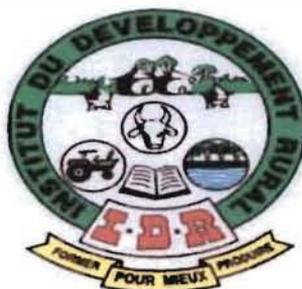


BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

THEME :

CRIBLAGE DE VARIETES ET LIGNEES ISOGENIQUES POUR LA RESISTANCE A *XANTHOMONAS ORYZAE* PV. *ORYZAE* ET ETUDE DU DEVELOPPEMENT DE L'EPIDEMIE DU FLETRISSEMENT BACTERIEN DU RIZ SUR LE PERIMETRE IRRIGUE DE BAGRE (BURKINA FASO).

Présenté par :

SAWADOGO Wendnéyidé Mathieu

Maître de stage : Dr OUEDRAOGO S. Léonard

Directeur de mémoire : Dr SOMDA Irénée

N° :-2008 AGRONOMIE

JUIN 2008

TABLE DES MATIERES

Pages

TABLE DES MATIERES-----	i
DÉDICACE-----	iii
REMERCIEMENTS-----	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS-----	vi
Liste des tableaux-----	vii
Liste des figures-----	ix
Liste des photos-----	x
RESUME-----	xi
INTRODUCTION -----	1
PREMIERE PARTIE : Généralités sur le riz et ses maladies bactériennes	
1.1. Généralités sur la plante du riz-----	3
1.1.1 Origine et diversité-----	3
1.1.2. Ecologie du riz-----	3
1.1.2.1 La température-----	4
1.1.2.2 L'hygrométrie-----	4
1.1.2.3 Le vent-----	4
1.1.2.4 Les besoins en eau-----	4
1.1.2.5 Le sol-----	4
1.2. Riz et riziculture au Burkina Faso -----	5
1.2.1 Contexte de la culture du riz au Burkina Faso-----	5
1.2.2. Les types de riziculture-----	6
1.2.2.1. La riziculture pluviale stricte-----	7
1.2.2.2. La riziculture de bas-fonds-----	7
1.2.2.3 La riziculture irriguée-----	8
1.2.3. Les contraintes à la riziculture au Burkina Faso-----	8
1.2.3.1 Les contraintes agro-pédo-climatiques-----	8
1.2.3.2. Les contraintes socio-économiques-----	8
1.2.3.3. Les contraintes biotiques-----	9
1.3. Les maladies bactériennes du riz -----	11
1.3.1 Le flétrissement bactérien-----	11
1.3.1.1 Historique-----	11
1.3.1.2 Distribution-----	11
1.3.1.3 Importance-----	11
1.3.1.4. L'agent pathogène: <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> -----	12
1.3.1.5 Les symptômes-----	13
1.3.1.6. Méthodes de lutte-----	16
1.3.2. Les stries bactériennes translucides-----	19
1.3.2.1. Agent pathogène-----	19
1.3.2.2 Symptômes-----	19
1.3.2.3. Lutte contre les stries bactériennes translucides-----	20
1.3.3. Rayures bactériennes-----	20
1.3.3.1. Agent pathogène-----	20

1.3.3.2. Symptômes.....	20
1.3.3.3. Lutte contre les rayures bactériennes.....	21
Deuxième Partie : Matériels et Méthodes	
2.1. Présentation du milieu d'étude.....	22
2.1.1. Situation géographique.....	22
2.1.2. Le relief.....	22
2.1.3 Le climat.....	22
2.1.4. La végétation.....	24
2.1.5 Les sols du périmètre.....	24
2.2 Matériels et méthodes.....	26
2.2.1 Matériels.....	26
2.2.1.1 Le matériel végétal.....	26
2.2.1.2. Les parcelles d'expérimentation.....	26
2.2.2. Méthodologies.....	26
2.2.2.1 Etude monographique (caractérisation de la plaine rizicole de Bagré).....	26
2.2.2.2 Les essais au champ.....	26
2.2.3. Analyse des données et expression des résultats.....	30
TROISIEME PARTIE : Résultats et DISCUSSION	
3.1. Résultats.....	31
3.1.1 Caractérisation des pratiques agricoles habituelles de la plaine rizicole de Bagré.....	31
3.1.1.1. Les variétés de riz utilisées à Bagré.....	31
3.1.1.2 Type et sources de semences utilisées par les producteurs.....	32
3.1.1.3. Date des différentes opérations culturales.....	32
3.1.1.4 Quantités d'engrais utilisées par producteur en moyenne sur le riz.....	33
3.1.1.5 Production de riz à Bagré.....	34
3.1.2 : Essais.....	34
3.1.2. 1 Incidence de la bactériose.....	34
3.1.2.2 Sévérité de la bactériose.....	44
3.1.2.3 Production de panicules et de riz paddy.....	48
3.1.2.4 Niveau de résistance des variétés.....	51
3.1.2.5. Principales mauvaises herbes rencontrées à Bagré.....	53
3.1.3. Suivi de l'évolution de l'épidémie de la bactériose dans la plaine rizicole de Bagré.....	55
3.1.3.1. Opérations culturales des producteurs.....	55
3.1.3.2. Incidence de la maladie.....	56
3.1.3.3 Sévérité de la maladie.....	58
3.1.3.4 Effet de la maladie sur le nombre de panicules.....	59
3.1.3.5 Influence de la bactériose sur le rendement de riz paddy.....	59
3.1.3.6 Dose d'engrais utilisé par les producteurs.....	60
3.2. DISCUSSION.....	61
3.2.1. Caractérisation de la plaine rizicole de Bagré.....	61
3.2.2. Essais.....	63
3.2.3. Suivi de l'évolution de l'épidémie de la bactériose dans la plaine rizicole de Bagré.....	67
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	70
Références bibliographiques.....	72

DÉDICACE

A mon père **SAWADOGO Yamba Pierre** ;

A ma mère **DIENDERE Ruth** ;

A mes frères et sœurs.

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

La présente étude n'aurait été possible sans le concours de certaines personnes. A travers les premières pages du présent document nous voudrions exprimer notre reconnaissance à l'endroit de toutes ces bonnes volontés qui d'une manière ou d'une autre ont contribué au bon déroulement et à l'aboutissement de notre travail. Nos remerciements s'adressent particulièrement au :

- **Dr SANOU Jacob**, Chef du CRREA de l'Ouest, qui a bien voulu nous recevoir dans la station de recherche de Farako-Bâ pour notre stage ;

- **Dr OUEDRAOGO S. Léonard**, Chercheur Phytopathologiste-Bactériologiste, Chef de Programme Cultures Maraîchères Fruitières et Plantes à Tubercule de l'INERA, notre maître de stage qui n'a ménagé aucun effort pour nous encadrer ;

- **Dr SOMDA Irénée**, Enseignant Chercheur en phytopathologie à l'IDR, qui en dépit de ses lourdes responsabilités a accepté d'être notre Directeur de mémoire et a été d'un très grand apport ;

- **Dr SERE Yacouba**, chercheur Phytopathologiste à l'ADRAO-BENIN pour sa visite sur le terrain et ses multiples apports pour la réalisation de ce travail ;

- Monsieur **DRABO Boké**, directeur général de la MOB et à tous ses collaborateurs résidants à Bagré pour nous avoir logé et nous renseigné sur la production du riz à Bagré ;

- Monsieur **KIENDREBEOGO Timbilfou**, Chercheur à l'INERA ; **WONNI Issa** et **BONZI Schémaeza**, Ingénieurs Agronomes, pour leurs soutiens multiples et multiformes ;

- **Dr SAWADOGO Abdoul Salam** et **Thio Bouma** pour leur soutien ;

- Aux techniciens **BORO Fousseni**, **PALE Oïlo** et **DENTHE Drissa** qui ont été d'un grand apport pour la réussite de ce stage ;

- Aux producteurs **BALIMA Hamidou**, **SANGO Daniel**, **ZAKANE Mahamoudou**, **BATENGO Rasmané**, **SOULGANE Mahamoudou**, **LENGANI K. Abdoulaye**, **SANA Pamoussa**, **DABONE Julien**, **GOUBA Bognini** et **MARE Amado** qui ont accepté répondre à nos questions et nous autoriser à travailler dans leur champ ;

- **ZONGO Fidèle, SIGUE Adama** (techniciens de l'INERA à Bagré) et **OUEDRAOGO Saïdou** (enseignant de sciences de la vie et de la terre au lycée départemental de Bagré) avec qui nous avons passé de bon moment à Bagré ;

- **A ma famille, OUEDRAOGO Edouard, OUEDRAOGO Silas et NANEMA Lennox** qui n'ont jamais cessé de me soutenir sur tous les plans ;

- A Mme **OUATTARA S. Jeanne** et Mme **SIE Awa**, secrétaires à l'ex-laboratoire de la protection des végétaux pour leur collaboration ;

- Pasteur **KOUDOUGOU Pascal** et aux membres de l'église des AD de Bagré II pour leur soutien ;

Vous tous qui avez contribué de près ou de loin, malheureusement vos noms ne sont pas cités ; loin de l'oubli, nous vous rassurons de notre profonde reconnaissance pour tous vos efforts déployés en vue de nous assurer le succès.

SIGLES ET ABREVIATIONS

- A.D.R.A.O** : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest ;
- BU.NA.SOLS** : Bureau National des Sols ;
- C.I.R.A.D** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement ;
- C.M.F.P.T** : Cultures Maraîchères Fruitières et Plantes à Tubercules ;
- C.N.R.S.T** : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique ;
- C.R.R.E.A** : Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles ;
- D.P.A** : Direction Provinciale de l'Agriculture ;
- F.A.O** : Food and Agriculture Organization of the United Nations ;
- FKR** : Farako-Bâ Riz ;
- G.R.E.T** : Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques ;
- I.I.T.A** : Institut International d'Agriculture Tropicale ;
- I.R.R.I** : International Rice Research Institute ;
- IN.E.R.A** : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles ;
- I.N.R.A** : Institut National de Recherche Agronomique ;
- I.R.D** : Institut de Recherche pour le Développement ;
- M.O.B** : Maîtrise d'Ouvrage de Bagré ;
- M.T.C** : Mission Technique Chinoise ;
- N.A.R.S** : National Agricultural Research Systems ;
- NE.RI.CA** : New Rice for Africa.

LISTE DES TABLEAUX

Pages

Tableau I : Echelle d'évaluation des symptômes de Kauffman <i>et al.</i> (1973)-----	28
Tableau II : Echelle d'évaluation de l'incidence foliaire.-----	29
Tableau III : Principales variétés de riz utilisées à Bagré (Burkina Faso) durant les sept dernières années en saison sèche et en saison humide.-----	31
Tableau IV : Source des semences utilisées à Bagré (Burkina Faso).-----	32
Tableau V : Date des opérations culturales en saisons sèche et humide.-----	33
Tableau VI : Doses d'engrais utilisés sur le périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso) au cours des sept dernières années.-----	33
Tableau VII : Evolution des superficies, des rendements et des productions de riz en campagne sèche et en campagne humide.-----	34
Tableau VIII : Incidence foliaire de la bactériose dans la rive gauche du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	37
Tableau IX : Incidence de la bactériose sur les poquets dans la rive gauche du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	38
Tableau X : Incidence foliaire en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	41
Tableau XI : Incidence de la bactériose sur les poquets en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	42
Tableau XII : Sévérité de la bactériose en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	45
Tableau XIII : Sévérité de la bactériose en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	47
Tableau XIV : Production de panicules et de riz paddy en rive gauche et en rive droite-----	50
Tableau XV : Comportement des différentes variétés et lignées isogéniques vis-à-vis de la bactériose en rive gauche et en rive droite.-----	54
Tableau XVI : Evolution de l'incidence foliaire en rive gauche en fonction des dates d'observation-----	56
Tableau XVII : Evolution de l'incidence par rapport au nombre de poquets en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré en fonction des dates d'observation.-----	57
Tableau XVIII : Evolution de l'incidence foliaire de la bactériose en rive droite en fonction des dates d'observation.-----	57
Tableau XIX : Evolution de l'incidence par rapport aux poquets en rive droite en fonction des dates d'observation.-----	57

Tableau XX : Sévérité de la bactériose en rive gauche en fonction des dates d'observation.-----	58
Tableau XXI : Sévérité de la maladie en rive droite en fonction des dates d'observation.-----	58
Tableau XXII : Production de panicules par mètre carré en rive gauche-----	59
Tableau XXIII : Production de panicules par mètre carré en rive droite.-----	59
Tableau XXIV : Production moyenne de paddy en tonne par hectare en rive gauche.-----	60
Tableau XXV : Production moyenne de paddy en tonne par hectare en rive droite.-----	60

LISTE DES FIGURES

Pages

Figure 1 : Evolution des superficies et des productions de riz au Burkina Faso-----	5
Figure 2 : Evolution des besoins et des productions de riz au Burkina Faso-----	6
Figures 3: Evolution de la production et des importations de riz au Burkina Faso-----	6
Figure 4: Pluviométrie de la plaine rizicole de Bagré (Burkina Faso) de l'année 2007.-----	23
Figure 5 : Températures maximales et minimales de Tenkodogo (Burkina Faso) de Juin à Décembre 2007-----	23
Figure 6 : Hygrométries maximales et minimales de Tenkodogo (Burkina Faso) de Juin à Décembre 2007-----	24
Figure 7 : Evolution de l'incidence foliaire en rive gauche et en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	43
Figure 8 : Evolution de l'incidence par rapport au poquet en rive gauche et en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).-----	43
Figure 9 : Evolution de la sévérité en rive droite et en rive gauche.-----	48
Figure 10 : Comparaison de la production de riz paddy en rive droite et en rive gauche.-----	51
Figure 11 : Analyse en composantes principales en rive gauche du perimètre irrigué de Bagré (Burkina Faso)-----	52
Figure 12 : Analyse en composante principale en rive droite du perimètre irrigué de Bagré (Burkina Faso)-----	53
.Figure 13 : Corrélation entre perte de rendement et quantité d'urée utilisée.-----	60

LISTE DES PHOTOS

Pages

Photo 1 : Bactériose des feuilles-----	14
Photo 2 : Exsudat bactérien-----	14
Photo 3 : Flétrissement foliaire ou kresek-----	15
Photo 4 : plante morte par suite de kresek-----	15
Photo 5 : Symptômes de jaune pâle-----	15
Photo 6 : Rayures sur les feuilles-----	15
Photo 7 : Stries bactériens translucides-----	19
Photo 8 : Rayures bactériennes-----	20
Photo 9 : Symptôme sur une panicule-----	21

RESUME

Le flétrissement bactérien causé par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* est l'une des principales maladies bactériennes du riz sur la plaine irriguée de Bagré. De nos jours, 25 gènes de résistance à cette bactériose ont été identifiés en Asie mais leur comportement vis-à-vis des souches africaines n'est pas connu. Ainsi vingt quatre variétés et lignées isogéniques de riz ont été utilisées à Bagré en vue de déterminer les meilleurs gènes de résistance qui pourront servir dans les programmes d'amélioration variétale. La caractérisation de l'écologie du riz, l'implication des techniques culturales et des fumures minérales dans le développement de la maladie, ainsi qu'un suivi de l'évolution de l'épidémie de la bactériose sur la plaine ont fait partie également des objectifs poursuivis dans l'étude.

La caractérisation de l'écologie du riz a été faite à partir des documents disponibles à la Maîtrise d'Ouvrage de Bagré et à la commune rurale de Bagré. Des entretiens directs avec les producteurs ont complété cette étude monographique. Un dispositif expérimental en bloc Fisher comportant 24 traitements (variétés) et trois répétitions a été installé sur chaque rive pour le criblage des variétés et lignées isogéniques. Dix séries d'évaluations visuelles des symptômes (sévérité et incidence) ainsi que le potentiel de production de chaque variété ont permis de classer ces dernières en fonction de la sévérité, de l'incidence, de la production de paddy et de panicule. Dans les champs des producteurs, les mêmes paramètres ont été mesurés en vue de suivre l'évolution de la maladie et son impact sur la production dans les conditions strictement paysannes. Les résultats montrent que des facteurs tels que les semences, le sol, le non respect du calendrier cultural et les doses d'engrais utilisées peuvent être à l'origine de l'apparition et du développement de la bactériose à Bagré. Les variétés V16 (1AR18) et V22 (Gigante) ont été les plus résistantes et pourraient être utilisées dans un programme d'amélioration variétale pour la résistance au flétrissement bactérien. Les variétés V2 (1AR11), V4 (1AR14/2AR2), V20 (1AR25), V23 (TCS10), V11 (1AR10/2AR9), V5 (1AR15/2AR3), V10 (1AR9/2AR8) et V24 (PNA 647F4-56) sont restées sensibles sur les deux rives. Les variétés utilisées par les producteurs ont présenté un bon niveau de résistance par rapport à la maladie. Des baisses de rendement de 12,85 à 24,63% et de 13,35 à 22,73% ont été enregistrées en fonction des variétés respectivement sur la rive gauche et la rive droite. La variété TS2 a été la plus résistante. Les NERICA vulgarisés montrent également un bon niveau de résistance à la bactériose.

Mots clés: riz, variétés, lignées isogéniques, épidémie, flétrissement bactérien, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, Bagré, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Le riz est la céréale la plus cultivée dans le monde (environ 150 millions d'hectares) et constitue l'aliment de base de plus de la moitié de l'humanité (CIRAD-GRET, 2002). Selon la FAO, le riz représente la société, la culture, la politique, les affaires, la beauté des paysages, les peuples au sein de leurs communautés. En somme, le riz, c'est la vie (FAO, 2004). La riziculture représente l'activité de base et la principale source de revenu pour près de 100 millions de foyers en Asie et en Afrique (FAO, 2004). En Afrique, le riz est devenu une marchandise d'importance stratégique. L'amélioration de la productivité du riz contribuera de manière significative à réaliser un niveau plus élevé de sécurité alimentaire sur le plan régional et familial. Elle permettra également de répondre aux besoins des plus pauvres en augmentant quantitativement et qualitativement leur régime alimentaire et en créant des occasions de revenu supplémentaire (ADRAO, 1995). Aussi avec une évolution mondiale en demande croissante de riz et une baisse considérable des stocks mondiaux, l'Afrique, pourrait rehausser son économie en accroissant sa production.

Au Burkina Faso le riz est une céréale secondaire. Il occupe le quatrième rang après le sorgho, le mil et le maïs aussi bien du point de vue de la superficie cultivée que de la production. La demande en riz est actuellement très importante et s'accroît à un rythme de 12% par an (Kaboré, 2007). Aujourd'hui, la demande a atteint 300 000 tonnes/an et selon les statistiques, la production du riz local est de 113 000 tonnes de riz paddy pour 73 000 tonnes de riz décortiqué. Ce déséquilibre entre l'offre et la demande en défaveur de la première engendre une importation massive de riz pour combler le déficit. Le volume importé en 2006 est de 305 000 tonnes pour une valeur de plus de 37 milliards de Fcfa. Ces importations pourraient atteindre en valeur 70 milliards de Franc CFA d'ici 2010 si rien n'est fait pour inverser la tendance (Traoré, 2007). Face à cette situation, la valorisation de la riziculture constitue non seulement une solution pour atteindre la sécurité alimentaire, mais aussi un moyen pour réduire la sortie d'importantes devises consacrées à l'achat du riz (Anonyme 1, 2002). Ainsi des efforts sont mis en œuvre pour accroître la production nationale à travers des aménagements hydro-agricoles, l'utilisation de variétés améliorées et la promotion de la filière riz. Dans ce cadre plusieurs plaines rizicoles furent réalisées. Cependant, en dépit de ces efforts, la riziculture au Burkina Faso reste confrontée à de multiples contraintes qui sont d'ordre abiotique, socio-économique et biotique qui causent des baisses importantes de rendements. Parmi les contraintes biotiques, les maladies figurent en bonne place. Le flétrissement bactérien du riz, maladie vasculaire causée par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* est l'une des

principales maladies qui sévit dans les plaines rizicoles du Burkina Faso et cause d'importantes pertes de rendements (Ouédraogo *et al.*, 2004). En 1998, il est apparu de façon inattendue sur le périmètre rizicole de Bagré, et a causé plus de 50% de pertes sur les parcelles attaquées. En 2004 des producteurs ont perdu plus de 55% de leur production sur ce même périmètre due à la bactériose (6 parcelles détruites sur un total de 11). Cette forte explosion de la maladie serait liée à l'utilisation d'une variété chinoise, la TCS10 qui est reconnue pour sa sensibilité à la maladie (Ouédraogo *et al.*, 2004). Aussi en 2002, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* a été présent sur tous les échantillons de semences testés de cette plaine (Boro, 2002).

Depuis 2000, le programme national de l'INERA en collaboration avec l'ADRAO mène des activités de recherche sur le flétrissement bactérien du riz afin d'éradiquer ou de diminuer l'impact de cette maladie sur la production. Selon Sy et Séré (1996), le flétrissement bactérien du riz ne peut être valablement combattu que par la résistance variétale. De nos jours, 25 principaux gènes de résistance ont été identifiés en Asie mais leur réaction par rapport aux isolats africains n'est pas connue (Lee *et al.*, 2003; Jeung *et al.*, 2006). Ainsi, dans le cadre de la présente étude, 24 variétés et lignées isogéniques comportant ces gènes de résistance verticale ont été testées en rive droite et en rive gauche de la plaine irriguée de Bagré dans le but de connaître leur comportement face aux races de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* présentes dans cette plaine. Un suivi de l'évolution de l'épidémie et une quantification des pertes causées par la maladie ont été également effectués sur le périmètre dans les champs des producteurs.

Pour identifier les composantes pouvant être utilisées dans les stratégies de lutte contre le flétrissement bactérien les objectifs suivants ont été fixés :

- ✓ Caractériser la plaine rizicole de Bagré en terme de production actuelle du riz, de types de variétés utilisées, de pratiques culturales en cours, notamment les doses et les modalités d'application de la fumure minérale.
- ✓ Déterminer les meilleurs gènes (variétés ou lignées) de résistance contre la bactériose.
- ✓ Suivre l'épidémiologie de la maladie sur la plaine. L'importance de la maladie sera évaluée en termes d'incidence, de sévérité et de pertes en fonction des variétés, des pratiques culturales, des doses et modes d'application de la fumure minérale.

Les résultats obtenus sont présentés dans le présent mémoire qui comporte trois parties : La première partie est consacrée à la synthèse bibliographique, la seconde présente succinctement le milieu d'étude, le matériel utilisé et l'approche méthodologique et la troisième partie présente les résultats et discussion.

**PREMIERE PARTIE : GENERALITES SUR LE
RIZ ET SES MALADIES BACTERIENNES**

1.1. GENERALITES SUR LA PLANTE DU RIZ

1.1.1 Origine et diversité

Les variétés de riz cultivées appartiennent au genre *Oryza* qui comporte vingt trois espèces. Ces espèces sont aujourd'hui distribuées sur tous les continents, mais l'origine du genre *Oryza* est eurasiatique (CIRAD-GRET, 2002). Deux espèces sont cultivées. L'une d'origine africaine, *O. glaberrima*, est rencontrée presque uniquement en Afrique de l'Ouest; l'autre d'origine asiatique, *O. sativa*, est presque aujourd'hui sur les cinq continents. Les deux espèces sont diploïdes ($2n = 24$) et autogames. La longueur du cycle végétatif varie de quatre-vingt à plus de deux cent cinquante jours selon les variétés. Ce caractère constitue souvent un critère important de classification et de choix variétal.

Selon certaines classifications, l'espèce *O. sativa* L. regroupe deux sous espèces :

- *Brevis* qui regroupe les variétés à caryopse de moins de 4 mm de long,
- *Communis* constitué de variétés à caryopse de plus de 4 mm. La quasi-totalité des variétés appartient à cette sous-espèce.

La sous-espèce *Oryza sativa communis* comporte trois types : *japonica*, *indica* et intermédiaire (*bulu* ou *subjaponica* ou *javanica*). Cette distinction repose sur des caractères morphologiques tels que le rapport longueur / largeur du grain (inférieur à 3 pour *japonica* et supérieur à 3 pour *indica*), la présence d'une barbe (les *bulus* ou *javanica* sont aristés) et aussi des caractères biologiques, notamment l'adaptation des *indica* aux conditions tropicales (Angladette, 1967).

O. glaberrima, est moins diversifié et tend à disparaître à cause de sa sensibilité à la baisse de la pluviométrie, son fort taux d'égrenage spontané, de sa faible productivité et la mauvaise présentation de ses grains (Sié *et al.*, 1998).

De nos jours, on assiste à l'avènement des variétés « NERICA » (New Rice for Africa) qui sont des hybrides interspécifiques issus du croisement entre les deux espèces de *oryza*.

1.1.2. Ecologie du riz

Grâce à la très grande diversité morpho-physiologique de ses écotypes, le riz est cultivé dans des conditions écologiques très variées allant du pluvial strict à des situations inondées où la lame d'eau peut atteindre 5 m. Selon Swaminathan (1984), *Oryza sativa* est largement répandue dans les régions tropicales et tempérées. Sa culture s'étend de 50° de latitude nord à 40° de latitude sud et à des altitudes inférieures au niveau de la mer ou supérieures à 2500 mètres.

1.1.2.1 La température

En culture aquatique, la température de l'eau est très importante. Le minimum est de 13-14°C, l'optimum de 30-34°C et le maximum de 38-40°C. A 50°C la plante meurt. Le riz est très sensible au froid qui provoque la stérilité des épillets lorsque la phase reproductive coïncide avec celui-ci (Nebié, 1995).

1.1.2.2 L'hygrométrie

Les rendements les plus élevés sont obtenus en culture irriguée sous des climats très secs tels qu'en Egypte, en Australie et en Californie. La floraison, phase la plus sensible, nécessite une humidité de 70 à 80%. Une humidité élevée favorise généralement le développement des maladies (CIRAD-GRET, 2002).

1.1.2.3 Le vent

Le vent a un effet favorable ou défavorable suivant sa vitesse. Lorsqu'il est faible il accélère la transpiration; fort, il peut arracher les jeunes plants ou provoquer la verse et l'échaudage à maturité. Il peut également causer des blessures qui peuvent constituer des sites d'entrée des agents pathogènes des maladies dans la plante.

1.1.2.4 Les besoins en eau

En culture sèche, il faut en moyenne 160 à 300 mm d'eau par mois. Pour toute la durée du cycle, les besoins en eau sont estimés entre 1 000 et 1 800 mm. La phase d'initiation paniculaire est particulièrement sensible.

En culture irriguée, il faut environ 12 000 à 20 000 m³/ha pour maintenir le sol submergé pendant toute la durée du cycle du riz (Dembélé, 2005).

1.1.2.5 Le sol

En culture aquatique, les sols les plus adaptés sont ceux à texture argilo-limoneuse (70% d'éléments fins), riches en matière organique avec un pH de 6 à 7. Les sols alluvionnaires ou colluvionnaires des bas-fonds, des plaines inondables et des deltas des grands fleuves sont particulièrement adaptés. En culture sèche, le riz nécessite un sol riche et meuble, avec une bonne capacité au champ car le riz est particulièrement sensible à la sécheresse.

1.2. RIZ ET RIZICULTURE AU BURKINA FASO

1.2.1 Contexte de la culture du riz au Burkina Faso

Le secteur rizicole occupe une place importante dans l'économie du Burkina Faso. En effet, la production ne parvient pas à satisfaire les besoins de consommation de la population si bien que le gouvernement procède à de grandes importations de riz commercial, ce qui grève de façon substantielle la balance commerciale du pays (Illy, 1997). Les données sur la production céréalière au Burkina Faso montrent que la production de riz varie entre 80 000 à 100 000 tonnes en moyenne par an (Anonyme 2, 2005). De nos jours, la demande en riz du pays atteint 300 000 tonnes/an contre une production de riz locale estimée à 113 000 tonnes de riz paddy soit 73 000 tonnes décortiquées. Ainsi les burkinabés consomment 4 fois plus de riz qu'ils n'en produisent. Or des études récentes montrent que le monde entier risque de manquer de riz dans les prochaines années (Mouilleseaux, 2008). D'où l'intérêt d'appuyer dès aujourd'hui les producteurs de riz burkinabés pour qu'ils soient capables de fournir tout le riz nécessaire à la consommation de l'ensemble du pays. Les figures 1, 2 et 3 suivantes montrent respectivement des graphiques présentant les superficies et les productions, les besoins et les productions, les importations et les productions de riz au Burkina Faso.

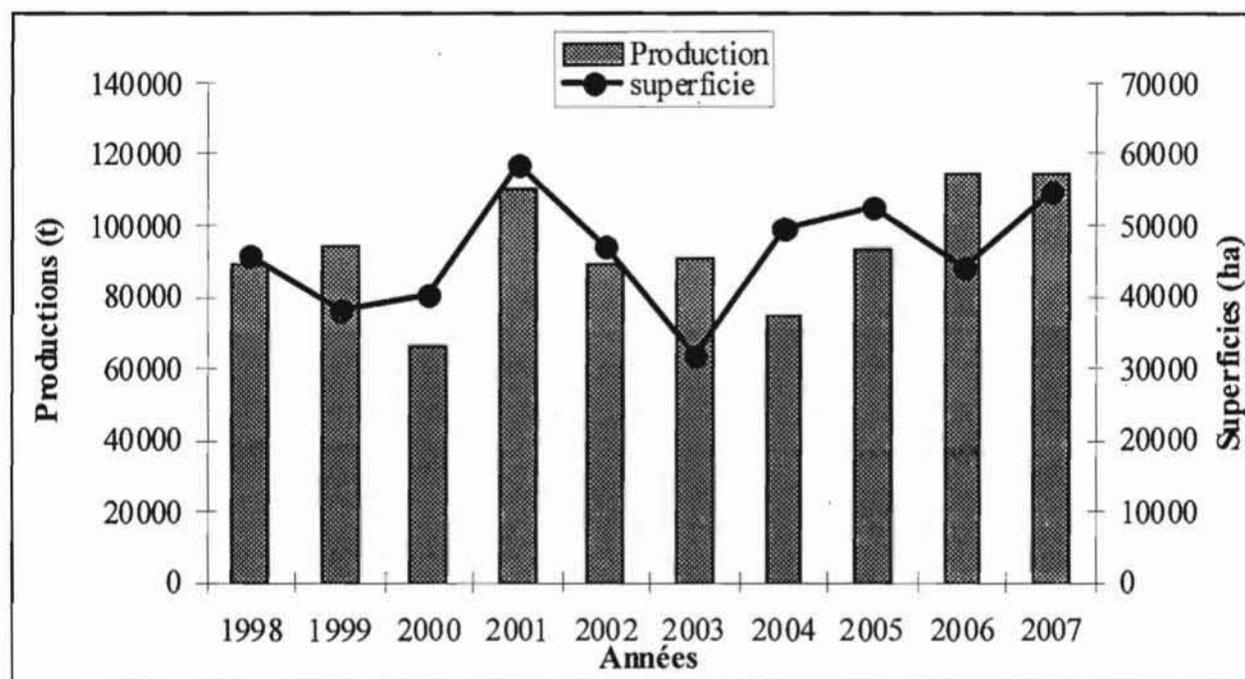


Figure 1 : Evolution des superficies et des productions de riz au Burkina Faso

Source : DPA/HOUET (2008)

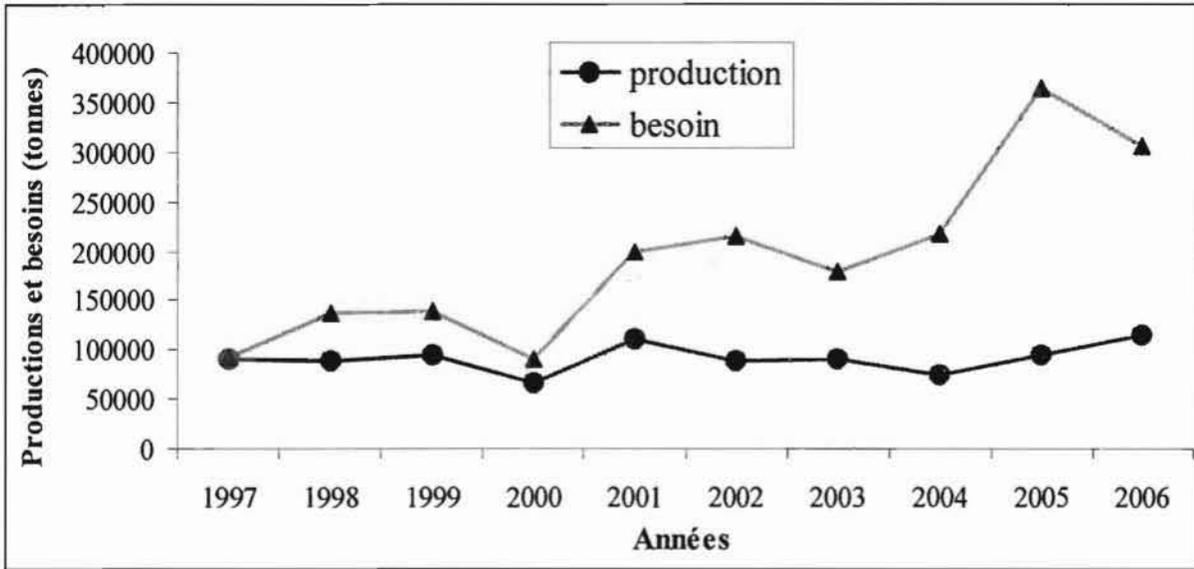
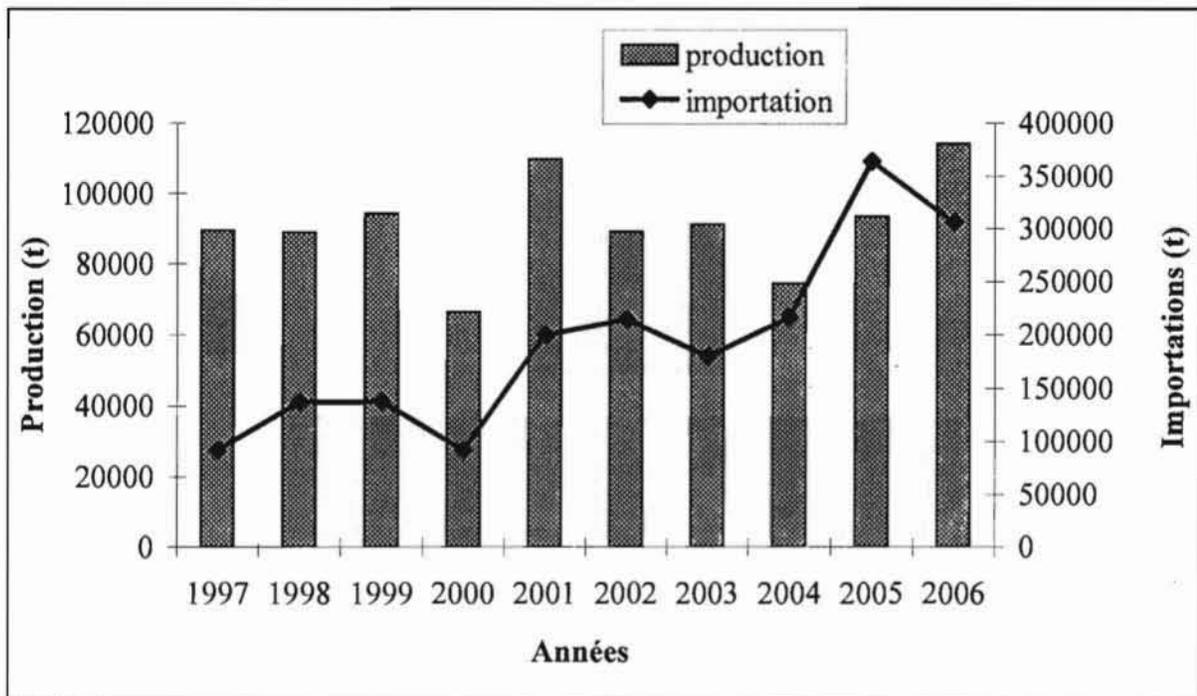


Figure 2 : Evolution des besoins et des productions de riz au Burkina Faso

Source : DPA/HOUET (2008)



Figures 3: Evolution de la production et des importations de riz au Burkina Faso

Source : DPA/HOUET (2008)

1.2.2. Les types de riziculture

La riziculture au Burkina Faso est pratiquée dans des conditions écologiques et climatiques diversifiées. Trois types de riziculture y sont pratiqués ce sont :

1.2.2.1. La riziculture pluviale stricte

Dans ce type de riziculture, l'alimentation hydrique est assurée exclusivement par les eaux de pluie. Elle est pratiquée sur les plateaux et les bas-fonds non inondés. Les meilleurs rendements sont obtenus avec les semis en lignes continues espacées de 0,25 m (INERA, 2000). Le manque d'eau dû à l'irrégularité et à la mauvaise répartition des pluies constitue la principale contrainte dans ce type de riziculture. Le rendement moyen est de 800 kg/ha (Nacro, 1994).

1.2.2.2. La riziculture de bas-fond

Elle est de loin la plus importante en superficie avec environ 67% des superficies rizicoles. Selon le degré de l'aménagement, on distingue trois types de riziculture de bas-fond :

♦ La riziculture traditionnelle de bas-fond non aménagé :

Elle est la pratique traditionnelle de riziculture en milieu rural burkinabé. Les travaux de préparation du sol dans ce type sont essentiellement manuels. La fertilisation et l'utilisation des produits phytosanitaires sont rares. On la rencontre dans les bas-fonds inondés par les crues des marigots et les eaux de ruissellement (Dembélé, 1988). Le rendement moyen selon le même auteur est du même ordre que celui de la riziculture pluviale stricte estimé à moins de 1 t/ha. Nacro (1994) estime le rendement de ce type de riziculture à 600 kg/ha. Le handicap majeur dans ce type de riziculture est le manque d'eau, car l'inondation n'est pas permanente. Les attaques des insectes et la présence des mauvaises herbes sont également des handicaps de grande importance (Tankoano, 2005).

♦ La riziculture de bas-fond avec aménagement simple :

L'aménagement consiste en la construction de diguettes simples (en terre) suivant les courbes de niveau dont l'objectif est de permettre une meilleure utilisation des eaux de pluie. Le travail de préparation du sol est en grande partie manuel avec une faible proportion de labour à traction bovine. L'utilisation d'intrants dans ce type de riziculture reste encore faible (25%). Le rendement moyen est d'environ 1,5 t/ha (Dembélé, 1988). Le manque d'eau, les mauvaises herbes et les insectes constituent les obstacles majeurs à ce type de riziculture.

♦ La riziculture de bas-fond amélioré :

L'amélioration consiste en plus des diguettes et du labour, en la construction d'une réserve d'eau et d'un collecteur. Un tel dispositif permet de palier le manque d'eau (irrigation d'appoint). Les techniques culturales sont améliorées. Une bonne et une utilisation plus importante des intrants permettent d'obtenir des rendements proches de 2 t/ha (Nacro, 1994). Les mauvaises herbes, les variétés cultivées, les insectes et les maladies sont les principaux facteurs qui affectent les rendements de ce type de riziculture de bas-fonds.

1.2.2.3 La riziculture irriguée

Introduite au Burkina Faso en 1966, la riziculture irriguée a connu son véritable développement à partir des années 1970 (Illy, 1997). Elle constitue de nos jours, le mode le plus performant et le plus intensif de production de riz au Burkina Faso, notamment en raison de la maîtrise totale de l'alimentation en eau de la culture. Elle est pratiquée dans les plaines aménagées, généralement le long des cours d'eau ou autour des retenues d'eau. Cependant, malgré un bon potentiel estimé à 165 000 ha de terres irrigables, la riziculture irriguée reste encore sous-développée au Burkina Faso (Nacro, 1994). Elle couvre une superficie totale de 12090 ha soit 23% des superficies cultivées en riz contre 67% pour la riziculture de bas-fonds et 10% pour la riziculture pluviale (Anonyme 2, 2005). Les meilleurs rendements sont obtenus en repiquage avec des écartements de 0,25 m x 0,25 m pour des variétés de cycle moyen (135 jours) (INERA, 2000). Les rendements moyens de ce type de riziculture sont de 3 à 4 t/ha (Nacro, 1994).

1.2.3. Les contraintes à la riziculture au Burkina Faso

1.2.3.1 Les contraintes agro-pédo-climatiques

Le climat burkinabé caractérisé par une courte saison pluvieuse (3 à 5 mois) et une mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie (1 200 mm au sud-ouest et 500 mm au nord-est) constitue le principal facteur responsable de la limitation des rendements.

Les contraintes liées au sol dans la production rizicole sont l'érosion, la carence en nutriments, les sols toxiques. Selon Sivakumar et Gnoumou (1987) cités par Wonni (2005), au Burkina Faso 55% des sols ont moins de 1% de matière organique et seulement 16% ont une teneur supérieure à 2%. La teneur en azote total est inférieure à 0,06% pour 71% des sols. Environ 93% des sols présentent une teneur en phosphore inférieure à 0,06%.

1.2.3.2. Les contraintes socio-économiques

Plusieurs contraintes techniques, économiques et sociales limitent la production du riz au Burkina Faso. Les principales contraintes sont :

- Le respect des traditions ancestrales profondément enracinées dans la mentalité des producteurs apparaît souvent comme la principale contrainte sociale responsable du rejet des résultats de la recherche ;
- L'absence ou l'insuffisance des intrants, du matériel agricole et des infrastructures ;
- Le manque de main d'œuvre est une contrainte qui affecte grandement la production ;

- Le faible niveau de revenu des paysans ;
- La mauvaise gestion des infrastructures existantes ;
- La faible adoption de nouvelles technologies due à des facteurs socio-économiques. Il s'agit entre autres des caractéristiques du riz à la consommation, du goût des nouvelles variétés, de l'accessibilité des paysans aux marchés, leur désir de réduire les risques et du manque d'argent pour l'achat des intrants et de l'insuffisance de structures convenables de dissémination des techniques en milieu paysan ;
- La faiblesse des organisations des producteurs ;
- L'insuffisance de l'encadrement ;
- Et le manque de marché.

1.2.3.3. Les contraintes biotiques

Outre les contraintes abiotiques et socio-économiques, la riziculture burkinabé se heurte également aux contraintes biotiques. Il s'agit des insectes, des maladies, des mauvaises herbes, des nématodes, des oiseaux et des rongeurs. Ces déprédateurs sont en grande partie responsables de la baisse des rendements.

♦ Les insectes ravageurs du riz

Le riz est l'hôte de plusieurs centaines d'espèces d'insectes dont une trentaine provoquent des pertes significatives au champ ou en cours de conservation du paddy (CIRAD-GRET, 2002). Leur effet devient important lorsqu'on sort de la culture traditionnelle généralement peu productive (Tankoano, 2005). Ils affectent toutes les parties du plant de riz ; l'un, ou l'autre de ses stades de développement et causent des dégâts directs et ou indirects par la transmission des maladies. On distingue les insectes broyeur, piqueurs et suceurs (Dembélé, 2001).

- Les insectes broyeurs en s'alimentant des tissus chlorophylliens entraînent une diminution de la surface foliaire, désorganisent ou interrompent la circulation de la sève. Ils affectent quantitativement et qualitativement la récolte par une malformation des organes de reproduction, une destruction des boutons floraux, des fleurs, des fruits et des grains. La consommation des racines ou du feuillage, réduit la vigueur de la plante et conduit à sa mort en cas d'attaques sévères ;
- Les piqueurs-suceurs, en absorbant la sève du végétal, peuvent aussi lui transmettre des virus, des bactéries ou des champignons. L'action des piqueurs-suceurs peut se traduire également par l'injection d'une salive toxique pour la plante.

◆ Les maladies du riz

Le riz, tout comme la plupart des céréales, est sujet à d'importantes maladies d'origines fongique, bactérienne et virale. La perte annuelle de rendement de riz due aux maladies est évaluée à plus de 32 millions de dollars U.S dans la seule région Ouest africaine (ADRAO, 1995).

Au Burkina Faso, les principales maladies fongiques, bactériennes et virales sont respectivement la pyriculariose, le flétrissement bactérien et la panachure jaune du riz (Sy et Séré, 1996).

◆ Les adventices du riz

Les adventices sont des plantes indésirables qui entrent en compétition avec les plantes utiles pour les éléments essentiels à la croissance et au développement, causant ainsi des pertes de rendement plus ou moins importantes (ADRAO, 1995). Ils peuvent servir d'hôtes pour les maladies et les insectes. Les pertes partielles dues aux adventices dans la région Ouest africaine varient de 8 à 15% pour la riziculture irriguée repiquée et de 25 à 30% dans les bas-fonds pluviaux et sur les plateaux (Johnson, 1997).

◆ Les nématodes

Les nématodes phytoparasites sont de minuscules vers filiformes qui causent des dégâts non négligeables au riz (Appert *et al.*, 1982).

Au Burkina Faso, *Hirschmanniella spinicaudata* est l'espèce la plus rencontrée dans toutes les zones agro-climatiques (Sawadogo et Thio, 1997). On rencontre également des espèces telles que *Hirschmanniella oryzae* et *Aphelenchoides besseyi*, agent responsable de la maladie des extrémités blanches des feuilles. Les nématodes peuvent être responsables de perte de rendement de 20 à 60%. Certains nématodes phytoparasites sont vecteurs de maladies virales (Appert *et al.*, 1982). Ils favorisent le développement des infections bactériennes et fongiques.

◆ Les oiseaux et rongeurs

Les oiseaux constituent un facteur non négligeable de baisse de rendement. Leur effet devient très important pendant la phase épiaison. Selon Breniere (1983) cité par Tankoano (2005), le mange mil, *Quelea quelea* L., est le plus connu et le plus dangereux dans une grande partie de l'Afrique sahélienne et soudanienne.

Les principaux rongeurs nuisibles en Afrique de l'Ouest sont l'agouti, l'écureuil et le fousseur à pattes rouges (ADRAO, 1995). Les rats constituent des ennemis particulièrement actifs à la fois dans les rizières et dans les stocks de riz paddy. Les pertes dues aux rongeurs sont variables, rarement nulles, souvent estimées entre 10 à 15% (Breniere, 1983 cité par Tankoano

(2005). Selon Karamage (2001), l'espèce de rat *Arvicanthis niloticus* (rat roussard) est la plus dévastatrice dans les rizières du Burkina Faso.

1.3. LES MALADIES BACTERIENNES DU RIZ

1.3.1 Le flétrissement bactérien

1.3.1.1 Historique

Le flétrissement bactérien du riz était la plus importante maladie du riz au Japon en 1984 (Robert et Pamela, 1992). En 1960, avec l'introduction de variétés améliorées telles que la TN1 et la IR8 susceptibles à la maladie, il devient très courant dans les autres régions rizicoles de l'Asie (Robert et Pamela, 1992). L'importance du flétrissement bactérien du riz est aussi due à la culture extensive de variétés de riz qui répondent bien à l'azote (Jeung *et al.*, 2006).

1.3.1.2 Distribution

Le flétrissement bactérien du riz, causé par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, est l'une des plus importantes maladies du riz dans les pays tropicaux et subtropicaux (Veena *et al.*, 2000). Il est présent en Asie, en Australie, en Amérique latine, aux Caraïbes, aux Etats unis (Robert et Pamela, 1992). En Afrique, il prend de plus en plus d'ampleur (Rhyba White *et al.*, 1995 cités par Gonzalez *et al.*, 2006). Au Sahel, le flétrissement bactérien du riz a été signalé pour la première fois au Mali en 1979, au Sénégal en 1980, au Burkina Faso en 1982 et au Niger en 1983 (Institut du Sahel, 1991). Des études récentes menées en octobre 2003 par l'ADRAO, les NARS, et l'IRD au Burkina Faso, Niger et au Mali, ont montré que le flétrissement bactérien est présent dans tous les sites visités et cause d'importantes pertes de rendement (Séré *et al.*, 2005).

1.3.1.3 Importance

Les pertes de rendements occasionnées par cette maladie sont couramment de 20 à 30% et occasionnellement 50% (Mew, 1992). En Inde, les pertes de rendements atteignent 74-81,3% selon les variétés et la saison de culture (Ahmed and Singh, 1975; Singh *et al.*, 1977 cités par Veena *et al.*, 2000). En 1998, il a apparu de façon inattendue sur le périmètre rizicole de Bagré, causant plus de 50% de pertes sur les parcelles attaquées. Cette forte explosion de la maladie était liée à l'utilisation d'une variété chinoise, la TCS10 très sensible à la maladie (Ouédraogo *et al.*, 2004). En 2004, des producteurs ont perdu plus de 55% de leur production à Bagré due à la

bactériose (6 parcelles détruites sur un total de 11). Là également la variété TCS10 a été utilisée sur les 6 parcelles détruites.

Economiquement, il a eu un grand impact en Asie où de sévères épidémies ont eu lieu dans les deux décennies passées et en Afrique de l'ouest particulièrement au Niger, où la riziculture irriguée a eu des dégâts considérables en 1982 (Robert et Pamela, 1992).

1.3.1.4. L'agent pathogène: *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

♦ **Systématique, caractérisation morphologique et biologique**

L'agent pathogène du flétrissement bactérien a été décrit dans les années 1980 par le comité de taxonomie des bactéries de la société internationale de phytopathologie sous le nom de *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*. Une étude récente (Swings *et al.*, 1990 cités par Sy et Séré, 1996) a décidé de le nommer *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*.

C'est une bactérie Gram négatif, aérobie, en forme de bâtonnet, encapsidé se présentant isolement, rarement par paires mais jamais en chaînes, mesurant 0,5-0,8 x 1,3-2,2 μm (légèrement moins dans l'hôte), dont la mobilité est assurée par un unique flagelle polaire. En culture sur Nutrient Agar apparaissent des colonies circulaires continues, lisses, convexes, opaques tout d'abord jaune blanchâtre puis jaune paille (Agarwal *et al.*, 1994).

Sa virulence est variable et plusieurs races de la bactérie ont été décrites (Robert et Pamela, 1992).

♦ **Diversité et évolution de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae***

Xanthomonas oryzae pv. *oryzae* a un haut degré de variation pathogénique (Gonzalez *et al.*, 2005). Ardales *et al.* (1996) ont démontré qu'il y avait une différenciation génétique entre les populations pathogènes de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dans les différents agro-écosystèmes de Philippines. La bactérie a un pouvoir pathogène évolutif dans le temps. En effet en 1979, Mew et Vera Cruz cités par Lee *et al.*, (2003) ont signalé quatre races de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* en Philippines et en 1989 Vera Cruz et Mew en ont signalé six. Deux nouvelles races ont été signalées en 1994 par Nelson *et al.* (1994) dans le même pays.

Les analyses moléculaires ont permis à Gonzalez *et al.* (2005) d'affirmer que la population de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* présente en Afrique est d'un groupe génétiquement différent de celle d'Asie. Aussi avec les essais pathogéniques conduits avec des bactéries d'Afrique dans une série de lignées isogéniques, ils ont trouvé trois nouvelles races.

Jeung *et al.* (2006) ont regroupé les isolats de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* du Koré en cinq races. Ils montrent également que la structure de la population des races de *Xanthomonas*

oryzae pv. *oryzae* de Koré est différente de celle de Philippines et du Japon. Les isolats de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* de Koré diffèrent des pathotypes de Japon et de l'IRRI pour respectivement 64 et 58%.

L'avènement de nouvelles races de la bactérie résulte de l'utilisation de variétés qui possèdent des gènes de résistance (Lee *et al.*, 2003).

♦ Source de l'inoculum et mode de dissémination

Xanthomonas oryzae pv. *oryzae* survit premièrement dans les chaumes du riz et dans les mauvaises herbes hôtes, notamment *Leersia oryzoides* (L) Sw., *Zizania latifolia* (Griesb) Turcz. ex Stapf., *Leptochloa chinensis* (L.) Nees, *L. panicea* (Retz) Ohwi, et *Cyperus rotundis* L. En Australie, la bactérie survit dans les espèces sauvages de *Oryza* comme *O. rufipogon* Griff et *O. australiensis* Domin (Robert et Pamela, 1992). Il peut survivre aussi pendant de courtes durées sur les semences infestées et dans le sol. Mais, ces derniers n'ont pas été démontrés comme une source importante d'inoculum (Robert et Pamela, 1992; Sy et Séré, 1996). En région tropicale, il peut survivre dans l'eau d'irrigation.

La bactérie se propage localement par l'eau d'irrigation, le vent qui souffle lors des pluies (Bradbury, 1970 cité par Veena *et al.*, 2000). La mobilité de la bactérie liée au fonctionnement de son flagelle favorise son aptitude à pénétrer dans la plante hôte. Elle peut être également disséminée par les outils de travail contaminés, l'eau d'arrosage chargée de germes, les résidus de plantes infectées, les hôtes alternes, le contact entre plante malade et plante saine.

♦ Mode d'infestation

La bactérie infecte l'hôte par l'intermédiaire des hydathodes, des blessures au niveau des feuilles ou des racines. Elle pénètre dans le xylème et se répand dans le tissu vasculaire de la plante, entraînant le flétrissement de celle-ci, ou la brûlure des feuilles si l'infection se produit plus tard au cours du développement (Gonzalez *et al.*, 2005, Lee *et al.*, 2005).

1.3.1.5 Les symptômes

Xanthomonas oryzae pv. *oryzae* produit trois types de symptômes (Veena *et al.*, 2000) : la bactériose des feuilles (leaf blight), le flétrissement ou kresék (wilting) et le jaunissement pâle des feuilles (pale yellow).

♦ La bactériose foliaire

C'est le symptôme le plus couramment rencontré (Robert et Pamela, 1992). Elle est caractérisée par de petites taches humides ou par des rayures ondulées ou par des lésions localisées sur le bord des limbes, à partir du début du tallage jusqu'au stade floraison. En

conditions favorables (température et humidité relative élevées), ces raies s'élargissent, deviennent coalescentes et donnent des lésions jaunâtres caractéristiques à liséré onduleux qui envahissent principalement la partie supérieure des limbes affectés (Agarwal *et al.*, 1994 ; Chaudhary *et al.*, 2003). Ces raies peuvent être localisées sur un ou sur les deux côtés de la feuille (photo 1). Tôt le matin, des gouttes de rosée laiteuse ou opaque sont observables à la surface des jeunes lésions le long de la nervure principale (Sy et Séré, 1996; Veena *et al.*, 2000) (photo 2). Plus tard, elles deviennent jaunâtres puis blanchâtres, se dessèchent pour former de petites perles sphériques. Les vieilles feuilles infectées peuvent apparaître grises suite à la croissance de champignons saprophytes puis meurent (Robert et Pamela, 1992). Sur les variétés hautement sensibles, les symptômes s'étendent à la gaine foliaire (Agarwal *et al.*, 1994 et Veena *et al.*, 2000). Dans les champs très contaminés, les grains peuvent être également atteints et la maladie se manifeste sur les glumes par des taches décolorées à marge turgescence ; très nettes lorsque les graines sont jeunes et encore vertes, ces macules deviennent un blanc jaunâtre à maturité (Sy et Séré, 1996).



Photo 1 : Bactériose des feuilles

Photo : Sawadogo W. M. Novembre 2007



Photo 2 : Exsudat bactérien

Photo: rice photo irri.org. Août 2004

◆ Le flétrissement foliaire ou kresek

Le stade kresek est la manifestation la plus destructrice de la maladie (Robert et Pamela, 1992). C'est une infection systémique, sévère, caractérisée par le flétrissement (fanage), le dépérissement et la mort des feuilles ou de la plante entière au début du stade végétatif (2-4 semaines après le repiquage) (Veena *et al.*, 2000). Les feuilles des plantes infectées se fanent, s'enroulent, virent au gris vert. Les feuilles ensuite tournent du jaune à la couleur paille puis meurent; généralement la plante entière meurt. Les plantes qui survivent sont rabougries et jaunes (Robert et Pamela, 1992) (photos 3 et 4). Sur les plantes âgées, les feuilles tournent au jaune pâle.

L'échec de la culture est généralement évident. Le symptôme de kressek est généralement associé avec des infections de plantules qui se produisent à travers les blessures occasionnées durant les opérations de repiquage (Robert et Pamela, 1992). La sévérité de kressek dépend du temps de l'infection; plutôt les plantules sont infectées plus le syndrome est sévère.



Photo 3 : Flétrissement foliaire ou kressek

Photo : Sy et Séré (1996)

Photo 4 : Plante morte par suite de kressek

Photo : Ouédraogo S. L (2005)

♦ Le jaune pâle

Le jaune pâle est caractérisé par l'apparition sur les feuilles d'une coloration jaune pâle, dont des parties sont normalement vertes. Les jeunes feuilles des plantes deviennent uniformément jaune pâle ou ont une large bande (rayure) jaune sur le limbe (Robert et Pamela, 1992) (photos 5 et 6). En cas de jaune pâle, les bactéries ne sont pas présentes dans les feuilles mais se rencontrent dans les entrenœuds et dans les couronnes des tiges affectées (Robert et Pamela, 1992).



Photo 5 : Symptômes de jaune pâle

Photo : Sawadog W. M. Novembre 2007



Photo 6 : Rayure sur feuilles

Photo : Sy et Séré (1996)

1.3.1.6. Méthodes de lutte

Le contrôle du flétrissement bactérien est très difficile quand il sévit dans une région du fait qu'il peut prendre son démarrage à partir d'un certain nombre de source : les mauvaises herbes, les plantes hôtes ou volontaires, la paille et les grains de riz. Les stratégies de contrôle de la maladie doivent être basées sur des méthodes qui permettent d'éviter la variabilité des sources d'inoculum et qui maintiennent au minimum la propagation de la maladie (bactérie) dans les champs (Veena *et al.*, 2000). En cas d'infection les recommandations suivantes peuvent être envisagées :

◆ La lutte génétique

La lutte génétique à travers l'utilisation de variétés résistantes serait l'approche la plus judicieuse de contrôle de la maladie même si la résistance conférée par les principaux gènes de résistances n'est pas définitive à cause du haut degré de variation pathogénique de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Gonzalez *et al.*, 2005). Elle est la plus économiquement rentable (Jeung *et al.*, 2006), écologiquement moins dévastatrice et la plus facilement adoptable par les paysans. Il faut à tout prix éviter les variétés sensibles à la maladie (Goto, 1992). On distingue deux types de résistance des plantes aux maladies : la résistance verticale et la résistance horizontale (Van Der Plank, 1974 cité par Sy et Séré, 1996). Lorsqu'une variété est résistante à certaines races d'un agent pathogène et non à d'autres, sa résistance est dite verticale. Elle implique une interaction différentielle qualitative entre les variétés de l'hôte et les races du pathogène. Les interactions du type vertical évoquent une relation gène-pour-gène. En d'autres termes, à un gène de résistance verticale de l'hôte doit correspondre un gène de virulence chez le parasite. La résistance horizontale est celle qui agit uniformément contre toutes les races du pathogène. Elle implique que les races diffèrent les unes des autres par leur agressivité. Cette agressivité est l'expression conjuguée de plusieurs gènes permettant de surmonter la résistance horizontale également gouvernée par un pool de gènes (Sy et Séré, 1996).

◆ La lutte culturale

✓ Il faut utiliser judicieusement l'azote dans le contrôle de la maladie. Si les cultures sont sévèrement infectées, l'application de l'azote peut être abandonnée temporairement. La dose normale d'urée recommandée est de 150 kg/ha. Ce dosage est réduit de 50 kg/ha quand la maladie est observée en champ (Dr Dharam Sing, communication personnelle cité par Veena *et al.*, 2000).

- ✓ Il faut maintenir une lame d'eau peu profonde en pépinière. Il est important d'apporter un bon drainage en pépinière pour évacuer l'excès d'eau. Il est préférable de mettre les pépinières à une position élevée dans le champ pour éviter l'entrée d'eau extérieure au champ (Dr Dharam Sing, communication personnelle cité par Veena *et al.*, 2000).
- ✓ Eviter les inondations et l'eau stagnante une fois que la maladie est apparue dans un champ pour éviter la multiplication et la propagation des bactéries. Garder la surface des sols mouillée et irriguer les cultures seulement quand elles ont besoin d'eau (Dr Dharam Sing, communication personnelle cité par Veena *et al.*, 2000).
- ✓ Enlever ou brûler la paille des plantes attaquées (Goto, 1992).
- ✓ Il faut débarrasser les rizières des hôtes intermédiaires (mauvaises herbes). Les espèces de *Cyperus* et de *Leersia* doivent être supprimées des champs (Goto, 1992).
- ✓ Eviter certaines pratiques telle que la coupure du haut des feuilles avant le repiquage et éviter d'endommager les racines lors du repiquage.
- ✓ Utiliser des semences saines, indemnes de bactéries.
- ✓ Planifier les semis du riz de manière que les conditions météorologiques défavorables au développement des agents pathogènes coïncident avec les stades vulnérables de la croissance du plant.
- ✓ Pratiquer autant que possible la rotation des cultures.

♦ La lutte chimique

Elle repose sur l'utilisation préventive de produits chimiques (désinfection des semences) ou curative (traitement en cours de végétation) pour réduire la population de l'agent pathogène ou limiter l'expansion de l'épidémie une fois qu'elle a démarré.

- ✓ La bactérie peut être éliminée par trempage des semences pendant 12 heures dans une solution aqueuse de Ceresan (500 ppm) plus agrimycine 100 (250 ppm), suivi d'un traitement à l'eau chaude à 53°C pendant 30 minutes (Shekhawat, Srivastava et Rao, 1969 cités par Agarwal *et al.*, 1994).
- ✓ Sing et Rao (1982) cités par Agarwal *et al.* (1994) ont signalé l'efficacité du traitement des semences avec du Brestanol 45 (chlorure de triphényl-étain, poudre mouillable) à la dose de 0,25 g/100g de semences, ou du HPMTS 80 (2-hydroxypropyl-méthane-thiosulfonate, concentré émulsifiable) à la dose de 0,098 ml/100 g de semences, sous forme de bouillie.

✓ Tremper les semences pendant 24 heures dans du blitox ou terramycin dissout dans l'acétone (Sing et Monga, 1985 cités par Veena *et al.*, 2000). 62,5 mg du produit chimique est dissout dans 15 ml de l'acétone pour traiter 25 g de semence. Le pH peut être ajusté à 3,5.

✓ Traiter les semences pendant 12 heures avec de la streptocycline (3 g dans 20 l d'eau pour 10 kg de semences (Veena *et al.*, 2000).

✓ Si le flétrissement bactérien est observé en pépinière, Ganesan *et al.* (1988) cités par Veena *et al.* (2000) suggèrent l'application de klorocin à 12,5 kg/ha en deux applications en pépinières et une troisième application 10 jours après le repiquage. Klorocin est une «eau de javel» stable poudreuse qui déclenche lentement le chlore.

✓ Il convient d'effectuer une ou deux pulvérisations de composé mercurique ou solution antibiotique (à effet bactéricide) en fin de pépinière et de renouveler l'application à deux ou trois reprises au tallage maximum et dès que possible après la floraison (Agarwal *et al.*, 1994).

◆ La lute biologique

On peut traiter les semences en utilisant l'antagonisme entre *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* et *Pseudomonas fluorescens* (Pfl). Un talc poudré basé sur la formulation de bactérie (6%W/W) entraîne le contrôle de 60 à 70% de semences infestées. Le traitement accroît aussi la vigueur des jeunes plantes aux tests de laboratoire (Veena *et al.*, 2000).

D'après Roger (1990) cité par Wonni (2005), on obtient une réduction des symptômes ainsi qu'un prolongement de la période d'incubation en ajoutant à *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* une souche de *Erwinia herbicola* (10^8 /ml d'*Erwinia herbicola* pour 10^6 /ml de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*).

D'après Viseur (1989) cité par Wonni (2005), *Erwinia herbicola* pv. *herbicola* peut se manifester comme parasite de faiblesse. Il semble que l'action ne soit pas due à un antagonisme, mais à une diminution de pH vers une acidité inhibitrice (Roger, 1990).

◆ La quarantaine

Elle serait un moyen permettant de préserver les zones non infestées par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Lozano (1977) cite par Agarwal *et al.* (1994) a signalé l'introduction de la maladie aux Caraïbes et en Amérique du Sud par l'importation de semences infestées ou infectées. *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* nous rapporte Neergaard (1970) cité par Agarwal *et al.* (1994), est visé par la réglementation des importations au Chili, en Grèce et en Nouvelle-guinée (Australie).

1.3.2.3. Lutte contre les stries bactériennes translucides

Un moyen d'éradication efficace consiste à faire tremper les semences pendant 30 minutes dans de la streptocycline à 0,025% (Shekhawat et Srivastava, 1971 cités par Agarwal *et al.*, 1994). La pulvérisation de Vitavax à raison de 0,15-0,3% donne de bons résultats. Singh (1978) a signalé l'utilisation de Sankel, captane et Fytolan. L'agrimycine et la streptocycline, à la dose de 100 ppm, permettent également d'éliminer la maladie (Banerjee, Rai, Srivastava et Singh, 1984 cités par Agarwal *et al.*, 1994).

1.3.3. Rayures bactériennes

1.3.3.1. Agent pathogène

Elle est causée par *Pseudomonas avenae* Manns. C'est une bactérie Gram négatif en bâtonnet, de 0,4-0,8 x 1,8-4,4 μm , apparaissant isolement ou par paires, occasionnellement sous forme de courtes chaînes, avec usuellement un flagelle polaire unique, pas de capsules ni d'endospores. Sur nutriment agar, les colonies sont circulaires, continues, lisses brillantes et érigées sur le substrat.

1.3.3.2. Symptômes.

La maladie se manifeste sur les plantules et les jeunes plants en pépinière, tout d'abord à la base de la gaine foliaire où se forment des rayures longitudinales turgescentes vert foncé, qui prennent rapidement une couleur marron foncé. Ces lésions, mesurant jusqu'à 10 cm de longueur et 1 mm de large, deviennent parfois coalescentes. Si l'infection est sévère, l'on observe un rabougrissement et la mort des plantules. Les jeunes feuilles peuvent être attaquées au moment où elles se déroulent, donnant lieu à la pourriture des bourgeons, qui entraînent leur dépérissement. Les glumelles et l'endosperme des semences subissent une décoloration moyenne à sévère. Dans les cas extrêmes, les grains pourrissent entièrement et ne se remplissent pas.

1.3.2. Les stries bactériennes translucides

1.3.2.1. Agent pathogène

La maladie des stries bactériennes translucides est causée par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*. C'est une bactérie Gram négatif, ne formant pas de spores, en bâtonnet encapsidé à flagelle polaire unique, mesurant 0,4-0,6 x 1,0-2,5 µm. En culture sur Nutrient Agar, les colonies sont tout d'abord blanchâtres, tournant ultérieurement au jaune paille ou jaune pâle. Elles atteignent environ 1 mm de diamètre en 3 jours.

La croissance est rapide, gélatine et amidon sont hydrolysés. Ces caractéristiques permettent d'établir la distinction avec *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Agarwal *et al.*, 1994).

1.3.2.2 Symptômes

Il s'agit d'une maladie foliaire se manifestant par l'apparition de petites stries turgescentes, qui s'allongent progressivement, prenant une couleur foncée. Elles sont habituellement délimitées par les nervures. En milieu humide se forment des gouttelettes d'exsudat bactérien jaune. Les lésions, étroites et translucides, longues ou courtes, deviennent coalescentes et finissent par former de larges taches. Dans les cas sévères, la rizière donne l'impression d'avoir grillé. A ce stade, les feuilles se flétrissent, brunissent, et la maladie devient impossible à distinguer du flétrissement bactérien des feuilles.



Photo : Mortensen C. N (1997)

Photo 7 : Stries bactériens translucides.



Photo : Mortensen C. N (1997)

Photo 8 : Rayures bactériennes.

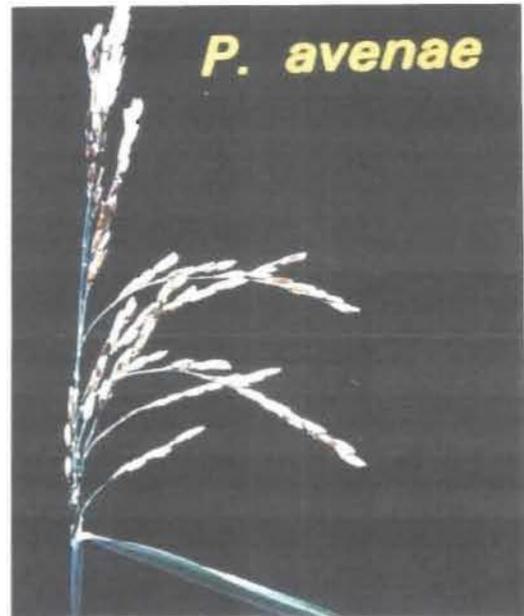


Photo : Mortensen C. N (1997)

Photo 9 : Symptôme sur une panicule

1.3.3.3. Lutte contre les rayures bactériennes.

Le traitement des semences à la kasugamycine empêche l'apparition de la maladie sur les plantules en casiers de pépinières (Yaoita et Fujimaki, 1984 cités par Agarwal *et al.*, 1994). La thermothérapie à 65°C pendant 6 jours permet d'éradiquer *P. avenae* des semences de riz (Zeigler et Alvarez, 1988 cités par Agarwal *et al.*, 1994).

DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES

2.1. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

2.1.1. Situation géographique

Le périmètre irrigué de Bagré se trouve dans la province du Boulgou (région du centre-est). Il est situé à 45 km de Tenkodogo (chef lieu de la province) et à 225 km de Ouagadougou. Il est compris entre 11°12' et 11°53' de latitude nord et entre 0°14' et 0°50' de longitude ouest. Sa superficie actuelle est de 1 885 ha, des aménagements de 1 725 ha sont en cours et seront destinés à l'agrobusiness.

2.1.2. Le relief

Le périmètre irrigué de Bagré présente un relief en pente douce peu accidenté à l'exception de la vallée principale formée par le lit du fleuve Nakambé (2^e plus grand fleuve du Burkina Faso). Ces reliefs dominent une vaste plaine ondulée située à une altitude de 250 à 300 m au dessus de la mer.

2.1.3 Le climat

Le périmètre est caractérisé par un climat très ensoleillé de type Soudano-guinéen présentant deux saisons nettement marquées : une longue saison sèche s'étendant de la mi-octobre à la mi-mai avec la présence de l'harmattan et incluant une période froide de novembre à février. Une courte saison des pluies de la mi-mai à la mi-octobre caractérisée par l'irrégularité des quantités et la répartition des pluies (Anonyme 3, 2007). La pluviométrie moyenne, d'environ 930 mm, présente de fortes variations dans le temps et dans l'espace avec une tendance à l'augmentation d'ouest en est et du nord au sud (Anonyme 3, 2007). Pour la campagne 2007/2008 plus de 1 109,6 mm d'eau ont été recueillies mais il faut noter une mauvaise répartition de la pluie dans le temps car il n'y a presque pas eu de pluie au mois d'octobre ce qui a occasionné une baisse considérable de rendement pour les cultures non irriguées. La pluviométrie recueillie pour la campagne 2007/2008 montre un pic pour le mois de juillet (figure 4).

Pour la période de Juin à Décembre 2007, les plus basses températures de Tenkodogo sont mesurées en Novembre et en Décembre avec respectivement 21,2 et 19,3° C et les plus hautes en Octobre et en Novembre. Les courbes des températures maximales et minimales montrent une décroissance des températures entre les mois de Juin et d'Août et une croissance à partir du mois d'Août (figure 5).

Les mois de Juillet, d'Août et de Septembre de la zone ont enregistré les plus forts taux d'humidité relative (hygrométries maximales supérieures à 90% et hygrométries minimales supérieures à 60%). Après ces mois les courbes montrent une décroissance (figure 6).

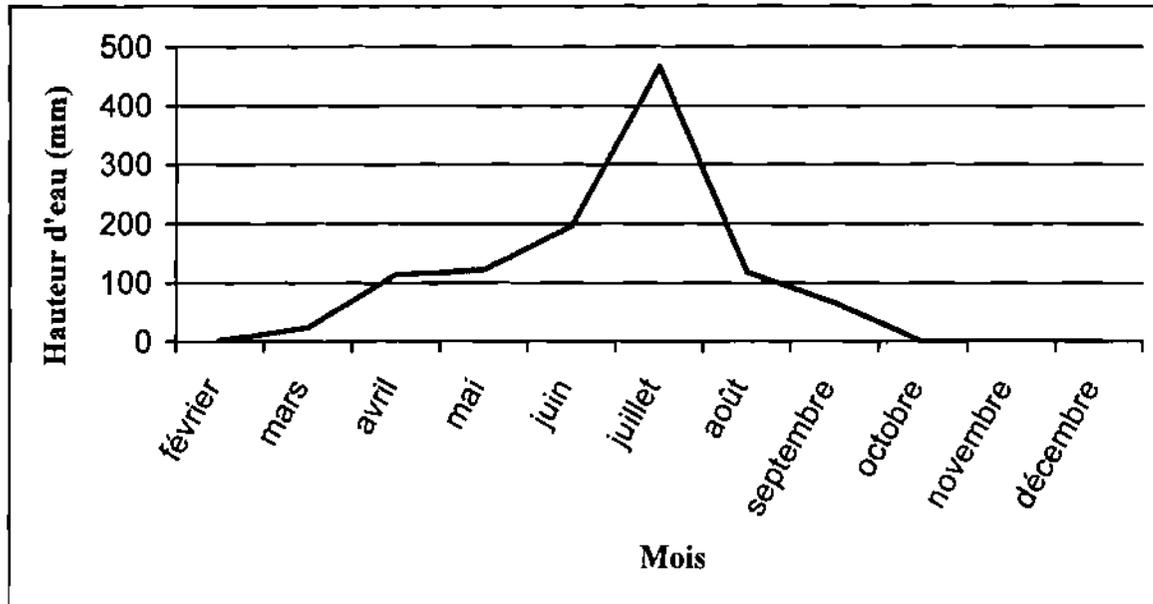


Figure 4: Pluviométrie de la plaine rizicole de Bagré (Burkina Faso) de l'année 2007.

Source : Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (2007).

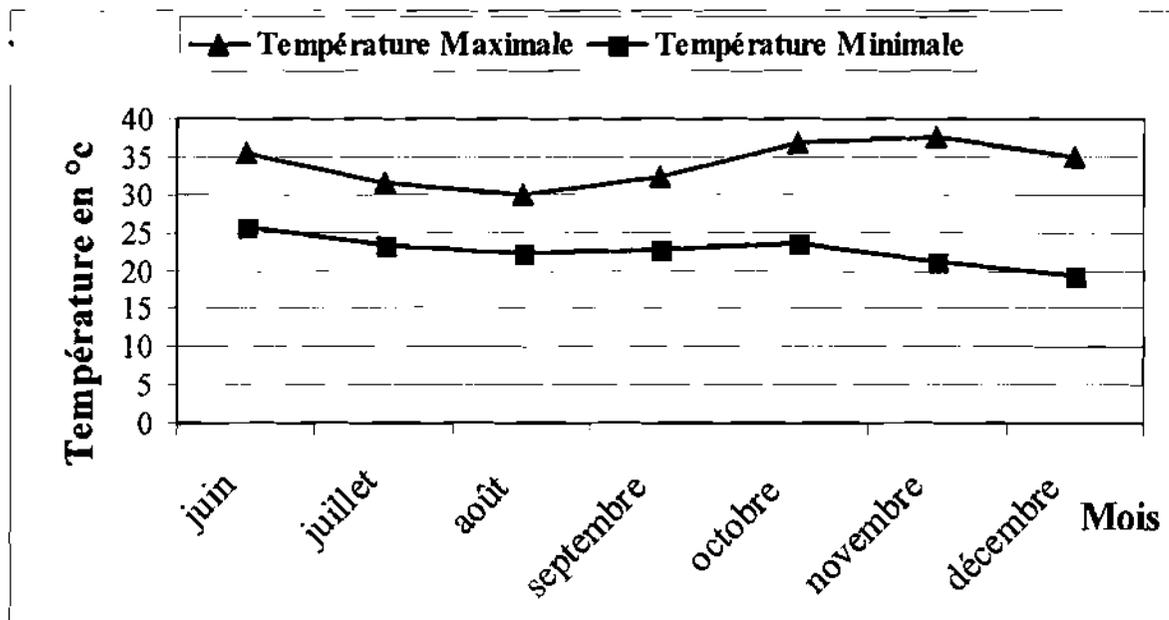


Figure 5 : Températures maximales et minimales de Tenkodogo (Burkina Faso) de Juin à Décembre 2007

Source : Météo Burkina

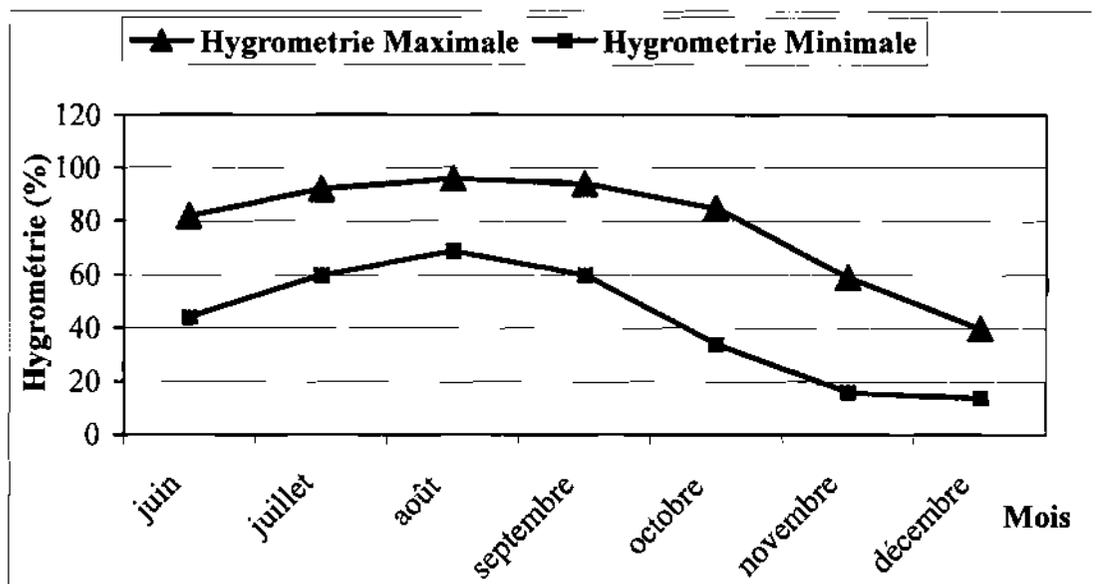


Figure 6 : Hygrométries maximales et minimales de Tenkodogo (Burkina Faso) de Juin à Décembre 2007

Source : Météo Burkina

2.1.4. La végétation

La végétation naturelle de la commune de Bagré varie de la savane arborée à la savane arbustive avec des forêts galeries dégradées le long du fleuve Nakambé. Cette végétation est entamée du fait de l'action destructrice de l'homme. En effet, la pression démographique, les grands chantiers d'aménagement comme le barrage hydroélectrique (superficie en eau 20 000 ha) et le périmètre irrigué (1 885 ha) entraînent une destruction de la végétation naturelle. On y rencontre entre autres, des essences arborées telles que *Butyrospermum paradoxum*, *Bombax costatum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus* et des essences arbustives dominées par *Acacia sp*, *Combrétacées*, *Piliostigma sp.*, *Terminalia sp.*, *Myragina inermis* etc. (Guinko, 1984).

2.1.5 Les sols du périmètre

L'altération des roches précambriennes a donné lieu à des sols ferrugineux et limono-sableux en surface et modérément acides. Sur les glacis, les sols ont une texture sableuse en surface, argileuse et imperméable en profondeur. Dans les bas-fonds et sur les terrasses alluviales, les sols hydromorphes sont caractérisés par une forte teneur en argile du type montmorillonite. La capacité de rétention de ces sols est très élevée, ce qui leur confère un aspect lourd et difficile à travailler. Par contre, ces sols hydromorphes présentent des structures et des textures différentes

dans les zones alluviales. Ce sont des sols limoneux très fertiles et favorables à la culture du riz (Sogreah, 1990).

Il ressort des études de Segda (2002) que les sols de la rive droite du périmètre présentent des disponibilités très faibles en phosphore assimilable, en azote total et en potassium échangeable, une richesse moyenne à faible en matière organique, en bases échangeables. Les valeurs de pH-eau et de la conductivité électrique rencontrées se situent dans les plages favorables au développement du riz irrigué. Le périmètre présente un niveau de fertilité naturelle moyen.

2.2 MATERIELS ET METHODES

2.2.1 Matériels

2.2.1.1 Le matériel végétal

Le matériel végétal a été fourni par l'ADRAO. Il est composé de trois (3) variétés et vingt une (21) lignées isogéniques de riz comportant des gènes de résistance verticale connue. La liste ci-dessous donne premièrement les noms des 21 lignées isogéniques puis ceux des 3 variétés utilisées et chaque nom est précédé de son code. Ce sont : V1 (1AR6), V2 (1AR11), V3 (1AR13), V4 (1AR14/2AR2), V5 (1AR15/2AR3), V6 (1AR27/2AR4), V7 (1AR28/2AR5), V8 (1AR7/2AR6), V9 (1AR8), V10 (1AR9/2AR8), V11 (1AR10/2AR9), V12 (2AR11), V13 (1AR12), V14 (1AR16), V15 (1AR17), V16 (1AR18), V17 (1AR19), V18 (1AR20), V19 (1AR21), V20 (1AR25), V21 (1AR26), V22 (Gigante), V23 (TCS10 témoin sensible), V24 (PNA 647F4-56).

2.2.1.2. Les parcelles d'expérimentation

- ◆ Deux pépinières dont une sur la rive gauche et une sur la droite totalisant 14,40 m² sur chaque rive ont été utilisées pour produire les plants à repiquer ;
- ◆ Deux parcelles d'expérimentation ont été également installées dans les deux rives.

2.2.2. Méthodologies

2.2.2.1 Etude monographique (caractérisation de la plaine rizicole de Bagré)

Pour l'étude de la monographie du périmètre de Bagré, des documents ont été collectés auprès des responsables de la commune rurale de Bagré, de la Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (MOB), de même que des entretiens avec les producteurs sur le périmètre. Des observations directes sur les pratiques culturales ont permis de compléter cette étude. Les données collectées portent sur les points suivants : nom du périmètre, sa superficie, sa situation géographique, types de sols, et pour les cinq dernières années écoulées on a recherché : l'évolution des superficies et des productions, les dates de semis, les variétés utilisées, les doses de fertilisants et l'origine des semences.

2.2.2.2 Les essais au champ

Les essais ont été conduits dans deux sites. En rive gauche le test a été installé dans le domaine réservé à l'INERA et en rive droite dans le champ d'un producteur du village V2.

► Les pépinières

Les pépinières ont été mises en place le 10 juillet 2007 conformément à la période préconisée à Bagré (entre le 1^{er} et le 30 juillet) (annexe 3). La superficie par variété est de 0,6 m² (1 m x 0,6 m). Le semis a été fait à la volée à raison de 30 g par variété.

► Les parcelles d'expérimentation

La parcelle réservée pour l'essai a été de 11,1 m de long sur 10,5 m de large soit une superficie de 116,55 m². Le dispositif expérimental est un Bloc Fisher complètement randomisé à 3 répétitions. L'annexe 1 montre la disposition et la randomisation des parcelles (randomisation générée par le programme IRRISTAT). La parcelle élémentaire a été de 1 m de longueur sur 0,6 m de largeur soit 0,6 m² de superficie. Elle comporte trois lignes de repiquage de 1 m de long chacune et distante les unes des autres de 0,20 m (annexe 2). La distance entre les parcelles élémentaires est de 0,30 m et celle entre les blocs de 1,5 m. Le repiquage a été fait 28 jours après la mise en place des pépinières à raison de 1 à 2 brins par poquet et aux écartements de 0,10 m entre les poquets. L'annexe 2 montre une parcelle élémentaire comportant les trois lignes de semis.

Le NPK (16-26-12+4,5S+0,3Zn) a été utilisé comme fumure de fond à la dose de 300 kg/ha au repiquage. 150 kg/ha d'urée (46% d'azote) ont été utilisés en deux applications ; 75 kg/ha au tallage et 75 kg/ha à l'initiation paniculaire.

Le désherbage a été effectué à la demande. L'insecticide *lambda super 2,5 EC* (25 g de *lambda-cyhalothrin* par litre) a été utilisé pour lutter contre les sautereaux, *Chilo sp.* responsable de cœur mort.

La collecte des données a commencé à partir de la date d'apparition des symptômes du flétrissement bactérien. A partir de cette date, se faisait une notation hebdomadaire des symptômes sur les feuilles de la ligne centrale suivant l'échelle de sévérité définie par Kauffman *et al.* (1973). Le tableau I montre l'échelle d'évaluation utilisée. C'est une notation qui permet d'évaluer la sévérité (DS) de la maladie à l'aide de la formule suivante :

$$DS = [(n1 \times 1) + (n3 \times 3) + (n5 \times 5) + (n7 \times 7) + (n9 \times 9)] \times 100 / (n1 + n3 + n5 + n7 + n9) \times 9$$

Avec n1 à n9 = nombre de feuilles noté 1 à 9.

Tableau I : Echelle d'évaluation des symptômes de Kauffman *et al.* (1973)

Note	Infection foliaire	Comportement
1	Traces	Résistant
3	<1/4 feuille	Moyennement résistant
5	1/4-1/2 feuille	Moyennement sensible
7	>1/2 feuille	Sensible
9	Toute la feuille	Hautement sensible

Source : Kauffman *et al.* (1973)

La sévérité se définit comme étant la proportion du tissu infecté par la maladie et qui manifeste les symptômes. Elle est exprimée en pourcentage de la surface du tissu total (Zadoks et Shein, 1979 cités par Rajarajeswari et Muralidharan, 2005).

L'incidence par rapport aux poquets et par rapport aux feuilles a été également évaluée.

L'incidence d'une maladie se définit comme étant la proportion des plantes infestées visiblement et est exprimée généralement par le pourcentage de la population totale (Zadoks et Shein, 1979 cités par Rajarajeswari et Muralidharan, 2005).

L'incidence par rapport aux poquets est le pourcentage de poquets affectés par la maladie.

Nombre de poquets affectés par la bactériose

$$\text{Incidence poquet} = \frac{\text{-----}}{\text{Nombre total de poquets}} \times 100$$

L'incidence foliaire est le pourcentage de feuilles atteintes par la bactériose.

Nombre de feuilles infectées

$$\text{Incidence foliaire} = \frac{\text{-----}}{\text{Nombre total de feuilles}} \times 100$$

Dans la pratique, la moyenne du nombre de feuilles de trois poquets pris au hasard dans la ligne centrale a été calculée. L'estimation du nombre de feuilles total de la ligne centrale se fait en multipliant le nombre moyen de feuilles par le nombre de poquets sur la ligne (10 en général). En ce qui concerne le nombre de feuilles en milieu paysan, le même principe a été utilisé mais cette fois-ci cinq poquets pris au hasard par mètre carré ont servi pour la détermination de la moyenne du nombre de feuilles par poquet.

Pour le classement des variétés, une moyenne de l'incidence foliaire de la campagne a été réalisée. Le classement des variétés suivant l'incidence foliaire a été fait suivant l'échelle de l'IRRI (1988) présentée par le tableau II.

Tableau II : Echelle d'évaluation de l'incidence foliaire.

Notes	Pourcentage de feuilles attaquées	Niveau de résistance
0	Pas de symptômes	Bon
1	Moins de 1%	Bon
2	1%	Bon
3	3%	Bon
4	5%	Moyen
5	15%	Moyen
6	25%	Moyen
7	37%	Sensible
8	50%	Sensible
9	Plus de 50%	Sensible

Source : IRRI (1988).

Les notations de l'incidence et de la sévérité faites toutes les semaines ont été regroupées selon le stade du développement végétatif du riz : la période avant tallage, la période de tallage et la phase reproductive.

Les panicules de la ligne centrale ont été récoltées, comptées, battues et les grains sont vannés et pesés.

Le taux de progression de l'épidémie (r en % / jour) est évalué à partir de la méthode décrite par Van Der Plank (1963) cité par Rapiilly (1991) : $r = [\log (1/1-x_2) - \log (1/1-x_1)] / (t_2-t_1)$ où x_1 et x_2 désignent les quantités de maladie exprimées en pourcentage et (t_2-t_1) est l'intervalle de temps. Cet intervalle de temps est fonction des possibilités de dissémination du parasite et de la durée de la période de réceptivité de l'hôte.

► Etude de l'incidence du flétrissement bactérien dans les champs paysans sur le périmètre irrigué de Bagré

Pour mieux suivre l'évolution de la maladie dans la plaine rizicole, 5 champs paysans ont été retenus en rive droite et 5 autres en rive gauche. Ces champs ont été infectés naturellement la campagne précédente. Les données collectées au niveau de ces champs ont concerné la notation des dates des différentes opérations culturales (pépinière, repiquage, application et dose de fertilisants, traitements phytosanitaires) et l'évaluation de l'évolution de l'épidémie dans cinq carrés de rendement de 1 m² chacun dans chaque parcelle. Ces carrés sont choisis sur des plages

attaquées. Il faut noter que cinq autres carrés de rendement témoin de 1 m² chacun ont été retenus dans les plages saines. Dans chaque carré on a noté la date d'apparition de la maladie, son évolution à travers une évaluation décadaire de l'incidence et de la sévérité, son impact sur le nombre de panicules et sur le rendement en riz paddy à travers le comptage des panicules et la pesée du riz paddy de chaque carré de rendement.

Le calcul des pertes de rendement a été fait en utilisant la méthode de CRAMER décrite par Rajarajeswari et Muralidharan (2005). Selon cette méthode, le pourcentage de perte de rendement est obtenu par le quotient de la différence entre les moyennes de la masse des bons grains et des grains atteints par la maladie par le rendement potentiel.

$$\text{Perte de rendement} = \frac{(\text{Poids de grain sain} - \text{poids de grain atteint})}{\text{Poids de grain sain}} \times 100$$

En plus de ces travaux un herbier a été réalisé en vue de connaître les mauvaises herbes rencontrées sur la plaine. Ces mauvaises herbes peuvent avoir un lien avec la persistance et le développement de la bactériose à Bagré (Robert et Pamela, 1992) (annexe 4).

2.2.3. Analyse des données et expression des résultats

L'analyse des variances a porté sur l'incidence foliaire, l'incidence par rapport aux poquets, la sévérité, la production de panicule et de paddy. Le logiciel Microsoft Excel 2000 a été utilisé pour la saisie des données, le calcul de la sévérité et de l'incidence, la réalisation des graphiques, le taux de progression de la bactériose et le calcul de certaines moyennes. Les différentes analyses ainsi que l'analyse en composante principale ont été réalisées avec le logiciel XLSTAT version 2008. La comparaison des moyennes a été faite par le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1 Caractérisation des pratiques agricoles habituelles de la plaine rizicole de Bagré

Certaines pratiques agricoles peuvent expliquer le démarrage d'épidémie du flétrissement bactérien. Ainsi, des données ont été collectées pour voir si les pratiques agricoles à Bagré sont favorables ou non aux épidémies du flétrissement bactérien.

3.1.1.1. Les variétés de riz utilisées à Bagré

Sur le périmètre irrigué de Bagré, les producteurs utilisent plusieurs variétés de riz provenant soit de la mission technique chinoise (TS2 et TCS10), soit de l'INERA (les FKR et les NERICA). Le tableau III montre les principales variétés de riz par ordre d'importance utilisées sur la plaine en saison sèche et en saison humide au cours des sept dernières années.

Tableau III : Principales variétés de riz utilisées à Bagré (Burkina Faso) durant les sept dernières années en saison sèche et en saison humide.

Années	Saison sèche					Saison humide				
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
2001	FKR19	TS2	FKR 14	035	TCS 10	TS2	FKR 19	FKR 14	035	X
2002	TS2	FKR 19	FKR 14	035	TCS 10	TS2	FKR 19	FKR 14	035	X
2003	TS2	FKR 19	FKR 14	035	X	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 14	X
2004	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 14	FKR 56N	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 56N	FKR 60N
2005	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 56N	FKR 14	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 56N	FKR 60N
2006	TS2	FKR 19	FKR 56N	FKR 62N	FKR 60N	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 56N	X
2007	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 56N	FKR 14	TS2	FKR 19	FKR 62N	FKR 60N	FKR 56N

X : non déterminé.

1^{ère} à 5^{ème} : première à la cinquième variété utilisée en terme de superficie.

Source: Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (2007).

Ce tableau montre que la TS2 est la principale variété utilisée à Bagré en campagne sèche tout comme en campagne humide. Elle est suivie par la FKR 19. Entre 2001 et 2003 la FKR 14 occupait la troisième place mais à partir de 2004 elle perd sa place au profit du NERICA 62 ou FKR 62N. La variété FKR 14 a tendance à disparaître actuellement dans la production. La 035 occupait la quatrième place des variétés utilisées jusqu'en 2003 en saison sèche et humide. Elle

est remplacée par le NERICA 56 ou FKR 56N et le NERICA 60 ou FKR 60N. La TCS10 a occupé la cinquième place pendant les années 2001 et 2002 en campagne sèche. Depuis 2001 cette variété ne figure plus parmi les cinq principales variétés utilisées en saison pluvieuse. Elle est remplacée dans sa position par la FKR 14 et le NERICA 60.

3.1.1.2 Type et sources de semences utilisées par les producteurs

Jusqu'en 2003 les producteurs utilisaient leurs propres productions comme semence pour les campagnes suivantes. La production de semence certifiée a commencé en 2003 avec les producteurs semenciers qui utilisent la semence de base fournie par l'INERA (tableau IV). Il faut noter aussi que la mission technique chinoise produit de la semence pour les producteurs. Même avec l'avènement des semences certifiées, plusieurs producteurs continuent toujours d'utiliser leur production comme semence. Ainsi, la plus grande partie de la semence utilisée sur cette plaine y est produite.

Tableau IV : Source des semences utilisées à Bagré (Burkina Faso).

Années	Semence de la saison précédente du paysan	Semence certifiée
2001	X	
2002	X	
2003	X	X
2004	X	X
2005	X	X
2006	X	X
2007	X	X

X : semence utilisée.

Source : Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (2007).

3.1.1.3. Date des différentes opérations culturales

Les opérations culturales prises en compte sont le semis, le repiquage et la récolte. Le tableau V donne les dates de ces opérations culturales en saison sèche et en saison humide des sept dernières années. Il montre qu'en moyenne, les semis se sont effectués entre le 25 décembre et le 15 janvier en saison sèche et entre le 1^{er} et le 30 juillet en saison humide. En ce qui concerne le repiquage, il se déroule entre le 25 janvier et le 15 février en saison sèche et entre le 20 juillet et le 15 août en saison humide. Les récoltes sont faites entre le 25 avril et le 25 mai en saison sèche et entre le 20 novembre et le 15 décembre en saison humide. Les données indiquées dans le tableau V sont des dates proposées par les services techniques de la MOB. En réalité, les producteurs du périmètre ne suivent pas ces calendriers proposés.

Tableau V : Date des opérations culturales en saisons sèche et humide.

Années	Saison sèche			Saison humide		
	Semis	Repiquage	Récolte	Semis	repiquage	Récolte
2001	25/12 -20/01	25/01-20/02	29/4-25/05	1/07-30/07	15/07-20/08	19/11-8/12
2002	25/12-15/01	25/01-15/02	25/04-25/05	1/07-30/07	20/07-15/08	20/11-15/12
2003	25/12-15/01	25/01-15/02	25/04-25/05	1/07-30/07	20/07-15/08	20/11-15/12
2004	25/12-15/01	25/01-15/02	25/04-25/05	1/07-30/07	20/07-15/08	20/11-15/12
2005	25/12-15/01	25/01-15/02	25/04-25/05	1/07-30/07	20/07-15/08	20/11-15/12
2006	25/12-15/01	25/01-15/02	25/04-25/05	1/07-30/07	20/07-15/08	20/11-15/12
2007	25/12-15/01	25/01-15/02	25/04-25/05	1/07-30/07	20/07-15/08	20/11-15/12

Source : Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (2007).

3.1.1.4 Quantités d'engrais utilisées par producteur en moyenne sur le riz

Les quantités moyennes d'engrais minéraux apportés par les producteurs ces sept dernières années sont mentionnées dans le tableau VI. Il indique que pour la même année la quantité d'engrais utilisée en saison sèche est la même que celle de la saison humide. La plus faible quantité d'engrais utilisée est de 150 kg/ha de NPK et 100 kg/ha d'urée en 2001. Excepté l'année 2001, les producteurs utilisent environ 200 kg/ha de NPK et 150 kg/ha d'urée. Les formules d'engrais rencontrées durant la campagne humide 2007/2008 sont : 16-26-12 + 4,5 S + 0,3 Zn ; 12-22-12 et 15-20-15-6 S-1 E2O3.

Tableau VI : Doses d'engrais utilisées sur le périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso) au cours des sept dernières années.

Années	Saison sèche		Saison humide	
	NPK	Urée	NPK	Urée
2001	150	100	150	100
2002	200	100	200	100
2003	200	160	200	160
2004	200	150	200	150
2005	200	150	200	150
2006	200	150	200	150
2007	200	150	200	150

Source : Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (2007).

3.1.1.5 Production de riz à Bagré

Le tableau VII montre l'évolution des superficies, des rendements et des productions de riz en campagne humide et en campagne sèche à Bagré au cours des six dernières années.

Les superficies emblavées en moyenne pendant la campagne sèche sont d'environ 1 377,81 ha/an et sont supérieures à celles emblavées en campagne humide (1296,66 ha/an). Il en est de même pour les rendements (4,6 T/ha pour la campagne sèche et 4,28 T/ha pour la campagne humide). La production en campagne humide évolue en dent de scie avec un maximum de production en 2002 (7 488 tonnes) et un minimum en 2005 (3 853,45 tonnes) alors que celle de la campagne sèche a tendance à se stabiliser à 6 000 tonnes par an. D'une manière générale, la production moyenne en campagne humide des six dernières années (5586 tonnes) est inférieure à celle de la campagne sèche qui est d'environ 6 295 tonnes.

Tableau VII: Evolution des superficies, des rendements et des productions de riz en campagne sèche et en campagne humide.

Années	Campagne sèche			Campagne humide		
	Superficies (ha)	Rendements (T/ha)	Productions (tonne)	Superficies (ha)	Rendements (T/ha)	Productions (tonne)
2001	1074	5,1	5477,4	1200	4,7	5640
2002	1500	4,9	7350	1560	4,8	7488
2003	1516	4,2	6367,2	1320	3,9	5148
2004	1334	4,9	6536,6	1462	4,5	6579
2005	1457,3	4,19	6109	951	4,05	3853,45
2006	1385,6	4,28	5930,37	1287	3,74	4806,95

Source: Maîtrise d'Ouvrage de Bagré (2007).

3.1.2 : Essais

3.1.2. 1 Incidence de la bactériose

3.1.2.1. 1 Incidence de la bactériose en rive gauche

➤ Phase végétative

• Période avant tallage

L'incidence par rapport aux feuilles de la bactériose sur les variétés testées a été faible (tableau VIII). La variété V22 (Gigante) est restée indemne de la maladie tandis que la lignée V14 (1AR16) avec une incidence de 6,2% a été la plus attaquée. Les lignées V4 (1AR14/2AR2), V5 (1AR15/2AR3), V10 (1AR9/2AR8) et V21 (1AR26) ne diffèrent pas significativement de la

lignée V14 (1AR16). Ces lignées ont été les plus sensibles pendant cette période. 79,16% des génotypes ont différé significativement de la lignée V14 (1AR16) : il s'agit des génotypes V1 (1AR6), V2 (1AR11), V3 (1AR13), V6 (1AR27/2AR4), V7 (1AR28/2AR5), V8 (1AR7/2AR6), V9 (1AR8), V11 (1AR10/2AR9), V12 (2AR11), V13 (1AR12), V15 (1AR17), V16 (1AR18), V17 (1AR19), V18 (1AR20), V19 (1AR21), V20 (1AR25), V22 (Gigante), V23 (TCS10) et V24 (PNA 647F4-56). Ils se sont montrés relativement plus résistants. Pendant cette période au niveau des lignées V2 (1AR11), V7 (1AR28/2AR5), V9 (1AR8), V11 (1AR10/2AR9), V13 (1AR12), V15 (1AR17) et V16 (1AR18) l'infection n'a pas évolué (taux de progression négatif). Cependant, les lignées V4 (1AR14/2AR2) et V21 (1AR26) ont connu un plus fort taux de progression (0,68 et 0,64%).

Concernant le nombre de poquet, l'analyse statistique n'a pas révélé de différence entre les variétés et lignées isogéniques (tableau IX). Les génotypes V10 (1AR9/2AR8), V14 (1AR16), V19 (1AR21) et V23 (TCS10) étaient les plus touchés. Leur incidence par rapport aux poquets est supérieure à 15%. La variété V22 (Gigante) a eu la meilleure aptitude à freiner la progression de l'épidémie ($r = -0,4838$) (tableau IX). Les lignées V4 (1AR14/2AR2), V13 (1AR12) et V15 (1AR17) ont eu un taux de progression nul.

• Période de tallage

Onze génotypes se sont montrés aussi sensibles que le témoin (V23) (TCS10) (tableau VIII). Il s'agit de : V1 (1AR6), V2 (1AR11), V4 (1AR14/2AR2), V5 (1AR15/2AR3), V7 (1AR28/2AR5), V10 (1AR9/2AR8), V11 (1AR10/2AR9), V19 (1AR21), V20 (1AR25), V21 (1AR26) et V24 (PNA 647F4-56). Ils ne diffèrent pas significativement de la variété V23 (TCS10), leur incidence variant de 3,98 à 6,98%. 50% des variétés et lignées isogéniques ont différé significativement du témoin sensible (V23) (TCS10) avec une incidence comprise entre 2,01 et 3,76%. La lignée V14 (1AR16) a montré une très bonne aptitude à freiner la progression de l'épidémie en présentant un taux de progression négatif ($r = -0,013$) (tableau VIII). Les taux de progression de l'épidémie les plus élevés 0,326 et 0,34% ont été observés respectivement sur les génotypes V2 (1AR11) et V23 (TCS10) tandis que les plus faibles taux de progression (excepté la lignée V14 (1AR16)) ont été observés sur la V12 (2AR11) ($r = 0,029$), V16 (1AR18) (0,075) et V20 (1AR25) (0,097).

L'incidence au niveau des poquets (tableau IX) était comprise entre 24,16 et 55%. Les génotypes V4 (1AR14/2AR2) et V23 (TCS10) ont eu les plus grands nombres de poquets atteints (respectivement 55 et 52,5%) tandis que les génotypes V13 (1AR12), V14 (1AR16), V15

(1AR17), V16 (1AR18) et V22 (Gigante) avaient les plus petites incidences (entre 24,16 et 31,66% des poquets attaqués). La lignée V14 (1AR16) a pu freiner l'évolution de l'épidémie par rapport aux autres génotypes ($r = 1,23$).

➤ **Phase reproductive ou fructification**

L'incidence foliaire moyenne de la maladie est comprise entre 5,23 et 11,33% en fonction des génotypes (tableau VIII). La lignée V4 (1AR14/2AR2) avec une incidence de 11,33% a été la plus attaquée. Le taux de progression du flétrissement bactérien sur cette lignée pendant cette période a été de 0,11. La variété V22 (Gigante) et la lignée V16 (1AR18) se sont montrées les meilleures avec une incidence foliaire inférieure à 6% et avec des taux de progression respectifs de 0,166 et 0,044. Les lignées V8 (1AR7/2AR6), V9 (1AR8), V15 (1AR17) et V18 (1AR20) ayant des taux de progression supérieurs à 0,2% ont moins freiné l'évolution de la bactériose.

Concernant l'incidence par rapport au nombre de poquets (tableau IX), la variété V23 (TCS10) a été la plus atteinte avec 83,33% des poquets atteints par la bactériose.

Les génotypes V12 (2AR11), V16 (1AR18) et V22 (Gigante) diffèrent significativement de la V23 (TCS10) avec une incidence comprise entre 55 et 63,33%. Les lignées V4 (1AR14/2AR2), V5 (1AR15/2AR3) et V10 (1AR9/2AR8) ont mieux freiné la progression de la maladie avec des taux de progression négatifs (- 1,2 à -0,596).

Tableau VIII : Incidence foliaire de la bactériose en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

Code	Variétés	Pourcentage de feuilles malades				Taux de progression de la bactériose			Niveaux de résistance
		Avant tallage**	Tallage***	Fructification****	Moyenne	r1	r2	r3	
V1	1AR6	1,71a	4,58abcd	8,33abcd	5,499	0,0334	0,2097	0,1979	Moyen
V2	1AR11	1,75a	5,48bcd	9,42bcd	6,308	-0,0334	0,326	0,0691	Moyen
V3	1AR13	1,06a	3,33abc	7,97abcd	4,73	0,1357	0,1754	0,1264	Bon
V4	1AR14/2AR2	3,10ab	5,95cd	11,33d	7,532	0,6828	0,1892	0,11	Moyen
V5	1AR15/2AR3	3,08ab	4,36abcd	8,87abcd	5,905	0,0914	0,1773	0,1463	Moyen
V6	1AR27/2AR4	1,07a	2,99abc	7,84abcd	4,54	0,0563	0,1677	0,194	Bon
V7	1AR28/2AR5	1,82a	4,18abcd	7,52abcd	5,039	-0,0247	0,1705	0,1186	Moyen
V8	1AR7/2AR6	1,46a	3,38abc	9,19abcd	5,317	0,4248	0,1277	0,2409	Moyen
V9	1AR8	0,80a	2,48ab	7,30abc	4,062	-0,0115	0,1446	0,2043	Bon
V10	1AR9/2AR8	3,68ab	3,98abcd	9,57bcd	6,152	0,3856	0,1438	0,134	Moyen
V11	1AR10/2AR9	1,82a	4,9abcd	9,39bcd	6,073	-0,2779	0,2751	0,1219	Moyen
V12	2AR11	1,90a	2,82abc	7,54abcd	4,52	0,5534	0,0294	0,1883	Bon
V13	1AR12	0,82a	2,28a	7,15abc	3,935	-0,0821	0,1718	0,1844	Bon
V14	1AR16	6,20b	2,77ab	7,98abcd	5,539	0,0777	-0,013	0,1758	Moyen
V15	1AR17	2,17a	2,96abc	7,98abcd	4,807	-0,2819	0,1654	0,2086	Bon
V16	1AR18	1,97a	2,01a	5,67ab	3,467	-0,051	0,075	0,1657	Bon
V17	1AR19	1,99a	3,76abc	8,81abcd	5,421	0,1458	0,1382	0,1988	Moyen
V18	1AR20	1,61a	3,64abc	9,17abcd	5,442	0,0102	0,1794	0,2445	Moyen
V19	1AR21	2,22a	4,62abcd	9,34bcd	6,025	0,4968	0,1577	0,1101	Moyen
V20	1AR25	1,96a	4,09abcd	7,82abcd	5,155	0,3891	0,097	0,1865	Moyen
V21	1AR26	2,99ab	4,45abcd	8,3abcd	5,695	0,6437	0,1047	0,1155	Moyen
V22	Gigante	0,00a	2,66ab	5,24a	3,157	0	0,1727	0,0445	Bon
V23	TCS 10*	2,16a	6,98d	10,67cd	7,486	0,1898	0,3418	-0,027	Moyen
V24	PNA 647F4-56	1,14a	4,81abcd	7,18abc	5,022	0,0202	0,187	0,1288	Moyen

* : Témoin sensible ; ** : 42 et 49 jas ; *** : 56, 63, 70 et 77 jas ; **** : 77, 84, 91 et 98 jas. r1, r2, r3 : Taux de progression de la maladie respectivement pendant les périodes d'avant tallage, au tallage et à la fructification. Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Niveau de résistance : Bon : moyenne < 5 ; Moyen : 5 ≤ moyenne < 37 ; Sensible : moyenne ≥ 37

Tableau IX : Incidence de la bactériose sur les poquets en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

Code	Variétés	Pourcentage de poquets atteints par la bactériose			Taux de progression de l'épidémie		
		Avant tallage**	Tallage***	Phase reproductive****	r1	r2	r3
V1	1AR6	10	43,33abcd	67,5abcd	1,0576	2,7615	3,1260
V2	1AR11	8,33	44,16abcd	75,83bcd	0,5190	3,9236	2,0985
V3	1AR13	6,66	40,83abcd	75,83bcd	1,0213	3,5477	2,4745
V4	1AR14/2AR2	3,33	55d	79,16bcd	0,0000	6,2775	-1,2005
V5	1AR15/2AR3	8,33	41,66abcd	71,66abcd	1,5599	3,0720	-0,5960
V6	1AR27/2AR4	5	35,83abcd	65,25abcd	0,5023	3,0259	2,4755
V7	1AR28/2AR5	13,33	38,33abcd	69,16abcd	1,1000	2,6212	2,4755
V8	1AR7/2AR6	10	36,66abcd	80cd	2,1213	3,2727	4,2995
V9	1AR8	5	32,5abc	70abcd	0,5023	2,2290	3,9229
V10	1AR9/2AR8	15	40,83abcd	72,5abcd	2,8090	3,7713	-1,1372
V11	1AR10/2AR9	8,33	43,33abcd	70abcd	0,5190	3,2066	2,1651
V12	2AR11	8,33	33,33abc	63,33abc	2,6052	1,8242	2,7224
V13	1AR12	3,33	28,33ab	66,66abcd	0,0000	2,6007	3,0263
V14	1AR16	16,66	24,16a	70abcd	1,1440	1,2314	5,1687
V15	1AR17	10	29,16ab	70,83abcd	0,0000	2,0992	3,2725
V16	1AR18	10	31,66ab	60,83ab	1,0576	1,9646	3,2725
V17	1AR19	13,33	37,5abcd	71,66abcd	2,2016	2,4755	1,9255
V18	1AR20	8,33	36,66abcd	72,5abcd	0,5190	2,6106	3,4116
V19	1AR21	15	47,5bcd	80,83cd	3,9476	2,8161	3,2730
V20	1AR25	13,33	35,83abcd	67,5abcd	3,3113	2,0381	3,4116
V21	1AR26	13,33	41,66abcd	75bcd	2,2032	3,1270	3,2730
V22	Gigante	0	28,33ab	55a	-0,4838	2,4755	0,7969
V23	TCS 10*	15	52,5cd	83,33d	1,6826	3,5030	3,9236
V24	PNA 647F4-56	8,33	36,66abcd	70,83abcd	1,5599	1,9646	5,7480

* : Témoin sensible ; ** : 42 et 49 jas ; *** : 56, 63, 70 et 77 jas ; **** : 77, 84, 91 et 98 jas

r1, r2, r3 : Taux de progression de la maladie respectivement pendant les périodes d'avant tallage, au tallage et à la fructification

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

3.1.2.1. 2 Incidence de la bactériose en rive droite

➤ Phase végétative

• Période avant tallage

Les lignées V14 (1AR16), V17 (1AR19) et V6 (1AR27/2AR4) ont eu les plus faibles incidences foliaires (0,27 ; 0,40 et 0,69%) tandis que les génotypes V23 (TCS10), V24 (PNA 647F4-56), V18 (1AR20), V11 (1AR10/2AR9) et V3 (1AR13) ont les plus fortes incidences comprises entre 4,29 et 6,26% (tableau X). 70,83% des génotypes ont différé significativement de la variété V23 (TCS10) (témoin sensible). Les lignées V10 (1AR9/2AR8), V16 (1AR18), V20 (1AR25) et V21 (1AR26) ont mieux résisté à la progression de la bactériose avec des taux de progression négatifs.

Entre 0 et 28,33% des poquets ont été affectés par la bactériose (tableau XI). Les génotypes V3 (1AR13), V4 (1AR14/2AR2), V18 (1AR20), V22 (Gigante), V23 (TCS10) et V24 (PNA 647F4-56) avec une incidence variant de 21,66 à 28,33% ont les plus grands nombres de poquets affectés tandis que les lignées V14 (1AR16) et V17 (1AR19) ont les poquets les moins infectés avec respectivement 1,66 et 0% d'incidence. La lignée V16 (1AR18) a mieux résisté à la progression de la bactériose avec un taux de progression négatif (-0,56). Les génotypes V18 (1AR20) et V24 (PNA 647F4-56) avec des taux respectifs de 5,02 et 6,31% ont été les plus sensibles quant à la progression de la bactériose.

• Période de tallage

L'incidence foliaire est comprise entre 4,45 et 12,93% (tableau X). La lignée V11 (1AR10/2AR9) est la plus infectée par la maladie avec une incidence foliaire de 12,93%. 62,5% des génotypes diffèrent significativement de la lignée V11 (1AR10/2AR9). Les génotypes V2 (1AR11), V3 (1AR13), V5 (1AR15/2AR3), V18 (1AR20), V19 (1AR21), V22 (Gigante) et V23 (TCS10) ont eu une meilleure aptitude à freiner l'évolution de la maladie par rapport aux autres génotypes (r inférieur à 0,09). Les lignées V4 (1AR14/2AR2), V10 (1AR9/2AR8), V11 (1AR10/2AR9), V13 (1AR12) et V20 (1AR25) ont enregistré les taux de progression de la maladie les plus élevés compris entre 0,203 et 0,245 (tableau X).

Entre 36,66 et 70% des poquets ont été attaqués par la maladie. Les lignées V5 (1AR15/2AR3) et V6 (1AR27/2AR4) ayant respectivement 40% et 36,66% des poquets attaqués sont les plus résistantes à la bactériose tandis que les lignées V4 (1AR14/2AR2), V11 (1AR10/2AR9) et V20 (1AR25) sont les plus sensibles avec une incidence supérieure à 65%

(tableau XI). La variété V22 (Gigante) a enregistré le plus petit taux de progression (0,37%) de la bactériose alors que le reste des génotypes a eu un taux supérieur à 1.

➤ **Phase reproductive**

A cette période, la lignée V11 (1AR10/2AR9) s'est montrée la plus vulnérable à la bactériose avec une incidence de 9,96% (tableau X). La lignée V21 (1AR26) a eu la plus petite incidence (4,72%). Les génotypes V1 (1AR6), V9 (1AR8), V10 (1AR9/2AR8), V12 (2AR11), V14 (1AR16), V16 (1AR18), V17 (1AR19), V18 (1AR20), V19 (1AR21), V21 (1AR26) et V22 (Gigante) ont eu des taux de progression positifs (r compris entre 0,004 et 0,11) tandis que ces taux ont été négatifs pour le reste des variétés.

L'analyse de variance, au niveau des poquets infectés par la bactériose ne montre pas de différence significative entre les génotypes. Une incidence moyenne de 55 à 75% a été observée (tableau XI). Les génotypes V4 (1AR14/2AR2), V7 (1AR28/2AR5), V8 (1AR7/2AR6), V9 (1AR8), V11 (1AR10/2AR9), V16 (1AR18), V17 (1AR19), V20 (1AR25), V23 (TCS10) et V24 (PNA 647F4-56) ont résisté à la progression de la bactériose (taux de progression négatifs).

Tableau X : Incidence foliaire en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

Code	Variétés	Pourcentage de feuilles atteintes par la bactériose				Taux de progression de l'épidémie			Niveaux de résistance
		Avant tallage**	Tallage***	Fructification****	Moyenne	r1	r2	r3	
V1	1AR6	2,98abc	6,99a	5,70ab	5,669	0,2444	0,1051	0,0238	Moyen
V2	1AR11	3,94bcd	7,34ab	5,71ab	6,011	0,2514	0,0854	-0,0779	Moyen
V3	1AR13	4,47cd	7,42ab	5,49ab	6,059	0,2752	0,0698	-0,0123	Moyen
V4	1AR14/2AR2	3,37abcd	10,27ab	7,25abc	7,681	0,4909	0,2399	-0,175	Moyen
V5	1AR15/2AR3	1,95abc	5,15a	4,97ab	4,437	0,5698	0,0827	-0,0076	Bon
V6	1AR27/2AR4	0,69ab	5,10a	5,39ab	4,336	0,0273	0,1809	-0,0272	Bon
V7	1AR28/2AR5	1,80abc	6,00a	5,47ab	4,946	0,5238	0,1076	-0,0737	Bon
V8	1AR7/2AR6	1,75abc	6,57a	5,23ab	5,068	0,0785	0,1967	-0,06	Moyen
V9	1AR8	1,19abc	5,29a	5,42ab	4,52	0,1475	0,104	0,0425	Bon
V10	1AR9/2AR8	1,78abc	6,00a	6,41ab	5,319	-0,0989	0,2251	0,0147	Moyen
V11	1AR10/2AR9	4,29cd	12,93b	9,96c	10,016	0,2463	0,2458	-0,1271	Moyen
V12	2AR11	1,29abc	5,57a	6,04ab	4,906	0,3734	0,1185	0,0182	Bon
V13	1AR12	1,79abc	6,49a	6,12ab	5,401	0,2284	0,2029	-0,0642	Moyen
V14	1AR16	0,27a	4,45a	5,36ab	3,98	0,0774	0,1586	0,0484	Bon
V15	1AR17	2,01abc	6,23a	5,98ab	5,286	0,0816	0,1688	-0,0279	Moyen
V16	1AR18	2,85abc	5,27a	4,91ab	4,645	-0,3662	0,1192	0,0317	Bon
V17	1AR19	0,40a	5,17a	6,54ab	4,764	0,1162	0,195	0,1167	Bon
V18	1AR20	4,30cd	7,28ab	5,38ab	5,923	0,5972	0,0145	0,023	Moyen
V19	1AR21	2,90abc	7,18ab	5,42ab	5,622	0,206	0,0719	0,0384	Moyen
V20	1AR25	2,21abc	8,10ab	5,12ab	5,729	-0,0161	0,2074	-0,1172	Moyen
V21	1AR26	2,41abc	5,66a	4,72a	4,632	-0,1786	0,1323	0,0038	Bon
V22	Gigante	2,64abc	5,46a	4,75ab	4,613	0,2318	0,0119	0,0591	Bon
V23	TCS 10*	6,26d	9,74ab	5,85ab	7,492	0,4969	0,0402	-0,1486	Moyen
V24	PNA 647F4-56	4,4cd	9,26ab	7,99bc	7,781	0,6875	0,1318	-0,1341	Moyen

* : Témoin sensible ; ** : 42 et 49 jas ; *** : 56, 63, 70 et 77 jas ; **** : 77, 84, 91 et 98 jas

r1, r2, r3 : Taux de progression de la maladie respectivement pendant les périodes d'avant tallage, au tallage et à la fructification

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%. Niveau de résistance : Bon : moyenne < 5 ; Moyen : 5 ≤ moyenne < 37 ; Sensible : moyenne ≥ 37

Tableau XI : Incidence de la bactériose sur les poquets en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

Code	Variétés	Pourcentage de poquets atteints par la bactériose			Taux de progression de l'épidémie		
		Avant tallage**	Tallage***	Phase reproductive****	r1	r2	r3
V1	1AR6	20bcd	52,5abcd	63,33	2,3877	2,4750	0,7170
V2	1AR11	20bcd	50abcd	59,16	2,3877	2,4750	0,0000
V3	1AR13	28,33d	56,66abcd	66,66	4,6923	2,0996	1,8240
V4	1AR14/2AR2	21,66cd	66,66cd	65	4,2865	4,3001	-1,8240
V5	1AR15/2AR3	11,66abcd	40ab	55	3,7951	2,3237	0,6515
V6	1AR27/2AR4	5abc	36,66a	63,33	0,5023	1,7818	2,2716
V7	1AR28/2AR5	15abcd	58,33abcd	65,83	3,9476	3,6123	-1,1372
V8	1AR7/2AR6	15abcd	56,66abcd	60	1,6826	3,5030	-1,0274
V9	1AR8	8,33abc	54,16abcd	65,83	1,5599	3,4130	-0,3411
V10	1AR9/2AR8	8,33abc	55abcd	67,5	0,5190	3,9236	0,4202
V11	1AR10/2AR9	16,66abcd	70d	75	3,4453	4,6401	-1,4481
V12	2AR11	11,66abcd	52,5abcd	69,16	3,7951	2,9752	0,7961
V13	1AR12	6,66abc	41,66abc	63,33	0,5190	3,2066	0,0000
V14	1AR16	1,66ab	42,5abc	61,66	0,4838	2,3546	1,4484
V15	1AR17	10abcd	52,5abcd	69,16	1,0576	3,4130	0,7961
V16	1AR18	15abcd	58,33abcd	60,83	-0,5614	3,7890	-0,3759
V17	1AR19	0a	54,16abcd	62,5	0,0000	3,9240	-1,4484
V18	1AR20	23,33cd	51,66abcd	59,16	5,0207	1,6410	1,0274
V19	1AR21	18,33abcd	53,33abcd	67,5	1,7514	1,7729	2,4763
V20	1AR25	11,66abcd	65bcd	61,66	1,6190	4,0688	-1,4476
V21	1AR26	18,33abcd	51,66abcd	61,66	0,5843	2,1899	1,3130
V22	Gigante	21,66cd	47,5abcd	60,83	4,2865	0,3765	2,8957
V23	TCS 10*	28,33d	57,5abcd	60	4,6941	2,4755	-0,7170
V24	PNA 647F4-56	23,33cd	55abcd	61,66	6,3114	2,4755	-1,8244

* : Témoin sensible ; ** : 42 et 49 jas ; *** : 56, 63, 70 et 77 jas ; **** : 77, 84, 91 et 98 jas

r1, r2, r3 : Taux de progression de la maladie respectivement pendant les périodes d'avant tallage, au tallage et à la fructification

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

3.1.2.1.3 Evolution de l'incidence de la maladie

Les notations hebdomadaires ont permis de suivre l'évolution de l'incidence foliaire et l'incidence par rapport aux poquets dans les deux rives. Les figures 7 et 8 montrent respectivement l'évolution de l'incidence foliaire moyenne et de l'incidence moyenne par rapport au poquet et par semaine des 24 variétés et lignées isogéniques dans les deux rives.

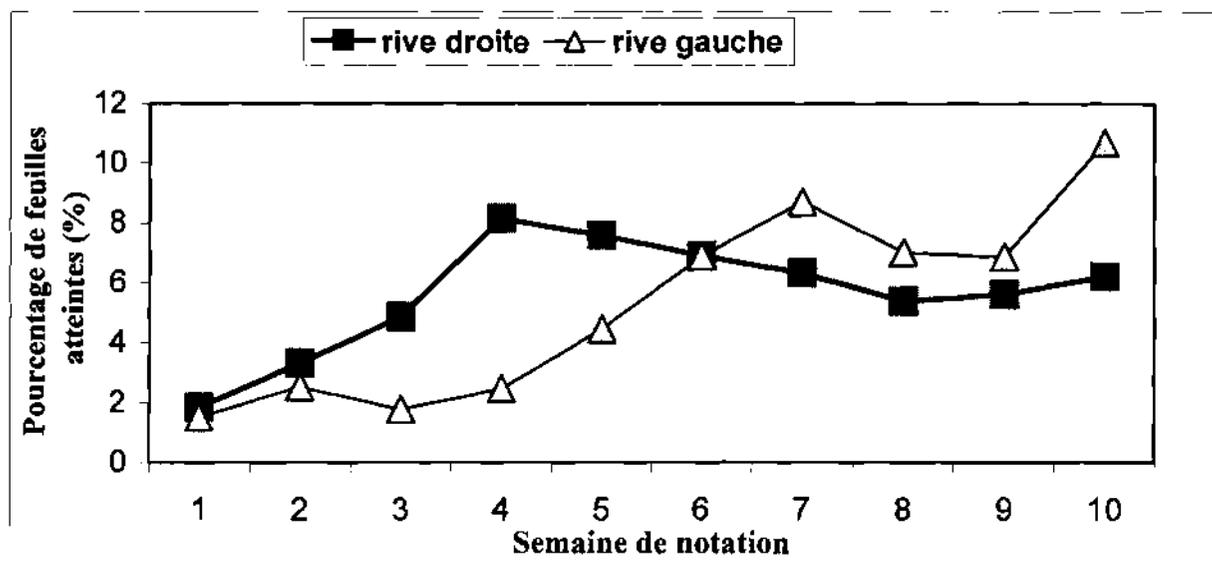


Figure 7 : Evolution de l'incidence foliaire en rive gauche et en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

Ces courbes montrent une ascendance de l'incidence en rive gauche (jusqu'à la septième semaine) et en rive droite (jusqu'à la quatrième semaine). Cette période d'ascendance est suivie par une période de décroissance. En rive gauche on observe une croissance entre la neuvième et dixième semaine.

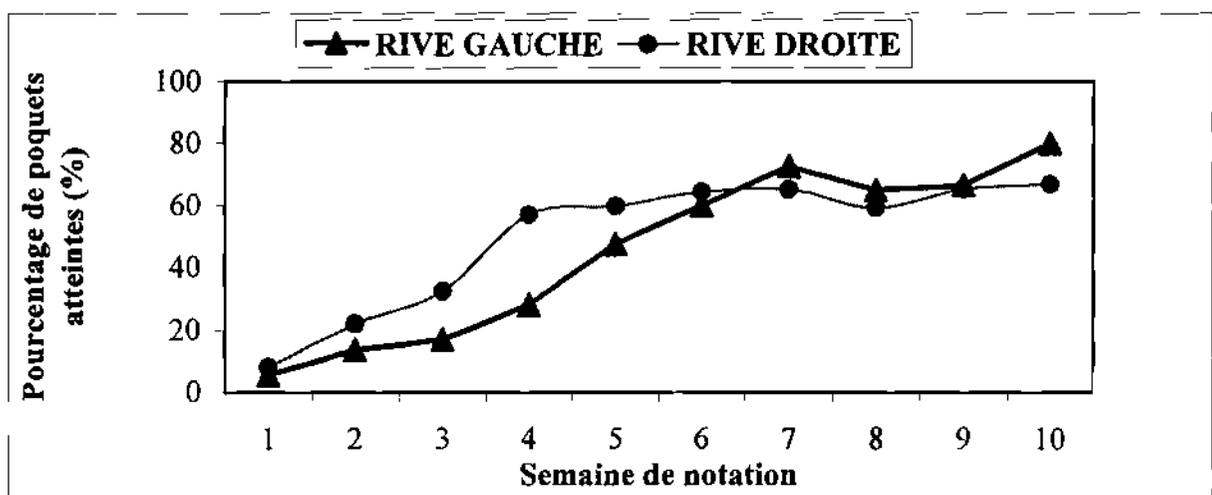


Figure 8 : Evolution de l'incidence par rapport au poquet en rive gauche et en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

D'une manière générale, l'incidence par rapport au nombre de poquets est croissante dans les deux rives avec une légère décroissance entre la septième et la huitième semaine de notation.

L'incidence est plus élevée en rive droite qu'en rive gauche entre la première et la sixième semaine de notation. Au-delà de cette période, elle devient légèrement plus élevée en rive gauche qu'en rive droite.

3.1.2.2 Sévérité de la bactériose

3.1.2.2.1 Sévérité en rive gauche

➤ Phase végétative

• Période avant tallage

Les génotypes V9 (1AR8), V13 (1AR12) et V22 (Gigante) se sont montrés les plus résistants à la bactériose avec une sévérité presque de 11,11%. Au niveau de 66,66% des génotypes (V1 (1AR6), V2 (1AR11), V3 (1AR13), V4 (1AR14/2AR2), V6 (1AR27/2AR4), V8 (1AR7/2AR6), V9 (1AR8), V11 (1AR10/2AR9), V13 (1AR12), V15 (1AR17), V16 (1AR18), V17 (1AR19), V18 (1AR20), V19 (1AR21), V22 (Gigante) et V24 (PNA647F4-56)) la bactériose était moins sévère avec une sévérité inférieure à 12%. Les lignées V14 (1AR16) et V21 (1AR26) ayant respectivement 13,21% et 12,90% avaient les plus fortes sévérités (tableau XII). Les lignées V5 (1AR15/2AR3), V9 (1AR8), V11 (1AR10/2AR9), V13 (1AR12) et V15 (1AR17) ont pu freiner la progression de l'épidémie avec un taux de progression négatif.

• Période de tallage

La variété V23 (TCS10) s'est montrée la plus sensible avec une sévérité moyenne de 14,13% (Tableau XII). Les génotypes V9 (1AR8), V13 (1AR12), V14 (1AR16), V15 (1AR17), V16 (1AR18) et V22 (Gigante) ayant des sévérités moyennes inférieures à 12,29% ont les surfaces foliaires les moins attaquées. Les lignées V12 (2AR11) et V14 (1AR16) se sont montrées les plus résistantes quant à la progression de la maladie avec un taux de progression négatif. Les génotypes V2 (1AR11), V4 (1AR14/2AR2), V11 (1AR10/2AR9), V23 (TCS10) et V24 (PNA647F4-56) ont eu les taux de progression les plus élevés (supérieur à 0,1).

➤ Phase reproductive

Les génotypes V4 (1AR14/2AR2) et V23 (TCS10) ont eu les plus fortes sévérités supérieures à 16,09% (tableau XII). Elles ne diffèrent pas significativement avec 83,33% des génotypes. Avec une sévérité de 13,12% et 13,30%, les génotypes V22 (Gigante) et V16 (1AR18) ont différé significativement des génotypes V4 (1AR14/2AR2) et V23 (TCS10). Aucun génotype n'a pu freiner la progression de la maladie (taux de progression positif).

Tableau XII : Sévérité de la bactériose en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

Code	Variétés	Surface foliaire atteinte par la bactériose				Taux de progression de l'épidémie			Niveaux de résistance
		Avant tallage**	Tallage***	Fructification****	Moyenne	r1	r2	r3	
V1	1AR6	11,84abc	13,09abcdef	14,75ab	13,501	0,1232	0,0748	0,1316	MR
V2	1AR11	11,63abc	13,69ef	15,29ab	13,921	0,0372	0,1618	0,0439	MR
V3	1AR13	11,69abc	12,48abcde	14,42ab	13,102	0,1472	0,0561	0,0819	MR
V4	1AR14/2AR2	11,68abc	13,65def	16,09b	14,233	0,1294	0,129	0,0835	MR
V5	1AR15/2AR3	12,63abc	13,11abcdef	15,04ab	13,788	-0,1733	0,0997	0,1073	MR
V6	1AR27/2AR4	11,44ab	12,38abcde	14,59ab	13,082	0,0468	0,0648	0,1487	MR
V7	1AR28/2AR5	12,01abc	13,15abcdef	14,42ab	13,429	0,1007	0,0521	0,093	MR
V8	1AR7/2AR6	11,79abc	12,50abcde	15,09ab	13,399	0,2219	0,0344	0,1386	MR
V9	1AR8	11,28a	11,93a	14,21ab	12,715	-0,0048	0,0556	0,146	MR
V10	1AR9/2AR8	12,25abc	12,76abcde	15,29ab	13,672	0,2002	0,0741	0,0933	MR
V11	1AR10/2AR9	11,51ab	13,29bcdef	15,07ab	13,644	-0,0678	0,1283	0,0768	MR
V12	2AR11	12,22abc	12,37abcd	14,42ab	13,16	0,3613	-0,0054	0,1052	MR
V13	1AR12	11,29a	12,01ab	13,99ab	12,662	-0,0193	0,0703	0,1049	MR
V14	1AR16	13,21c	12,19abc	14,45ab	13,301	0,1712	-0,0173	0,102	MR
V15	1AR17	11,82abc	12,29abc	14,62ab	13,128	-0,0567	0,0653	0,1402	MR
V16	1AR18	11,69abc	11,84a	13,30a	12,397	0,0372	0,0289	0,0851	MR
V17	1AR19	11,97abc	12,76abcde	14,88ab	13,448	0,1136	0,0451	0,1568	MR
V18	1AR20	11,91abc	12,64abcde	15,28ab	13,551	0,0941	0,062	0,1756	MR
V19	1AR21	11,99abc	13,02abcdef	15,19ab	13,686	0,2127	0,061	0,1098	MR
V20	1AR25	12,23abc	12,76abcde	14,42ab	13,315	0,319	0,0132	0,1278	MR
V21	1AR26	12,90bc	13,16abcdef	14,79ab	13,762	0,4117	0,0042	0,1138	MR
V22	Gigante	11,11a	12,21abc	13,12a	12,352	0	0,0796	0,0189	MR
V23	TCS 10*	12,29abc	14,13f	16,10b	14,553	0,1694	0,1128	0,058	MR
V24	PNA 647F4-56	11,36ab	13,46cdef	14,23ab	13,346	0,0064	0,1005	0,0792	MR

MR : Moyennement résistant ; * : Témoin sensible; ** : 42 et 49 jas ; *** : 56, 63, 70 et 77 jas ; **** : 77, 84, 91 et 98 jas ; r1, r2, r3 : Taux de progression de la maladie respectivement pendant les périodes d'avant tallage, au tallage et à la fructification ; Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Niveau de résistance : Résistant : moyenne < 12 ; Moyennement résistant : 12 ≤ moyenne < 25

3.1.2.2.2 Sévérité en rive droite

➤ Phase végétative

● Période avant tallage

La sévérité de la maladie est comprise entre 11,2 et 13,74% (tableau XIII). Les variétés V23 (TCS10) et V24 (PNA647F4-56) ont eu les sévérités moyennes les plus élevées supérieures à 13,13% tandis que les lignées V6 (1AR27/2AR4), V14 (1AR16) et V17 (1AR19) avec une sévérité moyenne comprise entre 11,2 et 11,26% ont été les moins attaquées par la bactériose. Seule la lignée V16 (1AR18) a pu freiner la progression de la maladie ($r = -0.07$).

● Période de tallage

Une sévérité moyenne comprise entre 13,11 et 18,63% a été enregistrée pendant cette période (tableau XIII). La lignée V11 (1AR10/2AR9) est la plus attaquée. Seules les génotypes V4 (1AR14/2AR2) et V23 (TCS10) ne diffèrent pas significativement d'elle. La lignée V11 (1AR10/2AR9) avec un taux de progression de 0,22% a été la lignée la moins résistante par rapport à l'évolution de l'épidémie de la bactériose. Les lignées V4 (1AR14/2AR2), V8 (1AR7/2AR6), V10 (1AR9/2AR8), V13 (1AR12) et V17 (1AR19) peuvent être classées dans le même lot de génotype ayant moins résisté à la progression de l'épidémie (taux supérieur à 0,1).

➤ Phase reproductive

Le tableau XIII révèle que les génotypes V21 (1AR26) et V22 (Gigante) ont eu les plus faibles sévérités inférieures à 12,9% tandis que la lignée V11 (1AR10/2AR9) malgré une baisse de sa sévérité est toujours la plus atteinte. Seulement 37,5% des génotypes ont eu des taux de progression positifs.

Tableau XIII : Sévérité de la bactériose en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso).

Code	Variétés	Surface foliaire atteinte par la bactériose				Taux de progression de l'épidémie			Niveaux de résistance
		Avant tallage**	Tallage***	Fructification****	Moyenne	r1	r2	r3	
V1	1AR6	12,15abcde	14,44a	13,22ab	13,496	0,1837	0,054	0,0008	MR
V2	1AR11	12,86def	14,71a	13,33ab	13,786	0,2607	0,0345	-0,0605	MR
V3	1AR13	12,90def	14,78a	13,27ab	13,8	0,187	0,0411	-0,0308	MR
V4	1AR14/2AR2	12,62bcdef	15,91ab	13,83ab	14,12	0,3319	0,1117	-0,1245	MR
V5	1AR15/2AR3	12,08abcde	13,11a	13,04ab	12,876	0,3152	0,0181	0,0017	MR
V6	1AR27/2AR4	11,26ab	13,31a	13,15ab	12,838	0,0064	0,0922	-0,0226	MR
V7	1AR28/2AR5	11,79abcde	13,82a	13,28ab	13,202	0,2219	0,0609	-0,0454	MR
V8	1AR7/2AR6	11,695abcd	14,09a	13,01ab	13,176	0,0841	0,1025	-0,0477	MR
V9	1AR8	11,47abc	13,50a	13,05ab	12,916	0,0678	0,0456	0,023	MR
V10	1AR9/2AR8	11,90abcde	13,90a	13,59ab	13,378	0,0551	0,1026	-0,0196	MR
V11	1AR10/2AR9	12,37abcde	18,63b	15,93c	16,3	0,1157	0,2229	-0,1089	MR
V12	2AR11	11,64abcd	13,81a	13,51ab	13,259	0,1714	0,0619	0,005	MR
V13	1AR12	11,795abcde	14,27a	13,46ab	13,451	0,149	0,1116	-0,0637	MR
V14	1AR16	11,23a	13,34a	13,20ab	12,86	0,0386	0,0704	0,0223	MR
V15	1AR17	11,84abcde	14,20a	13,40ab	13,408	0,0729	0,083	-0,0282	MR
V16	1AR18	12,11abcde	13,37a	13,05ab	12,989	-0,0715	0,0461	0,0227	MR
V17	1AR19	11,2a	13,51a	13,61ab	13,085	0,029	0,1058	0,0363	MR
V18	1AR20	12,71cdef	15,01a	13,01ab	13,754	0,3192	0,0199	-0,0141	MR
V19	1AR21	12,23abcde	14,59a	13,09ab	13,516	0,166	0,0189	0,0227	MR
V20	1AR25	11,84abcde	15,12a	13,11ab	13,661	0,0065	0,0973	-0,0574	MR
V21	1AR26	11,78abcde	13,78a	12,74a	12,968	0,0032	0,0555	-0,0099	MR
V22	Gigante	12,11abcde	13,66a	12,88a	13,041	0,1495	0,002	0,0205	MR
V23	TCS 10*	13,74f	16,66ab	13,54ab	14,83	0,3727	0,0063	-0,072	MR
V24	PNA 647F4-56	13,13ef	15,99ab	14,58b	14,857	0,4358	0,0755	-0,0951	MR

MR : Moyennement Résistant ; * : Témoin sensible; ** : 42 et 49 jas ; *** : 56, 63, 70 et 77 jas ; **** : 77, 84, 91 et 98 jas

r1, r2, r3 : Taux de progression de la maladie respectivement pendant les périodes d'avant tallage, au tallage et à la fructification

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%. Niveau de résistance : Résistant : moyenne < 12 ; Moyennement résistant : 12 ≤ moyenne < 25

3.1.2.2.3 Evolution de la sévérité

La sévérité de la maladie est allée croissante entre la première et la septième semaine en rive gauche et entre la première et la quatrième semaine en rive droite. Au delà de ces périodes elle a décru légèrement dans les deux rives (figure 9).

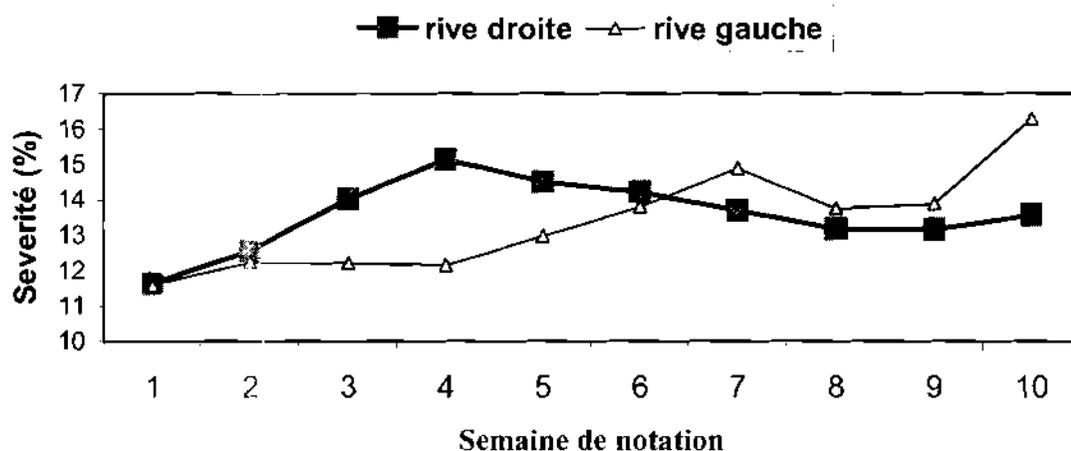


Figure 9 : Evolution de la sévérité en rive droite et en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré.

3.1.2.3 Production de panicules et de riz paddy

3.1.2.3.1 Production de panicules en rive gauche

Les génotypes V24 (PNA647F4-56), V10 (1AR9/2AR8), V23 (TCS10), V5 (1AR15/2AR3), V2 (1AR11) et V4 (1AR14/2AR2) ont eu les plus petites productions de panicules avec une production comprise entre 44 et 51,33 panicules tandis que les génotypes V12 (2AR11), V22 (Gigante), V19 (1AR21), V1 (1AR6), V16 (1AR18), V8 (1AR7/2AR6), V3 (1AR13) et V7 (1AR28/2AR5) ont eu une production supérieure à 60 panicules (tableau XIV). L'analyse statistique montre une différence significative entre les variétés et lignées isogéniques.

3.1.2.3.2 Production de riz paddy en rive gauche

Les génotypes V20 (1AR25), V24 (PNA647F4-56), V10 (1AR9/2AR8), V14 (1AR16), V17 (1AR19), V11 (1AR10/2AR9), V2 (1AR11), V23 (TCS10) et V7 (1AR28/2AR5) ont eu les plus petites productions de paddy avec une production inférieure à 6,5 tonnes/ha tandis que les génotypes V13 (1AR12), V22 (Gigante), V9 (1AR8), V12 (2AR11), V19 (1AR21), V3 (1AR13) et V16 (1AR18) ont obtenu les plus grosses productions avec plus de 7,4 tonnes/ha (tableau XIV). L'analyse statistique montre également qu'il y a une différence significative entre les variétés.

3.1.2.3.3 : Production de panicules en rive droite

Les géotypes V23 (TCS10), V20 (1AR25), V2 (1AR11), V5 (1AR15/2AR3), V11 (1AR10/2AR9), V10 (1AR9/2AR8), V18 (1AR20), V24 (PNA647F4-56), V14 (1AR16), V4 (1AR14/2AR2) et V13 (1AR12) ont eu les plus petites productions de panicules avec une production inférieure à 52,33 panicules tandis que V21 (1AR26), V3 (1AR13), V15 (1AR17), V19 (1AR21), V22 (Gigante), V7 (1AR28/2AR5) et V16 (1AR18) ont eu les plus grosses productions avec en moyenne 58 panicules (tableau XIV). L'analyse statistique révèle une différence significative entre les géotypes.

3.1.2.3.4 : Production de riz paddy en rive droite

En rive droite, l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les géotypes en ce qui concerne la production de paddy mais les variétés et lignées isogéniques V16 (1AR18), V19 (1AR21), V21 (1AR26), V24 (PNA647F4-56), V3 (1AR13), V6 (1AR27/2AR4), et V7 (1AR28/2AR5) ont eu les meilleures productions relatives moyennes de 5,666 T/ha. 58,33% des géotypes ont été meilleures par rapport à la TCS10 qui a mieux produit que 29,16% des lignées (V2 (1AR11), V4 (1AR14/2AR2), V5 (1AR15/2AR3), V8 (1AR7/2AR6), V13 (1AR12), V17 (1AR19) et V18 (1AR20)) (tableau XIV).

Tableau XIV : Production de panicules et de riz paddy en rive gauche et en rive droite

Code	Variétés	Rive gauche		Rive droite	
		Nombre de panicules par PE	Rendement paddy (T/ha)	Nombre de panicules par PE	Rendement paddy (T/ha)
V1	1AR6	63,66cdef	6,58abc	57,66bcdef	4,42
V2	1AR11	49,66abcd	6,17ab	44abc	3,58
V3	1AR13	65,66ef	7,83bc	59cdef	5,67
V4	1AR14/2AR2	51,33abcde	6,58abc	51,33abcde	4,00
V5	1AR15/2AR3	48,33abc	6,58abc	45abcd	3,58
V6	1AR27/2AR4	55abcdef	7,00abc	58,33bcdef	5,67
V7	1AR28/2AR5	68f	6,17ab	65ef	5,67
V8	1AR7/2AR6	64,66def	7,00abc	54abcdef	3,58
V9	1AR8	57abcdef	7,42abc	55,66abcdef	4,83
V10	1AR9/2AR8	47ab	5,75ab	47abcd	4,83
V11	1AR10/2AR9	54,33abcdef	6,17ab	46abcd	4,83
V12	2AR11	60,33bcdef	7,83bc	58bcdef	5,25
V13	1AR12	57abcdef	7,42abc	52,33abcde	4,00
V14	1AR16	53,33abcdef	5,75ab	51abcde	5,25
V15	1AR17	53abcdef	6,58abc	59,66cdef	5,25
V16	1AR18	64,33def	8,67c	68,33f	5,67
V17	1AR19	53abcdef	5,75ab	58,33bcdef	4,00
V18	1AR20	59,66abcdef	7,00abc	47,33abcd	4,00
V19	1AR21	61,33bcdef	7,83bc	59,66cdef	5,67
V20	1AR25	56abcdef	5,33a	42,66ab	4,42
V21	1AR26	59abcdef	6,58abc	59bcdef	5,67
V22	Gigante	60,33bcdef	7,42abc	61def	5,25
V23	TCS 10*	47ab	6,17ab	40,66a	4,42
V24	PNA 647F4-56	44a	5,33a	49,66abcde	5,67

PE : Parcelle élémentaire

* : Témoin sensible

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

3.1.2.3.5. Comparaison de production de riz paddy entre les deux rives

Les rendements en riz paddy sont meilleurs en rive gauche qu'en rive droite. L'analyse statistique montre que seules les génotypes V2 (1AR11), V7 (1AR28/2AR5), V10 (1AR9/2AR8), V11 (1AR10/2AR9), V14 (1AR16), V17 (1AR19), V20 (1AR25), V23 (TCS10) et V24 (PNA647F4-56) ne se différencient pas d'une rive à l'autre. Excepté la variété V24 (PNA647F4-56), toutes les autres ont eu une production supérieure en rive gauche qu'en rive droite (figure 10).

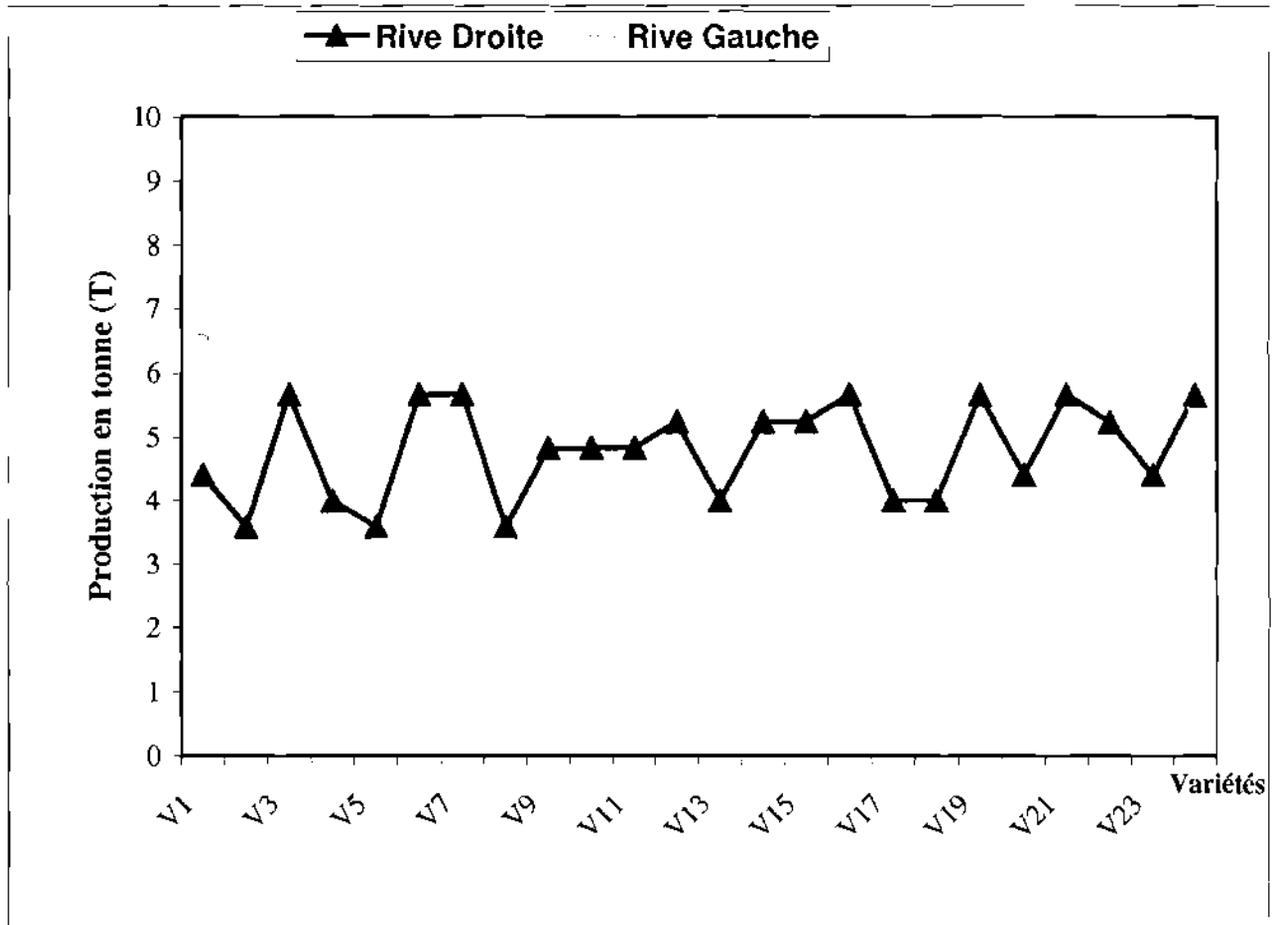


Figure 10 : Comparaison de la production de riz paddy en rive droite et en rive gauche.

3.1.2.4 Niveau de résistance des variétés

En intégrant les paramètres tels que l'incidence foliaire (moyenne de la campagne), la sévérité (moyenne de la campagne), la production de panicules et la production de paddy l'analyse en composantes principales nous permet de classer les variétés en trois groupes : les variétés résistantes, les variétés tolérantes ou intermédiaires et les variétés sensibles. Le tableau XV récapitule le niveau de résistance des 24 variétés. Les figures 11 et 12 montrent les analyses en composante principale qui intègre les quatre paramètres respectivement en rive gauche et en rive droite.

En rive gauche, les génotypes V16 (1AR18), V22 (Gigante), V13 (1AR12), V9 (1AR8), V12 (2AR11) et V3 (1AR13) se sont montrés les plus résistants. Les lignées V6 (1AR27/2AR4), V15 (1AR17), V19 (1AR21), V7 (1AR28/2AR5), V8 (1AR7/2AR6), V18 (1AR20) et V1 (1AR6) se sont montrées tolérantes tandis que les génotypes V20 (1AR25), V17 (1AR19), V14 (1AR16), V2 (1AR11), V10 (1AR9/2AR8), V21 (1AR26), V5 (1AR15/2AR3), V11 (1AR10/2AR9), V23 (TCS10), V24 (PNA 647F4-56) et V4 (1AR14/2AR2) sont les plus sensibles à la bactériose (tableau XV).

En rive droite, ce sont les génotypes V16 (1AR18), V22 (Gigante), V21 (1AR26), V6 (1AR27/2AR4) et V7 (1AR28/2AR5) qui ont été les plus résistantes. Les lignées V14 (1AR16), V9 (1AR8), V3 (1AR13), V19 (1AR21), V12 (2AR11), V15 (1AR17), V1 (1AR6), V17 (1AR19) et V8 (1AR7/2AR6) se sont montrées les plus tolérantes tandis que les génotypes V5 (1AR15/2AR3), V10 (1AR9/2AR8), V13 (1AR12), V20 (1AR25), V18 (1AR20), V2 (1AR11), V4 (1AR14/2AR2), V23 (TCS10), V24 (PNA 647F4-56) et V11 (1AR10/2AR9) se sont montrées les plus vulnérables à la bactériose (tableau XV).

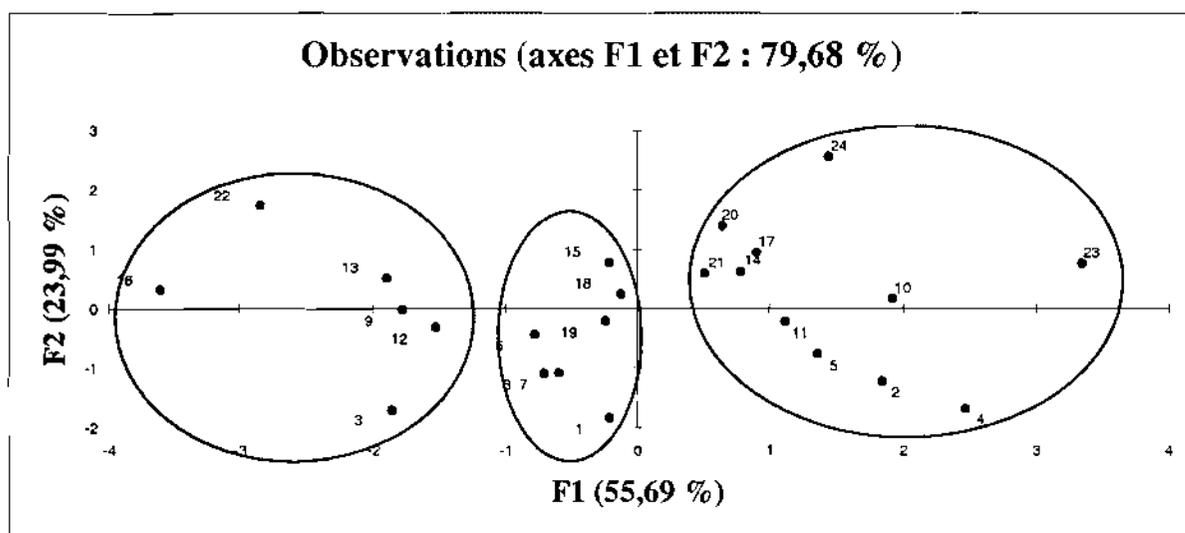


Figure 11 : Analyse en composantes principales en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso)

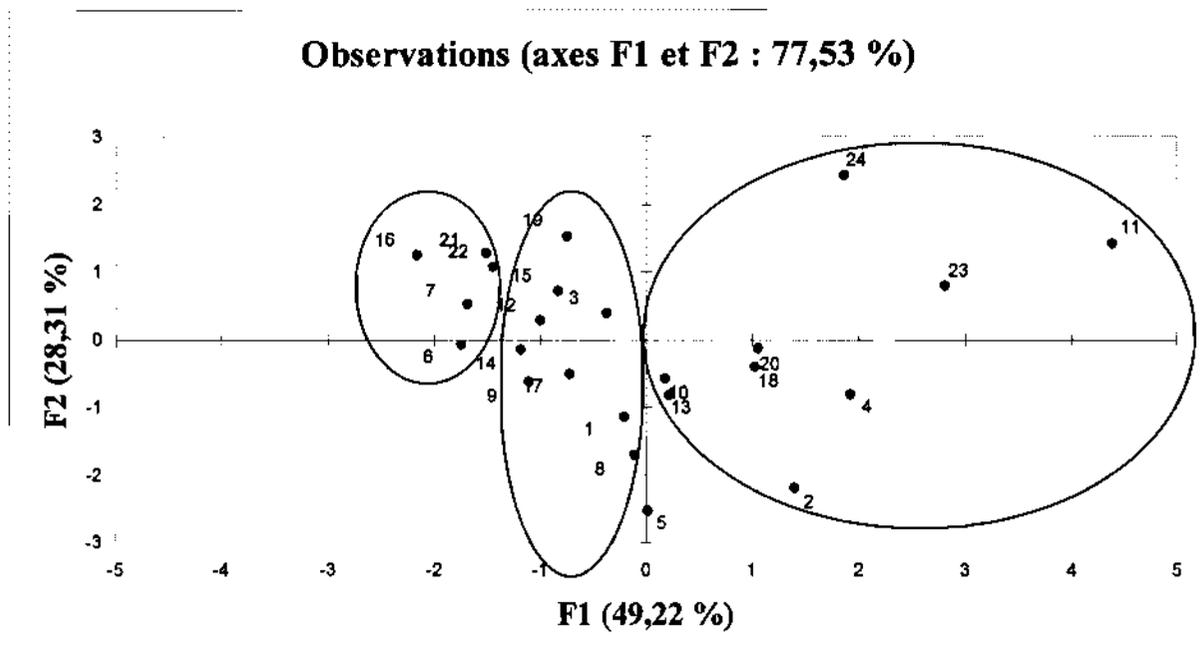


Figure 12 : Analyse en composante principale en rive droite du périmètre irrigué de Bagré (Burkina Faso)

3.1.2.5. Principales mauvaises herbes rencontrées à Bagré

En plus des essais, un herbier en vue de collectionner les principales mauvaises herbes du riz de Bagré fut fait. L'annexe 4 récapitule les principales mauvaises herbes rencontrées sur la plaine rizicole de Bagré durant la campagne 2007/2008. Des espèces telles que le *cyperus rotundis* L, *C. defformis* Linn, *Oryza barthii*, *O. longistaminata* et *Leersia hexandra* Sw et *Leptochloa caerulea* Steud qui sont des hôtes naturels de *X. oryzae* pv. *oryzae* (Bradbury, 1986) ont été rencontrées sur la plaine.

Tableau XV : Comportement des différentes variétés et lignées isogéniques vis-à-vis de la bactériose en rive gauche et en rive droite.

Code	Variétés	RIVE GAUCHE				Niveaux de résistance	RIVE DROITE				Niveaux de résistance
		Incidence foliaire	Sévérité	Nombre panicule/m ²	Production Paddy		Incidence foliaire	Sévérité	Nombre panicule/m ²	Production paddy	
V1	1AR6	5,5	13,50	63,66	6,58	Tolérante	5,67	13,5	57,66	4,42	Tolérante
V2	1AR11	6,31	13,92	49,66	6,17	Sensible	6,01	13,79	44	3,58	Sensible
V3	1AR13	4,73	13,10	65,66	7,83	Résistante	6,06	13,80	59	5,67	Tolérante
V4	1AR14/2AR2	7,53	14,23	51,33	6,58	Sensible	7,68	14,42	51,33	4,00	Sensible
V5	1AR15/2AR3	5,91	13,79	48,33	6,58	Sensible	4,44	12,88	45	3,58	Sensible
V6	1AR27/2AR4	4,54	13,08	55	7,00	Tolérante	4,34	12,84	58,33	5,67	Résistante
V7	1AR28/2AR5	5,04	13,43	68	6,17	Tolérante	4,95	13,20	65	5,67	Résistante
V8	1AR7/2AR6	5,32	13,4	64,66	7,00	Tolérante	5,07	13,18	54	3,58	Tolérante
V9	1AR8	4,06	12,72	57	7,42	Résistante	4,52	12,92	55,66	4,83	Tolérante
V10	1AR9/2AR8	6,15	13,67	47	5,75	Sensible	5,32	13,38	47	4,83	Sensible
V11	1AR10/2AR9	6,07	13,64	54,33	6,17	Sensible	10,02	16,30	46	4,83	Sensible
V12	2AR11	4,52	13,16	60,33	7,83	Résistante	4,91	13,26	58	5,25	Tolérante
V13	1AR12	3,94	12,66	57	7,42	Résistante	5,40	13,45	52,33	4,00	Sensible
V14	1AR16	5,54	13,30	53,33	5,75	Sensible	3,98	12,86	51	5,25	Tolérante
V15	1AR17	4,81	13,13	53	6,58	Tolérante	5,29	13,41	59,66	5,25	Tolérante
V16	1AR18	3,47	12,4	64,33	8,67	Résistante	4,65	12,99	68,33	5,67	Résistante
V17	1AR19	5,42	13,45	53	5,75	Sensible	4,76	13,09	58,33	4,00	Tolérante
V18	1AR20	5,44	13,55	59,66	7,00	Tolérante	5,92	13,75	47,33	4,00	Sensible
V19	1AR21	6,03	13,69	61,33	7,83	Tolérante	5,62	13,52	59,66	5,67	Tolérante
V20	1AR25	5,16	13,32	56	5,33	Sensible	5,73	13,66	42,66	4,42	Sensible
V21	1AR26	5,7	13,76	59	6,58	Sensible	4,63	12,97	59	5,67	Résistante
V22	Gigante	3,16	12,35	60,33	7,42	Résistante	4,61	13,04	61	5,25	Résistante
V23	TCS 10*	7,49	14,55	47	6,17	Sensible	7,49	14,83	40,66	4,42	Sensible
V24	PNA 647F4-56	5,02	13,35	44	5,33	Sensible	7,78	14,86	49,66	5,67	Sensible

* : Témoin sensible

Niveau de résistance est obtenu par regroupement des variétés et lignées isogéniques par une analyse en composante principale en fonction de l'incidence foliaire, de la sévérité, du nombre de panicule et de la production de paddy (figure 11 et figure 12)

3.1.3. Suivi de l'évolution de l'épidémie de la bactériose dans la plaine rizicole de Bagré

3.1.3.1. Opérations culturales des producteurs

3.1.3.1.1 Travail du sol

Les opérations de préparation du sol portent sur le labour, le hersage, la mise en eau et en boue et le planage.

Il faut noter un manque très accru en matériel agricole si bien que la majeure partie des producteurs laboure avec des moyens rudimentaires tels que la daba.

3.1.3.1.2. Variétés utilisées par les producteurs.

Les producteurs ont utilisé cinq variétés de riz à savoir la TS2 pour 38,46% des cas, la FKR 19 (TOX 728-1) pour 30,76% des cas et les variétés NERICA (FKR 53N, FKR 56N, FKR 60N) pour 30,78% des cas.

3.1.3.1.3. Le semis direct et repiquage

Le semis en pépinière a été effectué entre le 15 juillet et le 15 août et le repiquage entre le 6 août et le 2 septembre.

L'âge des plants au repiquage est de 25 jours en moyenne, (généralement entre 18 et 34 jours).

3.1.3.1.4. Entretien de la culture

L'entretien des cultures a concerné les fertilisants utilisés, la lutte contre les adventices par l'utilisation des herbicides, la lutte contre les insectes et les maladies par l'utilisation de produits chimiques.

• La lutte contre les mauvaises herbes

Dans l'échantillon choisi, 90% des exploitants ont utilisé un herbicide pour l'entretien de leur culture. Parmi eux, 50 % ont utilisé le rilof (piperophos 145 g/l et propanil 250 g/l) seul ou en association avec un autre herbicide, 30% ont utilisés le topstar (oxadiargyl), 20% le condax (30% bensulfuron-methyl-w.P). Les herbicides tels que herbextra (2,4 D amino salt 720 g/l) et anna (herbicide sélectif dosant 720 g/l de 2,4 D amino-Salts, 1 l/ha) ont été utilisé par 10% des producteurs. En plus de ces herbicides, il faut noter que tous les producteurs pratiquent aussi le désherbage manuel.

• Lutte contre les insectes et les maladies

Parmi les producteurs enquêtés, 80% ont utilisé un insecticide pour protéger les cultures. 75% ont utilisé le décis (deltaméthrine), 25% le sumico 200 EC (fenvalerate (AI) tech), 12,5% le furadan (carbofuran) pour les traitements pépinières, 12,5% le garmazone ou calloxone (paraquat) + kalach (glyphosate) pour combattre les insectes.

10% des producteurs ont utilisé un fongicide le calliman (manèbe) pour préserver son champs contre les maladies fongiques.

• Fertilisation

En ce qui concerne la fertilisation, 10% des producteurs ont fertilisé leur pépinière à la dose de 400 kg/ha de NPK (16-26-12); Au champ, 30% ont apporté 200kg de NPK + 150kg d'urée; 20% ont utilisé 200kg de NPK + 200kg d'urée; 10% ont appliqué 225 kg de NPK + 200kg d'urée; tandis que 40% ont apporté 150kg de NPK + 150kg d'urée.

3.1.3.2. Incidence de la maladie

3.1.3.2.1. Incidence de la bactériose en rive gauche

Les tableaux XVI et XVII montrent l'incidence foliaire et l'incidence par rapport aux poquets de la bactériose en fonction des variétés à différentes dates d'observation en rive gauche.

Tableau XVI : Evolution de l'incidence foliaire en rive gauche en fonction des dates d'observation.

Variétés	Date d'observation						moyenne	Niveaux de résistance
	4-09	14 09	24 09	4 10	14 10	24 10		
TS2	0,97	0,47	0,7	1,01	1,1	0,88	0,86	Bon
FKR 60N	0,75	0,29	0,6	0,75	0,7	0,78	0,65	Bon
FKR 19	1,03	0,88	1,21	1,53	1,36	1,35	1,23	Bon
FKR 56N	1,03	0,42	0,8	0,97	0,78	0,89	0,82	Bon
FKR 53N	1,68	1,71	2,04	3,02	2,73	2,73	2,32	Bon

Tableau XVII : Evolution de l'incidence par rapport au nombre de poquets en rive gauche du périmètre irrigué de Bagré en fonction des dates d'observation.

Variétés	Dates d'observation						Moyenne
	4 09	14 09	24 09	4 10	14 10	24 10	
TS2	15,2	11,69	12,28	21,05	23,39	21,63	17,54
FKR 60N	7	9,33	11	17,33	17	20	13,61
FKR19	21,64	23,79	18,85	25,94	24,12	27,6	23,66
FKR 56N	12	11,33	14	20	21,4	25,3	17,34
FKR 53N	13,72	14,48	24,13	29,5	44,13	48,27	29,04

D'une manière générale l'incidence foliaire a été faible au cours de la campagne 2007/2008. Une moyenne de l'incidence foliaire (tableau XVI) montre que la FKR 60N a eu le plus petit nombre de feuille touché par la bactériose (0,65%). Elle est suivie par la FKR 56N (0,82%), la TS2 (0,86%), la FKR 19 (1,23%) et la FKR 53N (2,32%).

Quand à l'incidence par rapport au poquet (tableau XVII), on a observé une incidence moyenne de 13,61% sur la FKR 60N, elle est suivie par la FKR 56N (17,34%), la TS2 (17,54%), la FKR 19 (23,66%) et la FKR 53N (29,04%).

3.1.3.2 Incidence de la bactériose en rive droite

L'incidence foliaire et l'incidence par rapport aux poquets de la bactériose en rive droite sont consignées respectivement dans les tableaux XVIII et XIX.

Tableau XVIII : Evolution de l'incidence foliaire de la bactériose en rive droite en fonction des dates d'observation.

Variétés	Dates d'observation						moyenne	Niveaux de résistance
	5 09	15 09	25 09	5 10	15 10	25 10		
TS2	1,4	0,96	1,61	1,65	1,43	1,21	1,38	Bon
FKR 56N	2,31	2,36	0,97	1,63	1,23	1,28	1,63	Bon
FKR19	1,96	1,9	0,74	0,98	1,06	0,95	1,27	Bon

Tableau XIX : Evolution de l'incidence par rapport aux poquets en rive droite en fonction des dates d'observation.

Variétés	Dates d'observation						moyenne
	5 09	15 09	25 09	5 10	15 10	25 10	
TS2	18,76	17,18	21,72	27,9	28,86	28,82	23,87
FKR 19	7,3	12,34	20,34	21,3	28,5	33,6	20,56
FKR 56N	10,17	17,96	29,34	27,3	35,92	37,4	26,35

L'incidence foliaire et l'incidence par rapport aux poquets ont été légèrement supérieures en rive droite qu'en rive gauche. En moyenne, en rive droite (tableaux XVIII et XIX), la FKR 19 a eu les plus petites incidences foliaire et par rapport au poquet (1,27% et 20,56%). Elle est suivie par la TS2 (1,38% et 23,87%) et la FKR 56N (1,63% et 26,35%).

On observe dans les deux rives une légère augmentation de l'incidence dans le temps.

3.1.3.3 Sévérité de la maladie

3.1.3.3.1 Sévérité de la bactériose en rive gauche

La sévérité de la bactériose n'a pas trop varié entre les variétés TS2, FKR 19 et FKR 60N (sévérité comprise entre 11,43 et 11,44%) (Tableau XX). Elle a été de 11,50% pour la FKR 56N et 12,12% pour la FKR 53N qui a enregistré la plus grande sévérité. Ainsi toutes les variétés ont présenté une bonne résistance à la bactériose.

Tableau XX : Sévérité de la bactériose en rive gauche en fonction des dates d'observation.

Variétés	Date d'observation						Moyenne
	4 09	14 09	24 09	4 10	14 10	24 10	
TS2	11,42	11,28	11,39	11,49	11,54	11,47	11,43
FKR 60N	11,65	11,25	11,4	11,45	11,42	11,46	11,44
FKR19	11,42	11,28	11,39	11,49	11,54	11,47	11,43
FKR 56N	11,73	11,33	11,46	11,52	11,45	11,5	11,50
FKR 53N	11,82	11,79	11,91	12,41	12,38	12,41	12,12

3.1.3.3.2. Sévérité de la bactériose en rive droite

Des sévérités moyennes de 11,64 ; 11,69 et 11,79% ont été respectivement observées sur la FKR 19 ; la TS2 et la FKR 56N (tableau XXI). Là également toutes les variétés ont présenté une bonne résistance à la bactériose.

Tableau XXI : Sévérité de la maladie en rive droite en fonction des dates d'observation.

Variétés	Dates						Moyenne
	5 09	15 09	25 09	5 10	15 10	25 10	
TS2	11,69	11,53	11,76	11,78	11,69	11,7	11,69
FKR 56N	12,07	12,14	11,49	11,75	11,61	11,65	11,79
FKR 19	11,96	11,9	11,44	11,5	11,56	11,5	11,64

3.1.3.4 Effet de la maladie sur le nombre de panicules

Les tableaux XXII et XXIII donnent respectivement la production moyenne de panicule par mètre carré dans les carrés infestés et non infestés en fonction des variétés en rive gauche et en rive droite.

Tableau XXII : Production de panicules par mètre carré en rive gauche.

variétés	Carrés infestés	Carrés non infestés	Perte en %
FKR19	342,6 cd	370,13 b	7,4
FKR 53N	383,2 d	452 c	15,2
FKR 56N	291,20 ab	337,8 b	13,8
FKR 60N	332,20 bc	376,20 b	11,6
TS2	255,80 a	283,6 a	9,8

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Tableau XXIII : Production de panicules par mètre carré en rive droite.

Variétés	Carrés infestés	Carrés non infestés	Perte en %
FKR19	329	388,6	15,33
FKR56N	331	383,80	13,75
TS2	355,48	377,15	5,74

En rive gauche la production moyenne de panicule par mètre carré a varié de 255,8 à 383,2 dans les plages infestées contre 283,6 à 452 dans les plages non infestées. Les pertes se situent entre 7,43 et 15,22% (tableau XXII). Par ordre décroissant de perte on a la FKR 53N (15,22%), la FKR 56N (13,79%), la FKR 60 (11,60%), la TS2 (9,80%) et la FKR 19 (7,43%).

En rive droite on a obtenu une réduction de 15,33% sur la FKR 19, 13,75% sur la FKR 56N, et 5,74% sur la TS2 (tableau XXIII). Par ordre décroissant on a la FKR 19, la FKR 56N et la TS2.

3.1.3.5 Influence de la bactériose sur le rendement de riz paddy

La pesée du riz paddy dans les carrés de rendement infestés et non infestés a permis d'évaluer les pertes de rendement dues à la bactériose. Les tableaux XXIV et XXV montrent les moyennes de rendement de riz paddy par hectare dans les carrés infestés et non infestés et le pourcentage de perte en fonction des variétés en rive gauche et en rive droite.

Tableau XXIV: Production moyenne de paddy en tonne par hectare en rive gauche.

Variétés	carrés infestés (T/ha)	Carré non infesté (T/ha)	Perte en (%)
FKR19	5,53 ab	6,80 a	18,62
FKR53N	5,20 a	6,90 a	24,63
FKR56N	7,45 d	9,40 b	20,74
FKR60N	6,75 cd	7,80 a	13,46
TS2	6,10 bc	7,00 a	12,85

Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Tableau XXV: Production moyenne de paddy en tonne par hectare en rive droite.

Variétés	Carrés infestés	Carré non infesté	Perte en %
FKR19	6,05	7,05	14,18
FKR56N	5,95	7,70	22,73
TS2	6,17	6,95	13,35

La réduction en rendement de riz paddy (tableaux XXIV et XXV) a varié de 12,85% (TS2) à 24,63% (FKR 53N) en rive gauche et 13,35% (TS2) à 22,73% (FKR 56N) en rive droite.

3.1.3.6 Dose d'engrais utilisé par les producteurs

En moyenne en rive gauche, les producteurs ont utilisé 200 kg/ha de NPK + 183,33 kg/ha d'urée sur la FKR 19 ; 200 kg/ha de NPK + 200 kg/ha d'urée sur la FKR 53N ; 225 kg/ha de NPK + 200 kg/ha d'urée sur la FKR 56N et la FKR 60N et 200 kg/ha de NPK + 150 kg/ha d'urée sur la TS2.

En rive droite, ils ont utilisé 200 kg/ha de NPK + 150 kg/ha d'urée sur la FKR 19 et sur la FKR 56N, 150 kg/ha de NPK + 150 kg/ha d'urée sur la TS2.

Une corrélation des pertes de rendement et de la quantité d'engrais (figure 13) donne une valeur de $r = 56\%$. Ainsi on peut dire qu'il existe une légère dépendance entre la quantité d'urée utilisée et les pertes.

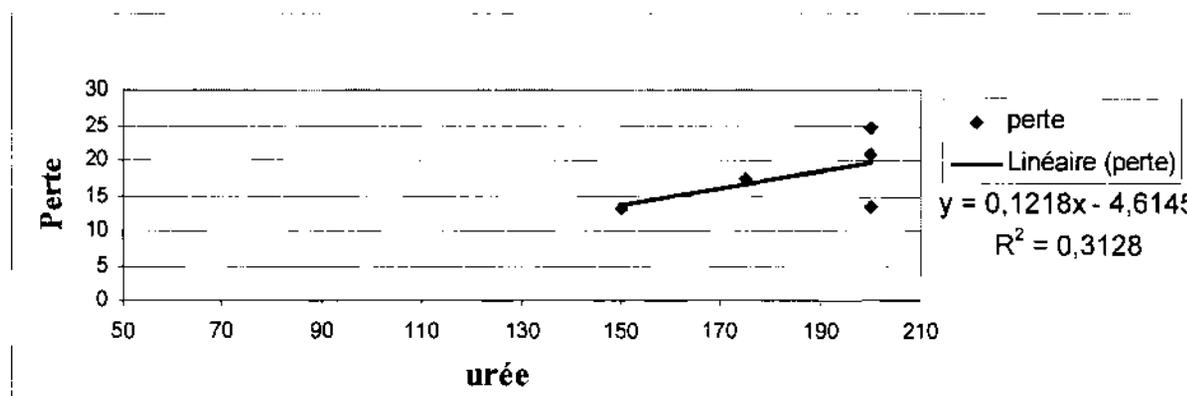


Figure 13 : Corrélation entre perte de rendement et quantité d'urée utilisée.

3.2. DISCUSSION

3.2.1. Caractérisation de la plaine rizicole de Bagré

Des résultats obtenus sur les pratiques habituelles des producteurs à Bagré, on peut dire que l'utilisation des variétés de riz sur la plaine tient compte entre autres de leur vulnérabilité face au flétrissement bactérien. En effet, les producteurs ont attesté la résistance de la TS2 à la bactériose, raison peut être pour laquelle elle est la première à être utilisée sur la plaine. Des inoculations artificielles réalisées par Wonni (2005), il ressort que la FKR 19 et les NERICA sont résistantes à la bactériose ce qui expliquerait leur présence sur la plaine. Des tentatives de vulgarisation ont été faites avec la 035 et la TCS 10 pendant quatre ans mais elles ont été vite abandonnées à cause du flétrissement bactérien (Ouédraogo, communication personnelle). La FKR 14 sensible aussi à la bactériose est de nos jours presque abandonnée. La TCS10 reconnue pour sa sensibilité à la maladie n'a occupé que la cinquième place pendant deux ans en saison sèche (tableau III). Selon Séré et Sy (1997), le flétrissement bactérien est plus prédominant en saison pluvieuse qu'en saison sèche dans nos écosystèmes. Cela pourrait expliquer le choix des producteurs pour la culture de cette variété en saison sèche. Mais selon Goto (1992), il faut à tout prix éviter les variétés sensibles à la bactériose pour baisser le taux d'inoculum primaire qui pourrait persister avec ces variétés. Ainsi l'utilisation de la TCS10 à Bagré doit être évitée quelle que soit la saison.

Des travaux de Ouédraogo et Boro (2002), il ressort que tous les échantillons de semences de riz provenant de Bagré étaient infestés par *X. oryzae* pv. *oryzae*. Ainsi on peut considérer que les semences utilisées à Bagré sont infestées d'autant plus que plusieurs producteurs n'utilisent pas des semences certifiées (tableau IV). De ce fait la lutte contre le flétrissement bactérien devient complexe dans la mesure où elle est transmissible par les semences comme l'a indiqué Mortensen en 1997.

Selon Ou (1985) cité par Mortensen (1997) le sol peut conserver la bactérie pendant trois mois. Ainsi par rapport au délai séparant les périodes de récolte et de semis à Bagré (tableau V), la bactérie pourrait facilement passer d'une campagne à une autre. On peut ainsi considérer dans notre cas que le sol peut constituer une source d'infection primaire. L'intégration d'une rotation de culture dans le système rizicole de Bagré pourrait permettre d'estomper l'hypothèse de l'attaque des plantules à partir du sol.

Une moyenne de la pluviométrie des onze années écoulées sur le périmètre montre que le mois de juillet est le plus arrosé. Ainsi il peut être considéré comme le mois où l'humidité relative de l'air est plus élevée d'autant plus que l'humidité relative de juin en décembre de Tenkodogo

montre que les mois de juillet, août et septembre enregistrent les plus fortes humidités relatives. D'après Veena *et al.* (2000), les graines infectées même jusque dans l'endosperme peuvent transmettre la bactériose si l'humidité relative est trop élevée. De ce fait même dans le cas où les semences sont infectées jusque dans l'endosperme on peut avoir un démarrage de la maladie ou d'une épidémie. Ainsi, le respect du calendrier cultural proposé par la recherche (la mi-juin comme meilleure période pour le semis en pépinière et le 25 juillet comme la date limite du repiquage (CERCI, 1978 cité par Segda, 2002) peut contribuer à diminuer l'impact de la maladie.

Par rapport aux recommandations faites par la recherche et la vulgarisation il existe un déficit d'engrais NPK (100 kg/ha) sur la plaine. Le déficit se trouve au niveau des éléments P et K. Le non respect des doses de fumure minérale peut entraîner une augmentation de l'incidence ou de la sévérité de la maladie. En effet certains auteurs (Sy et Séré, 1996) ont indiqué que le manque de phosphate et de potassium est un facteur induisant une incidence élevée.

A Bagré les résultats montrent une diminution des superficies en campagne humide (tableau VII). Cette diminution serait liée au fait que les producteurs cultivent d'autres spéculations sur les hautes terres et par conséquent n'ont pas suffisamment de temps pour la riziculture. Aussi, pendant la campagne humide des contraintes parasitaires peuvent décourager certains producteurs à la production du riz. Outre les superficies on observe une différence de rendement entre les deux saisons. Les rendements en saison sèche étant relativement plus élevés. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence. En effet avec les semis tardifs observés en campagne humide, la phase de formation des grains de riz coïncide avec la période froide qui commence en novembre à Bagré (Anonyme 3, 2007). Cette situation entraîne une mauvaise fécondation, une réduction du nombre de grain par panicule et une baisse de rendement (Nebié, 1995). Selon Segda (2002), la variété FKR 19 ayant un cycle de 115 jours, doit être repiquée au plus tard à la fin de la première décade du mois d'août. Selon cet auteur, cela permet d'éviter le calage de sa phase reproductrice avec la période des basses températures du mois de novembre les quelles sont néfastes pour la production. Cette date évite surtout les problèmes liés à la stérilité des épillets à cause du froid.

De plus, les conditions climatiques expliqueraient les meilleurs rendements de la campagne sèche par rapport à la campagne humide. Les facteurs climatiques tels que la température, le rayonnement solaire et le vent influencent le rendement du riz par leurs effets sur la croissance du plant et sur les processus physiologiques liés à la formation du grain (Chaudhary *et al.*, 2003). Ces effets sont plus favorables à la culture du riz pendant la saison sèche.

Enfin selon Séré et Sy (1997) les maladies du riz sont plus prédominantes en saison humide qu'en saison sèche. Les pertes de rendement occasionnées par le flétrissement bactérien

et les autres maladies majeures sont souvent énormes si bien que cela se ressent au niveau des rendements.

3.2.2. Essais

L'incidence et la sévérité au niveau de nos essais sont plus élevées que celles relevées sur les variétés en milieu paysan (tableaux VIII à XIII et XVII à XXII). On peut expliquer cela par un comportement variétal. En effet, les variétés utilisées en milieu paysan sont reconnues résistantes à la bactériose et le fait qu'elles soient cultivées depuis longtemps sur la plaine elles résistent mieux aux souches qui y sont présentes contrairement aux vingt quatre variétés en test.

Les rendements de paddy ont été meilleurs en rive gauche qu'en rive droite (tableau XIV). Cette différence de rendement ne peut être expliquée par la bactériose car l'incidence et la sévérité n'ont pas trop varié d'une rive à l'autre. La texture du sol sur lequel l'essai a été installé en rive droite pourrait expliquer cette différence. En effet la proportion de sable est plus élevée que celle des éléments fins comme l'argile et les limons ce qui fait que le sol est embourbant et on a du mal à faire stagner l'eau dans les parcelles car les diguettes sont vite défaits. De ce fait l'engrais et les fertilisants peuvent être lessivés et lixiviés (entraîner en profondeur hors du système racinaire des plantes). Certains travaux tels que ceux du BUNASOLS (1994) montrent qu'en rive droite il existe certaines zones pauvres et inaptes à la production du riz. Le sol ayant abrité l'essai ferait peut être parti de ces zones inaptes.

En utilisant les paramètres tels que l'incidence foliaire, la sévérité, la production de panicule et de paddy on peut distinguer les variétés résistantes, les variétés tolérantes et les variétés sensibles à la bactériose. Dans les deux rives, la lignée V16 (1AR18) et la variété V22 (Gigante) ont montré une résistance à la bactériose (tableau XV). Les gènes portés par ces deux variétés pourraient être considérés comme les meilleurs gènes qui peuvent être utilisés contre les races de *X. oryzae* pv. *oryzae* de Bagré. Cependant il faut d'autres expériences pour confirmer cela avant leur utilisation dans les programmes d'amélioration variétale contre le flétrissement bactérien du riz à Bagré.

La variété V22 (Gigante) a montré un niveau d'attaque foliaire et de sévérité légèrement inférieure à celui de la lignée V16 (1AR18) mais son niveau de production de paddy est inférieur à celui de cette dernière. Cela est lié à l'aptitude propre de chaque variété à la production. En effet la lignée V16 (1AR18) a un génotype AR (lignée iso-génique) alors que la V22 (Gigante) n'est pas une lignée isogénique donc n'a pas de génotype AR.

La lignée V19 (1AR21) a eu une incidence et une sévérité élevées en rive droite et en rive gauche mais sur le plan de la production de panicule et de paddy elle a eu la même production que la V16 (1AR18) (meilleur en production) en rive droite. Elle vient en deuxième position en production de paddy après la V16 (1AR18) en rive gauche. Cette même situation se rencontre en rive droite avec les génotypes V3 (1AR13) et V24 (PNA 647F4-56) qui ont une incidence et une sévérité élevée mais qui ont eu autant de production que la lignée V16 (1AR18). Ainsi, ces trois génotypes ont présenté un niveau d'attaque foliaire assez élevé par rapport aux autres génotypes mais elles ont eu un niveau de production élevé. Une telle situation peut s'expliquer par l'anatomie des deux organes (feuille et paddy). En effet, selon Louvel (1977) cité par Dembélé (2001), la feuille et la panicule sont deux organes présentant une anatomie différente. Ainsi ces deux organes réagissent différemment face à un agent pathogène. De ce fait on comprend que la bactériose puisse affecter grandement les feuilles de ces variétés et qu'elle ne puisse pas avoir une grande incidence sur la masse de paddy. Ainsi les gènes portés par ces variétés résistent bien à l'attaque paniculaire mais pas à l'attaque foliaire.

Le comportement des variétés et lignées testées n'a pas été le même d'une rive à l'autre. En effet, certaines ont été tolérantes en rive gauche tandis qu'en rive droite elles sont résistantes (V6 (1AR27/2AR4) et V7 (1AR28/2AR5)) et vice-versa (V3 (1AR13), V9 (1AR8) et V12 (2AR11)). La lignée V18 (1AR20) tolérante en rive gauche est sensible en rive droite tandis que les lignées V17 (1AR19) et V14 (1AR16) sensibles en rive gauche sont tolérantes en rive droite. En fin, la lignée V13 (1AR12) résistante en rive gauche a été sensible en rive droite (tableau XV) tandis que la lignée V21 (1AR 26) sensible en rive gauche est résistante en rive droite. Cela laisse penser que les races de *X. oryzae* pv. *oryzae* diffèrent d'une rive à l'autre ou que leur proportion n'est pas la même d'une rive à l'autre. C'est le cas par exemple où en rive droite il y a une race ou une souche qui attaque la V13 (1AR12) et la rend sensible alors que cette souche n'est pas en rive gauche pour l'attaquer il en est de même pour la V21 attaquée en rive gauche mais pas en rive droite.

Selon Jeung *et al.* (2006), en Koré les plaines costales du sud sont des lieux de forte évolution de nouvelles races de *X. oryzae* pv. *oryzae* et de nouvelles variantes de la bactérie se propagent à l'intérieure de la plaine du nord. Cette situation serait comparable à la plaine de Bagré où l'évolution de nouvelles races est possible.

Les lignées V1 (1AR6), V15 (1AR17), V19 (1AR21) et V8 (1AR7/2AR6) sont restées tolérantes dans les deux rives. Peut être que les races de *X. oryzae* pv. *oryzae* les attaquant sont les mêmes et dans les mêmes proportions au niveau des deux rives.

Les génotypes V2 (1AR11), V4 (1AR14/2AR2), V20 (1AR25), V23 (TCS10), V11 (1AR10/2AR9), V5 (1AR15/2AR3), V10 (1AR9/2AR8) et V24 (PNA 647F4-56) sont restées sensibles dans les deux rives. Cela laisse présager que les races de *X. oryzae pv. oryzae* attaquant les gènes de résistance portés par ces dernières sont en grande proportion en rive droite et en rive gauche.

De ce qui précède on peut dire que les séries d'évaluations ont mis en évidence la variation de l'incidence, de la sévérité de la maladie, de la production de panicule et de paddy en fonction des variétés et des sites.

Le comportement d'une population de plantes hôtes vis-à-vis d'un agent pathogène est déterminé par le génotype de ces plantes (Lepoivre, 1989). Les variétés utilisées dans notre expérimentation même si elles sont isogéniques présentent une différence génotypique car elles diffèrent par leurs gènes de résistance à la bactériose.

Aussi on sait que les relations entre le riz et ses agents pathogènes, notamment *X. oryzae pv. oryzae* sont conformes aux deux aspects des relations hôte-parasites décrits pour la première fois par Van Der Plank (1974) à savoir, la résistance verticale et la résistance horizontale. Selon Mew *et al.* (1993) ; Mazzola *et al.* (1994) cités par Ouédraogo *et al.* (2007) les relations entre le riz et *X. oryzae pv. oryzae* obéissent à la théorie gène pour gène caractéristique des interactions de type vertical. Ainsi, on peut comprendre cette différence de comportement entre les variétés portant des gènes de résistance verticale différents.

Il existerait également des relations de type horizontal ; au Vietnam par exemple, après la faillite de la résistance verticale, des variétés comme CR 203 ont présenté un bon niveau de résistance horizontale (Minh-son, 1993 cité par Ouédraogo *et al.* 2007). Adhikari *et al.* (1999) en étudiant la progression des épidémies de *X. oryzae pv. oryzicola* au Népal ont décrit ce type de résistance qui se manifeste par une réduction de la sévérité de la maladie. Ainsi on pourrait penser que les variétés TS2, FKR19, FKR 60N et FKR 56N sont dotées de gène de résistance horizontale parce que bien qu'ayant exprimé la bactériose, elles ont pu résister à la maladie.

Toutes les variétés ont montré des symptômes caractéristiques du flétrissement bactérien. Les tests de pathogénie conduits par Gonzalez *et al.* (2005) indiquent que la plupart des isolats du Burkina prélevés à Bagré surmontent 8 des 10 gènes de résistance testés y compris Xa4 et Xa21. Le gène Xa4 s'est montré très efficace aux Philippines pendant plus de 10 ans avant l'apparition de races de virulence. Ainsi on peut comprendre le haut degré de virulence des races de *X. oryzae pv. oryzae* de Bagré. Etant très virulentes ces races ont pu surmonter une grande proportion des gènes de résistance des variétés et lignées isogéniques (environ 25% des variétés et lignées ont été résistantes en rive gauche et 20,83% en rive droite).

Les génotypes résistants (V16 (1AR18) et V22 (Gigante) ont des gènes de résistance verticale qui ne correspondraient pas aux gènes de virulence de *X. oryzae pv. oryzae* présents à Bagré. En effet selon les travaux des auteurs Japonais cités par Sy et Séré (1996), si une variété porte un gène de résistance verticale donné si on la met face à un gène de virulence correspondant à son gène de résistance il y a attaque. Ainsi, si ces variétés ont résisté c'est que les gènes de résistances qu'elles ont ne correspondraient pas aux gènes de virulence de *X. oryzae pv. oryzae* de Bagré ou bien que la fréquence de ces gènes de virulence n'est pas élevée.

Selon Semal *et al.* (1989) cités par Wonni (2005), la résistance liée à l'hôte serait due à l'accumulation de phytoalexines (dont la momilactone A et B chez le riz) se traduisant par la suite par une réaction d'hypersensibilité.

Les variétés moyennement résistantes auraient la possibilité de freiner la progression de la maladie. Un tel comportement serait associé à une synthèse de momilactone A et B après infection et qui atteindrait une concentration très élevée plus tard, susceptible d'arrêter la progression du parasite inducteur.

Selon l'expression des symptômes, les variétés moyennement sensibles présentent des feuilles d'aspect jaune pâle. Ces aspects sont observés au niveau des génotypes (V24 (PNA 647F4-56), V5 (1AR15/2AR3), V18 (1AR20), V21 (1AR26)). Selon Chaudhary *et al.* (2003), le jaunissement pâle est associé à une infection précoce dans laquelle le point de croissance reste vivant mais où les systèmes de translocation sont bloqués par la masse bactérienne dans les vaisseaux du xylème.

Les variétés sensibles ne posséderaient pas les gènes nécessaires pour empêcher l'attaque de l'agent pathogène. Selon Lepoivre et Semal (1989), ce comportement résulterait soit d'une accumulation plus lente de momilactone A et B formant une concentration finale insuffisante, (résultant de sa détoxification par l'agent pathogène) soit de la tolérance.

Les tableaux VIII et XII montrent qu'en rive gauche l'incidence foliaire et la sévérité sont plus élevées pendant la période de fructification que pendant les deux autres périodes distinguées dans notre étude. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Robert et Pamela (1992) qui avaient constaté qu'environ 5% des plantules infectées meurent après repiquage et celles survivantes grandissent et deviennent des plantes adultes sans projection de signe de l'infection mais soudainement les symptômes apparaissent avant la floraison. Ils augmentent en intensité avec le temps et au moment de la récolte toutes les plantes dans le champ ont les symptômes du flétrissement bactérien.

Par contre en rive droite c'est la phase de tallage qui présente les plus grandes incidences et de sévérités. Cela pourrait s'expliquer par les conditions climatiques (hygrométrie) pendant

cette phase en rive droite. En effet pendant cette phase, l'ouverture du barrage pour évacuer l'excès d'eau a créé un microclimat (stagnation d'une grande quantité d'eau pendant près d'un mois autour de l'essai) favorable à l'expression de la bactériose. Après le départ de l'eau, l'humidité relative ayant diminué, les conditions n'étant plus très favorables à la bactérie les plantes ont réussi à freiner l'évolution de la maladie ce qui pourrait expliquer que presque toutes les variétés ont eu un taux de progression négatif pendant la phase de fructification (tableaux X et XIII).

3.2.3. Suivi de l'évolution de l'épidémie de la bactériose dans la plaine rizicole de Bagré.

Le suivi de la bactériose dans les champs des producteurs a permis de constater un manque chronique en matériel agricole moderne. La majorité des producteurs utilisent des moyens rudimentaires tels que les dabas pour le labour. Ainsi, ils n'arrivent pas à enfouir à une grande profondeur les débris végétaux et la paille du riz qui sont des sources importantes de la bactériose (Robert et Pamela, 1992). Selon Mortensen (1997), *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* est une bactérie aérobie. Ainsi, il se pourrait qu'en l'enfouissant à une grande profondeur où l'air est rare qu'on puisse l'asphyxier. De ce fait, un bon labour qui enfouit les parties superficielles du sol à une grande profondeur (plus de 20 cm) pourrait diminuer le taux d'inoculum. Ce qui n'est pas le cas pour beaucoup de producteurs à Bagré.

Les producteurs qui ont été suivis ont utilisé la TS2 comme principale variété puis la FKR19 et ensuite les variétés NERICA. Ce choix de variétés est le même depuis 2001 et tient compte du niveau de résistance de celles-ci au flétrissement bactérien.

Dans l'échantillon enquêté aucun exploitant n'a effectué les opérations culturales dans la période recommandée. La mise en place des pépinières s'est effectuée le 1^{er} août soit un mois et demi de retard. Quand au repiquage il s'est effectué 23 jours après la date limite de repiquage. Ce non respect du calendrier cultural peut être favorable au développement du flétrissement bactérien du riz. En effet les relevés pluviométriques montrent que les mois de juillet-août sont les plus arrosés entraînant du même coup une humidité relative de l'air élevée (figures 4 et 6). La pluviométrie et l'humidité relative de l'air élevée favorisent le développement du flétrissement bactérien (Sy et Séré, 1996). Ainsi les pépinières coïncidant avec cette période peuvent être soumises au déclenchement d'une épidémie car les plantules sont plus vulnérables (Mortensen,

1997). Ainsi, le respect du calendrier cultural peut non seulement permettre d'éviter la bactériose mais aussi améliorer les rendements.

30% des producteurs ont apporté 200 kg d'urée à l'hectare. Cela peut favoriser le déclenchement d'une épidémie car l'azote est un élément minéral qui favorise le développement de la maladie. Aussi on a un déficit d'élément P et K surtout en rive droite où 75% des producteurs ont utilisée 150 kg/ha de NPK au lieu de 300 kg/ha (recommandation de la recherche). Ce déficit de P et K peut engendrer une forte incidence de la bactériose (Sy et Séré, 1996).

Les tableaux XVI, XVII, XVIII et XIX montrent respectivement en rive gauche et en rive droite une incidence foliaire moyenne de 0,82 à 2,32% et de 1,27 à 1,63% et une incidence par rapport aux poquets de 13,61 à 29,04% et de 20,56 à 26,35%.

Ces taux révèlent une meilleure résistance des variétés cette campagne par rapport à la campagne humide de 2003 où une équipe de chercheurs de l'ADRAO avaient estimé cette incidence à plus de 70%. Cette différence pourrait être expliquée par les conditions climatiques (température, humidité relative de l'air, pluviométrie) favorables ou défavorables à la bactériose et qui peuvent varier d'une année à l'autre.

Sauf la FKR 53N toutes les autres variétés ont eu une sévérité inférieure à 12%. Elle a été légèrement supérieure en rive droite. D'une manière générale, la sévérité a été faible durant la campagne 2007/2008. La résistance des variétés utilisées et les conditions environnementales pourraient expliquer cela. En effet l'utilisation exclusive et pendant plusieurs années de variétés résistantes à un agent pathogène peut réduire le taux d'inoculum et empêcher l'expression de la maladie.

Les pertes de rendements enregistrées à Bagré sont comprises entre 12,85 et 24,63%. Elles sont légèrement inférieures à celles obtenues par Rajarajeswari et Muralidharan (2005) en Inde qui étaient comprises entre 17 et 31%.

De cette étude, on peut comprendre le choix des producteurs quand à l'utilisation des variétés. En effet la TS2 s'est montrée la plus résistante à la bactériose dans les deux rives (plus petite réduction de rendement). La FKR 60N s'est distingué en rive gauche avec une baisse de rendement (13,46%) inférieure à celle de la FKR19 qui est de 18,62%. La FKR 56N avec une réduction de rendement de 20,74% en rive gauche et 22,73% en rive droite n'a pas été sensible par rapport à la TS2 et à la FKR 19. La FKR 53N a eu la plus grande perte de rendement (24,63%) (Tableau XXIV). Il faut noter que cette variété n'a pas été homologuée par l'INERA peut être à cause de sa sensibilité à la bactériose. Le producteur détient les semences de cette variété lors d'essai pratiqué dans son champ.

La corrélation entre les pertes et les doses d'urée utilisées donne une valeur de $r = 56\%$. Ainsi de ces résultats on pourrait dire que l'urée a eu un effet faible sur les baisses de rendement. L'azote est un élément minéral qui favorise le développement du flétrissement bactérien du riz (Veena, 2000). Selon Kaboré cité par Dembélé (2001), l'azote augmente les espaces inter-cellulaires et la bactérie étant vasculaire elle se trouve très favorisée par la présence de l'azote.

Dans la plaine rizicole, nous avons rencontré le *Cyperus rotundis* L., *C. defformis* Linn, *Oryza barthii*, *O. longistaminata*, *Leersia hexandra* Sw et *Leptochloa caerulea* Steud qui sont des hôtes naturels de *X. oryzae* pv. *oryzae* (Bradbury, 1986). La présence de ces mauvaises herbes dénote la nécessité d'accorder une grande importance à ces dernières quant au déclenchement d'épidémie du flétrissement bactérien. Ainsi, lutter contre ces dernières contribuera à réduire le taux d'inoculum de la maladie dans la plaine.

Les insectes jusque là n'ont pas été démontrés comme vecteurs de transmission du flétrissement bactérien. Certains auteurs tels que Robert et Pamela (1992), Sy et Séré (1996) ont observé des exsudats bactériens sur les feuilles des plantes. Les insectes peuvent permettre la dissémination de la bactérie car en se posant sur les exsudats ils peuvent les transporter à un autre lieu.

10% des producteurs ont utilisé un produit chimique contre les maladies, cela montre la nécessité d'avoir des variétés résistantes à la maladie. En effet, l'utilisation des variétés résistantes est la méthode de lutte la plus facilement adoptable par les producteurs et elle est aussi la moins coûteuse pour eux (Rapilly, 1991).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'étude des paramètres agronomiques et pathologiques a révélé qu'en général, il y a une différence entre les variétés quand à leur réponse au flétrissement bactérien du riz. L'analyse des pratiques culturales montre que l'utilisation des variétés à Bagré tient compte entre autres de leur résistance à la bactériose. Des variétés comme la TCS10, la FKR14 et la 035 sensibles à la bactériose sont abandonnées au profit de la TS2, la FKR 19, la FKR 62N, la FKR 56N et la FKR 60N qui sont résistantes à la maladie.

La plupart des semences utilisées à Bagré sont infestées par le fait que les producteurs n'utilisent pas tous les semences certifiées.

Le non respect du calendrier cultural par les producteurs et l'intervalle de temps existant entre les récoltes et les semis permettent à la bactérie de persister dans le sol et de passer facilement d'une saison de culture à l'autre. L'intégration d'un système de rotation pourrait permettre de casser le cycle de la bactérie.

Au cours des sept dernières années, les producteurs ont utilisé 200 kg/ha de NPK et 150 kg/ha d'urée pour la fertilisation en saison sèche et en saison humide. Selon les recommandations faites par la recherche et la vulgarisation il existe un déficit de NPK. Cette insuffisance des éléments P et K induit une incidence élevée. L'augmentation des doses de NPK pourrait donc réduire l'incidence de la bactériose sur la plaine.

Durant les six dernières années, en moyenne, des superficies de 1 377,81 ha/an et 1296,66 ha/ha et des rendements de 4,59533 T/ha et 4,28116 T/ha sont respectivement emblavées et produits en saison sèche et en saison humide. Il en résulte une production moyenne de 6 295 T/an et 5 586 T/an respectivement en saison sèche et en saison humide.

Des vingt quatre variétés et lignées isogéniques testées pour la résistance à la bactériose, les géotypes V16 (1AR18) et V22 (Gigante) ont eu les meilleures aptitudes à résister à la bactériose dans les deux rives. Ainsi, elles peuvent être utilisées dans les programmes de sélection variétale pour la résistance à la bactériose si toute fois elles se confirment dans d'autres testes

Les lignées V3 (1AR13) en rive droite et V19 (1AR21) dans les deux rives expriment beaucoup de symptômes mais ont un niveau élevé de production. Les gènes qu'elles portent résistent mieux à l'infection paniculaire.

La lignée V13 (1AR12) résistante en rive gauche et sensible en rive droite et la lignée V21 (1AR26) sensible en rive gauche et résistante en rive droite fait penser que certaines races de

la bactérie existent dans une rive mais pas dans l'autre ou que leur proportion n'est pas la même dans les deux rives.

Les génotypes V2 (1AR11), V4 (1AR14/2AR2), V20 (1AR25), V23 (TCS10), V11 (1AR10/2AR9) V5 (1AR15/2AR3), V10 (1AR9/2AR8) et V24 (PNA 647F4-56) sont restées sensibles dans les deux rives.

D'une manière générale, les variétés utilisées par les producteurs ont eu un bon niveau de résistance à la bactériose. Des pertes de rendements allant de 12,85 % à 24,63 % en rive gauche et de 13,35 à 22,73 % en rive droite ont été enregistrées. La variété TS2 a eu la plus petite perte relative de rendement. Les NERICA vulgarisés montrent également un bon niveau de résistance à la bactériose.

Pour plus d'efficacité dans la lutte contre le flétrissement bactérien du riz à Bagré les actions suivantes peuvent être entreprises :

- Eviter l'utilisation des variétés sensibles la bactériose quelle que soit leur performance.
- Former et sensibiliser les producteurs au respect des bonnes pratiques agricoles.
- Etudier l'impacte des dates de semis en pépinière et de repiquage sur le développement de la bactériose.
- Déterminer les différentes races de *X. oryzae* pv. *oryzae* présentes sur la plaine.
- Mettre en place un système de rotation pour casser le cycle de la bactériose.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADRAO, 1995.** Formation en production rizicole. Manuel du formateur. Sayce publishing, Royaume Uni. 305 p.
- AGARWAL, P. C. ; MORTENSEN, C. N. and MATHUR, S. B., 1994.** Maladies du riz transmises par les semences et tests phytosanitaires. CTA, ADRAO. 95 p.
- AKOBUNDU, O. I. and AGYAKWA, C. W., 1989.** Guide des adventices d'Afrique de l'ouest. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA). Ibadan, Nigeria. 522 p.
- ANGLADETTE, A., 1967.** Le riz. Presses Universitaires de France. 127 p.
- ANONYME 1, 2002.** Le riz au Burkina Faso. Production, commercialisation, consommation, recherche. Eurêka n° 41/42 avril 2002. Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST). Ouagadougou, Burkina Faso. 77 p.
- ANONYME 2, 2005.** Partenariat ADRAO-INERA, plus de dix ans aux service du développement rizicole. Eurêka. Revue trimestrielle du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Burkina Faso, 74 p.
- ANONYME 3, 2007.** Monographie de la commune de Bagré. Direction régionale de l'économie et du développement du centre-est, Burkina Faso, 19 p.
- APPERT, J. ; SCOTTO, C. L. M. et VUONG-HUU-HAI, 1982.** Les nématodes. *In* : Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques. G-P. Maisonneuve et Larose. ACCT. Paris. PP. 13-23.
- ARDALES, E. Y. ; LEUNG, H. ; VERA CRUZ, C. M. ; MEW, T. W. ; LEACH, J. E. and NELSON, R. J., 1996.** Hierarchical analysis of spatial variation of the rice bacterial blight pathogen across diverse agro ecosystems in the Philippines. *Phytopathology* 86:241-252.
- BORO, F., 2002.** Détection et caractérisation des bactéries phytopathogènes transmises par les semences du riz. Rapport de stage de technicien supérieur d'agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou (CAP/M). Burkina Faso. 37 p.
- BRADBURY, J. F., 1986.** Guide to plant pathogenic bacteria. CAB international mycological institute. 332 p.
- BUNASOLS, 1994.** Etude pédologique du périmètre irrigué de Bagré (Bagré Aval, Bief A et B) première tranche échelle 1/100000. Volume I: rapport principal. Rapport technique N°95. Burkina Faso. 76 p.
- CHAUDHARY, R. C. ; NANDA, J. S. and TRAN, D. V., 2003.** Guide d'identification des contraintes de terrain à la production de riz. Commission international du riz et FAO Rome. 73 p.

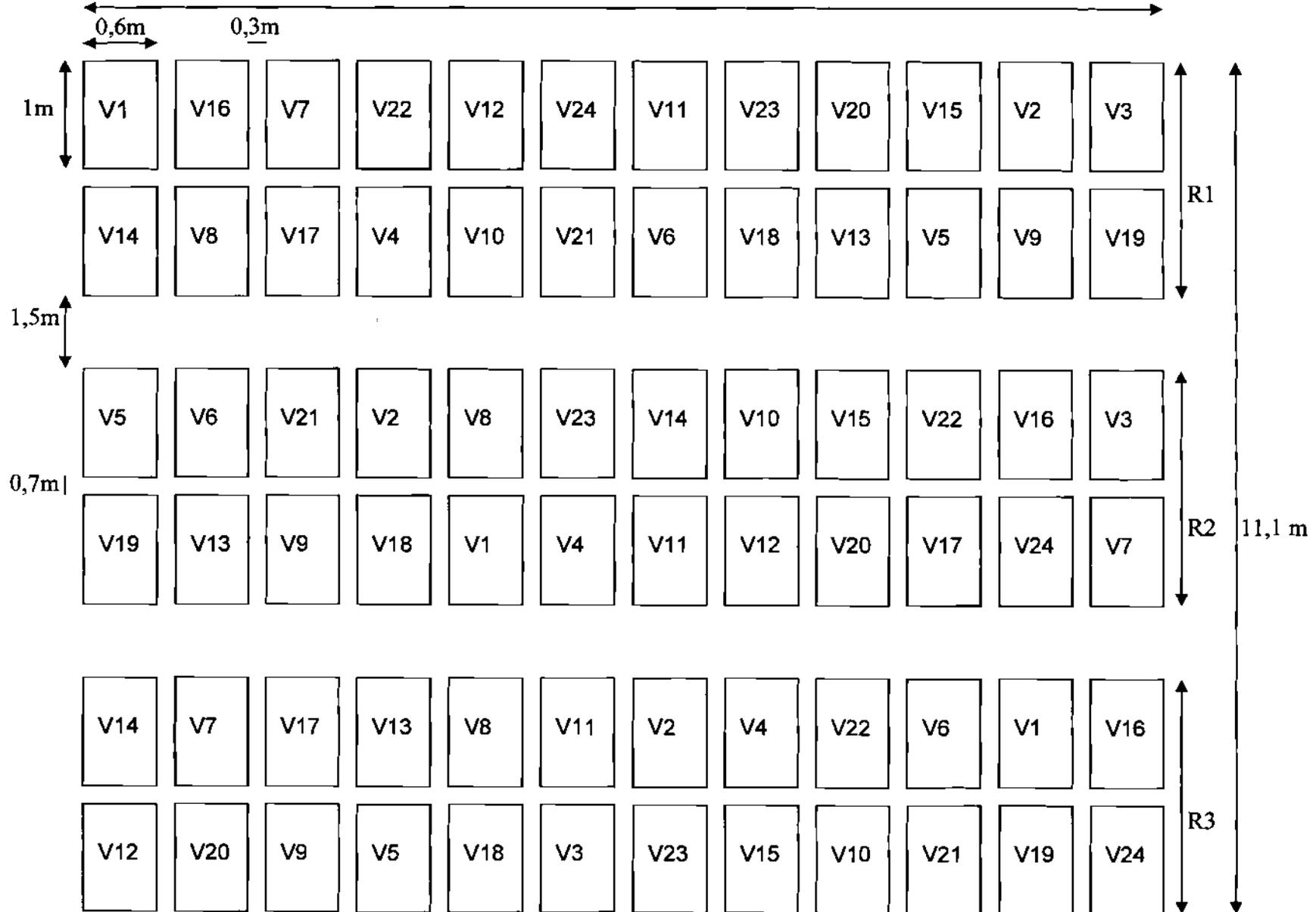
- CIRAD-GRET, 2002.** Mémento de l'Agronome. Jouve (France), 11 bd de Sébastopol, 75001 Paris N° 312091 Y, PP 799-811.
- CNRST, 1995.** Plan stratégique de la recherche scientifique. Synthèse générale. Ouagadougou, Burkina Faso 75 p.
- DEMBELE, S., 1988.** Aménagement hydro-agricoles et riziculture : situation du Burkina Faso. Rapport technique, INERA, 56p.
- DEMBELE, K., 2001.** Criblage de variétés de riz vis-à-vis de la pyriculariose à l'ouest et au sud-ouest du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso (UPB). Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso. 73 p.
- DEMBELE, Y., 2005.** Cours de génie rural / hydraulique agricole. Cours tronc commun IDR 2è année, UPB, Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 31 p.
- FAO, 2004.** Année internationale du riz. www.FAO.org. Août 2004.
- GONZALEZ, C. ; SZUREK, B. H. ; ENNAJDAOUI, M. C. ; SERE, Y. and VERDIER, V., (2005).** Genetic and pathogenic characterisation of *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* strains from West Africa- Poster presented at the French Phytopathology Society Congress, Toulouse, France, 23-25 March 2005.
- GOTO, M., 1992.** Fundamentals of bacterial plant pathogen. Academy press. 465 pp.
- GUINKO, S., 1984.** Végétation de la haute-volta. Thèse de doctorat d'état, Université de Bordeaux III. 318 p.
- ILLY, L., 1997.** La place de la riziculture irriguée dans le système de production agricole et animale au Burkina Faso. *IN : Irrigated rice in the Sahel : prospects for sustainable development.* ADRAO, 487 p.
- INERA, 2000.** Bilan de dix années de recherche 1988-1998. 115 p.
- INRA, 2007.** Description et caractéristiques techniques du riz. www.inra.fr
- INSTITUT DU SAHEL, 1991.** Les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. CILSS. Ouagadougou. Burkina Faso. 93 p.
- JEUNG, J. U. ; HEU, S. G. ; SHIN, M. S. ; VERA CRUZ, C. M. and JEAN, K.K., 2006.** Dynamics of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* populations in Korea and their relationship to known bacterial blight resistance genes. *Phytopathology* 96:867-875.
- JOHNSON, D. E., 1997.** Les adventices en Afrique de l'Ouest. ADRAO. 304 p.
- KABORÉ, U., 2007.** Burkina Faso: des propositions concrètes pour sortir le riz local de son ombre. www.Sidwaya.bf. 25 Fevrier 2008
- KARAMAGE, F. X., 2001.** Etude de l'influence de la fertilisation phosphatée sur les attaques de la cécidomyie africaine du riz, ses parasitoïdes et les foreurs de tiges en riziculture irriguée.

- Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso (UPB). Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso. 95 p.
- LEE, K. S. ; RASABANDITH, S. ; ANGELES, E. R. and KHUSH, G. S., 2003.** Inheritance of resistance to bacterial blight in 21 cultivars of rice. *Phytopathology* 93:147-152
- MEW, T. W., 1992.** Compendium of Rice Diseases. American Phytopathological Society. pp. 62
- MICHEL, J. et BRIGITTE, C., 1983.** Le technicien d'agriculture tropicale: le riz pluvial. Maisonneuve et Larose. 134 p.
- MORTENSEN, C. N., 1997.** Seed-borne bacterial diseases. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. Ryvangs Allé 78, DK-2900 Hellerup, Denmark. 115 p.
- MOUILLESEAUX, I., 2008 :** Le riz atteint un nouveau record. www.edito-matieres-premieres.fr
- NACRO, S., 1994.** Analyse d'un système tritrophique: la cécidomyie du riz et ses parasitoïdes au Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'Université de Rennes I, France, 118p.
- NEBIE, B., 1995.** Etude des facteurs agro-pédologiques déterminant la production du riz irrigué dans la vallée du KOU au Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'Université Nationale de Côte-d'Ivoire, Abidjan, Côte-d'Ivoire. 191 P.
- OUEDRAOGO, S. L. ; SOMDA, I. ; BORO, F. et SERE, Y., 2004.** Détection et caractérisation des bactéries phytopathogènes transmises par les semences du riz au Burkina Faso, (ASIA.), *Agronomie Africaine* 16(2) : 9-17
- OUEDRAOGO, S. L. ; SOMDA, I. ; WONNI, I. ; SERE, Y., 2007 :** Etude de la résistance au fletrissement bactérien de lignées inter- et intraspécifiques de riz de bas-fonds en conditions d'infestation artificielles. *African Crop Science Journal* 15(4) : 265-288
- RAJARAJESWARI, N. V. L. and MURALIDHARAN, K, 2005.** Assessments of farm yield and district production loss from bacterial leaf blight epidemics in rice. Department of Crop Protection, Directorate of Rice Research (ICAR), Hyderabad 500 030, India. www.elsevier.com Mars 2008
- RAPILLY, F., 1991.** L'épidémiologie en pathologie végétale : mycoses aériennes. INRA 317 p.
- ROBERT, K. W. and PAMELA S, G., 1992.** Foliar diseases: bacterial blight. Compendium of Rice Disease. University of California, Davis. PP 10-11
- SAWADOGO, A. et THIO, B., 1997.** Les nématodes racinaires du riz irrigué au Burkina Faso et à l'Office du Niger au Mali. *IN : Irrigated rice in the Sahel : prospects for sustainable development.* ADRAO 487 p.

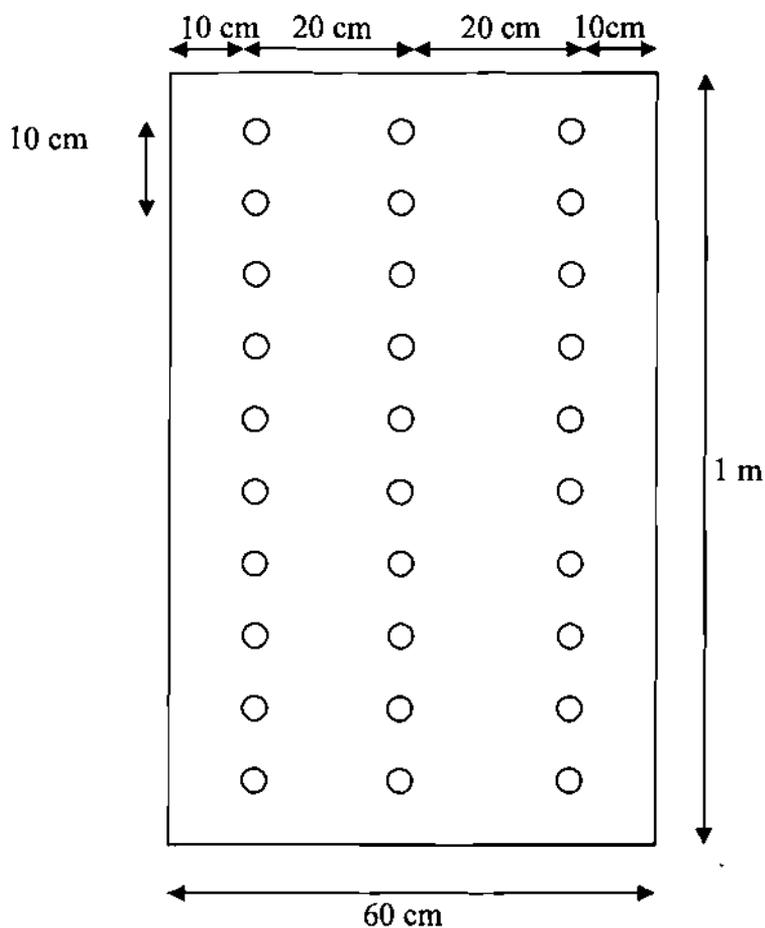
- SEGDA, Z., 2002.** Analyse des contraintes agro-pédologiques limitant la production du riz irrigué à Bagré. Résultats de l'étude collaborative INERA / UO / ADRAO / MOB / MTC sur le périmètre de Nimatoulaye. Burkina Faso. 39 p.
- SERE, Y. ; ONASANYA, A. ; VERDIER, V. ; AKATOR, K. et OUEDRAOGO, L. S., 2005.** Rice bacterial leaf Blight in West Africa : preliminary studies on disease in farmers' fields and screening released varieties for resistance to the bacteria. Asian Journal of Plant Sciences 4 (6): 577-579, 2005.
- SERE, Y., 1997.** Affections phytopathogènes majeurs du riz au Sahel : Analyse et stratégie de gestion. *IN* : Irrigated rice in the Sahel : prospects for sustainable development. ADRAO 487 p.
- SIE, M. ; ZONGO, J. D. et DAKOUO, D., 1998.** Prospection des cultivars traditionnels de riz du Burkina Faso. Revue CAMES. Volume: N°00. PP.21-27.
- SOGREAH, 1990.** Projet Bagré : mise en œuvre des aménagements hydro-agricoles. Grenoble: Ouagadougou: MOB/M. eau, 1990, vol. 1. 63 pages, vol 2. 45 pages.
- SWAMINATHAN, M., 1984.** Histoire d'une merveilleuse graminée. Le courrier. UNESCO. PP 4-8
- SY, A. A. et SERE, Y., 1996.** Manuel de formation en pathologie du riz. ADRAO. Bouaké, Côte d'Ivoire. 78 p.
- TANKOANO, M. H., 2005.** Impact de la date de repiquage du riz sur la cécidomyie africaine du riz, *orsoleia oryzivora* H. & G. et son cortège parasitaire sur la plaine rizicole de Boulbi / Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso (UPB). Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso. 104 p.
- TRAORE, K., 2007 :** Burkina Faso: Riz local cherche place au soleil. www.observateur.bf 25 février 2008
- VEENA, M. S. ; SHETTY, H. S. ; MORTENSEN, C. N. and MARTHUR, S. B., 2000.** Bacterial leaf blight of rice. University of Mysore. India. 16p.
- WONNI, I., 2005.** Etude de la résistance au flétrissement bactérien de lignées inter- et intraspecifics de riz de bas-fonds en conditions d'infestation artificielles. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Institut du Développement Rural (IDR), Université Polytechnique de Bobo-dioulasso (UPB), Burkina Faso. 55 p.

Annexe 1 : Dispositif expérimental utilisé

10,5 m



Annexe 2 : Vue d'une parcelle élémentaire comportant les trois lignes de repiquage.



Annexe 3 : Date des opérations culturales

Opérations	RIVE GAUCHE	RIVE DROITE
Semis en pépinière	10-07-07	11-07-07
Repiquage	08-08-07 (28 ^e JAS)	7-08-07 (27 ^e JAS)
Apport fumure de fond (NPK)		
Apport Fumure Couverture (Urée 46 %) + malaxage		
Observations en phytopathologie	Toutes les semaines	Toutes les semaines
Récolte		

Annexe 4 : Principales mauvaises herbes rencontrées à Bagré.

FAMILLE	NOM BOTANIQUE
AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus spinosus</i> Linn.
ASTERACEAE	<i>Ageratum conyzoides</i> Linn.
ASTERACEAE	<i>Eclipta prostrata</i> (Linn.) L. (= <i>E. alba</i> (L.) Hassk.)
ASTERACEAE	<i>Tridax procumbens</i> Linn.
ASTERACEAE	<i>Vernonia perrottetii</i> Sch. Bip.
AZOLLACEAE	<i>Azolla africana</i> Desv.
CAESALPINIACEAE	<i>Cassia occidentalis</i> Linn.
CYPERACEAE	<i>Cyperus difformis</i> Linn.
CYPERACEAE	<i>cyperus rotundis</i> L
CYPERACEAE	<i>Fimbristylis ferruginea</i> (Linn.) Vahl
CYPERACEAE	<i>Fimbristylis littoralis</i> Gaudet (= <i>F. miliacea</i> Walh)
CYPERACEAE	<i>Kyllinga bulbosa</i> Beauv.
CYPERACEAE	<i>Kyllinga erecta</i> Schumach. Var <i>erecta</i> [= <i>Cyperus erectus</i> (Schumach.) Mattf. et Kuk.
CYPERACEAE	<i>Kyllinga squamulata</i> Thonn. ex Vahl
CYPERACEAE	<i>Mariscus longibracteatus</i> Cherm. (<i>Cyperus longibracteatus</i> Cherm.)
CYPERACEAE	<i>Rhynchospora corymbosa</i> (Linn.) Britt.
CYPERACEAE	<i>Scirpus jacobi</i> C.E.C. Fischer
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia hirta</i> Linn.
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G. Don.) Exell Syn. (= <i>Jussiaea linifolia</i> Vahl)
POACEAE	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth var. <i>gayanus</i>
POACEAE	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (Linn.) P. Beauv.
POACEAE	<i>Echinochloa obtusiflora</i> Stapf.
POACEAE	<i>Echinochloa pyramidalis</i> Hitchc. Et Chase.
POACEAE	<i>Eragrostis tremula</i> Hochst. ex Steud.
POACEAE	<i>Hyparrhenia involucrata</i> Stapf
POACEAE	<i>Leersia hexandra</i> Sw.
POACEAE	<i>Leptochloa caerulea</i> Steud.
POACEAE	<i>Oryza barthii</i> A. Chev. (= <i>O. breviligulata</i> A. Chev. et Roehr, <i>O. stapfii</i> Roshev.)
POACEAE	<i>Oryza longistaminata</i> A. Chev. et Roehr.
POACEAE	<i>Paspalum orbiculare</i> Forst. (= <i>P. commersonii</i> Lam.)
POACEAE	<i>Paspalum polystachyum</i> R.Br (= <i>P. scrobiculatum</i> Linn. Var <i>polystachyum</i> R. Br.)
POACEAE	<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.
POACEAE	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.
SPHENOCLEACEAE	<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.

Annexe 5 : Incidence rive gauche

variétés	14 jar	21 jar	28 jar	35 jar	42 jar	49 jar	56 jar	63 jar	70 jar	77 jar
V1	1,59a	1,82abc	1,18ab	3,62ab	6,06abcd	7,42abc	8,19abcd	5,75ab	6,95ab	12,41bc
V2	1,87a	1,64abc	1,91abc	2,65ab	7,14abcd	10,22bc	9,61abcd	8,50ab	7,60ab	11,94bc
V3	0,59a	1,53abc	1,3ab	1,92a	3,84abc	6,25abc	10,60bcd	5,45ab	6,31a	9,51abc
V4	0,79a	5,42bc	2,48abc	3,91ab	7,11abcd	10,30bc	12,99d	11,40b	7,90ab	13,02c
V5	2,77a	3,39abc	2,13abc	1,78a	5,45abcd	8,07abc	8,58abcd	7,73ab	7,39ab	11,76bc
V6	0,87a	1,26ab	1,4abc	1,09a	3,65abc	5,79abc	8,65abcd	5,74ab	6,18a	10,77bc
V7	1,90a	1,73abc	4,29c	2,58ab	3,51abc	6,31abc	8,65abcd	6,44ab	5,61a	9,37abc
V8	0a	2,93abc	1,86abc	1,7a	3,60abc	6,34abc	9,52abcd	8,09ab	6,68ab	12,45c
V9	0,87a	0,72ab	0,81ab	1,10a	3,34abc	4,66ab	6,98ab	6,33ab	5,92a	9,96bc
V10	2,38a	4,98abc	1,68abc	1,52a	3,99abc	8,73abc	10,64bcd	7,47ab	8,04ab	12,09bc
V11	2,77a	0,86ab	2,06abc	3,73ab	5,57abcd	8,21abc	10,56bcd	9,17ab	6,51a	11,29bc
V12	0a	3,8abc	1,63abc	2,27ab	2,77a	4,59ab	7,11ab	6,77ab	6,77ab	9,49abc
V13	1,11a	0,54ab	0,3a	1,36a	2,24a	5,21ab	7,19ab	5,79ab	5,63a	9,98bc
V14	5,95a	6,46c	0,52a	1,55a	2,88ab	6,12abc	8,52abcd	6,69ab	6,07a	10,63bc
V15	3,14a	1,21ab	0,47a	1,86a	3,82abc	5,68abc	8,09abcd	5,64ab	7,13ab	11,03bc
V16	2,15a	1,8abc	0,37a	1,57a	2,26a	3,84a	4,73a	4,01a	5,74a	8,20ab
V17	1,49a	2,49abc	2,60abc	2,72ab	3,49abc	6,19abc	9,3abcd	6,86ab	7,8ab	11,27bc
V18	1,57a	1,64abc	1,6abc	1,48a	4,99abcd	6,46abc	8,08abcd	8,6ab	7,35ab	12,65c
V19	0,52a	3,92abc	2,30abc	2,5ab	5,59abcd	8,07abc	10,33bcd	8,17ab	7,99ab	10,86bc
V20	0,62a	3,29ab	1,5abc	6,05b	2,93abc	5,88abc	6,55ab	7,32ab	6,74ab	10,67bc
V21	0,81a	5,18bc	2,19abc	2,83ab	4,84abcd	7,92abc	8,67abcd	6,75ab	6,91ab	10,85bc
V22	0a	0a	1,10ab	1,36a	3,45abc	4,72ab	5,21ab	4,20a	5,63a	5,9a
V23	1,51a	2,81abc	3,53bc	4,41ab	8,27abcd	11,68c	12,72cd	9,17ab	9,75ab	11,01bc
V24	1,07a	1,21ab	3,55bc	3,45ab	5,97abcd	6,25abc	7,53abc	5,9ab	5,72a	9,57abc

Annexe 6 : Sévérité rive gauche

variétés	14 jar	21 jar	28 jar	35 jar	42 jar	49 jar	56 jar	63 jar	70 jar	77 jar
V1	11,46a	12,22abc	11,80abc	12,75a	13,75bcd	14,04abc	14,68abcde	13,21ab	13,95ab	17,15b
V2	11,52a	11,75abc	12,29abcd	12,59a	14,25cd	15,66c	15,85bcde	14,14ab	14,47ab	16,69ab
V3	11,24a	12,15abc	11,87abc	11,83a	12,71abc	13,52abc	15,65abcde	13,07ab	13,5a	15,48ab
V4	11,28a	12,08abc	12,60abcd	12,99a	13,82bcd	15,20abc	16,85de	15,67b	14,68ab	17,16b
V5	13,16a	12,1abc	12,65abcd	11,87a	13,43abcd	14,52abc	14,92abcde	14,00ab	14,18ab	17,05b
V6	11,30a	11,59ab	11,96abc	11,46a	12,95abc	13,18abc	14,93abcde	13,26ab	13,47a	16,72ab
V7	11,7a	12,32abc	14,10d	12,28a	12,62abc	13,59abc	14,63abcde	13,87ab	13,37a	15,81ab
V8	11,11a	12,48abc	12,36abcd	11,85a	12,48ab	13,32abc	15,4abcde	14,54ab	13,83a	16,62ab
V9	11,30a	11,27ab	11,38ab	11,49a	12,20ab	12,64a	13,85abc	13,45ab	13,43a	16,14ab
V10	11,63a	12,86abc	11,97abc	11,75a	12,68abc	14,65abc	16,16cde	13,61ab	14,56ab	16,85b
V11	11,72a	11,3ab	12,28abcd	12,85a	13,59abcd	14,43abc	15,53abcde	14,77ab	13,72a	16,25ab
V12	11,11a	13,33abc	11,99abc	12,14a	12,16ab	13,20abc	14,53abcde	13,73ab	13,69a	15,72ab
V13	11,35a	11,23a	11,37ab	11,74a	11,99a	12,96ab	14,07abcd	13,29ab	13,14a	15,48ab
V14	12,69a	13,73bc	11,57ab	11,59a	12,31ab	13,31abc	14,76abcde	13,64ab	13,66a	15,75ab
V15	12a	11,65ab	11,49ab	11,80a	12,61abc	13,25abc	14,86abcde	13,13ab	13,90ab	16,59ab
V16	11,58a	11,81abc	11,23a	11,64a	11,98a	12,52a	12,84a	12,54a	13,25a	14,58ab
V17	11,62a	12,32abc	12,85abcd	12,34a	12,42ab	13,42abc	14,65abcde	13,43ab	14,29ab	17,14b
V18	11,62a	12,20abc	12,13abc	11,73a	13,00abc	13,71abc	14,42abcd	14,61ab	14,24ab	17,85b

Suite annexe 6 : Sévérité rive gauche

V19	11,34a	12,65abc	12,28abcd	12,17a	13,53abcd	14,13abc	15,32abcde	14,17ab	14,54ab	16,73ab
V20	11,25a	13,21abc	12,18abc	12,94a	12,38ab	13,53abc	13,74abc	13,73ab	13,62a	16,57ab
V21	11,65a	14,16c	12,31abcd	12,43a	13,64abcd	14,26abc	14,75abcde	13,65ab	13,82a	16,95b
V22	11,11a	11,11a	11,6ab	11,64a	12,53ab	13,07abc	13,09ab	12,43a	13,41a	13,53a
V23	11,77a	12,81abc	13,23bcd	12,97a	14,83d	15,52bc	17,26e	14,85ab	15,41b	16,88b
V24	11,34a	11,38ab	13,51cd	12,85a	13,64abcd	13,84abc	14,43abcd	13,31ab	13,43a	15,73ab

Annexe 7 : Incidence rive droite

variétés	14 jar	21 jar	28 jar	35 jar	42 jar	49 jar	56 jar	63 jar	70 jar	77 jar
V1	2,15abc	3,81abcde	6,03ab	7,94abc	7,37ab	6,60abcd	6,55abc	5,00a	4,02a	7,22a
V2	3,10abc	4,79bcdef	5,98ab	6,94ab	9,41ab	7,04abcd	6,63abc	5,48ab	5,75ab	4,99a
V3	3,55abc	5,39cdef	7,1ab	8,39abc	6,98ab	7,22abcd	6,17abc	4,1a	4,79ab	6,9a
V4	1,71abc	5,03cdef	8,88ab	11,45abc	9,56ab	11,20cd	10,17cd	6,03ab	6,04ab	6,74a
V5	0a	3,91abcde	3,57a	5,90ab	5,00a	6,11abcd	4,86ab	4,94a	4,17ab	5,91a
V6	0,60ab	0,79ab	2,32a	4,25a	8,14ab	5,69abcd	5,69abc	5,78ab	5,13ab	4,97a
V7	0a	3,60abcde	2,52a	7,51abc	7,50ab	6,46abcd	7,31abcd	4,90a	5,15ab	4,51a
V8	1,48abc	2,02abc	3,18a	8,17abc	7,66ab	7,27abcd	5,89abc	5,16ab	4,15ab	5,70a
V9	0,68abc	1,70abc	4,24a	6,81ab	5,58a	4,52ab	5,28ab	5,34ab	5,40ab	5,65a
V10	2,12abc	1,44abc	2,47a	8,75abc	5,32a	7,46abcd	6,07abc	5,19ab	6,53ab	7,84a
V11	3,47abc	5,12cdef	11,07b	15,36c	13,85b	11,43d	11,10d	9,5c	11,04c	8,22a
V12	0a	2,58abcd	4,96ab	6,49ab	5,09a	5,76abcd	6,04abc	5,46ab	6,44ab	6,24a
V13	1,01abc	2,58abcd	2,80a	5,74ab	9,45ab	7,96abcd	7,08abcd	5,64ab	5,46ab	6,29a
V14	0a	0,54a	2,67a	4,48a	5,79ab	4,86ab	4,78ab	4,71a	5,83ab	6,14a
V15	1,73abc	2,29abcd	2,41a	8,91abc	6,8ab	6,8abcd	6,50abc	5,59ab	5,76ab	6,07a
V16	4,09bc	1,60abc	4,52ab	6,57ab	5,18a	4,83ab	5,66abc	3,57a	4,76ab	5,67a
V17	0a	0,81ab	2,83a	5,69ab	6,08ab	6,08abcd	7,09abcd	5,19ab	4,77ab	9,10a
V18	2,30abc	6,30def	6,52ab	8,46abc	7,46ab	6,68abcd	4,46ab	4,82a	4,95ab	7,28a
V19	2,20abc	3,6abcde	8,06ab	7,96abc	7,21ab	5,52abc	4,72ab	5,42ab	5,00ab	6,53a
V20	2,27abc	2,16abc	5,99ab	10,59abc	8,13ab	7,68abcd	5,81abc	4,81a	5,25ab	4,60a
V21	3,02abc	1,80abc	3,18a	7,44abc	6,64ab	5,37abc	4,50ab	3,97a	4,93ab	5,47a
V22	1,85abc	3,43abcde	5,71ab	7,47abc	4,92a	3,75a	3,12a	4,45a	6,1ab	5,33a
V23	4,63c	7,89f	5,62ab	13,67bc	10,77ab	8,92abcd	7,75abcd	5,17ab	5,45ab	5,05a
V24	2,1abc	6,7ef	4,22a	10,67abc	12,07ab	10,08bcd	8,72bcd	8,75bc	7,86b	6,64a

Annexe 8 : Sévérité rive droite

variétés	14 jar	21 jar	28 jar	35 jar	42 jar	49 jar	56 jar	63 jar	70 jar	77 jar
V1	11,58ab	12,71abc	14,80ab	14,70a	14,25ab	14,02ab	13,56ab	12,82a	12,48ab	14,04ab
V2	12,06ab	13,65bcd	14,91ab	14,10a	15,35ab	14,48ab	13,84ab	13,28ab	13,17ab	13,02a
V3	12,33ab	13,47bcd	15,16ab	15,44abc	14,05a	14,46ab	13,71ab	12,72a	12,94ab	13,72ab
V4	11,60ab	13,63bcd	15,94ab	16,31abc	15,11ab	16,29bc	15,40bc	13,57ab	13,03ab	13,32ab
V5	11,11a	13,05abcd	12,53a	13,56a	12,87a	13,49ab	12,99a	13,21ab	12,42ab	13,53ab
V6	11,24a	11,28a	12,23a	12,85a	14,62ab	13,54ab	13,42ab	13,26ab	12,95ab	12,99a
V7	11,11a	12,48abc	12,33a	14,84ab	14,16a	13,96ab	14,07ab	13,04a	13,17ab	12,86a
V8	11,43ab	11,95ab	12,97a	14,55a	14,39ab	14,44ab	13,62ab	12,86a	12,26a	13,29ab
V9	11,26a	11,68ab	13,55a	14,25a	13,41a	12,80a	12,98a	12,81a	13,06ab	13,36ab
V10	11,73ab	12,07ab	12,87a	15,18abc	13,01a	14,56ab	13,78ab	13,06a	13,43ab	14,09ab

Suite annexe 8 : Sévérité rive droite

V11	12,01ab	12,72abc	18,18b	19,75bc	18,60b	18,00c	17,00c	15,34c	15,94c	15,46b
V12	11,11a	12,17ab	14,15ab	14,29a	13,13a	13,68ab	13,54ab	13,08a	13,64ab	13,80ab
V13	11,33a	12,25ab	12,94a	13,89a	15,313ab	14,95ab	14,02ab	13,37ab	13,03ab	13,42ab
V14	11,11a	11,35a	13,08a	13,33a	13,86a	13,08ab	12,93a	12,9a	13,34ab	13,62ab
V15	11,62ab	12,07ab	12,79a	15,61abc	14,31ab	14,09ab	13,50ab	13,35ab	13,33ab	13,41ab
V16	12,33ab	11,89ab	13,52a	13,98a	12,97a	13,02ab	13,31ab	12,47a	12,83ab	13,57ab
V17	11,11a	11,29a	12,78a	13,94a	13,42a	13,88ab	13,88ab	12,97a	12,83ab	14,75ab
V18	11,74ab	13,69bcd	15,75ab	15,09abc	15,04ab	14,17ab	12,68a	12,95a	12,6ab	13,83ab
V19	11,72ab	12,74abc	15,63ab	14,98abc	14,55ab	13,20ab	12,57a	12,95a	13,07ab	13,75ab
V20	11,82ab	11,86ab	14,45ab	16,70abc	15,10ab	14,23ab	13,18ab	13,22ab	13,21ab	12,84a
V21	11,77ab	11,79ab	13,47a	14,55a	13,97a	13,15ab	12,89a	12,51a	12,67ab	12,91a
V22	11,65ab	12,57abc	14,78ab	14,38a	12,88a	12,62a	12,24a	12,76a	13,41ab	13,12ab
V23	12,62b	14,87d	14,58ab	19,9c	17,13ab	15,02ab	14,44ab	13,19ab	13,26ab	13,29ab
V24	11,81ab	14,46cd	13,33a	17,51abc	16,88ab	16,25bc	15,51bc	14,72bc	14,11b	13,99ab

Annexe 9 : Rive gauche

Variétés	14JAR	21JAR	28JAR	35JAR	42JAR	49JAR	56JAR	63JAR	70JAR	77JAR
V1	6,67a	13,33a	16,67abc	40,00bcd	56,67abc	60,00ab	66,67abcd	56,67ab	63,33a	83,33ab
V2	6,67a	10,00a	16,67abc	33,33abcd	56,67abc	70,00ab	70,00abcd	80,00ab	70,00a	83,33ab
V3	3,33a	10,00a	16,67abc	30,00abcd	50,00abc	66,67ab	83,33cd	56,67ab	80,00a	83,33ab
V4	3,33a	3,33a	20,00abc	43,33cd	66,67c	83,33b	86,67d	83,33b	70,00a	76,67ab
V5	3,33a	13,33a	13,33abc	26,67abcd	63,33bc	63,33ab	83,33cd	73,33ab	73,33a	56,67a
V6	3,33a	6,67a	16,67abc	26,67abcd	40,00abc	60,00ab	70,00abcd	44,33a	66,67a	80,00ab
V7	10a	16,67a	30,00bc	26,67abcd	36,67abc	60,00ab	73,33bcd	63,33ab	60,00a	80,00ab
V8	3,33a	16,67a	13,33abc	26,67abcd	40,00abc	66,67ab	83,33cd	76,67ab	70,00a	90,00b
V9	3,33a	6,67a	10,00ab	16,67ab	43,33abc	50,00ab	70,00abcd	63,33ab	63,33a	83,33ab
V10	6,67a	23,33a	16,67abc	23,33abcd	50,00abc	73,33ab	83,33cd	73,33ab	70,00a	63,33ab
V11	6,67a	10a	20,00abc	33,33abcd	53,33abc	63,33ab	73,33bcd	73,33ab	60,00a	80,00ab
V12	10,00a	16,67a	10,00ab	30,00abcd	43,33abc	50,00ab	60,00abc	60,00ab	56,67a	76,67ab
V13	3,33a	3,33a	3,33a	16,67ab	33,33ab	53,33ab	66,67abcd	60,00ab	60,00a	80,00ab
V14	13,33a	20,00a	10,00ab	13,33a	30,00a	43,33a	70,00abcd	63,33ab	60,00a	86,67ab
V15	10,00a	10,00a	6,67a	20,00abc	40,00abc	50,00ab	80,00cd	60,00ab	63,33a	80,00ab
V16	6,67a	13,33a	6,67a	30,00abcd	40,00abc	50,00ab	60,00abc	46,67a	56,67a	80,00ab
V17	6,67a	20a	20,00abc	26,67abcd	43,33abc	60,00ab	76,67bcd	63,33ab	70,00a	76,67ab
V18	6,67a	10,00a	16,67abc	20,00abc	53,33abc	56,67ab	73,33bcd	66,67ab	66,67a	83,33ab
V19	3,33a	26,67a	23,33abc	36,67abcd	63,33bc	66,67ab	83,33cd	73,33ab	80,00a	86,67ab
V20	3,33a	23,33a	16,67abc	26,67abcd	43,33abc	56,67ab	56,67ab	66,67ab	63,33a	83,33ab
V21	6,66a	20,00a	23,33abc	33,33abcd	46,67abc	66,67ab	73,33bcd	70,00ab	70,00a	86,67ab
V22	0a	0,00a	6,67a	20,00abc	36,67abc	50,00ab	50,00a	46,67a	63,33a	60,00ab
V23	10a	20,00a	33,33c	46,67d	60,00abc	70,00ab	90,00d	76,67ab	80,00a	90,00b
V24	3,33a	13,33a	16,67abc	26,67abcd	50,00abc	50,00ab	70,00abcd	63,33ab	63,33a	90,00b

Annexe 10 : Rive droite

Variétés	14JAR	21JAR	28JAR	35JAR	42JAR	49JAR	56JAR	63JAR	70JAR	77JAR
V1	13,33a	26,67abcd	33,33abc	60,00abc	53,33a	63,33abc	66,67abc	60,00ab	56,67a	70,00a
V2	13,33a	26,67abcd	36,67abc	46,67abc	53,33a	63,33abc	63,33abc	53,33ab	56,67a	63,33a
V3	16,67a	40,00d	43,33abc	56,67abc	60,00a	66,67abc	63,33abc	60,00ab	63,33abc	80,00a
V4	10,00a	33,33bcd	50,00bc	66,67abc	70,00a	80,00c	73,33bc	56,67ab	63,33abc	66,67a
V5	,00a	23,33abcd	20,00ab	36,67a	43,33a	60,00abc	53,33ab	50,00a	50,00a	66,67a
V6	3,33a	6,67ab	16,67a	40,00ab	46,67a	43,33ab	63,33abc	60,00ab	60,00ab	70,00a
V7	3,33a	26,67abcd	26,67abc	60,00abc	73,33a	73,33bc	76,67bc	63,33ab	60,00ab	63,33a
V8	10,00a	20,00abcd	23,33abc	63,33abc	70,00a	70,00abc	66,67abc	56,67ab	56,67a	60,00a
V9	3,33a	13,33abc	36,67abc	53,33abc	60,00a	66,67abc	70,00abc	66,67ab	63,33abc	63,33a
V10	6,67a	10,00abc	26,67abc	60,00abc	63,33a	70,00abc	66,67abc	56,67ab	73,33abc	73,33a
V11	6,67a	26,67abcd	53,33c	70,00bc	76,67a	80,00c	80,00c	66,67ab	83,33bc	70,00a
V12	,00a	23,33abcd	40,00abc	50,00abc	53,33a	66,67abc	70,00abc	63,33ab	70,00abc	73,33a
V13	6,67a	10abcd	16,66ab	36,67a	50,00a	63,33abc	60,00abc	63,33ab	66,67abc	63,33a
V14	,00a	3,33a	23,33abc	46,67abc	50,00a	50,00abc	60,00abc	50,00a	70,00abc	66,67a
V15	6,67a	13,33abcd	23,33abc	63,33abc	56,67a	66,67abc	73,33bc	63,33ab	66,67abc	73,33a
V16	16,67a	13,33abcd	36,67abc	66,67abc	60,00a	70,00abc	60,00abc	53,33ab	63,33abc	66,67a
V17	,00a	,00a	26,67abc	60,00abc	63,33a	66,67abc	73,33bc	60,00ab	66,67abc	50,00a
V18	10,00a	36,67cd	26,67abc	63,33abc	56,67a	60,00abc	53,33ab	50,00a	63,33abc	70,00a
V19	13,33a	23,33abcd	40,00abc	56,67abc	63,33a	53,33abc	63,33abc	70,00ab	60,00ab	76,67a
V20	6,67a	16,67abcd	46,67abc	73,33c	66,67a	73,33bc	63,33abc	53,33ab	70,00abc	60,00a
V21	16,66a	20,00abcd	26,67abc	60,00abc	63,33a	56,67abc	56,67abc	53,33ab	66,67abc	70,00a
V22	10,00a	33,33bcd	36,67abc	63,33abc	50,00a	40,00a	46,67a	50,00a	73,33abc	73,33a
V23	16,66a	40,00d	40,00abc	63,33abc	56,67a	70,00abc	60,00abc	56,67ab	60,00ab	63,33a
V24	6,67a	40,00d	26,67abc	50,00abc	73,33a	70,00abc	80,00c	83,33b	86,67c	50,00a