertiles avec moins de 40 % de stérilité. Ces pourcentages importants de stérilité correspondent à la formation de panicules vides. Celle-ci s'explique par un problème de sécheresse (panne du système de pompage pendant plus deux semaines) au cours de la phase de floraison qui a entraîné la formation d'épillets vides.

Le rendement maximum a été obtenu avec les variétés coréennes Hanareumbyeo et Saegyeajinmi qui ont donné par ailleurs les plus faibles taux de stérilité. Les variétés coréennes Samgangbyeo, Dasan 2 et Milyang 23 et les témoins, Sahel 134 et Nerica S ont des rendements similaires. Les variétés Keunsoem et Taebaegryeo ont aussi un rendement similaire au Sahel 210. Par contre les variétés coréennes Unkwangyeo et Jinminbyeo, caractérisées par leur grand pourcentage de stérilité présentent

respectivement les plus faibles rendements. Ces rendements faibles s'expliqueraient par la stérilité considérable et la forte pression des oiseaux (photo en annexe 3).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a pour but d'évaluer sur le plan agronomique des variétés d'origine sud coréenne sous les conditions de stress froid de la vallée du fleuve Sénégal.

Les résultats issus de l'analyse de variance ont montré une différence non significative pour la plupart des caractères étudiés.

Les plants ont souffert au stress froid entraînant un problème de levée pour certaines variétés, des mortalités et surtout un prolongement du cycle de développement.

Le tallage et le nombre de panicules par m² ont été assez bons pour la totalité des variétés. Cependant le pourcentage de stérilité a été très important chez toutes les variétés entraînant par conséquent des rendements plus ou moins faibles variant entre 1,14 et 4,19 t/ha.

Il est à noter que les variétés coréennes Hanareumbyeo et Saegyeajinmi ont produit les plus bons rendements avec respectivement 4,19 et 4,11 t/ha.

Pour parfaire les résultats obtenus en vue de mieux caractériser les variétés coréennes sous les conditions de culture de la vallée, nous recommandons de :

- ✓ répéter l'essai deux à trois fois dans le même lieu et période que le présent essai ;
- ✓ répéter l'essai avec le semis direct pour évaluer l'aptitude des variétés face aux deux conditions de semis ;
- ✓ effectuer une prégermination (trempage pendant 24 heures et incubation 20 à 36 heures) pour maximiser le taux de levée ;
- ✓ éviter la sécheresse surtout lors de la phase de floraison où le taux de stérilité est assez élevé;
- ✓ accentuer le gardiennage contre les oiseaux granivores pour ne pas fausser les rendements potentiels produits ;
- ✓ intégrer pour les prochains essais, les paramètres tels que l'incidence des nuisibles (maladies et ravageurs), la fertilité des talles, voire même la tolérance à la salinité des sols.

BIBLIOGRAPHIE

ADRAO, 1978 : « Classification des types de riziculture pratiques en Afrique de l'Ouest » Réunion sur la Recherche Rizicole; 1978/05 / Monrovia [LBR].

ADRAO, 1982 : « Projet spécial ADRAO de recherche sur le riz irrigué Richard-Toll/Fanaye, Sénégal: résultats de cinq années de recherches ... WARDA, 1982 - 137 pages.

ADRAO, 1984 : « Rapport annuel 1984 ».

ADRAO, 2000 : « Rapport annuel 2000 ».

ADRAO, 2008 : « Rapport annuel 2008 ».

ANSD, 2011 : « Note d'analyse du commerce extérieur, édition 2011 », Agence national de la statistique et de la démographie (ANSD), ministère de l'économie et des finances, Dakar, ISSN 0850 – 1513, 96 p.

ANSD, 2012 : « Bulletin mensuel des statistiques économiques de septembre 2012 » Agence national de la statistique et de la démographie (ANSD), ministère de l'économie et des finances, Dakar, ISSN 0850 – 1467, 113 p.

Aubin J. P., Deuse J et Courtesol, B., et 1974. Contribution à l'étude du glyphosate, herbicide systémique, pour lutter contre les riz à rhizomes (*Oriza longistaminata*) dans les cultures de riz irrigué au Fleuve Sénégal, IRAT, CNRA de Bambey.

Caron H., Granès D., 1993 : « Agriculture spéciale », Cours n°54, CERDI, Bambey, 168 p.

Courtois B., 2007 : « Une brève histoire du riz et de son amélioration génétique », Cirad, France, 13 p.

Davies E.L.P., 1983. Weed report OMVS, Dakar.

Diagne M., 1993. Situation de la lutte contre les mauvaises herbes dans les rizières irriguées dans la région du Fleuve Sénégal. Mémoire, ISRA-DAKAR DRCSI, St-louis Sénégal, 56.

Diallo S. and Johnson, D.E., 1997. Les adventices du riz irrigué au Sahel et leur contrôle. In: Miézan, K., M.C.S. Wopereis, M. Dingkuhn, J. Deckers, T.F. Randolph (Editors). Irrigated rice in the Sahel: Prospect for sustainable development. Pp. 311- 323.

Dingkuhn M, Penning de Vries FWT, De Datta SK, van Laar HH, 1991. Concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice. In: Direct-seeded flooded rice in the tropics. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 17-38.

Dingkuhn M, De Datta SK, Pamplona R, Javellana C, Schnier HF, 1992 : « Effect of late-season N-fertilization on photosynthesis and the yield of transplanted and direct-seeded tropical flooded rice. 2. A canopy stratification study. Field Crops Research 28: 235–249.

Dingkuhn M., 1993. Contraintes de rendement dans un périmètre irrigué du Sahel. ADRAO, Rapport annuel 1992, pp. 40-41.

Dingkuhn M., Le Gal P. Y. & Poussain J.C., 1993 : RIDEV: un developpement du riz pour le choix des varieties et calendriers culturaux. Atelier ORSTOM/CIRAD "Nianga, laboratoire de la culture irriguée" St-Louis 19-21 Octobre 1993.

Diop A.M., 1989. Weed control in the Senegal River Valley. Paper presented at the 5th house review Meeting, WARDA, 30 March- April 1989, St-Louis, Senegal, 9 pp.

Diop A. M. 1983 . Effet de différentes méthodes de préparation et de traitement herbicide sur le développement des adventices et le rendement du riz irrigué. 2^{ème} conférence OAM, Abidjan, 17 - 22 Octobre.

Diop O., Fofana M. B., Fall A. A., 2008 : « Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal », Etudes et documents, tome 1, vallée du fleuve Sénégal, vol.8, n°1, ISSN 0850-8933, 36 p.

DIOUF T., 1993 : « Projet Irrigation IV. Rapport Final de Recherches » Mars 1993.

DIOUF T., 1994 : « Projet Irrigation IV. Rapport Final de Recherches » Mars 1994.

Diouf T., 1999. Etude d'adaptation d'itinéraires techniques en milieu paysan ISRA/PSI ISRA/Fleuve

Diouf T. 1998. Etude et amélioration de la culture du riz - Hivernage 1997, ISRA/PSI ISRA/Fleuve.

Diouf T. 1996. Recherches rizicoles en phytotechnie. Rapports techniques 1992-1995 ISRA/CRA.

Fall A.A., 2010 : « Riz : désengagement de l'Etat, flambée des importations et... retour de l'Etat ? ». Pp. 57-81. Agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché. ISRA-KARTHALA, 451p.

FAO, 2011. Bulletin annuel de la FAO sur les productions agricoles. <http://www.faostat.fao>.

ISRA/BAME, 2004 : Sécurité alimentaire et stratégie de développement. <http://www.bameinfopol.info>

Godderis W., 1990. La riziculture en Afrique de l'ouest. L'amélioration d'*Oriza sativa* L. et la flore adventice des rizières de la vallée du Fleuve Sénégal. Thèse Doct. Université de Gent, 241pp.

Guèye T., Sow A. B. D., Tall C., Gaye S., Traoré K., Sié M., Cissé M., Bado V., 2008 : « Sélection participative des variétés de riz irrigué au Sénégal », Rapport technique présenté au comité national consultatif des semences et plants, ADRAO-ISRA, Décembre 2008, 14p.

MOUKOUMBI Y.D., 2001 : « Caractérisation des lignées intra spécifiques (*O sativa* x *O sativa*) et interspécifiques (*O glaberrima* x *O sativa*) pour leur adaptabilité à la riziculture de bas- fond. Mémoire de fin d'étude. Institut de Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso, 72 p

NDIAYE, J. P. 1993. Rapport analytique ISRA/DRCSI. St-Louis.

ANNEXES

Annexe 1: Table d'analyse de variance du nombre de jours 50% épiaison

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		96.8	32.3	0.28	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		2319.2	210.8	1.85	0.085
Residual	32	(1)	3638.3	113.7		
Total	46	(1)	6051.8			

Annexe 2: Table d'analyse de variance du nombre de jours 50% floraison

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		66.7	22.2	0.20	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		2235.3	203.2	1.87	0.083
Residual	32	(1)	3480.1	108.8		
Total	46	(1)	5780.9			

Annexe 3 : Table d'analyse de variance du nombre de jours 50% maturité

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		488.7	162.9	1.50	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		2409.5	219.0	2.02	0.060
Residual	32	(1)	3471.3	108.5		
Total	46	(1)	6365.			

Annexe 4 : Table d'analyse de variance de la longueur paniculaire

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		5.513	1.838	1.39	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		228.825	20.802	15.76	<.001
Residual	32	(1)	42.230	1.320		
Total	46	(1)	275.861			

Annexe 5 : Table d'analyse de variance du nombre de panicules par m²

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		12305.	4102.	2.68	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		16638.	1513.	0.99	0.478
Residual	32	(1)	49009.	1532.		
Total	46	(1)	77536.			

Annexe 6 : Table d'analyse de variance du tallage à 60 jours après repiquage

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		337.82	112.61	2.41	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		956.69	86.97	1.86	0.085
Residual	32	(1)	1498.26	46.82		
Total	46	(1)	2777.95			

Annexe 7 : Table d'analyse de variance du poids paniculaire

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		0.6155	0.2052	1.19	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		7.3195	0.6654	3.87	0.001
Residual	32	(1)	5.5036	0.1720		
Total	46	(1)	13.3474			

Annexe 8 : Table d'analyse de variance du poids de 1 000 grains

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		50.42	16.81	1.05	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		622.43	56.58	3.53	0.003
Residual	32	(1)	513.25	16.04		
Total	46	(1)	1182.31			

Annexe 9 : Table d'analyse de variance du pourcentage de stérilité

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		777.8	259.3	0.64	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		10263.0	933.0	2.29	0.034
Residual	32	(1)	13062.4	408.2		
Total	46	(1)	24086.4			

Annexe 10 : Table d'analyse de variance du rendement

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Block stratum	3		1.792	0.597	0.14	
Block.*Units* stratum						
Varieties	11		35.854	3.259	0.77	0.671
Residual	32	(1)	136.319	4.260		
Total	46	(1)	173.867			

Annexe 11 : Photo des plants des différentes variétés en pépinière



Les flèches en bleu indiquent les pépinières qui ont connu des problèmes de levée (Taebaegryeo et Unkwangeyeo).

Annexe 12 : Photo des plants mettant en exergue le jaunissement dû au stress froid



Annexe 13 : Photo mettant en exergue le gardiennage dû à la pression aviaire



Annexe 14 : Photo de quelques variétés du 4^e bloc au stade tallage

