

**MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE  
DE BOBO - DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT  
RURAL

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE  
RECHERCHES AGRICOLES

STATION DE FARAKO-BÂ

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

\*\*\*\*\*



4  
788

*Présenté en vue de l'Obtention du Diplôme  
d'Ingénieur du Développement Rural*

**Option: AGRONOMIE**

**THEME:**

**ETUDE DE L'EFFET DES PRATIQUES CULTURALES SUR LA CECIDOMYIE  
AFRICAINNE DU RIZ: CAS DE LA FUMURE AZOTEE ET DES  
ECARTEMENTS ENTRE LES PLANTS DE RIZ**

Juin 1999

SIBOMANA Isaïe

## SOMMAIRE

i

Pages

<b>SOMMAIRE</b> .....	<i>i</i>
<b>DEDICACE</b> .....	<i>v</i>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<i>vi</i>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	<i>vii</i>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<i>viii</i>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<i>x</i>
<b>RESUME</b> .....	<i>1</i>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<i>2</i>

### PREMIERE PARTIE: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

* <b>CHAPITRE I: LA RIZICULTURE AU BURKINA FASO</b> .....	<i>5</i>
<b>I.1. IMPORTANCE DE LA RIZICULTURE AU BURKINA FASO</b> .....	<i>5</i>
* <b>I.2. SYSTEME DE PRODUCTION RIZICOLE</b> .....	<i>7</i>
* <b>I.3. LES DIFFERENTS TYPES DE RIZICULTURE</b> .....	<i>7</i>
<i>I.3.1. LA RIZICULTURE PLUVIALE STRICTE</i> .....	<i>7</i>
<i>I.3.2. LA RIZICULTURE DE BAS-FOND</i> .....	<i>7</i>
<i>a. La riziculture traditionnelle de bas-fond sans aucun aménagement</i> .....	<i>8</i>
<i>b. La riziculture améliorée de bas-fond avec un aménagement simple</i> .....	<i>8</i>
<i>c. La riziculture améliorée de bas-fond avec un aménagement « lourd »</i> .....	<i>8</i>
<i>I.3.3. LA RIZICULTURE IRRIGUEE</i> .....	<i>8</i>
<i>a. La riziculture irriguée à partir des barrages réservoirs</i> .....	<i>9</i>
<i>b. La riziculture avec irrigation gravitaire</i> .....	<i>9</i>
<b>I.4. LES PRINCIPALES CONTRAINTES DE LA RIZICULTURE BURKINABE</b> .....	<i>9</i>
<i>I.4.1. CONTRAINTES AGRO-PEDO-CLIMATIQUES</i> .....	<i>9</i>
<i>I.4.2. CONTRAINTES SOCIO-ECONOMIQUES</i> .....	<i>10</i>
<i>I.4.3. CONTRAINTES BIOLOGIQUES</i> .....	<i>10</i>

<b>CHAPITRE II. LES PRINCIPAUX INSECTES RAVAGEURS DU RIZ AU BURKINA FASO ET LEUR CORTEGE PARASITAIRE .....</b>	<b>11</b>
<b>II.1. LES PRINCIPAUX LEPIDOPTERES FOREURS DE TIGES DU RIZ ET LEUR DISTRIBUTION EN FONCTION DU TYPE DE RIZICULTURE AU BURKINA FASO.....</b>	<b>11</b>
<b>II.2. LA MOUCHE DIOPSIDE .....</b>	<b>13</b>
<b>II.3. LA CECIDOMYIE AFRICAINE DU RIZ: <i>Orseolia oryzivora</i> .....</b>	<b>14</b>
II.3.1. POSITION SYSTEMATIQUE: <i>O. oryzivora</i> (HARRIS & GAGNE, 1982) .....	14
II.3.2. DESCRIPTION GENERALE.....	15
II.3.3. BIOLOGIE ET ECOLOGIE .....	16
II.3.4. FORMATION ET STRUCTURE DE LA GALLE.....	17
II.3.5. INCIDENCE SAISONNIERE DE LA CECIDOMYIE AFRICAINE DU RIZ.....	18
<b>II.4. ENNEMIS NATURELS ASSOCIES A LA CECIDOMYIE AFRICAINE DU RIZ.....</b>	<b>18</b>
II.4.1. PLATYGASTER DIPLOSISSAE (RISBEC, 1956).....	19
a. Description générale.....	19
b. Biologie de <i>Platygaster diplosisae</i> et évolution du parasitisme larvaire.....	20
II.4.2. APROSTOCETUS PROCERAE ( <i>Tetrastichus pachydiplosisae</i> ) (RISBEC, 1956) .....	21
a. Description générale .....	21
b. Biologie d' <i>Aprostocetus procerae</i> et l'évolution du parasitisme pupal .....	21

## DEUXIEME PARTIE: EXPERIMENTATION

### ETUDE DE L'EFFET DES PRATIQUES CULTURALES SUR LA CECIDOMYIE AFRICAINE DU RIZ : CAS DE LA FUMURE AZOTEE ET DES ECARTEMENTS ENTRE LES PLANTS DE RIZ

<b>OBJECTIF DE L'ETUDE .....</b>	<b>23</b>
<b>CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>23</b>
<b>I.1. MATERIEL .....</b>	<b>23</b>
I.1.1. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE .....	23
a. Localisation .....	23

b. Les conditions météorologiques .....	23
c. Caractéristiques agro-pédologiques de la plaine de Karfiguèla .....	24
I.1.2. MATERIEL VEGETAL .....	24
I.1.3. FUMURE MINERALE .....	24
<b>I.2. METHODES .....</b>	<b>26</b>
I.2.1. PREPARATION DE LA PEPINIERE .....	26
I.2.2. PREPARATION DU CHAMP .....	26
I.2.3. DISPOSITIF EXPERIMENTAL .....	26
I.2.4. REPIQUAGE DU RIZ .....	27
I.2.5. ENTRETIEN .....	27
I.2.6. OBSERVATIONS AU CHAMP ET DISSECTIONS AU LABORATOIRE .....	27
a. Observations agronomiques .....	27
b. Observations entomologiques .....	28
c. Dissections .....	28
I.2.7. RECOLTE .....	28
I.2.8. METHODES DE CALCULS ET ANALYSES DES DONNEES .....	29
a. Nombre moyen de talles dans 20 touffes, hauteur moyenne par touffe et nombre moyen de feuilles par talle .....	29
b. Evaluation d'intensité des dégâts .....	30
c. Evaluation du rendement du riz .....	31
d. Analyses des données .....	32
 <b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	 <b>33</b>
 <b>II.1. INCIDENCE DE LA CECIDOMYIE AFRICAINE DU RIZ <i>O. oryzivora</i> SUR QUELQUES PARAMETRES AGRONOMIQUES DU RIZ .....</b>	 <b>33</b>
II.1.1. PARAMETRES AGRONOMIQUES ETUDIES .....	33
a. Evolution du nombre moyen de talles (20 touffes examinées) .....	33
b. Evolution de la hauteur moyenne de talles par touffe .....	38
c. Evolution du nombre moyen de feuilles par talle .....	43
II.1.2. DISCUSSION ET CONCLUSION .....	47
 <b>II.2. INFESTATIONS ET DEGATS DUS A <i>O. oryzivora</i> .....</b>	 <b>50</b>
II.2.1. DYNAMIQUE DES POPULATIONS PRE-IMAGINALES D' <i>O. oryzivora</i> .....	50
a. Evolution des populations larvaires .....	50

	iv
<i>b. Evolution des populations pupales</i> .....	55
II.2.2. <i>DEGATS OCCASIONNES PAR O. oryzivora</i> .....	59
II.2.3. <i>DISCUSSION ET CONCLUSION</i> .....	63
<b>II.3. PARASITISME ASSOCIE A <i>O. oryzivora</i></b> .....	<b>65</b>
II.3.1. <i>PARASITISME D'U A P. diplosisae</i>	
II.3.2. <i>PARASITISME D'U A A. procerae</i> .....	68
II.3.3. <i>DISCUSSION ET CONCLUSION</i> .....	71
<b>II.4. COMPOSANTES DU RENDEMENT ET RENDEMENT DU RIZ PADDY</b> .....	<b>74</b>
II.4.1. <i>COMPOSANTES DU RENDEMENT</i> .....	74
<i>a. Nombre de talles par mètre carré</i> .....	74
<i>b. Nombre de panicules par mètre carrée.</i> .....	74
<i>c. Nombre de grains par panicule</i> .....	78
<i>d. Poids de 1.000 grains</i> .....	78
II.4.2. <i>RENDEMENT DU RIZ PADDY</i> .....	80
II.4.3. <i>DISCUSSION ET CONCLUSION</i> .....	81
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>86</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>89</b>
<b>ANNEXES</b>	

**DEDICACE**

*A ma très chère future épouse*

*A mes Parents, Soeurs et Frères*

*A mes chères familles amies :*

*MUSABIMANA Alexis*

*BAKUNDAKWITA Charles*

*KARAMAGE F. Xavier*

*Je dédie ce Mémoire.*

## REMERCIEMENTS

La réalisation du présent document a été rendue possible grâce à la contribution de nombreuses personnes et organisations. Il nous est très agréable de leur témoigner notre reconnaissance et leur adresser nos vifs remerciements pour leur inestimable contribution à la réussite de notre étude. Nos remerciements s'adressent particulièrement à:

- M. TRAORE Seydou, Délégué Régional du CRREA de l'Ouest pour nous avoir accepté comme stagiaire à la Station de recherches de l'INERA Farako-Bâ.

- M. DAKOUO Dona, chef du Programme Riz pour avoir mis à notre disposition le matériel nécessaire sans lequel, ce travail n'aurait abouti à sa fin. Il a également contribué à la revue critique de ce travail.

- M. NACRO Souleymane, notre maître de stage pour son encadrement exemplaire et ses riches conseils scientifiques tout au long de notre stage. Au cours de notre stage, il nous a fait partager sa grande expérience scientifique. La qualité de sa documentation sur la cécidomyie africaine du riz, *Orseolia oryzivora* et ses parasitoïdes nous a largement servi à la réalisation de ce Mémoire. Sa contribution à la réussite de notre étude mérite une reconnaissance très particulière.

- M. SOMDA Iréné, Enseignant à l'IDR et Directeur de ce Mémoire, pour ses encouragements, ses observations pertinentes qui ont contribué à améliorer la qualité de ce travail.

- M. SANOU Jacob, pour ses importants conseils et sa documentation sur le logiciel SAS.

- tous les enseignants de l'IDR pour leur encadrement technique et scientifique au cours de notre formation.

- Ms. SANOU Jean, technicien au Programme Riz, DEMBELE Barthélémy, SANOU Boureima, DRABO Arouna et OUEDRAOGO Boukary pour leur contribution à la collecte des données sur le terrain.

- Ms. DA Emile et M. HIEN Enoch respectivement observateur et technicien sur le périmètre rizicole de Karfiguéla pour leur inestimable aide dans la conduite de l'expérimentation et la collecte des données sur le terrain.

- tout le personnel de l'INERA Farako-Bâ pour son soutien moral et ses encouragements qu'il nous a toujours prodigués

Toute notre gratitude va à FONCABA et l'AGCD qui, par l'intermédiaire de la Section Belge de Coopération, ont financé nos études à l'IDR.

Enfin, que tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail trouvent ici nos sincères remerciements

**SIGLES ET ABREVIATIONS**

<b>ADRAO</b>	:	Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest
<b>AGCD</b>	:	Agence Générale de Coopération au Développement
<b>CRREA</b>	:	Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles
<b>D</b>	:	Ecartement
<b>FONCABA</b>	:	Fonds Catholiques pour les Bourses Africaines
<b>HS</b>	:	Hautement significatif
<b>IDR</b>	:	Institut du Développement Rural
<b>INERA</b>	:	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
<b>JAS</b>	:	Jours après semis
<b>JAR</b>	:	Jours après repiquage
<b>K</b>	:	Potassium
<b>MA</b>	:	Ministère de l'Agriculture
<b>N</b>	:	Azote
<b>NS</b>	:	Non significatif
<b>P</b>	:	Phosphore
<b>SOSUCO</b>	:	Société sucrière de la Comoé
<b>THS</b>	:	Très hautement significatif

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I :</b>	Principales espèces de Lépidoptères foreurs de tiges du riz au Burkina Faso
<b>Tableau II :</b>	Abondance relative des principaux insectes endophytes ravageurs dans les différents écosystèmes rizicoles du Burkina Faso
<b>Tableau IIIa :</b>	Evolution du nombre moyen de talles en fonction des doses d'azote (20 touffes examinées)
<b>Tableau IIIb :</b>	Evolution du nombre moyen de talles en fonction des écartements entre les plants de riz (20 touffes examinées)
<b>Tableau IIIc :</b>	Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants de riz pour le nombre moyen de talles (20 touffes examinées)
<b>Tableau IV :</b>	Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants de riz pour le nombre moyen de talles (49 <sup>ème</sup> et 84 <sup>ème</sup> JAR)
<b>Tableau Va :</b>	Evolution de la hauteur moyenne de talle (cm) par touffe en fonction des doses d'azote
<b>Tableau Vb :</b>	Evolution de la hauteur moyenne de talle (cm) par touffe en fonction des écartements entre les plants de riz
<b>Tableau Vc :</b>	Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants de riz pour la hauteur moyenne de talle (cm) par touffe
<b>Tableau VIa :</b>	Evolution du nombre moyen de feuilles par talle en fonction des doses d'azote
<b>Tableau VIb :</b>	Evolution du nombre moyen de feuilles par talle en fonction des écartements entre les plants de riz
<b>Tableau VIc :</b>	Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le nombre moyen de feuilles par talle
<b>Tableau VIIa :</b>	Analyses de régression linéaire simple pour les variables étudiées en fonction des doses d'azote
<b>Tableau VIIb :</b>	Analyses de régression linéaire simple pour les variables étudiées en fonction des écartements entre les plants
<b>Tableau VIIa :</b>	Evolution du taux moyen de larves d' <i>O. oryzivora</i> (transformations : racine carrée de % de larves + 0,5) en fonction des doses d'azote
<b>Tableau VIIb :</b>	Evolution du taux moyen de larves d' <i>O. oryzivora</i> (transformations : racine carrée de % de larves + 0,5) en fonction des écartements entre les plants
<b>Tableau VIIc :</b>	Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de larves d' <i>O. oryzivora</i>
<b>Tableau IXa :</b>	Evolution du taux moyen de pupes d' <i>O. oryzivora</i> (transformations : racine carrée de % de larves + 0,5) en fonction des doses d'azote
<b>Tableau IXb :</b>	Evolution du taux moyen de pupes d' <i>O. oryzivora</i> (transformations : racine carrée de % de larves + 0,5) en fonction des écartements entre les plants
<b>Tableau IXc :</b>	Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de pupes d' <i>O. oryzivora</i>

- Tableau Xa :** Evolution du taux moyen de galles dans 20 touffes de riz examinées (transformations: racine carrée de % de galles + 0,5) en fonction des doses d'azote
- Tableau Xb :** Evolution du taux moyen de galles dans 20 touffes de riz examinées (transformations: racine carrée de % de galles + 0,5) en fonction des écartements entre les plants
- Tableau Xc :** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de galles
- Tableau XIa :** Evolution du taux moyen de larves parasitées par *P. diplosisae* (transformations : arcsinus (racine carrée de % de larves parasitées + 0,5 )) en fonction des doses d'azote
- Tableau XIb :** Evolution du taux moyen de larves parasitées par *P. diplosisae* (transformations : arcsinus (racine carrée de % de larves parasitées + 0,5 )) en fonction des écartements entre les plants
- Tableau XIc :** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de larves parasitées par *P. diplosisae*
- Tableau XIIa :** Evolution du taux moyen de pupes parasitées par *A. procerae* (transformations : arcsinus (racine carrée de % de pupes parasitées + 0,5 )) en fonction des doses d'azote
- Tableau XIIb :** Evolution du taux moyen de pupes parasitées par *A. procerae* (transformations : arcsinus (racine carrée de % de pupes parasitées + 0,5 )) en fonction des écartements entre les plants
- Tableau XIIc :** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de pupes parasitées par *A. procerae*
- Tableau XIIIa :** Composantes de rendement et rendement du riz en fonction des doses d'azote
- Tableau XIIIb :** Composantes de rendement et rendement du riz en fonction des écartements entre les plants
- Tableau XIIIc :** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour les composantes de rendement et le rendement du riz
- Tableau XIVa :** Evolution du taux moyen de panicules (transformations : arcsinus(racine carrée de % de panicules + 0,5)) en fonction des doses d'azote
- Tableau XIVb :** Evolution du taux moyen de panicules (transformations : arcsinus(racine carrée de % de panicules + 0,5)) en fonction des écartements entre les plants
- Tableau XIVc :** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de panicules.
- Tableau XV :** Analyse de régression linéaire simple de rendement sur le % de panicules
- Tableau XVIa :** Analyse de régression quadratique de rendement sur le % de galles en fonction des doses d'azote
- Tableau XVIb :** Analyse de régression quadratique de rendement sur le % de galles en fonction des écartements entre les plants

## LISTE DES FIGURES

- Figure 1** : Evolution des superficies (ha), de la production (t) et des importations (t et millions de FCFA) de riz
- Figure 2** : Pluviométrie (mm), hygrométrie (%), température (°c) et insolation mensuelles à Karfiguéla (1998)
- Figure 3 a** : Evolution du nombre moyen de talles en fonction de la dose d'azote
- Figure 3 b** : Evolution du nombre moyen de talles en fonction de l'écartement entre les plants
- Figure 4 a** : Evolution de la hauteur moyenne de talles en fonction de la dose d'azote
- Figure 4 b** : Evolution de la hauteur moyenne de talles en fonction de l'écartement entre les plants
- Figure 5 a** : Evolution du nombre moyen de feuilles en fonction de la dose d'azote
- Figure 5 b** : Evolution du nombre moyen de feuilles en fonction de l'écartement entre les plants
- Figure 6 a** : Evolution du taux moyen de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora* en fonction de la dose d'azote
- Figure 6 b** : Evolution du taux moyen de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora* en fonction de l'écartement entre les plants
- Figure 7 a** : Evolution du taux moyen de larves d'*O. oryzivora* parasitées par *P. diplosisae* en fonction de la dose d'azote
- Figure 7 b** : Evolution du taux moyen de larves d'*O. oryzivora* parasitées par *P. diplosisae* en fonction de l'écartement entre les plants
- Figure 8 a** : Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* en fonction de la dose d'azote
- Figure 8 b** : Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* en fonction de l'écartement entre les plants
- Figure 9 a** : Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* parasitées par *A. procerae* en fonction de la dose d'azote
- Figure 9 b** : Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* parasitées par *A. procerae* en fonction de l'écartement entre les plants
- Figure 10 a** : Evolution du taux moyen de galles en fonction de la dose d'azote
- Figure 10 b** : Evolution du taux moyen de galles en fonction de l'écartement entre les plants

## RESUME

La cécidomyie africaine du riz, *Orseolia oryzivora* Harris et Gagné constitue l'une des contraintes biotiques majeures à la production du riz dans le Sud-Ouest du Burkina Faso.

Des travaux ont été conduits en riziculture irriguée à Karfiguéla, dans le Sud-Ouest du pays durant la saison humide de 1998 en vue d'identifier les meilleures pratiques culturales à proposer aux producteurs pour la gestion du ravageur. Ces travaux ont été réalisés à travers l'étude des interactions plante-ravageur en fonction de la dose d'azote apportée et de l'écartement entre les plants. Trois doses d'azote, 60, 90 et 120 kg/ha et quatre différents écartements, 25 cm x 25 cm, 25 cm x 12,5 cm, 20 cm x 20 cm et 20 cm x 10 cm ont été étudiés. Les résultats obtenus montrent que les doses de 90 kg/ha et 120 kg/ha d'azote et les écartements de 25 cm x 25 cm et 20 cm x 20 cm sont plus favorables aux différents paramètres agronomiques étudiés (le nombre de talles par touffe, la hauteur des touffes, le nombre de feuilles) ainsi qu'à la plupart des composantes de rendement et le rendement du riz. L'abondance des populations larvaires du ravageur a été aussi bien proportionnelle à l'accroissement de la dose d'azote appliquée qu'à celui de l'écartement entre les plants. Les populations de *Platygaaster diplosisae* et d'*Aprostocetus procerae*, deux parasitoïdes associés à *O. oryzivora* ont été plus abondantes vers la fin du cycle de la plante. *A. procerae* a été le principal parasitoïde et ses populations ont été en moyenne quatre à quinze fois supérieures à celles de *P. diplosisae* pour les doses d'azote étudiées et quatre à sept fois supérieures pour les écartements 25 cm x 25 cm, 25 cm x 12,5 cm et 20 cm x 10 cm. La dose d'azote de 90 kg/ha associée à un écartement de 25 cm x 25 cm constitue la meilleure combinaison pouvant constituer une formule de lutte culturale contre le ravageur. Ces résultats sont discutés et des perspectives de recherche sur la gestion de la cécidomyie du riz sont dégagées.

**Mots clés:** riz, pratiques culturales, fumure azotée, écartement entre les plants, cécidomyie du riz, *Orseolia oryzivora*, parasitoïdes, *Platygaaster diplosisae*, *Aprostocetus procerae*, dynamique des populations, méthodes de lutte.

***INTRODUCTION GENERALE***

## INTRODUCTION GENERALE

De toutes les céréales cultivées, le riz est la seule qui soit presque exclusivement réservée à l'alimentation humaine. C'est une Poacée annuelle comme l'orge, le seigle et le blé avec lesquels, il partage de nombreuses caractéristiques. D'après SWAMINATHAN (1984), l'origine du riz remonte si loin dans l'Antiquité et on ne la connaîtra sans doute jamais avec certitude. Le riz est du genre *Oryza* et les deux espèces cultivées, chacune d'elle incluant un grand nombre de variétés sont *Oryza sativa* originaire d'Asie et *Oryza glaberrima* originaire d'Afrique. Le genre *Oryza* comprend également une vingtaine d'espèces sauvages dispersées en Asie, en Afrique, en Australie ainsi qu'en Amérique Centrale et en Amérique du Sud.

Le riz, de par son rôle déterminant dans la production vivrière, constitue un élément-clé de la stratégie de sécurité alimentaire dans de nombreux pays d'Afrique. Le net accroissement de la demande en riz en Afrique Sub-saharienne consécutif à une augmentation de la population est vraisemblablement appelé à s'accroître. Seule une accélération de la production permettrait d'éviter une grave ponction des réserves en devises étrangères de la plupart des pays concernés.

MEW et coll. (1995) estiment que, de nombreux changements intervenus dans la culture de riz en Asie au cours de ces trois dernières décennies dans le but d'intensifier la production, ont contribué à aggraver les problèmes de ravageurs. Au nombre de ces modifications figurent: l'introduction de variétés améliorées (semi-naines, avec une bonne réponse à l'azote, à cycle végétatif court, à tallage élevé et à haut rendement), le changement des pratiques culturales (qui sont passées des espacements larges à écartements plus rapprochés, du repiquage au semis direct). A cela s'ajoutent l'augmentation sensible de la fumure azotée et le nombre de cycles de culture passé d'un à deux ou trois dans de nombreuses régions.

De nombreux efforts ont été déployés en matière de riziculture pour répondre à la demande toujours croissante, malgré de nombreux facteurs limitant la production.

YOSHIDA (1984) cité par MEW et coll. (1995) estime que le rendement effectif des génotypes des variétés de riz les plus couramment utilisées dans les écosystèmes irrigués sous les tropiques est d'environ 5 à 8 tonnes par hectare, alors que le potentiel de rendement de ces

variétés, sous les mêmes conditions climatiques est estimé à 15 t/ha. Ainsi, l'écart entre le rendement effectif et le rendement potentiel est souvent supérieur à 50 %. Une importante proportion de ce manque à gagner est due aux ravageurs du riz principalement aux insectes, aux maladies et aux mauvaises herbes.

Parmi les insectes ravageurs du riz, on peut citer deux diptères *Diopsis* spp. et la cécidomyie du riz qui est considérée actuellement comme l'un des ravageurs les plus importants en Asie et en Afrique (DAKOUO *et al.*, 1988; BOUCHARD *et al.*, 1992); les Lépidoptères foreurs des tiges et les insectes phyllophages (BRENIERE, 1978).

L'espèce asiatique de la cécidomyie du riz, *O. oryzae* a été rapportée par plusieurs auteurs dans des pays de l'Asie du Sud-Est notamment au Vietnam, au Bangladesh, en Inde, au Sri Lanka et en Indonésie (REDDY, 1967; JOSHI *et al.*, 1983). L'espèce qui sévit en Afrique dans toute la savane soudano-guinéenne et présente en zone tropicale humide est *O. oryzivora* Harris et Gagné (AGYEN-SAMPONG, 1982). Cette espèce a été décrite et montrée morphologiquement différente de l'espèce asiatique *O. oryzae* Wood-Mason (HARRIS & GAGNE, 1982).

La cécidomyie africaine du riz *Orseolia oryzivora* Harris et Gagné a été répertoriée dans 13 pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Mali, Niger, Nigéria, Sénégal, Sierra Léone et Togo); 2 pays d'Afrique Centrale (Caméroun et Tchad) et 5 pays d'Afrique de l'Est et du Sud (Soudan, Tanzanie, Ouganda, Zambie et Malawi) (NACRO, 1998).

Au Burkina Faso, cette espèce apparaît comme l'un des insectes ravageurs les plus importants dans le Sud-Ouest du pays (NACRO & DAKOUO, 1990).

DAKOUO *et coll.*(1988) estiment que ce ravageur sévit particulièrement dans le Sud-Ouest du pays en raison des conditions pluviométriques (zone bien arrosée) et biotiques (présence des plantes hôtes toute l'année) favorables. Ainsi, BONZI (1980), DAKOUO *et coll.* (1988) ont rapporté qu'il était responsable de 55% de dégâts avant la récolte et qu'il a été enregistré partout dans le pays (BONZI, 1979). NACRO *et coll.* (1996) estiment qu'une augmentation de 1 % de galles occasionne une perte de 2 % de rendement. Au Nigéria,

WILLIAMS (1998 a.) a montré à travers des expérimentations en champs paysans et en station que 2 % à 3 % de perte en rendement étaient liés à une augmentation de 1 % de galles qui survient 49 ou 63 jours après le repiquage (JAR).

Au regard de l'intense activité du ravageur dans le Sud-Ouest du pays et de son rôle dans la réduction des rendements de riz, il est plus que jamais nécessaire d'adopter des méthodes de lutte permettant de réduire ses effets. Au nombre de ces méthodes de lutte figurent la résistance variétale et les pratiques culturales.

De nombreux auteurs, notamment PRAKASA RAO et coll. (1971), REGUPATHY & SUBRAMANIAN (1972), KATANYUKUL et coll. (1979), SAROJA & RAJU (1982), SHARMA & HIREMATH (1986) ont montré que certaines pratiques culturales telles que la fertilisation azotée et la densité de semis peuvent jouer un rôle dans la variation d'abondance des populations de l'espèce asiatique de la cécidomyie du riz.

S'il existe une relation entre les ravageurs du riz et les pratiques culturales, le meilleur moyen de ramener leur population en dessous du seuil de nuisibilité économique serait d'évaluer ces pratiques et d'adopter celles qui garantissent un bon rendement sans toutefois provoquer l'accroissement de la population des ravageurs.

Ainsi, l'objectif de notre travail est d'étudier les interactions plante-ravageur en fonction des doses d'azote et des écartements entre les plants.

Ce travail s'articule autour de deux parties: l'une porte sur la revue bibliographique et l'autre consacrée au travail expérimental réalisé sur le périmètre rizicole de Karfiguéla (au Sud-Ouest du Burkina Faso) au cours de notre stage.

PREMIERE PARTIE:

*REVUE BIBLIOGRAPHIQUE*

## CHAPITRE I: LA RIZICULTURE AU BURKINA FASO

### I.1. Importance de la riziculture au Burkina Faso

Au Burkina Faso, le développement de la riziculture constitue un des éléments majeurs de l'accroissement indispensable des ressources alimentaires. Ces dernières années, des efforts ont été fournis en matière de recherche rizicole en vue d'accroître le rendement et la production du riz.

Bien que la riziculture soit connue de longue date au Burkina Faso, son développement est toujours resté stationnaire si on le compare à celui des autres céréales. La figure 1 illustre les principaux indicateurs de la riziculture et du riz pour la période allant de 1992 à 1998. Sur cette période, les superficies emblavées (tous types de riziculture confondus) ont varié de 24.800 ha (1992) à 45.904 ha (1998) (MA, 1998). De 1992 à 1993, les superficies sont stables (figure 1 a.). En 1997, elles sont deux fois celles de 1993. De 1992 à 1994, les importations sont supérieures à la production nationale (figure 1 b.). Cette situation s'est inversée pour la période allant de 1995 à 1997. Sur la période considérée, le riz occupe la quatrième position en terme de superficies et de production, après le sorgho, le mil et le maïs.

La consommation de riz est surtout importante dans les villes. ILLY (1997) a estimé que plus du 1/3 de la consommation céréalière des habitants de la capitale de Ouagadougou est constitué par le riz ce qui équivaut à la moitié du budget de consommation dans les ménages pauvres. En outre, il estime que la consommation en riz a connu un taux d'accroissement de 16% entre 1991 et 1993. Ce taux d'accroissement de la consommation peut être expliqué par l'accroissement de la population et celui de la consommation moyenne annuelle de riz par habitant.

La production nationale de riz ne couvre pas les besoins du pays. C'est ainsi que le Burkina Faso procède chaque année à d'importantes importations de riz pour combler le déficit. De 1992 à 1997, les importations sont passées de moins de 10 milliards de FCFA à plus de 18 milliards de FCFA (figure 1 c.) (MA, 1998).

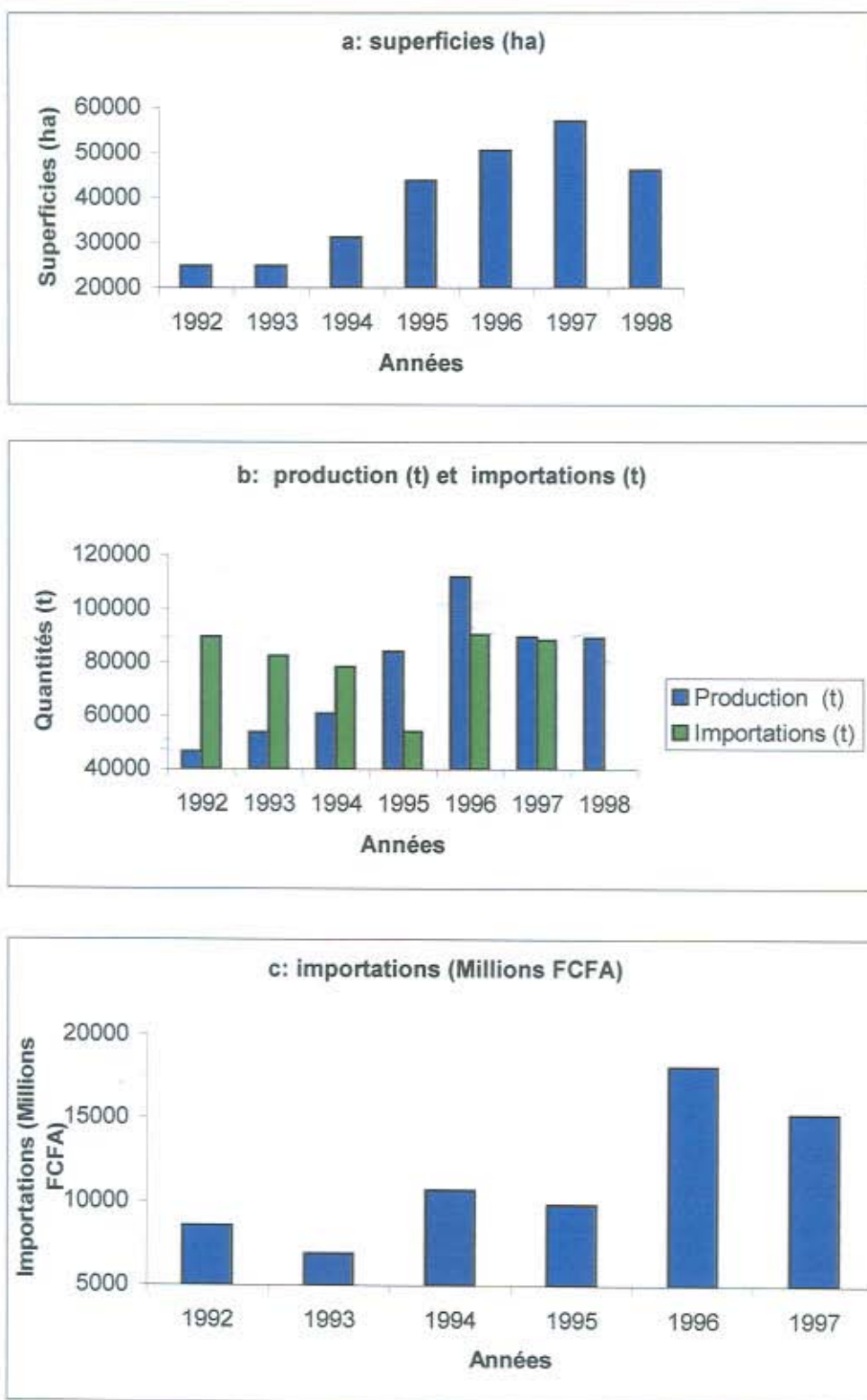


Figure 1 : Evolution des superficies (ha), de la production (t) et des importations (t et millions de FCFA) de riz  
 Source : MA, Service des Statistiques Agricoles (1998)

## **I.2. Systèmes de production rizicole**

La riziculture dans la plupart des périmètres rizicoles au Burkina Faso reste encore une monoculture. Ceci est très remarquable surtout sur les grands périmètres aménagés où la maîtrise de l'eau permet de réaliser deux cycles de culture par an. Par contre, sur certains petits périmètres, la riziculture est pratiquée au cours de la saison humide et les cultures maraîchères lui succèdent au cours de la saison sèche.

## **I.3. Les différents types de riziculture**

Le riz pousse dans des conditions écologiques et climatiques remarquablement diversifiées. Au Burkina Faso, on rencontre trois types de riziculture:

- la riziculture pluviale stricte;
- la riziculture de bas-fond;
- la riziculture irriguée

### *I.3.1. La riziculture pluviale stricte*

Elle dépend exclusivement des eaux de pluie. Elle est pratiquée dans des régions situées au dessus de l'isohyète 800 mm de pluie. Ce type de riziculture reste le moins répandu parce que mal connu. En année favorable, les superficies emblavées ne couvrent guère plus de 2000 ha. Cependant, elle pourrait devenir importante dans les années à venir grâce à une meilleure diffusion opérée par les services de vulgarisation et la recherche agricole. Le rendement moyen atteint 800 kg/ha (NACRO, 1994).

### *I.3.2. La riziculture de bas-fond*

Elle est la plus importante en superficies et est pratiquée le long des cours d'eau ou dans les bas-fonds inondables. Selon le degré de l'aménagement, on distingue 3 types de riziculture de bas-fond (SERE, 1989):

- la riziculture traditionnelle de bas-fonds sans aucun aménagement
- la riziculture améliorée de bas-fonds avec un aménagement simple
- la riziculture améliorée de bas-fonds avec un aménagement "lourd"

*a. La riziculture traditionnelle de bas-fond sans aucun aménagement*

Les travaux de préparation du sol sont essentiellement effectués manuellement, la fertilisation et l'utilisation des produits phytosanitaires sont rares. La superficie moyenne cultivée par exploitant est relativement importante. Le rendement moyen observé est de même ordre que celui de la riziculture pluviale stricte estimé à moins de 1 t/ha (DEMBELE, 1988). Cette situation s'explique par un faible niveau technique des producteurs lié à un manque d'encadrement approprié.

*b. La riziculture améliorée de bas-fond avec un aménagement simple*

Les parcelles sont délimitées par des diguettes en terre suivant les courbes de niveau permettant une meilleure rétention et une meilleure utilisation des eaux de pluie. La superficie moyenne par exploitant reste faible, de l'ordre de 0,2 ha; le travail de préparation du sol est essentiellement manuel (75 % de cas contre 25 % de la traction bovine). L'utilisation d'engrais et de pesticides pour la protection des cultures reste encore faible. Le rendement moyen est d'environ 1,5 t/ha. Toutefois, des performances plus satisfaisantes sont possibles (DEMBELE, 1988).

*c. La riziculture améliorée de bas-fond avec aménagement "lourd"*

En général, il existe une retenue d'eau permettant d'obtenir des irrigations d'appoint. Les techniques culturales sont améliorées, et une meilleure utilisation des intrants agricoles permet d'obtenir des rendements proches de 2 tonnes à l'hectare (NACRO, 1994).

### *1.3.3. La riziculture irriguée*

Elle est relativement récente. Elle a été introduite au Burkina Faso par les Chinois dans les années 1960. Elle constitue de nos jours, le mode le plus performant et le plus intensif de production de riz dans le pays, notamment en raison de la maîtrise totale de

l'alimentation en eau de la culture. Elle est pratiquée sur les plaines aménagées généralement le long des cours d'eau ou autour des retenues d'eau. Cependant, malgré un potentiel estimé à 165.000 ha de terres irrigables, la riziculture irriguée au Burkina Faso reste encore sous développée (NACRO, 1994). Elle couvre une superficie totale de 5350 ha soit 20,5 % des superficies cultivées en riz contre 70 % pour la riziculture de bas-fond et 9,5 % pour la riziculture pluviale (CNRST, 1995). Bien qu'occupant 20,5 % de la superficie totale cultivée en riz, elle représente 42,8 % de la production rizicole nationale (ILLY, 1997). Les rendements moyens de ce type de riziculture sont de 3 à 4 tonnes par hectare (NACRO, 1994).

En fonction de la nature de la source d'eau, on distingue:

*a. La riziculture irriguée à partir des barrages réservoirs*

Dans ce type de riziculture, des réseaux d'irrigation bien définis sont construits à partir des avals de barrages, permettant parfois de réaliser deux récoltes par an.

*b. La riziculture avec irrigation gravitaire*

Le système d'irrigation est relié à une rivière (source d'eau permanente) par un canal principal. Ce système est pratiqué sur les plus grands aménagements hydro-agricoles (Vallée du Kou, Banzon, Sourou, Karfiguéla, Bagré).

#### **1.4. Les principales contraintes de la riziculture Burkinabé**

Diverses contraintes limitent la production du riz au Burkina Faso et peuvent être regroupées en 3 catégories suivantes:

##### *1.4.1. Contraintes agro-pédo-climatiques*

Au Burkina Faso, la saison sèche dure 7 à 9 mois et la saison humide s'étend sur 3 à 5 mois. La pluviosité est capricieuse et mal répartie dans le temps et dans l'espace. Les pluies diminuent du Sud-Ouest, région la plus arrosée (1200 mm) au Nord Est, région la plus aride

(500 mm). La baisse tendancielle de la pluviosité a comme conséquence l'abandon progressif de certains bas-fonds. Dans d'autres bas-fonds traditionnels, ce sont des cultures moins exigeantes qui sont simplement substituées au riz. La plupart des sols des rizières sont pauvres en matière organique. Les périmètres rizicoles irrigués enregistrant une double culture annuelle de riz avec comme conséquence, une dégradation plus rapide des sols en raison d'une seule source de fertilisation basée sur les engrais minéraux. Enfin, l'érosion éolienne et hydrique contribuent, avec la pression démographique sur les terres cultivables, à fragiliser l'écosystème par la dégradation de l'environnement.

#### *1.4.2. Contraintes socio-économiques*

Cette catégorie de contraintes peut se résumer comme suit:

- l'insuffisance de l'équipement agricole des paysans à cause de leur faible revenu;
- le coût élevé des aménagements hydro-agricoles limitant fortement le développement de la riziculture irriguée, pourtant la plus productive.
- l'inexistence ou la faible utilisation des intrants agricoles dans les autres types de riziculture (mis à part la riziculture irriguée qui génère un revenu relativement intéressant). Il faut aussi ajouter l'insuffisance de l'encadrement technique et la vulgarisation des nouvelles techniques qui se heurte très souvent à des pratiques ancestrales bien enracinées.
- le non respect des pratiques culturales et itinéraires techniques (repiquages tardifs, faibles densités, mauvaise utilisation des intrants agricoles, mauvaise gestion de l'eau, ...) qui réduisent les rendements.

#### *1.4.3. Contraintes biologiques*

Cette catégorie de contraintes comprend tous les agents biologiques qui causent des dégâts à la culture soit directement ou indirectement ( transmission des maladies).

Le premier type de dégâts concerne les espèces d'insectes nuisibles à la culture comme *Chilo zacconius*, *C. diffusilineus*, *Maliarpha separatella* (Lepidoptera: Pyralidae); *Sesamia calamistis* (Lepidoptera: Noctuidae); les Isoptères du genre *Microtermes*; l'hispidé du riz *Trichispa sericea* (Coleoptera: Chrysomelidae); la mouche diopsidé *Diopsis* spp. (Diptera: Diopsidae) et la cécidomyie du riz *Orseolia oryzivora*. D'autres types de dégâts sont causés par les maladies, les adventices et les nématodes. Les oiseaux granivores et les rongeurs sont responsables du second type de dégâts (NACRO, 1994).

## CHAPITRE II: LES PRINCIPAUX INSECTES RAVAGEURS DU RIZ AU BURKINA FASO ET LEUR CORTEGE PARASITAIRE

En raison de la diversité des espèces et de l'importance des individus qui composent leurs populations, les insectes ravageurs sont capables de s'attaquer au riz, depuis la jeune plante jusqu'au riz paddy entreposé.

Au Burkina Faso, les Lépidoptères foreurs de tiges (*C. zacconius* Bleszynski, *C. diffusilineus* de Joannis, *M. separatella* Ragonat, *S. calamistis* Hampson) et les Diptères endophytes (*O. oryzivora* Harris et Gagné, *Diopsis* spp.) constituent les principaux insectes nuisibles au riz (BONZI, 1979; COULDIATY, 1983; NACRO, 1984; DAKOUO *et al.*, 1988, 1991; DAKOUO *et al.*, 1995; NACRO *et al.*, 1996).

Toutes ces espèces sévissent aussi bien en riziculture pluviale stricte, en riziculture de bas-fonds qu'en riziculture irriguée (BONZI, 1980).

### II.1. Les principaux Lépidoptères foreurs de tiges du riz et leur distribution en fonction du type de riziculture au Burkina Faso

Les principaux insectes foreurs de tiges du riz se recrutent dans deux ordres: les Lépidoptères et les Diptères endophytes. Le tableau I ci-après illustre les Lépidoptères les plus importants et la nature de dégâts qu'ils causent sur les plants de riz. Le tableau 2 illustre la distribution des principales espèces de foreurs des tiges au Burkina Faso en fonction du type de riziculture.

**Tableau I:** Principales espèces de Lépidoptères foreurs des tiges du riz au Burkina Faso

Nom commun	Nom scientifique	Ordre et Famille	Stade Destructeur	Nature des dégâts
"Borer rayé"	<i>Chilo zacconius</i> <i>C. diffusilineus</i>	Lepidoptera Pyralidae	Larve	"Coeur mort" durant la phase végétative du riz et "panicule blanche" durant la phase de reproduction
"Borer blanc"	<i>Maliarpha separatella</i>	Lepidoptera Pyralidae	Larve	Consomme l'intérieur de la tige occasionnant des lésions nécrotiques; affaiblit la plante; réduit le nombre de talles et le taux de grains pleins
"Borer rose"	<i>Sesamia calamistis</i>	Lepidoptera Noctuidae	Larve	"Coeur mort" durant la phase végétative et "panicule blanche" durant la phase de reproduction

Source: NACRO (1995)

**Tableau II:** Abondance relative des principaux insectes endophytes ravageurs dans les différents éco-systèmes rizicoles du Burkina Faso

Insectes	Riz pluvial	Riz irrigué	Riz de bas-fond
<i>Chilo</i> spp.	++	+++	+++
<i>Maliarpha separatella</i>	++	+++	+++
<i>Sesamia calamistis</i>	++	+	+
<i>Diopsis</i> spp.	+	+++	++
<i>Orseolia oryzivora</i>	+	+++	++

Source: NACRO (1995)

+++ : très abondants

++ : abondants

+ : peu abondants

## II.2. La mouche diopside

La famille des diopsides dont trois espèces se rencontrent dans les rizières est facile à déceler par la forme très caractéristique de l'adulte qui possède sur la tête deux très longs pédoncules portant les yeux sur un renflement à leur extrémité. Les antennes très petites sont reportées en arrière de l'oeil sur le pédoncule.

L'espèce la plus abondante sur le riz est *Diopsis thoracica* West. Une autre espèce, *Diopsis apicalis* Dalm, plus petite que la précédente, s'en distingue également par la présence d'une tache brune à l'extrémité de chaque aile (BRENIERE, 1983).

Les oeufs de *Diopsis* spp. sont déposés isolément sur la face supérieure des feuilles et la période d'incubation est de 2 à 3 jours. Le développement de la larve et de la puppe dure respectivement 25 à 33 jours et 10 à 12 jours (AKINSOLA & AGYEN-SAMPONG, 1984).

La mouche diopside attaque normalement des jeunes plants et cause des coeurs morts comme les Lépidoptères foreurs des tiges. Elle migre d'une tige à l'autre et peut accomplir son cycle de développement après avoir parcouru six tiges de riz. Les infestations de ce ravageur commencent tôt pendant la phase de croissance végétative du riz et décroissent au fur et à mesure que les plants avancent en âge (ALAM, 1988).

### II. 3. La cécidomyie africaine du riz: *Orseolia oryzivora*

La famille de Cecidomyiidae est l'une des plus importantes de l'ordre des Diptères avec plus de 4500 espèces décrites et beaucoup d'autres espèces non encore décrites à travers le monde (HARRIS, 1987).

D'après HARRIS (1987), la sous-famille des Cecidomyiinae contient toutes les espèces phytophages dont beaucoup d'entre elles induisent des galles sur les plantes cultivées et sauvages. Ces espèces sont inféodées à une plante-hôte ou un groupe de plantes-hôtes.

La cécidomyie africaine du riz, *O. oryzivora* a été discrète pendant longtemps sur le continent africain et ce n'est que dans les années 1950 au Cameroun que DESCAMPS (1956) a signalé d'importants dégâts imputables à l'insecte. Cette espèce a été longtemps confondue avec l'espèce asiatique *O. oryzae* avant que HARRIS et GAGNE (1982) ne la décrivent en 1982 en montrant leur différence morphologique.

#### II.3.1. Position systématique : *O. oryzivora* (HARRIS & GAGNE, 1982)

Classe	:	<i>Insecta</i>
Super-ordre	:	<i>Mecopteroïdea</i>
Ordre	:	<i>Diptera</i>
Sous-ordre	:	<i>Nematocera</i>
Groupe	:	<i>Biblioniformi</i>
Super-famille	:	<i>Cecidomyioidae</i>
Famille	:	<i>Cecidomyiidae</i>
Sous-famille	:	<i>Cecidomyiinae</i>
Genre	:	<i>Orseolia</i>
Espèce	:	<i>oryzivora</i>

### II.3.2. Description générale

C'est DESCAMPS (1956) qui a décrit pour la première fois ce ravageur, sous le nom de *Pachydiplosis oryzae*. En 1982, HARRIS & GAGNE la redécrivent sous le nom d'*O. oryzivora*.

Selon HARRIS & GAGNE (1982), l'adulte a l'allure d'un moustique. Ses ailes mesurent 3,2 mm à 3,5 mm de longueur chez le mâle et 3,6 mm à 4,0 mm chez la femelle. DESCAMPS (1956) a indiqué que les pattes sont longues et grêles, la tête et le thorax brunâtres, l'abdomen rosé. UMEH & JOSHI (1993), décrivent l'insecte de la façon suivante: le mâle adulte a une longueur de 3 mm contre 3,5 mm pour la femelle. Il a un abdomen mince, pâle et crémeux. Cependant, les poils moins denses sur son corps lui donnent une apparence noire brunâtre.

Quant à la femelle, son abdomen est robuste et d'une couleur orange. Cette couleur orange dérive des globules oranges dispersés à l'intérieur de la cavité abdominale. Cependant, les poils noirs sur son corps confèrent à l'abdomen une couleur orange sombre. HARRIS & GAGNE (1982) indiquent que chaque antenne comporte 12 articles chez le mâle, allongés et cylindriques chez la femelle.

Les oeufs mesurent 0,5 mm de longueur (DESCAMPS, 1956; UMEH & JOSHI, 1993) pour environ 0,12 mm de large. Ils sont allongés, blancs brillants, devenant jaunes puis ambrés avec des ponctuations rouges peu avant l'éclosion (BRENIERE, 1983).

La larve nouvellement éclosée est de forme allongée et de coloration rose. La segmentation est bien nette. La tête forte, de coloration crème porte les petites antennes divergentes formant avec le corps un angle de 45° (DESCAMPS, 1956). La larve de premier stade mesure 3,5 mm environ et est de coloration blanc-rosé (HARRIS & GAGNE, 1982). DESCAMPS (1956) a estimé sa longueur à 3 mm environ. Le dernier stade de la larve est blanc laiteux avec la zone buccale et les spirales brunes (BRENIERE, 1983).

La puppe est de coloration rose passant au rouge vif après deux jours, puis au brun peu avant la sortie de l'imago. Les ébauches des ailes atteignent la moitié de la longueur du corps et celles des pattes sont de taille croissante de l'extérieur vers l'axe du corps. On remarque à

la face dorsale, sur le bord antérieur de chaque segment, une bande de fortes épines noires (DESCAMPS, 1956). La longueur de la pupa varie de 5 mm à 7 mm, celle de la femelle étant plus grande que celle du mâle (HARRIS & GAGNE, 1982).

### II.3.3. Biologie et écologie

L'accouplement a lieu aussitôt après l'émergence et la femelle adulte peut pondre entre 100 et 400 oeufs 1 ou 2 jours suivant son émergence (WILLIAMS, 1998b). Elle dépose isolement ou par petits groupes ses oeufs d'environ 0,5 mm de longueur sur les feuilles et les gaines de la plante de riz (NACRO, 1998). NACRO (1994), a observé une fécondité moyenne de 299,7 oeufs de *O. oryzivora*.

L'incubation des oeufs dure 2 à 5 jours (WILLIAMS, 1998b). A l'éclosion, la larve descend entre la gaine et la tige jusqu'à la zone de croissance, puis pénètre à l'intérieur en dilacérant les tissus. Elle provoque une galle tubulaire creuse à la base de la tige dans laquelle elle passera toute sa vie (BRENIERE, 1983). Le développement de la larve dure 10 à 20 jours (NACRO, 1998; WILLIAMS, 1998b) et pendant cette période, la galle est courte et cachée entre les gaines foliaires. BOUCHARD et coll. (1992) ont observé une durée larvaire de 16 jours en moyenne et de 24 jours au maximum.

Au terme de son développement, la larve se nymphose donnant naissance à une pupa mesurant environ 5 mm de longueur. Elle ne se nourrit pas et sa couleur vire du blanchâtre au brun foncé au fur et à mesure qu'elle se développe. On observe un allongement spectaculaire de la galle vers la fin du stade pupal pour former un tube de 3 mm de diamètre environ (NACRO, 1998). BOUCHARD et coll. (1992) ont rapporté que ce stade dure 5 à 6 jours. La pupa remonte le long de la cavité tubulaire et perce un trou de sortie pour l'adulte laissant la dépouille nymphale accrochée au trou. Par la suite, les galles se dessèchent progressivement de l'extrémité vers la base.

La durée de vie de l'adulte varie de 2 à 3 jours (BRENIERE, 1983; FEIJEN & SCHULTEN, 1983; UMEH & JOSHI, 1993; NACRO, 1998; WILLIAMS, 1998b). Dans des conditions semi-artificielles à 27°C, BOUCHARD et coll. (1992) ont rapporté un cycle de vie de l'oeuf à l'adulte variant de 26 à 36 jours. Cependant, dans des conditions naturelles de

température de l'Afrique de l'Ouest, NACRO (1998) et WILLIAMS (1998b) ont rapporté un cycle de vie variant de 21 à 28 jours.

BOUCHARD et coll. (1992) ont rapporté un sex-ratio de 1 mâle contre 1,98 femelle tandis que celui rapporté par NACRO (1994) était de 1 mâle pour 2,24 femelles. Par contre, FEIJEN & SCHULTEN (1983) ont rapporté un sex-ratio de 1,3 mâle pour 1 femelle au Malawi. Quant aux résultats obtenus par UMEH & JOSHI (1993), ils montrent une prédominance des mâles sur les femelles au début et à la fin d'une saison, respectivement un rapport femelle/mâle de 1:2 et 1:3 contre un rapport de 1:1 observé à la mi-saison.

#### *II.3.4. Formation et structure de la galle*

La larve néonate apode, une fois parvenue à la base de la tige par la gaine foliaire, provoque la formation d'une galle tubulaire à l'intérieur de laquelle elle se nourrit et se développe. DAKOUO et coll. (1988) signalent que la formation de la galle blanchâtre appelée "*tube d'oignon*" résulte de la transformation de la feuille centrale de la jeune talle de riz consécutivement à l'alimentation de la larve du nématocère dans la zone de croissance.

La galle ou tube d'oignon se présente comme un tube creux à la place d'une tige normale sur laquelle la croissance normale apicale est stoppée. Elle a l'apparence d'une feuille d'oignon d'où le nom de "*tube d'oignon*". NACRO (1998) indique que les galles provoquées par la cécidomyie africaine du riz, sur les jeunes talles sont longues contrairement à celles formées sur les plantes âgées qui sont souvent moins apparentes. Elles sont le plus souvent cachées par les feuilles et peuvent être courtes et vertes, particulièrement si les conditions de culture sont mauvaises. UMEH & JOSHI (1993) ont rapporté que les galles produites par *O. oryzivora* dans des conditions contrôlées ont une longueur de 10 à 30 cm et celles produites en milieu naturel mesurent 10 à 44 cm. DESCAMPS (1956) a observé une longueur maximale de la galle de 1,5 m au Cameroun.

Les vieilles galles desséchées peuvent être facilement confondues avec les "*coeurs morts*" et la dépouille nymphale de l'insecte n'est plus attachée au trou de sortie.

### II.3.5. Incidence saisonnière de la cécidomyie africaine du riz

La cécidomyie africaine du riz est généralement rare durant la saison sèche et son développement est accéléré pendant la saison des pluies. Ceci parce que les larves néonates ont besoin de gouttelettes d'eau sur la surface foliaire pour leur permettre de pénétrer à l'intérieur des tiges. En plus, les plants de riz sont généralement plus abondants pendant la saison humide que pendant la saison sèche à l'exception des périmètres rizicoles à double culture de riz.

Des facteurs climatiques tels que la température, l'humidité relative, la pluviosité peuvent affecter la distribution, le développement, le comportement de survie, la reproduction et la dynamique des populations des insectes ravageurs. DAKOUO et coll. (1988) indiquent que les fortes infestations d'*O. oryzivora* interviennent au cours de la saison humide lorsque les conditions d'humidité relative (80 - 90%), de température (25 - 35°C) et de pluviométrie favorables à la prolifération du ravageur sont réunies.

NACRO & DAKOUO (1996) ont conduit des investigations dans le bas-fond de Niofila, Sud-Ouest du Burkina Faso, à travers quatre semis échelonnés de riz sur deux campagnes rizicoles consécutives (saison sèche et humide 1989), en vue de connaître l'abondance relative et les variations saisonnières des populations pré-imaginale des insectes foreurs de tige du riz. Ils ont observé une dominance d'*O. oryzivora* en saison humide dans les trois premiers semis et une quasi-absence de l'insecte en saison sèche.

### II.4. Ennemis naturels associés à la cécidomyie africaine du riz

Les ennemis naturels associés à la cécidomyie africaine du riz ont été rapportés par différents auteurs et dans plusieurs pays. Plusieurs microhyménoptères parasitoïdes et quelques prédateurs exercent dans la nature une action limitative importante sur les populations du ravageur.

Dans certains pays africains où l'espèce *O. oryzivora* a été signalée, les travaux sur les ennemis naturels ont consisté essentiellement à un inventaire des espèces et une évaluation au champ de l'impact du parasitisme lié à l'espèce en question. Quelques espèces parasitoïdes importantes ont fait l'objet d'une étude approfondie.

Au total cinq espèces d'Hyménoptères parasitoïdes associées à la cécidomyie africaine du riz ont été répertoriées sur le continent africain. Parmi ces espèces, deux seulement sont les plus communément connues pour jouer un rôle de limitation importante des populations du ravageur. Il s'agit de *Platygaster diplosisae* (Platygasteridae) et d'*Aprostocetus procerae* (= *A. pachydiplosisae* = *Tetrastichus pachydiplosisae*) (Eulophidae). Cependant, leur rôle prépondérant dans la limitation naturelle des populations de la cécidomyie africaine du riz, *O. oryzivora* a été noté dans la plupart des pays africains où sévit le ravageur.

Au Burkina Faso, deux parasitoïdes, *P. diplosisae* Risbec et *A. procerae* ont été enregistrés (DAKOUO *et al.*, 1988; NACRO, 1994). NACRO & DAKOUO (1990) indiquent que l'évolution du parasitisme sur *O. oryzivora* est intimement liée à celle des infestations dues au ravageur. En d'autres termes, plus les attaques sont intenses, plus l'activité parasitaire est abondante et le problème qui se pose est l'installation tardive de ce parasitisme au cours de la saison.

#### II.4.1. *Platygaster diplosisae* (RISBEC, 1956)

##### a. Description générale

Selon RISBEC (1956), la femelle adulte mesure en moyenne 1,17 mm de longueur. Elle est de couleur noire. La tête porte des yeux relativement petits, peu saillants, à facettes peu nombreuses et convexes. Le scape de l'antenne mesure 0,21 mm. Le pédicelle est trois fois plus long qu'épais, le thorax est court tandis que l'abdomen est ovale et allongé. Les ailes sont roussâtres, longues et assez étroites.

Le mâle a la même envergure que la femelle mais ses antennes sont différentes. Le premier article funiculaire est très court, assez étroitement accolé au deuxième qui est le plus gros de tout le flagelle. Le troisième article est un peu dissymétrique, à peine plus gros que le premier. Les cinq articles qui suivent ne forment pas une massue. Les soies sont plus longues que chez la femelle.

b. Biologie de *Platygaster diplosisae* et évolution du parasitisme larvaire

NACRO (1994) estime que *P. diplosisae* parasitoïde de la cécidomyie africaine du riz, *O. oryzivora* apparaît comme un hyménoptère à très forte fécondité potentielle. Il pond ses oeufs dans ceux d'*O. oryzivora* ou les jeunes larves de l'insecte. Ses larves se nourrissent de celles d'*O. oryzivora* et finissent par les tuer lorsque celles-ci se sont bien développées (NACRO, 1998). De chaque larve parasitée émergent 23 à 54 individus adultes de *P. diplosisae* avec une moyenne de 38,76 individus. Des adultes du parasitoïde percent de petits trous dans la galle d'où ils sortiront. Pour ce qui est du sex-ratio, NACRO (1994) a rapporté une prédominance des mâles sur les femelles (4,56 mâles contre 1 femelle). Le caractère polyembryonnaire de ce parasitoïde n'est pas établi.

Certains auteurs comme DESCAMPS (1956), FEIJEN & SCHULTEN (1983), DAKOUO et coll. (1988), UKWUNGWU & JOSHI (1992), NACRO (1994) ont rapporté un faible taux de parasitisme de *P. diplosisae* sur *O. oryzivora* tôt pendant les stades de croissance du riz et un taux plus élevé tard dans la saison.

Les galles dans lesquelles les larves ont été parasitées présentent un certain nombre de particularités. Elles sont généralement plus épaisses que les galles non parasitées ou parasitées par *A. procerae* (*T. pachydiplosisae*) (FEIJEN & SCHULTEN, 1983). UMEH & JOSHI (1993) ont rapporté que le parasitisme dû à *P. diplosisae* sur *O. oryzivora* donne comme résultat de courtes galles de 10 à 12 cm de longueur. Ces auteurs ont également enregistré 35 à 86 individus de *P. diplosisae* dans une galle avec une moyenne de 59 individus par galle.

Au Nigéria, UMEH & JOSHI (1993) indiquent que *P. diplosisae* est le premier parasitoïde à s'établir dans les champs en maintenant un taux de parasitisme plus élevé que celui d'*A. procerae*. Ces auteurs ont observé un pic de parasitisme dû à cette espèce sur *O. oryzivora* atteignant 72% à la 29<sup>ème</sup> semaine après le semis. UKWUNGWU & JOSHI (1992) ont signalé la prédominance de *P. diplosisae* Risbec dans l'Etat d'Anambra, un parasitisme modéré de *Platygaster* spp. (45%) dans l'Etat de Cross River et un faible parasitisme dans les Etats de Akwa Ibom, Imo, Niger, Kaduna et Sokoto, au Nigéria.

Au Burkina Faso, NACRO et coll. (1995) ont observé un pourcentage de parasitisme dû à *P. diplosisae* supérieur à 50% sur quatre différentes dates de semis au cours de la saison humide de 1992.

#### II.4.2. *Aprostocetus procerae* ((*Tetrastichus pachydiplosisae*) (RISBEC, 1956))

##### a. Description générale

D'après FEIJEN & SCHULTEN (1983), la femelle mesure 2,3 à 2,4 mm de long; l'abdomen est un peu plus long que le reste du corps. RISBEC (1956) a décrit le premier l'espèce de la façon suivante: la femelle est de coloration noire-blue avec des taches rouges testacées. La tête est plus large que longue. Les yeux sont brun-rouges, à éléments très petits. Le scape de l'antenne est arrondi à son bord dorsal et est en crête à son bord ventral. Le premier article funiculaire porte des sensilles en épine assez peu saillantes. L'abdomen est ovale, conique en vue dorsale, saillant en toit ventralement jusqu'à mi-longueur. Les valves de l'ovipositeur dépassent très légèrement la pointe. Les ailes sont légèrement rousses, les nervures testacées, claires. FEIJEN & SCHULTEN (1983) soulignent que le mâle est de même couleur, de la même structure et sculpture que la femelle mais son abdomen est plus court et mesure entre 0,8 et 1,4 mm de long.

##### b. Biologie d'*Aprostocetus procerae* et l'évolution du parasitisme pupal

*A. procerae* a été qualifiée d'ectoparasitoïde par FEIJEN & SCHULTEN (1983) bien que DESCAMPS (1956) l'ait qualifiée de parasitoïde interne. D'après NACRO (1994), *A. procerae* est un ectoparasitoïde solitaire des pupes de la cécidomyie africaine du riz, *O. oryzivora* car il est toujours près de son hôte et ne perce pas les téguments de celui-ci. En plus, un seul adulte parasitoïde émerge toujours d'une galle de riz.

Selon UMEH & JOSHI (1993), le parasitoïde femelle injecte son venin dans la puce d'*O. oryzivora* à travers les parois de la galle, en utilisant son ovipositeur. Une fois l'oeuf éclos, la larve s'attache elle-même sur l'abdomen de la puce paralysée et suce le liquide de son corps. L'abdomen de la puce se dégonfle graduellement et perd sa forme. La puce morte prend une coloration noir-brunâtre. FEIJEN & SCHULTEN (1983), UMEH & JOSHI (1993), NACRO (1994) ont enregistré un seul parasitoïde par hôte.

Au terme de son développement, la larve sort de la dépouille de son hôte pour aller se nymphoser vers l'extrémité de la partie tubulaire. La durée de la nymphe est de 7 à 8 jours au cours de la saison des pluies (DESCAMPS, 1956). En serre, FEIJEN & SCHULTEN (1983) ont observé que le stade de pupaison dure 11 à 12 jours à 25°C.

FEIJEN & SCHULTEN (1983) ont observé une prédominance des femelles sur les mâles atteignant 66,2%. UKWUNGWU & JOSHI (1992) ont rapporté une prédominance d'*A. procerae* dans les galles de riz pendant le mois d'octobre 1989 à Adani et Abakaliki au Nigéria.

UMEH & JOSHI (1993) n'ont observé aucune différence morphologique entre les galles de riz parasitées par *A. procerae* et celles non parasitées. L'évolution du parasitisme dû à *A. procerae* suit la fluctuation de son hôte, *O. oryzivora* (FEIJEN & SCHULTEN, 1983). Ces deux auteurs ont rapporté pendant la saison 1973/74 sur des dates de semis échelonnés, des taux d'infestation variant entre 45 % et 62 % et un parasitisme oscillant entre 38,8 % à 65,5 %. Par contre, au cours de la saison 1974/75 où les populations d'*O. oryzivora* ont affiché une décroissance, ces auteurs ont observé un faible taux de parasitisme variant de 27,8 % pour les semis précoces à 0 % pour les semis tardifs.

Dans des conditions naturelles, UMEH & JOSHI (1993) ont observé une augmentation de la population d'*A. procerae* atteignant un pic de 42 % à la 19<sup>ème</sup> semaine après le semis et par la suite, une déclinaison de sa population restant toutefois inférieure à celle de *P. diplosisae*.

Sur quatre (4) dates de semis échelonnés et séparés de deux semaines l'une de l'autre, NACRO et coll. (1995) ont observé un début de parasitisme d'*O. oryzivora* dû à *A. procerae* à 63 jours après le semis quelque soit la date de semis. Ce parasitisme a atteint un pic de 26 % à 91 jours après le semis (JAS) sur la 3<sup>ème</sup> date de semis. Des observations similaires avaient été enregistrées par DESCAMPS (1956), UKWUNGWU & JOSHI (1992).

**DEUXIEME PARTIE: EXPERIMENTATION**

**ETUDE DE L'EFFET DES PRATIQUES CULTURALES SUR LA  
CECIDOMYIE AFRICAINE DU RIZ: CAS DE LA FUMURE AZOTEE ET  
DES ECARTEMENTS ENTRE LES PLANTS**

## OBJECTIF DE L'ETUDE

Nous avons conduit au cours de notre stage une expérimentation à la plaine rizicole de Karfiguéla (Banfora). L'objectif de cette expérimentation a été d'étudier l'effet de certaines pratiques culturales sur la réduction des attaques de la cécidomyie africaine du riz *O. oryzivora* afin d'élaborer une méthode de lutte intéressante pour les producteurs. Le travail a été fait à travers l'étude des interactions plante-ravageur en fonction de la dose d'azote apportée et l'écartement entre les plants.

## CHAPITRE I: MATERIEL ET METHODES

### I.1. Matériel

#### I.1.1. Présentation du milieu d'étude

##### a. Localisation

L'expérimentation s'est déroulée sur la plaine rizicole irriguée de Karfiguéla située à 10 km au Nord-Ouest de Banfora (Sud-Ouest du Burkina Faso).

##### b Les conditions météorologiques

L'expérimentation a été conduite pendant la période allant d'Août à Décembre 1998. La figure 2 résume les caractéristiques météorologiques de la zone de Banfora pendant l'année 1998.

- la pluviométrie est observée à partir du mois d'avril (figure 2 a.). Elle s'accroît entre le mois de mai pour atteindre le pic le plus élevé en septembre. Elle décroît considérablement par la suite pour être nulle en novembre. Le mois de décembre a enregistré quelques mm de pluies.
- les taux d'hygrométrie ont légèrement varié entre janvier et mars (figure 2 b.). Pendant la période allant d'avril à octobre, les taux d'hygrométrie ont été stables à 6 heures (supérieurs à 85 %) qu'à 12 heures ou à 18 heures (inférieurs à 80 %).

- les températures maximales et minimales ont peu varié durant toute l'année (figure 2 c.). Durant la période allant d'août à décembre, les températures maximales ont varié de 30 °C à 35 °C. Sur cette période, les températures minimales ont varié de 19 °C à 22 °C.
- l'insolation a varié entre 5,8 H et 10 H durant toute l'année (figure 2 d.). Entre août et décembre, une importante insolation a été enregistrée en novembre (9,8 H).

### *c. Caractéristiques agro-pédologiques de la plaine de Karfiguéla*

Les sols du périmètre rizicole irrigué de Karfiguéla sont en général sablonneux et on estime que seulement 44% de la surface aménagée est propice à la riziculture. On distingue trois types de profils:

- 10%: Sols A (argile) à pH de 5,8
- 46%: Sols S (sable) à pH de 4,3
- 44%: Sols L (limon) à pH de 7,3

#### *1.1.2. Matériel végétal*

La variété de riz utilisée est la FKR 28 (ITA 123). Son cycle moyen est de 120 jours (semis - maturité). Elle est cultivée sur la plupart des périmètres rizicoles de l'Ouest et du Sud-Ouest du Burkina Faso (cf. fiche technique en annexe 1).

#### *1.1.3. Fumure minérale*

Le complexe NPK (12-24-12) a été appliqué comme engrais de fond à raison de 300 kg/ha. L'azote sous forme d'urée (46% N) a été fractionné en deux apports: les 35% de la dose totale à appliquer ont été apportés à 14 jours après le repiquage (JAR) et les 65% à 34 JAR (au début de l'initiation paniculaire).

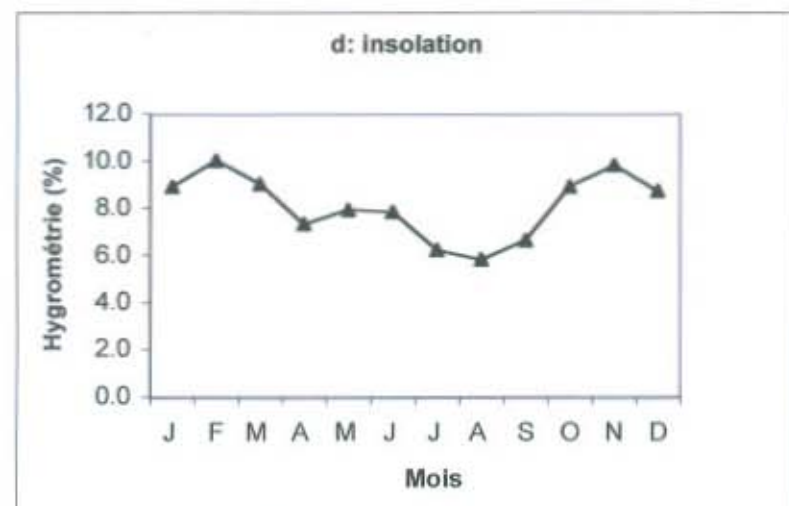
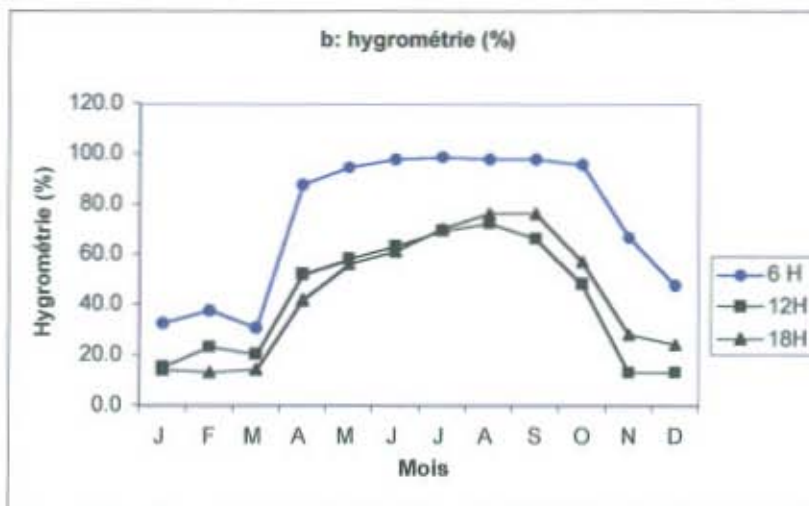
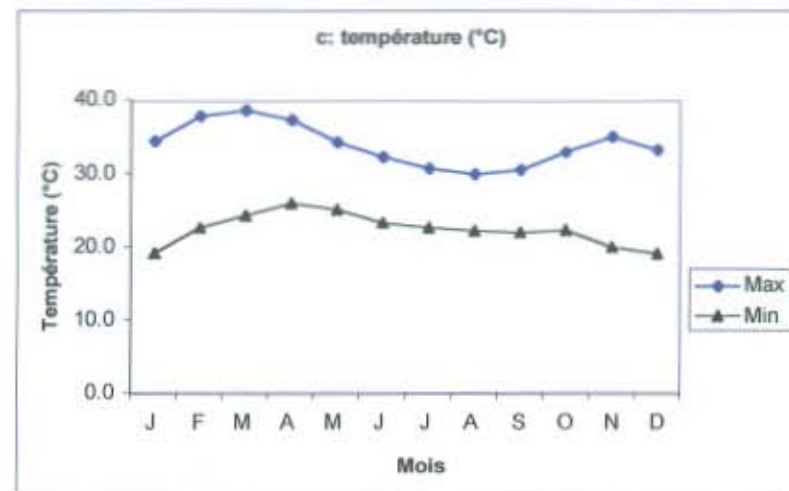
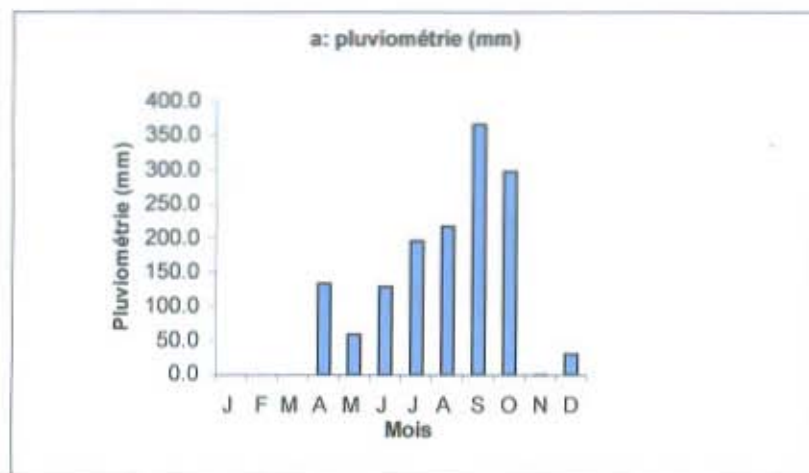


Figure 2 : Pluviométrie (mm), hygrométrie (%), température (°c) et insolation mensuelles à Karfiguéla (1998)  
 Source : SOSUCO (1998)

## **I.2. Méthodes**

### *1.2.1. Préparation de la pépinière*

Elle a été préparée à proximité de la rizière à repiquer. Le sol a été nettoyé, humecté, labouré et hersé. Après le semis, la pépinière a été recouverte de paille sèche pour la protéger contre les oiseaux granivores.

### *1.2.2. Préparation du champ*

Le labour d'une profondeur de 20 cm environ a été fait à l'aide d'une charrue à traction bovine. Le terrain a été nivelé pour faciliter le stockage de l'eau d'irrigation.

### *1.2.3. Dispositif expérimental*

Le dispositif expérimental a été du type split-plot à 4 répétitions. Les traitements étaient constitués de trois (3) doses d'azote ( $N1 = 60 \text{ N kg/ha}$ ,  $N2 = 90 \text{ N kg/ha}$  et  $N3 = 120 \text{ N kg/ha}$ ) assignés aux parcelles principales (traitements principaux) et de quatre (4) différents écartements ( $D1 = 25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ ;  $D2 = 25 \text{ cm} \times 12,5 \text{ cm}$ ;  $D3 = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  et  $D4 = 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ ) assignés aux sous-parcelles (traitements secondaires).

La superficie de chaque parcelle principale a été de  $259 \text{ m}^2$  ( $37 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ ) et celle de chaque sous-parcelle a été de  $59,5 \text{ m}^2$  ( $8,5 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ ). A l'intérieur de chaque sous-parcelle il y a eu deux placettes d'observations visuelles (agronomiques et entomologiques) et de rendement d'une superficie de  $8 \text{ m}^2$  soit une superficie de  $4 \text{ m}^2$  ( $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ) par placette.

Les parcelles principales et les sous-parcelles ont été séparées entre elles respectivement par des diguettes de  $0,5 \text{ m}$  et de  $1 \text{ m}$  pour faciliter l'irrigation et pour une meilleure gestion des engrais minéraux. L'espace entre les répétitions a été de  $1 \text{ m}$ . La superficie totale de l'essai a été de  $3.367 \text{ m}^2$  ( $91 \text{ m} \times 37 \text{ m}$ ). L'irrigation et le drainage de chaque parcelle principale et sous-parcelle ont été indépendants des autres.

#### *1.2.4. Repiquage du riz*

L'affectation des traitements aux parcelles principales et sous-parcelles a été faite au hasard. Le repiquage des plants a été effectué 21 jours après le semis. Les jeunes plants ont été soigneusement arrachés et repiqués dans des sous-parcelles respectives à raison de 2 ou 3 brins de riz par poquet. Le repiquage a été entièrement réalisé le même jour.

#### *1.2.5. Entretien*

La fréquence de l'irrigation du riz et le maintien ou non d'une lame d'eau ont été fonction des besoins en eau de la plante à ses différents stades phénologiques. Le désherbage a été fait à la demande et aucun produit pesticide n'a été appliqué.

#### *1.2.6. Observations au champ et dissections au laboratoire*

##### *a. Observations agronomiques*

Les observations agronomiques ont porté sur 5 touffes choisies au départ au hasard et matérialisées par des piquets dans chaque placette de rendement et d'observations visuelles. Les variables suivantes ont été recueillies tous les 7 jours du 21<sup>ème</sup> jour au 98<sup>ème</sup> jour après le repiquage:

- nombre de talles par touffe;
- nombre de feuilles de 3 talles par touffe;
- hauteur de talles par touffe;
- nombre de panicules par touffe.

Au total, 12 séries d'observations agronomiques ont été réalisées au cours de notre étude. A la récolte, les composantes de rendement ont été mesurées:

- nombre de talles/m<sup>2</sup>;
- nombre de panicules/m<sup>2</sup>;
- nombre de grains par panicule;
- poids de 1000 grains;

### *b. Observations entomologiques*

Les observations visuelles suivantes ont porté sur 10 touffes différentes de celles réservées aux observations agronomiques, tous les 7 jours du 21<sup>ème</sup> jour au 98<sup>ème</sup> jour après le repiquage:

- nombre de talles par touffe;
- nombre de galles par touffe;

Au total, 12 séries d'observations entomologiques ont été réalisées au cours de notre étude.

### *c. Dissections*

Cinq (5) touffes ont été choisies au hasard et prélevées avec la même fréquence que les observations visuelles à l'extérieur de chaque placette d'observations visuelles et de rendement. Ces prélèvements ont été chaque fois ramenés au laboratoire pour la dissection et ils ont fait l'objet de dénombrements ci-après:

- nombre de talles par touffe;
- nombre de galles par touffe;
- nombre de larves de cécidomyie par touffe;
- nombre de pupes de cécidomyie par touffe;
- nombre de larves de *P. diplosisae* par touffe;
- nombre de nymphes de *P. diplosisae* par touffe;
- nombre d'adultes de *P. diplosisae* par touffe;
- nombre de larves d'*A. procerae* par touffe;
- nombre de nymphes d'*A. procerae* par touffe;
- nombre d'adultes d'*A. procerae* par touffe.

Au total, 12 séries de dissections ont été réalisées au cours de notre étude.

### *1.2.7. Récolte*

A la maturité du riz, la récolte a été effectuée manuellement à l'aide de faucilles. Nous avons choisi au hasard dans chaque placette de rendement 100 panicules pour servir à une

évaluation du nombre de grains par panicule. Nous avons prélevé 1000 grains dans le produit vanné des 100 panicules et leur poids a été pesé et ajusté au taux d'hygrométrie de 14%. Les touffes de placettes de rendement d'une même sous-parcelle ont été rassemblées, battues et vannées. L'évaluation du rendement grain a porté sur les données de ces pesées.

### I.2.8. Méthodes de calculs et analyse des données

a. Nombre moyen de talles dans 20 touffes, hauteur moyenne par touffe et nombre moyen de feuilles par talle:

$$\begin{array}{l} \text{Nombre moyen de talles} \\ \text{de 20 touffes (traitement principal)} \end{array} = \frac{\Sigma \text{ de talles de 20 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles}}{16}$$

$$\begin{array}{l} \text{Nombre moyen de talles} \\ \text{de 20 touffes (traitement secondaire)} \end{array} = \frac{\Sigma \text{ de talles de 20 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles}}{12}$$

$$\begin{array}{l} \text{Hauteur moyenne (cm)} \\ \text{(traitement principal)} \end{array} = \frac{\Sigma \text{ des hauteurs de 10 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles}}{10 \text{ touffes} \times 16}$$

$$\begin{array}{l} \text{Hauteur moyenne (cm)} \\ \text{(traitement secondaire)} \end{array} = \frac{\Sigma \text{ des hauteurs de 10 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles}}{10 \text{ touffes} \times 12}$$

$$\begin{array}{l} \text{Nombre moyen de feuilles} \\ \text{(traitement principal)} \end{array} = \frac{\Sigma \text{ des feuilles de 30 talles (10 touffes) par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles}}{30 \text{ talles (10 touffes)} \times 16}$$

$$\begin{array}{l} \text{Nombre moyen de feuilles} \\ \text{(traitement secondaire)} \end{array} = \frac{\sum \text{ des feuilles de 30 talles (10 touffes) par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles}}{30 \text{ talles (10 touffes) } \times 12}$$

*b. Evaluation de l'intensité des dégâts*

Les taux d'attaques par série d'observations et de dissections dans chaque sous-parcelle ont été calculés de la façon suivante:

- pour les observations visuelles sur les 20 touffes:

$$\begin{array}{l} \% \text{ moyen de galles} \\ \text{(traitement principal)} \end{array} = \frac{\sum \text{ de galles de 20 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles}}{(\sum \text{ de talles de 20 touffes par sous-parcelle}) \times 16} \times 100$$

$$\begin{array}{l} \% \text{ moyen de galles} \\ \text{(traitement secondaire)} \end{array} = \frac{\sum \text{ de galles de 20 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles}}{(\sum \text{ de talles de 20 touffes par sous-parcelle}) \times 12} \times 100$$

- pour les dissections des 5 touffes:

$$\begin{array}{l} \% \text{ moyen de galles} \\ \text{(traitement principal)} \end{array} = \frac{\sum \text{ de galles de 5 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles}}{(\sum \text{ de talles de 5 touffes par sous-parcelle}) \times 16} \times 100$$

$$\begin{array}{l} \% \text{ moyen de galles} \\ \text{(traitement secondaire)} \end{array} = \frac{\sum \text{ de galles de 5 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles}}{(\sum \text{ de talles de 5 touffes par sous-parcelle}) \times 12} \times 100$$

$$\begin{array}{l} \% \text{ moyen de larves} \\ \text{(traitement principal)} \end{array} = \frac{(\sum \text{ de larves saines} + \sum \text{ de larves parasitées}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles}}{(\sum \text{ de talles de 5 touffes par sous-parcelle}) \times 16} \times 100$$

$$\begin{array}{l} (\Sigma \text{ de larves saines} + \Sigma \text{ de larves parasit\u00e9es}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles} \\ \text{\% moyen de larves} = \frac{\quad}{\quad} \times 100 \\ \text{(traitement secondaire)} \qquad \qquad \qquad (\Sigma \text{ de talles de 5 touffes par sous-parcelle}) \times 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \Sigma \text{ de larves parasit\u00e9es de 5 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles} \\ \text{\% moyen de larves parasit\u00e9es} = \frac{\quad}{\quad} \times 100 \\ \text{(traitement principal)} \qquad \qquad \qquad (\Sigma \text{ de larves saines} + \Sigma \text{ de larves parasit\u00e9es}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle} \times 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \Sigma \text{ de larves parasit\u00e9es de 5 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles} \\ \text{\% moyen de larves parasit\u00e9es} = \frac{\quad}{\quad} \times 100 \\ \text{(traitement secondaire)} \qquad \qquad \qquad (\Sigma \text{ de larves saines} + \Sigma \text{ de larves parasit\u00e9es}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle} \times 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} (\Sigma \text{ de pupes saines} + \Sigma \text{ de pupes parasit\u00e9es}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles} \\ \text{\% moyen de pupes} = \frac{\quad}{\quad} \times 100 \\ \text{(traitement principal)} \qquad \qquad \qquad \Sigma \text{ de talles de 5 touffes par sous-parcelle} \times 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} (\Sigma \text{ de pupes saines} + \Sigma \text{ de pupes parasit\u00e9es}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles} \\ \text{\% moyen de pupes} = \frac{\quad}{\quad} \times 100 \\ \text{(traitement secondaire)} \qquad \qquad \qquad \Sigma \text{ de talles de 5 touffes par sous-parcelle} \times 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \Sigma \text{ de pupes parasit\u00e9es de 5 touffes par sous-parcelle pour 16 sous-parcelles} \\ \text{\% moyen de pupes parasit\u00e9es} = \frac{\quad}{\quad} \times 100 \\ \text{(traitement principal)} \qquad \qquad \qquad (\Sigma \text{ de pupes saines} + \Sigma \text{ de pupes parasit\u00e9es}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle} \times 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \Sigma \text{ de pupes parasit\u00e9es de 5 touffes par sous-parcelle pour 12 sous-parcelles} \\ \text{\% moyen de pupes parasit\u00e9es} = \frac{\quad}{\quad} \times 100 \\ \text{(traitement secondaire)} \qquad \qquad \qquad (\Sigma \text{ de pupes saines} + \Sigma \text{ de pupes parasit\u00e9es}) \text{ de 5 touffes par sous-parcelle} \times 12 \end{array}$$

*c. Evaluation du rendement du riz*

$$\begin{array}{l} \text{poids corrig\u00e9 du produit de placettes de rendement (kg) pour 16 sous-parcelles} \times 10.000 \text{ m}^2 \times \text{t/ha} \\ \text{Rendement (t/ha)} = \frac{\quad}{\quad} \\ \text{(traitement principal)} \qquad \qquad \qquad \text{superficie de la placette de rendement (en m}^2\text{)} \times 1.000 \text{ kg} \times 16 \end{array}$$

$$\text{Rendement (t/ha)} = \frac{\text{poids corrigé du produit de placettes de rendement (kg) pour 12 sous-parcelles} \times 10.000 \text{ m}^2 \times \text{t/ha}}{\text{superficie de la placette de rendement (en m}^2\text{)} \times 1.000 \text{ kg} \times 12}$$

(traitement secondaire)

#### *d. Analyse des données*

Les transformations des données à analyser ont été faites suivant les procédures statistiques décrites par GOMEZ et GOMEZ (1984). L'analyse de variance a été réalisée avec le logiciel SAS (Statistical Analysis System : SAS Institute 1988, SAS/STAT user's guide, release 6.03 ed. Cary, N.C.). La séparation des moyennes a été effectuée avec le test de Student-Newman-Keuls lorsque le test d'analyse de variance est significatif au seuil de 5 % au moins. L'analyse de régression a été effectuée avec le logiciel StatView 4.0 pour tirer des équations reliant les différentes variables étudiées.

## ***RESULTATS ET DISCUSSION***

## CHAPITRE II: RESULTATS ET DISCUSSION

Les tableaux et figures illustrent nos résultats obtenus. Là où l'analyse de variance n'a pas mis en évidence une interaction significative entre les traitements principaux (doses d'azote) et les traitements secondaires (écartements entre les plants au repiquage) pour les variables étudiées, les résultats sont présentés par traitement. Dans le cas contraire, nous les présentons par interaction entre les traitements.

### II.1. Incidence de la cécidomyie africaine du riz *O. oryzivora* sur quelques paramètres agronomiques du riz

Quelques paramètres agronomiques ont été étudiés.

#### II.1.1. Paramètres agronomiques étudiés

Ces paramètres agronomiques concernent le nombre moyen de talles dans 20 touffes examinées, la hauteur moyenne de talles par touffe et le nombre moyen de feuilles par talle.

##### a. Evolution du nombre moyen de talles (20 touffes examinées)

##### - Traitements principaux (Doses d'azote)

D'une manière générale, la figure 3a. montre que la dose N3 (120 N) d'azote est à l'origine d'un important tallage en fonction des dates d'observation considérées. La courbe de la dose N1 (60 N) est nettement en dessous de celles de deux doses N2 et N3 pendant toute la période d'observation. L'évolution du nombre de talles est progressive pendant la phase végétative (entre le 21<sup>ème</sup> et le 35<sup>ème</sup> JAR) pour toutes les doses d'azote. Elle devient très lente au cours de la phase reproductive (entre le 42<sup>ème</sup> et le 63<sup>ème</sup> JAR). On observe un pic au cours de la phase de maturation (70<sup>ème</sup> JAR) quelle que soit la dose d'azote considérée. Toutes les courbes présentent de légers plateaux à partir du 77<sup>ème</sup> jusqu'au 98<sup>ème</sup> JAR.

Au regard du tableau III a., l'analyse de variance montre des différences significatives entre les doses d'azote dans 7 séries sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées.

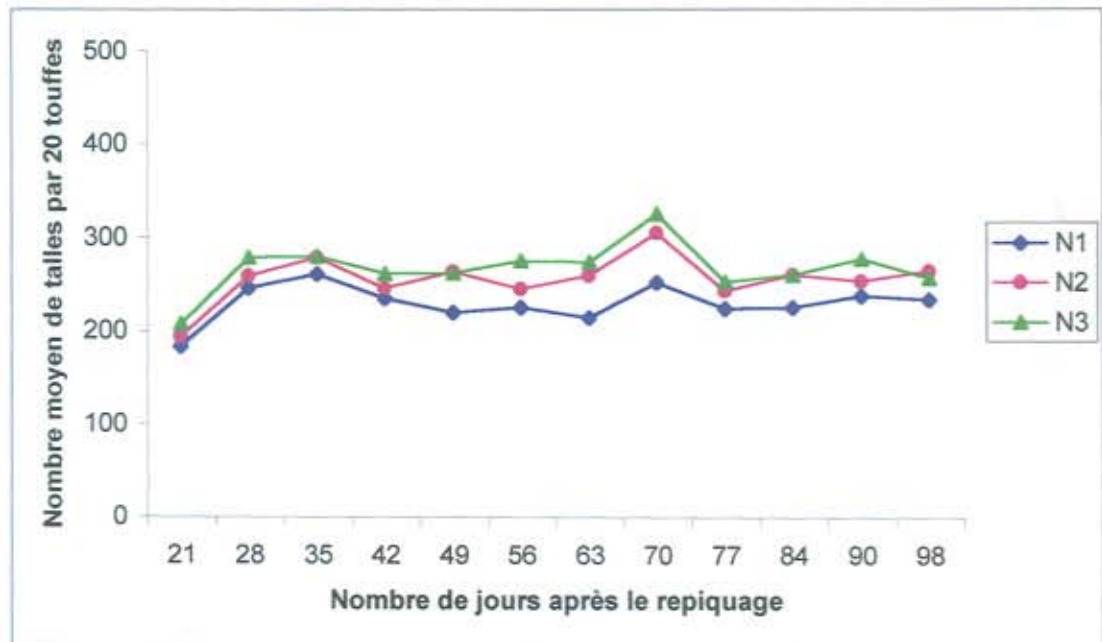


Figure 3 a: Evolution du nombre moyen de talles en fonction de la dose d'azote

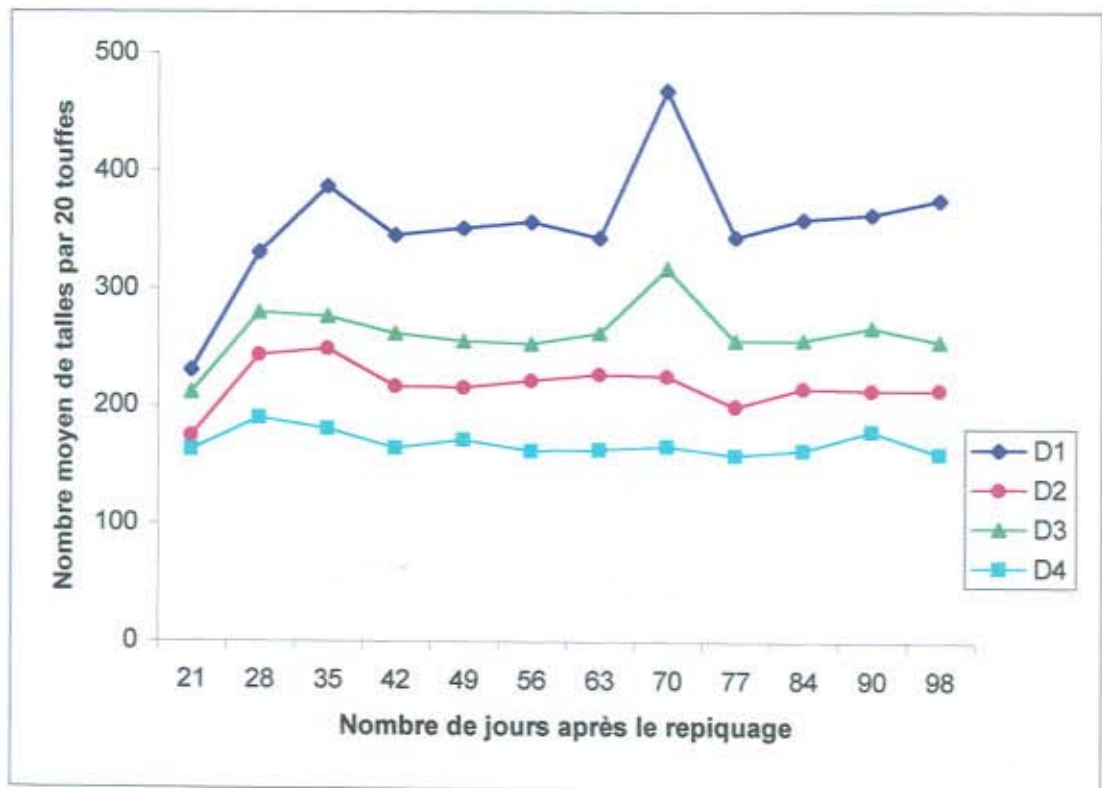


Figure 3 b: Evolution du nombre moyen de talles en fonction de l'écartement entre les plants

Ces différences commencent à apparaître 15 jours après le début de l'initiation paniculaire (49<sup>ème</sup> JAR) et vont jusqu'à la fin du cycle de la plante, hormis la série du 77<sup>ème</sup> JAR. Sur ces 7 séries, 4 présentent des différences très hautement significatives et 3 (56<sup>ème</sup>, 90<sup>ème</sup> et 98<sup>ème</sup> JAR) des différences hautement significatives.

Sur l'ensemble de ces 7 séries d'observation, la dose N2 (90 unités d'azote) ne diffère pas significativement de la dose N3 (120 unités) d'azote. En plus, dans 5 séries sur 7, par ordre d'importance, la dose N3 se classe en tête suivie de la dose N2. Dans les deux autres séries, la dose N2 vient en tête suivi de la dose N3. Le nombre maximum moyen de talles est enregistré au 70<sup>ème</sup> JAR quelle que soit la dose d'azote considérée, avec 325,69 talles; 305,56 talles et 251,81 talles respectivement pour les doses N3, N2 et N1 d'azote.

Pour la moyenne générale de talles (tableau III a.), la différence est très hautement significative entre les doses d'azote. Cette moyenne est d'autant plus importante que la dose d'azote est plus élevée avec 267,72 talles, 255,98 talles et 229,77 talles respectivement pour N3, N2 et N1.

#### *- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

Les courbes de la figure 3 b. sont très nettes et distinctes. Elles sont plus élevées selon que l'écartement entre les plants est plus grand. Les courbes des écartements D2 (25 cm x 12,5 cm soit 320.000 touffes par ha) et D4 (20 cm x 10 cm soit 500.000 touffes par ha) affichent de légers plateaux entre le 28<sup>ème</sup> et le 98<sup>ème</sup> JAR. L'évolution du nombre moyen de talles est progressive pendant la phase végétative pour l'écartement D1 (25 cm x 25 cm soit 160.000 touffes par ha). Un léger plateau de la courbe D1 est observée au cours de la phase reproductive (entre le 42<sup>ème</sup> et le 63<sup>ème</sup> JAR). La courbe D3 (20 cm x 20 cm soit 250.000 touffes par ha) présente une constance à partir d'une semaine du début de l'initiation paniculaire jusqu'à la fin de la phase reproductive (entre le 28<sup>ème</sup> et le 63<sup>ème</sup> JAR). Les courbes D1 et D3 présentent la même évolution à partir du début de l'initiation paniculaire jusqu'à la fin du cycle de développement du riz (entre le 35<sup>ème</sup> et 98<sup>ème</sup> JAR). Leurs pics respectifs se situent dans la phase de maturation (70<sup>ème</sup> JAR). Elles présentent une évolution presque constante à partir du 77<sup>ème</sup> jusqu'au 98<sup>ème</sup> JAR.

**Tableau III a:** Evolution du nombre moyen de talles en fonction des doses d'azote (20 touffes examinées)

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)												Moyenne générale
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90	98	
<b>Fumure azotée</b>													
<i>(kg/ha)</i>													
<b>N1 (60 N)</b>	183,81	245,75	260,94	234,75	219,75 B	225,62 B	214,19 B	251,81 B	224,06	225,31 B	237,75 B	233,50 B	229,77 C
<b>N2 (90 N)</b>	194,12	258,69	279,00	246,00	263,56 A	245,06 AB	259,62 A	305,56 A	242,94	260,00 A	253,12 AB	264,06 A	255,98 B
<b>N3 (120 N)</b>	207,87	278,75	280,25	261,44	262,56 A	275,31 A	273,94 A	325,69 A	252,50	260,44 A	277,00 A	256,94 A	267,72 A
<b>Probabilité</b>	0,18748	0,06258	0,31875	0,08576	< 0,00001	0,00194	< 0,00001	0,00078	0,09528	0,00075	0,00470	0,00479	< 0,00001
<b>S. de signification</b>	NS	NS	NS	NS	THS	HS	THS	THS	NS	THS	HS	HS	THS
					1%	1%	1%	1%		1%	1%	1%	1%

N.B.: Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité spécifié.

**Tableau III b:** Evolution du nombre moyen de talles en fonction des écartements entre les plants de riz (20 touffes examinées)

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)												Moyenne générale
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90	98	
<b>Ecartements</b>													
<b>D1 (25 cm x 25 cm)</b>	230,75 A	330,58 A	386,92 A	345,00 A	351,17 A	356,50 A	343,08 A	467,92 A	343,75 A	358,92 A	363,00 A	375,42 A	354,42 A
<b>D2 (25 cm x 12,5 cm)</b>	175,42 BC	243,50 B	248,67 B	217,25 C	215,67 C	221,92 B	227,42 C	225,75 C	200,42 C	215,50 C	213,75 C	214,50 C	218,31 C
<b>D3 (20 cm x 20 cm)</b>	211,58 A	279,83 B	276,75 B	262,08 B	255,42 B	253,33 B	262,33 B	317,33 B	255,92 B	256,25 B	267,17 B	255,17 B	262,76 B
<b>D4 (20 cm x 10 cm)</b>	163,33 C	190,33 C	181,25 C	165,25 D	172,25 D	162,92 C	164,17 D	166,42 D	159,25 D	163,67 D	179,92 C	160,92 D	169,14 D
<b>Probabilité</b>	0,00019	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001
<b>S. de signification</b>	THS	THS	THS	THS	THS	THS	THS	THS	THS	THS	THS	THS	THS
	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

N.B.: Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité spécifié.

**Tableau III c:** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants de riz pour le nombre moyen de talles (20 talles examinées)

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)												Moyenne générale
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90	98	
<b>Interaction (N x D)</b>													
<b>Probabilité</b>	0,84607	0,59831	0,36412	0,18922	0,03004	0,86379	0,27098	0,09934	0,55233	0,00997	0,61206	0,29206	< 0,00001
<b>S. de signification</b>	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	HS	NS	NS	THS
					5%					1%			1%

Le tableau III b. montre des différences très hautement significatives entre les écartements sur l'ensemble des 12 séries d'observation. Le nombre moyen de talles est plus important selon que l'écartement est grand. Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, par ordre d'importance, nous observons le classement suivant: D1, D3, D2 et D4. Le maximum de talles est enregistré tôt dans la saison selon que l'écartement est faible: dans le traitement D4, le maximum (190,33 talles) est obtenu au 28<sup>ème</sup> JAR et à l'initiation paniculaire (35<sup>ème</sup> JAR) pour l'écartement D2 (248,67 talles). Par contre, pour les écartements D1 et D3, le maximum de talles (respectivement 467,92 talles et 317,33 talles) est enregistré pendant la phase de maturation (70 JAR). Dans 7 séries sur 12, tous les écartements sont significativement différents tandis que dans 3 séries sur 12, les écartements D2 et D3 ne sont pas statistiquement différents. Les écartements D2 et D4 ne présentent pas de différence significative dans 2 séries sur 12. Et enfin dans une seule série sur 12, aucune différence significative n'est enregistrée entre les écartements D1 et D3.

Pour la moyenne générale de talles (tableau III b.), la différence est également très hautement significative. Plus l'écartement est faible, moins le nombre de talles est important. Cette moyenne générale est de 354,42 talles; 262,76 talles; 218,31 talles et 169,14 talles respectivement pour les écartements D1, D3, D2 et D4.

#### *- Interaction entre les traitements principaux et les traitements secondaires*

Le tableau IV présente des interactions significatives entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le nombre moyen de talles aux 49<sup>ème</sup> et 84<sup>ème</sup> JAR. L'interaction significative est observée 15 jours après le début de l'initiation paniculaire (49<sup>ème</sup> JAR) et pendant la phase de maturation (84<sup>ème</sup> JAR) (tableau IV). Sur ces deux séries d'observation, une combinaison de l'azote avec l'écartement D1 induit un tallage plus important par rapport aux autres écartements. En effet, pour ces deux séries d'observation, l'interaction N2 x D1 se classe en tête suivie respectivement de N3 x D1 et de N1 x D1. Les interactions N2 x D1 et N3 x D1 ne sont pas significativement différentes entre elles. A 84 JAR (tableau IV), le nombre de talles est plus élevé selon que l'écartement entre les plants au repiquage est plus grand. L'interaction N2 x D1 procure le nombre moyen de talles le plus élevé aux 49<sup>ème</sup> (392,50 talles) et 84<sup>ème</sup> JAR (404,25 talles). N1 x D4 induit le nombre moyen de talles le plus faible (148,75 talles au 49<sup>ème</sup> JAR et 144 talles au 84<sup>ème</sup> JAR).

**Tableau IV:** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants  
Pour le nombre moyen de talles

<i>49 jours après le repiquage</i>			<i>84 jours après le repiquage</i>		
<i>Traitements</i>	<i>Nombre De talles</i>	<i>Homogénéité</i>	<i>Traitements</i>	<i>Nombre de talles</i>	<i>Homogénéité</i>
<i>N2 x D1</i>	392,50	A	<i>N2 x D1</i>	404,25	A
<i>N3 x D1</i>	358,25	AB	<i>N3 x D1</i>	368,50	A
<i>N1 x D1</i>	302,75	BC	<i>N1 x D1</i>	304,00	B
<i>N2 x D3</i>	267,50	CD	<i>N3 x D3</i>	282,75	BC
<i>N3 x D3</i>	257,25	CD	<i>N2 x D3</i>	249,00	BCD
<i>N3 x D2</i>	243,75	CD	<i>N1 x D3</i>	237,00	BCD
<i>N1 x D3</i>	241,50	CD	<i>N3 x D2</i>	220,00	CDE
<i>N2 x D2</i>	217,25	CDE	<i>N1 x D2</i>	216,25	CDE
<i>N3 x D4</i>	191,00	DE	<i>N2 x D2</i>	210,25	CDE
<i>N1 x D2</i>	186,00	DE	<i>N2 x D4</i>	176,50	DE
<i>N2 x D4</i>	177,00	DE	<i>N3 x D4</i>	170,50	DE
<i>N1 x D4</i>	148,75	E	<i>N1 x D4</i>	144,00	E
<i>Probabilité</i>		0,03004	<i>Probabilité</i>		0,00997
<i>S. signification</i>		S	<i>S. signification</i>		HS
		5%			1%

N.B.: Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité spécifié.

*b. Evolution de la hauteur moyenne de talles par touffe*

**- Traitements principaux (Doses d'azote)**

L'évolution de la croissance des plants de riz en hauteur peut être subdivisée en trois phases: faible croissance, croissance rapide et croissance ralentie (figure 4a.). La faible croissance est observée du début de nos observations (21 ème JAR) jusqu'à une semaine après le début du stade de l'initiation paniculaire (42 ème JAR), quelle que soit la dose

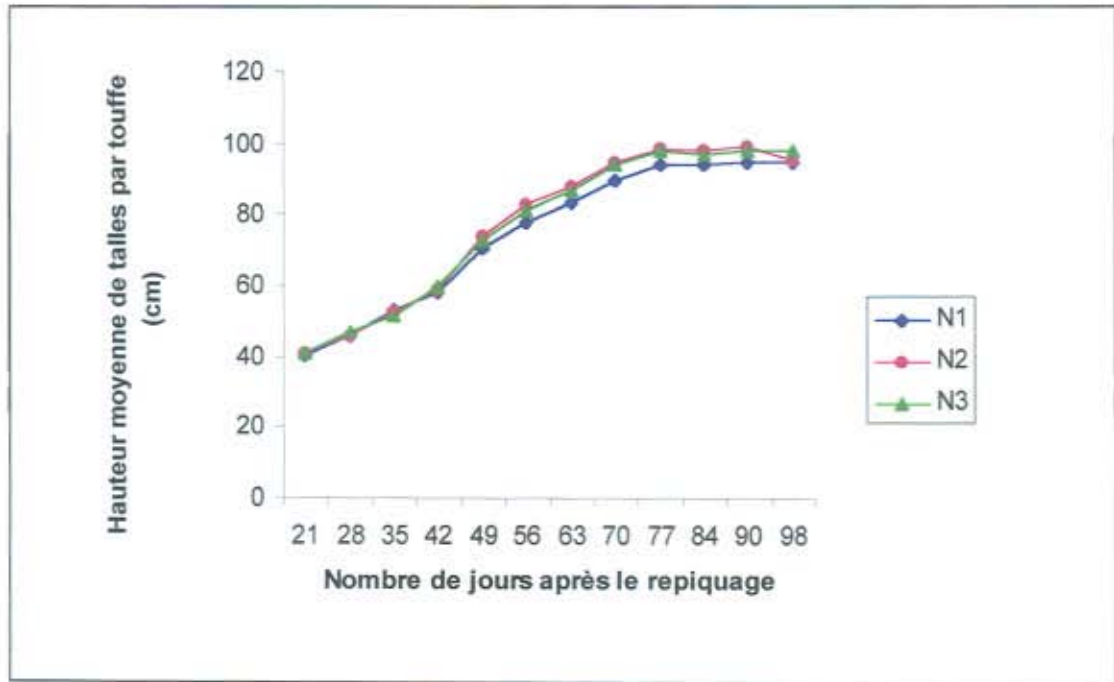


Figure 4 a: Evolution de la hauteur moyenne de talles en fonction de la dose d'azote

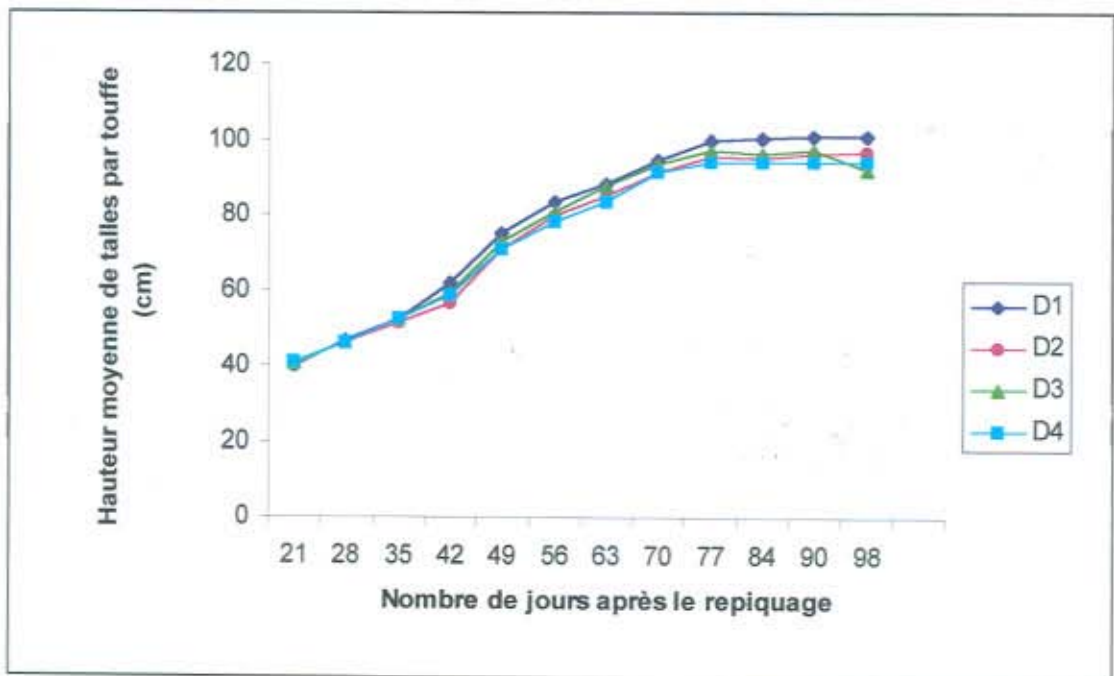


Figure 4 b: Evolution de la hauteur moyenne de talles en fonction de l'écartement entre les plants

d'azote considérée. La croissance rapide est enregistrée pendant toute la phase reproductive jusqu'à deux semaines après le début de la phase de maturation (entre le 42<sup>ème</sup> et le 77<sup>ème</sup> JAR). La croissance est ralentie durant le reste de la phase de maturation. La courbe de la dose N1 est légèrement inférieure aux courbes des doses N2 et N3, pendant la phase reproductive et la phase de maturation (entre le 42<sup>ème</sup> et le 98<sup>ème</sup> JAR).

L'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les doses d'azote dans 7 séries sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées (tableau V a.). Ces différences apparaissent 15 jours après le début de l'initiation paniculaire (49<sup>ème</sup> JAR) et disparaissent à partir du 90<sup>ème</sup> JAR. Sur l'ensemble de ces 7 séries, c'est la dose N2 qui affiche une hauteur plus importante mais ne diffère pas significativement de la dose N3. La hauteur maximale est obtenue au 90<sup>ème</sup> JAR quelle que soit la dose d'azote considérée. A cette date, la plus faible hauteur moyenne (94,54 cm) est enregistrée pour la dose N1. La plus importante hauteur (99,21 cm) est obtenue avec la dose N2.

L'analyse de régression linéaire simple de la hauteur moyenne de talles sur le nombre moyen de talles produites montre une faible association positive entre ces deux variables (tableau VII a.). Elle suggère que le nombre de talles n'a pas d'effet significatif sur la croissance des plants en hauteur pour les doses N1 et N2 ( $P > 0,05$  avec  $R^2$  respectifs de 0,113 et 0,202). Par contre, l'effet est significatif pour la dose N3 ( $P = 0,0029$ ;  $R^2 = 0,395$ ). Ceci indique un faible effet positif exprimé par le nombre de talles produites sur la croissance de talles en hauteur.

#### *- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

D'une manière générale, l'évolution de la hauteur moyenne des plants pour les écartements entre les plants présente la même allure que l'évolution observée pour les doses d'azote (figure 4b). L'écartement D1 présente la plus importante hauteur moyenne à partir du 28<sup>ème</sup> JAR jusqu'à la fin du cycle de développement de la plante.

L'analyse de variance révèle des différences significatives dans 6 séries sur 12 (tableau V b.). Ces différences sont enregistrées entre le 49<sup>ème</sup> et le 90<sup>ème</sup> JAR. Dans ces 6 séries, les écartements D1 et D4 diffèrent significativement. A l'exception de la série du 49<sup>ème</sup> JAR, les hauteurs observées avec l'écartement D1 ne sont pas significativement différentes de celles des écartements D2 et D3. Il en est de même pour les écartements D2, D3 et D4





pour le 49<sup>ème</sup> JAR et pour la période comprise entre le 77<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> JAR. La hauteur moyenne la plus importante (101,03 cm) est obtenue avec l'écartement D1 au 90<sup>ème</sup> JAR.

La régression linéaire simple de la hauteur moyenne de talles sur le nombre moyen de talles suggère une importante association positive et hautement significative (équation  $R^2 = 0,608$ ;  $P = 0,0028$ ) entre ces variables pour l'écartement D1 (tableau VII b.). La production de talles affecte positivement la croissance en hauteur de celles-ci. Par contre, l'analyse nous montre une faible association positive et non significative ( $P > 0,05$ ) pour les écartements D2 ( $R^2 = 0,0002$ ) et D3 ( $R^2 = 0,211$ ). L'association est négative et non significative ( $P > 0,05$ ;  $R^2 = 0,207$ ; coefficient de régression = -1,557) pour l'écartement D4. Avec cet écartement, l'augmentation du nombre de talles a comme conséquence, la réduction de la croissance de talles en hauteur.

L'analyse de variance n'a pas révélé une interaction significative entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour la hauteur moyenne des plants (tableau Vc.).

#### *c. Evolution du nombre moyen de feuilles par talle*

##### *- Traitements principaux (Doses d'azote)*

L'évolution du nombre moyen de feuilles comprend deux phases, quelle que soit la dose d'azote considérée (figure 5a): une phase de croissance et une phase de décroissance. D'une manière générale, les courbes sont presque totalement confondues sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées. On observe une croissance rapide au cours de la phase végétative et reproductive du riz. Cette croissance s'arrête une semaine après le début de la phase de maturation (70<sup>ème</sup> JAR), pour toutes les doses d'azote. La décroissance débute après les pics situés au 70<sup>ème</sup> JAR. Elle persiste pour toutes les doses d'azote jusqu'à la fin du cycle de développement du riz.

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, on enregistre une seule série présentant des différences significatives entre les doses d'azote (tableau VI a.). Il s'agit de celle réalisée au 42<sup>ème</sup> JAR. La dose N2 diffère significativement de la dose N1 avec un nombre moyen de 4,432 feuilles par talle contre 4,283 à la N2. Sur l'ensemble de nos observations, le nombre moyen de feuilles par touffe varie entre 3,147 feuilles (N3 au 21<sup>ème</sup> JAR) et 5,634 feuilles (N2 au 70<sup>ème</sup> JAR).

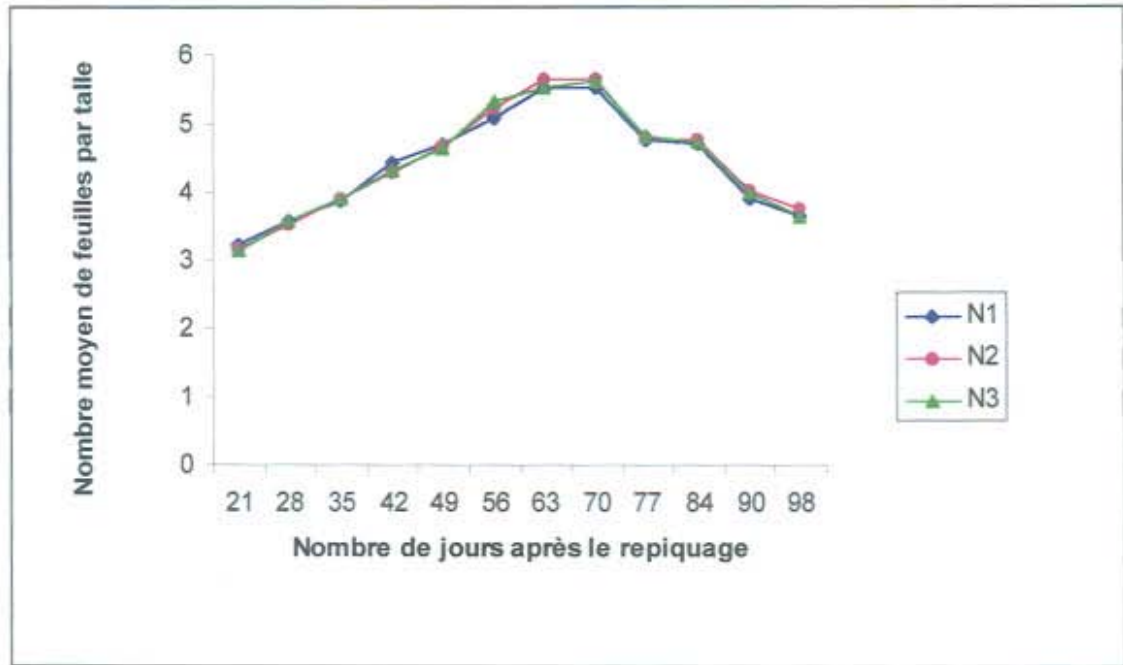


Figure 5 a: Evolution du nombre moyen de feuilles en fonction de la dose d'azote

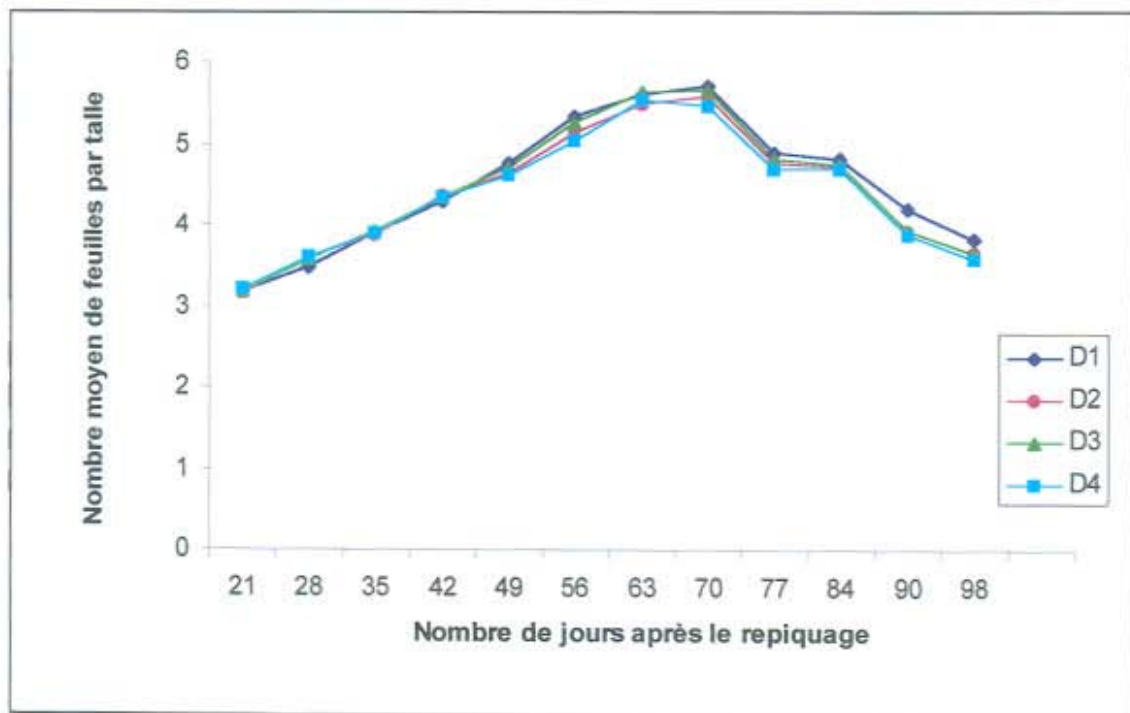


Figure 5 b: Evolution du nombre moyen de feuilles en fonction de l'écartement entre les plants

*- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

La figure 5 b. illustre l'évolution du nombre moyen de feuilles selon l'écartement entre les plants. Elle présente la même allure que la figure 5 a. L'évolution est progressive du 21<sup>ème</sup> JAR jusqu'au 70<sup>ème</sup> JAR, quel que soit l'écartement considéré. La décroissance est observée à partir du 77<sup>ème</sup> JAR pour tous les écartements. Pendant cette décroissance, la courbe de l'écartement D1 est légèrement supérieure à celles des autres courbes.

L'analyse de la variance révèle une différence significative aux 28<sup>ème</sup>, 56<sup>ème</sup> et à partir du 70<sup>ème</sup> JAR jusqu'à la fin du cycle de la plante (98<sup>ème</sup> JAR) (tableau VI b.). Sur l'ensemble des séries d'observation, cette analyse de variance montre que l'écartement D4 est significativement différente de l'écartement D1. Celle-ci forme un groupe homogène avec les écartements D2 et D3 au 56<sup>ème</sup> JAR et au cours de la phase de maturation. En général, plus l'écartement entre les plants est grand, plus le nombre moyen de feuilles est élevé. Ce nombre moyen varie entre 3,155 feuilles (D2 au 21<sup>ème</sup> JAR) et 5,692 feuilles (D1 au 70<sup>ème</sup> JAR).

L'analyse de variance n'a pas révélé d'interactions significatives entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour cette variable (tableau VI c.).

Tableau VII a: Analyse de régression linéaire simple entre les variables étudiées en fonction des doses d'azote

Variables indépendantes	Variables dépendantes	N1					N2					N3				
		b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>
% de galles	% de panicules	-0,101	57,173	1,442	0,2575	0,126	0,094	57,303	1,692	0,2226	0,145	0,080	57,220	1,448	0,2565	0,127
	Hauteur (cm)	2,066	53,006	59,210	<0,0001	0,856	1,959	52,563	64,314	<0,0001	0,865	1,755	52,875	56,464	<0,0001	0,850
Nbre de larves	Nbre LP	0,032	0,012	2,153	0,1731	0,177	0,003	0,164	0,026	0,8759	0,003	0,001	0,105	0,011	0,9196	0,001
Nbre de pupes	Nbre de PP	0,552	-0,701	47,570	<0,0001	0,826	0,611	-1,007	51,800	<0,0001	0,838	0,579	-0,959	34,893	0,0001	0,777
Nbre de talles*	Nbre de galles	0,164	-13,384	0,230	0,6417	0,023	0,565	-110,996	3,355	0,0969	0,251	0,658	-137,398	3,611	0,0866	0,265
Nbre de talles**	Nbre de larves	0,129	-48,270	3,315	0,0986	0,249	0,179	-8,540	7,318	0,0221	0,423	0,188	-8,844	3,698	0,0834	0,270
	Nbre de pupes	0,317	-15,408	6,372	0,0302	0,389	0,330	-18,868	8,468	0,0156	0,459	0,331	-18,418	5,796	0,0368	0,367
Nbre de talles***	Hauteur (cm)	0,687	-13,592	1,277	0,2848	0,113	0,810	-40,644	2,528	0,1429	0,202	0,993	-79,818	6,518	0,0029	0,395

Tableau VII b: Analyse de régression linéaire simple entre les variables étudiées en fonction des écartements entre les plants de riz

Variables indépendantes	Variables dépendantes	D1					D2					D3					D4				
		b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>
% de galles	% de panicules	0,090	57,187	1,490	0,2502	0,130	0,089	57,190	1,438	0,2581	0,126	-0,096	57,279	1,693	0,2224	0,145	-0,089	57,287	1,513	2,4690	0,131
	Hauteur (cm)	2,025	54,704	56,493	<0,0001	0,850	1,898	52,453	52,561	<0,0001	0,840	1,937	52,946	63,119	<0,0001	0,863	1,811	51,203	67,980	<0,0001	0,872
Nbre de larves	Nbre LP	0,012	0,108	0,470	0,5084	0,045	0,004	0,097	0,032	0,8608	0,003	0,020	0,040	1,549	0,2417	0,134	0,004	0,100	0,055	0,8186	0,006
Nbre de pupes	Nbre de PP	0,502	-0,844	24,599	0,0006	0,711	0,626	-0,819	64,079	<0,0001	0,865	0,609	-1,102	54,431	<0,0001	0,849	0,604	-0,720	32,356	0,0002	0,764
Nbre de talles*	Nbre de galles	0,496	-129,589	6,175	0,0323	0,382	0,061	40,170	0,025	0,8780	0,002	0,575	-117,876	2,799	0,1253	0,219	-0,659	133,982	1,426	0,2600	0,125
Nbre de talles**	Nbre de larves	0,222	-13,743	10,736	0,0083	0,518	0,176	-7,487	4,199	0,0676	0,296	0,177	-8,618	4,012	0,0730	0,286	0,044	0,943	0,201	0,6634	0,020
	Nbre de pupes	0,324	-22,151	12,933	0,0049	0,564	0,232	-10,023	2,323	0,1585	0,189	0,447	-27,197	10,972	0,0078	0,523	0,244	-9,002	2,527	1,4300	0,202
Nbre de talles***	Hauteur (cm)	0,671	-53,629	15,492	0,0028	0,608	0,032	71,431	0,002	0,9634	0,000	0,830	-48,590	2,676	1,3290	0,211	-1,557	231,596	2,609	0,1373	0,207

b : Coefficient de régression

a : Coefficient d'interception

Nbre de larves : Nombre de larves

Nbre de pupes : Nombre de pupes

Nbre LP : Nombre de larves parasitées

Nbre de PP : Nombre de pupes parasitées

Nbre de talles\* : Nombre de talles de 20 touffes d'observations entomologiques

Nbre de talles\*\* : Nombre de talles de 5 touffes dissequées

Nbre de talles\*\*\* : Nombre de talles de 10 touffes d'observations agronomiques

F : Valeur de F testant l'hypothèse nulle

P : Probabilité de signification de F

R<sup>2</sup> : Proportion de variation exprimée par la variable

### II.1.2. Discussion et conclusion

L'azote et l'écartement de semis sont deux facteurs importants déterminant la capacité de tallage du riz. CELTON et coll. (1965) estiment que le tallage moyen de la culture est fonction de plusieurs éléments, entre autres: la capacité de tallage de la variété, la fertilité du sol, les conditions de climat et celles de culture en particulier (les écartements des plants, l'âge de plants d'une touffe et le contrôle de l'irrigation).

L'azote représente le quatrième élément le plus abondant dans les plantes après le carbone, l'hydrogène et l'oxygène. Il est très important pour la culture du riz car il stimule la croissance rapide ou l'augmentation de la hauteur et le nombre de talles (TANAKA *et al.*, 1964; VERGARE *et al.*, 1966; FAGADE & DE DATTA, 1971; ADRAO, 1995). Ceci pourrait expliquer le nombre plus important de talles que nous avons enregistré aux doses de fumure azotée les plus élevées. MATSUO (1964) rapporte des observations similaires. Les différences significatives qui commencent à apparaître entre les doses d'azote à 15 jours après le début du stade de l'initiation paniculaire seraient dues à une importante fraction d'azote que nous avons apportée à ce stade (au 34<sup>ème</sup> JAR). Celle-ci aurait permis à la plante d'exprimer sa capacité de tallage liée à la nutrition azotée. Les doses N2 et N3 d'azote ne diffèrent pas statistiquement en nombre moyen de talles. Ce qui nous permet de dire que la différence de 30 kg d'azote par hectare entre les doses N2 (90 N) et N3 (120 N) n'a eu aucun effet significatif sur la production de talles. La décroissance observée à la fin de la phase reproductive du riz est le résultat d'une dégénérescence des talles moins compétitives pour les éléments minéraux et pour la lumière.

Les différences très hautement significatives révélées par l'analyse de variance sur l'ensemble des 12 séries d'observations expriment une très nette distinction au niveau du tallage entre les 4 différents écartements quel que soit le stade phénologique de la culture. Sur toutes les 12 séries d'observation, le nombre de talles est proportionnel à l'écartement entre les plants au repiquage; autrement dit, l'écartement D1 (25 cm x 25 cm soit 160.000 touffes/ha) induit le meilleur tallage; il est suivi respectivement de l'écartement D3 (20 cm x 20 cm soit 250.000 touffes/ha); D2 (25 cm x 12,5 cm soit 320.000 touffes/ha) et D4 (20 cm x 10 cm soit 500.000 touffes/ha). Les écartements très rapprochés induisent une forte concurrence entre les plants pour la lumière et les éléments nutritifs au niveau du sol (MATSUO, 1964). Ceci pourrait expliquer l'important nombre de talles enregistré tout au

long de nos séries d'observation. Nos résultats confirment aussi ceux obtenus par FAGADE & DE DATTA (1971) dans leur étude sur la surface foliaire, la capacité de tallage et le rendement en grain du riz tropical en relation avec la densité des plants et la dose d'azote. Aux Philippines, NGUU & DE DATTA (1979) ont observé (avec des variétés IR 36 et IR 26 de riz) un maximum de talles à environ 30 JAR et au stade floraison, respectivement pour les écartements rapprochés (15 cm x 10 cm soit environ 666.666 touffes/ha) et les grands écartements (30 cm x 15 cm soit environ 222.222 touffes/ha). Leurs observations montrent qu'avec un faible écartement entre les plants, le maximum de talles est atteint tôt pendant la phase végétative. Par contre, avec un grand écartement, le maximum de talles est enregistré vers le stade floraison. Ces observations concordent avec les nôtres pour les grands écartements D1, D3 et des faibles écartements D2, D4. Ceci pourrait résulter du fait qu'avec les faibles écartements entre les plants, des espaces vides entre les touffes sont vite comblés et l'émission de nouvelles talles est très réduite. En conséquence, une compétition entre les plants s'installe et il s'en suit une dégénérescence des talles moins compétitives.

Nous avons enregistré le nombre maximum de talles au 70<sup>ème</sup> JAR, avec la plus forte dose d'azote et avec le plus grand écartement. C'est à cette même date que les plus forts taux moyens de larves d'*O. oryzivora* ont été enregistrés pour les doses d'azote (3,52 %; 3,22 % et 3,07 % pour respectivement N3; N2 et N1) et pour l'écartement D1 (3,60 %). Ainsi donc, le nombre maximum de talles enregistré à cette date pourrait s'expliquer par l'incidence de la cécidomyie africaine du riz qui induirait la production de talles supplémentaires pour compenser celles infestées par cet insecte. Ces observations coïncident avec celles rapportées par AKINSOLA & AGYEN-SAMPONG (1984) sur cette même espèce et celles rapportées par de nombreux autres auteurs, notamment ISRAEL et coll. (1959), ISRAEL & PRAKASA RAO (1965), SAMALO et coll. (1983), PATNAIK & SATHPATHY (1983) sur la cécidomyie asiatique du riz *O. oryzae*. Les variations en nombre de talles enregistrées tout au long de nos séries d'observation quels que soient la dose d'azote et l'écartement considérés, résulteraient, en plus de ce qui précède, de l'émission continue de nouvelles talles pendant la phase végétative du riz.

Nous avons observé une interaction significative entre les doses d'azote et les différents écartements entre les plants pour le nombre de talles pendant la phase reproductive et la phase de maturation du riz. Nos résultats montrent que quelle que soit la dose d'azote considérée, l'interaction avec l'écartement D1 (25 cm x 25 cm) donne le plus important nombre de talles. En outre, l'interaction entre la plus faible dose d'azote (60 N) et le plus

faible écartement (D4 = 20 cm x 10 cm) induit le plus faible tallage. Ceci traduit le fait que l'effet de l'azote sur la production de talles est influencé par l'écartement entre les plants. En effet, une bonne combinaison de la fumure azotée et de l'écartement entre les plants met la culture dans des conditions favorables pour sa croissance. Ceci se manifeste par une capacité de tallage de riz plus élevée.

BULLEN & LESSELLS (1957) estiment que le niveau de fumure azotée détermine la croissance des cultures céréalières et modifie la hauteur des plants. Nos résultats montrent que les différences significatives entre les doses d'azote pour la croissance en hauteur du riz commencent à se manifester 15 jours après le début du stade de l'initiation paniculaire. MATSUO (1964) explique qu'avec un faible niveau d'azote, la hauteur de plants augmente mais avec un faible effet sur la fertilité du riz et sur le poids de 1.000 grains. Nous avons enregistré une croissance rapide en hauteur dès le début de la phase reproductive. Ceci serait le résultat d'une stimulation de l'élongation des chaumes par l'azote.

Au regard des résultats obtenus, la hauteur des plants est importante lorsque ceux-ci sont plus espacés entre eux. MATSUO (1964) estime que lorsque la densité des plants excède un niveau optimum, la compétition entre eux pour la lumière et les éléments nutritifs au niveau du sol devient sévère. En conséquence, la croissance de la plante ralentit et le rendement en grain baisse. Ceci expliquerait les plus importantes hauteurs observées avec les plus grands écartements entre les plants.

Nos résultats montrent que la plus importante hauteur des plants est obtenue avec l'écartement D1 auquel sont associées les plus importantes populations larvaires de cécidomyie. Ce qui traduit que les infestations larvaires n'ont eu aucun effet sur la croissance en hauteur des plants. Par contre, NACRO et coll. (1996) dans leur étude sur l'estimation des pertes en rendement dues à la cécidomyie africaine du riz *O. oryzivora*, ont rapporté qu'une sévère infestation larvaire était responsable de la réduction en hauteur des plants. Ces observations concordent avec les nôtres sur les populations pupales, une semaine après le début du stade de l'initiation paniculaire. Les plus faibles hauteurs des plants ont été enregistrées avec les plus faibles écartements et les plus faibles doses d'azote.

Les feuilles jouent sur la radiation et la pénétration solaires. Elles ont une grande importance dans la photosynthèse de la plante. Nos résultats montrent qu'une forte dose d'azote induit significativement un faible nombre de feuilles.

L'espacement entre les plants est un facteur important pour leur croissance. Nous avons observé que le nombre de feuilles est d'autant plus élevé que l'écartement entre les plants est grand. Ceci pourrait se traduire par une faible concurrence entre les plants pour la lumière et les éléments nutritifs avec pour résultante, une émission de nouvelles feuilles.

## II.2. Infestations et dégâts dus à *O. oryzivora*

### II.2.1. Dynamique des populations pré-imaginale d'*O. oryzivora*

La dynamique des populations d'*O. oryzivora* concerne ici les populations pré-imaginale, c'est-à-dire les larves et les pupes. Les variations de leur abondance sont caractérisées par deux phases distinctes: une phase de croissance et une phase de décroissance.

#### a. Evolution des populations larvaires

##### - Traitements principaux (Doses d'azote)

- *La phase de croissance*: les premières populations larvaires d'*O. oryzivora* sont observées au 21<sup>ème</sup> JAR pour la dose d'azote N2 et au 28<sup>ème</sup> JAR pour les doses N1 et N3. L'évolution du taux moyen de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora* affiche une croissance nette quelle que soit la dose d'azote considérée (figure 6a.). Pour la dose N1, les populations larvaires augmentent durant la phase végétative et la phase reproductive de la plante (entre le 28<sup>ème</sup> et le 63<sup>ème</sup> JAR). Pour les doses N2 et N3, cet accroissement est prolongé d'une semaine dans la phase de maturation (jusqu'au 70<sup>ème</sup> JAR). Des pics sont observés aux 63<sup>ème</sup> et 70<sup>ème</sup> JAR respectivement pour la dose N1 et les doses N2, N3.

Par ailleurs, le tableau VIII a. montre que l'analyse de variance a révélé une différence significative entre les doses d'azote seulement au 56<sup>ème</sup> JAR. A cette date, le taux moyen de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora* est proportionnel à la dose d'azote.

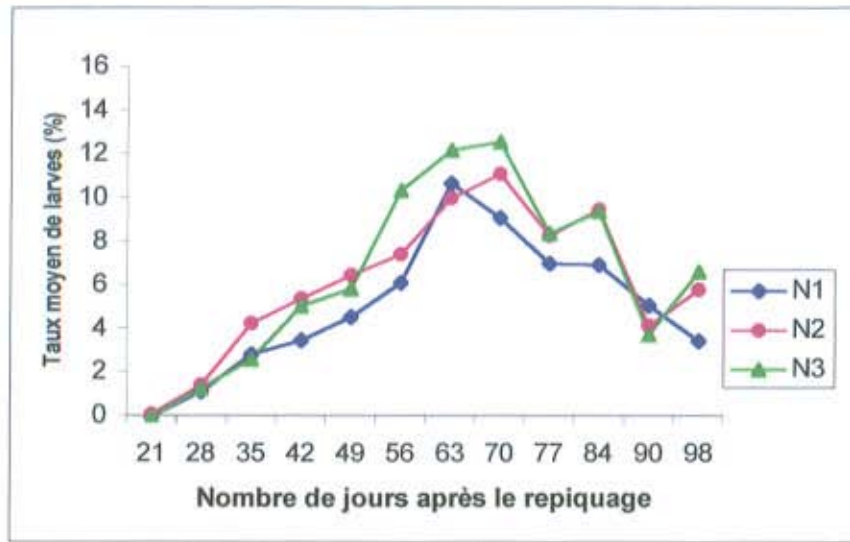


Figure 6 a: Evolution du taux moyen de tiges infestées par les larves d'*O. oryzivora* en fonction de la dose d'azote

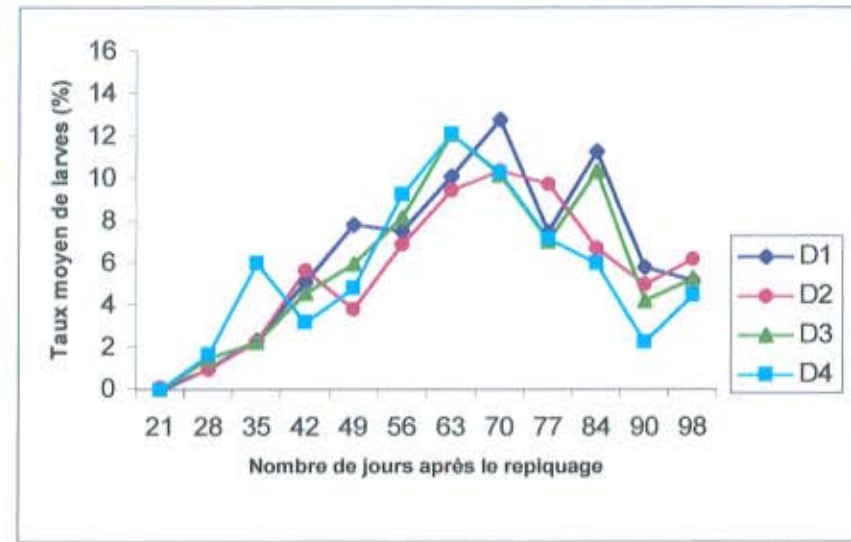


Figure 6 b: Evolution du taux moyen de tiges infestées par les larves d'*O. oryzivora* en fonction de l'écartement entre les plants

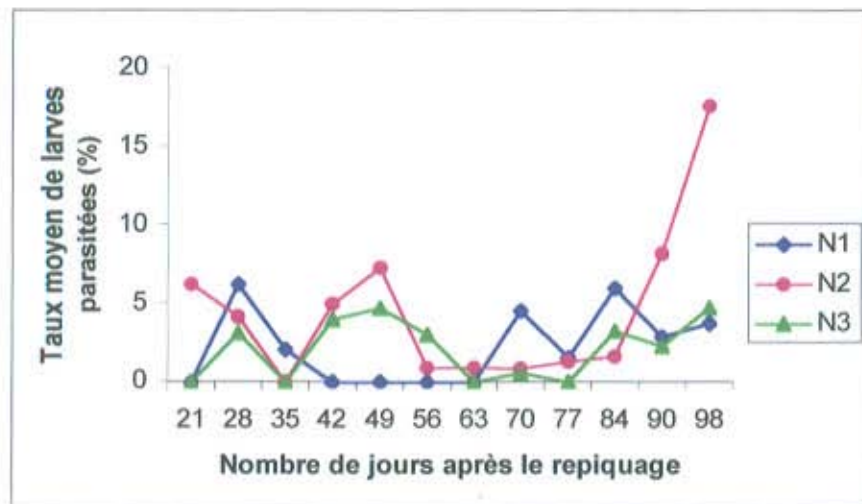


Figure 7 a: Evolution du taux moyen de larves d'*O. oryzivora* parasitées par *P. diplosisae* en fonction de la dose d'azote

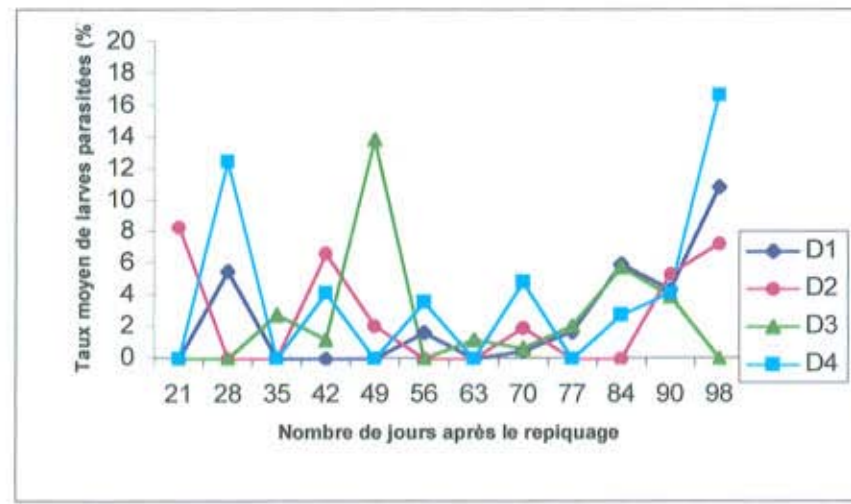


Figure 7 b: Evolution du taux moyen de larves d'*O. oryzivora* parasitées par *P. diplosisae* en fonction de l'écartement entre les plants

La dose N3 avec 3,19 % de talles infestées diffère significativement de la dose N1 qui n'enregistre que 2,53 %. Celle-ci n'est pas significativement différente de la dose N2 (2,65 %).

- *La phase de décroissance*: la décroissance du taux moyen de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora* débute avec la phase de maturation de la plante et elle est plus ou moins nette chez la dose N1 (figure 6a.). Les doses N2 et N3 d'azote affichent une même évolution au cours de cette phase de décroissance. En effet, on observe une légère gradation des populations larvaires au 84<sup>ème</sup> et au 98<sup>ème</sup> JAR.

L'analyse de variance révèle une différence hautement significative entre les doses d'azote pour la moyenne générale du taux de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora*. Plus la dose d'azote est élevée, plus le taux de talles infestées est important. Sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées, le taux moyen d'infestations larvaires varie entre 0,71 % (pour les doses N1 et N3 au 21<sup>ème</sup> JAR) et 3,52 % (pour la dose N3 au 70<sup>ème</sup> JAR).

L'analyse de régression linéaire simple du nombre moyen de larves sur le nombre moyen de talles révèle une association ( $R^2 = 0,249$  pour N1 et  $R^2 = 0,270$  pour N3) non significative ( $P > 0,05$ ) de ces variables, pour les doses N1 et N3 d'azote (tableau VII a.). Par contre, l'analyse révèle une association significative ( $P = 0,0221$ ;  $R^2 = 0,423$ ) entre ces variables pour la dose N2. Ce qui suggère que le nombre de larves est corrélé positivement et significativement avec la production de talles.

#### - *Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

- *La phase de croissance*: les premières populations larvaires sont enregistrées aux 21<sup>ème</sup> et 28<sup>ème</sup> JAR, respectivement pour les écartements D2 et D1, D3, D4. D'une manière générale, les populations larvaires croissent progressivement pour tous les écartements. Pour l'écartement D3, la population larvaire affiche une nette croissance durant la phase végétative et la phase reproductive du riz (jusqu'au 63<sup>ème</sup> JAR) (figure 6b.). Pour les écartements D4, D2 et D1, cette phase de croissance est marquée par une dégradation des populations larvaires respectivement aux 42<sup>ème</sup>, 49<sup>ème</sup> et 56<sup>ème</sup> JAR. Leurs pics respectifs sont observés 63<sup>ème</sup> JAR et 70<sup>ème</sup> JAR.

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, les écartements diffèrent significativement seulement dans 2 séries: au 49<sup>ème</sup> et au 84<sup>ème</sup> JAR (tableau VIIIb). Au 49<sup>ème</sup> JAR, D1 et D3 ne sont pas significativement différents. Les écartements D2, D3 et D4 forment également



un groupe homogène. A cette date, le nombre de larves enregistré est proportionnel aux écartements entre les plants. Ainsi, on obtient 2,86 % pour D1 et 2,01 % pour D2.

- *La phase de décroissance*: elle débute avec la phase de maturation du riz pour D3 et D4 (63<sup>ème</sup> JAR). Pour les autres écartements, elle commence une semaine après (70<sup>ème</sup> JAR). Elle s'achève au 98<sup>ème</sup> JAR. Pour les écartements D2 et D4, la décroissance est plus ou moins nette jusqu'au 90<sup>ème</sup> JAR. Elle est marquée par une légère gradation de populations larvaires pour les D1 et D3 au 84<sup>ème</sup> JAR. On observe également une gradation des populations larvaires au 98<sup>ème</sup> JAR pour les écartements D2, D3 et D4.

Au 84<sup>ème</sup> JAR, D4 ne diffère pas significativement de D2. Les écartements D1, D2 et D3 forment également un groupe homogène. Pour cette série d'observation, le taux moyen de talles infestées par les larves est d'autant plus élevé que l'écartement entre les plants est grand. Nous avons enregistré le plus grand nombre de larves pour D1 (3,33 %) tandis que le plus faible nombre de larves a été obtenu pour D4 (2,27 %).

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les écartements en ce qui concerne la moyenne générale du taux de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora*. Sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées, le taux moyen de talles infestées par les larves varie entre 0,71 % (pour D1, D3 et D4 au 21<sup>ème</sup> JAR) et 3,60 % (pour D1 au 70<sup>ème</sup> JAR).

Au regard du tableau VII b., l'analyse de régression linéaire simple du nombre moyen de larves sur le nombre moyen de talles met en évidence une association positive et hautement significative ( $R^2 = 0,518$ ;  $P = 0,0083$ ) entre ces variables pour l'écartement D1. Ainsi, le nombre de larves est relié positivement au nombre de talles produites pour cet écartement. Par ailleurs, cette analyse ne révèle pas d'association significative entre ces variables pour les écartements D2, D3, et D4 ( $R^2 < 0,297$ ;  $P > 0,05$ ). Cette analyse montre que plus l'écartement est faible, plus l'association entre les deux variables est faible. Ainsi, le nombre de larves est réduit dans les écartements qui induisent le plus faible tallage.

L'interaction entre les doses d'azote et les écartements pour le taux moyen de talles infestées par les larves d'*O. oryzivora* est non significative (tableau VII c).

*b. Evolution des populations pupales**- Traitements principaux (Doses d'azote)*

- *La phase de croissance*: les premières populations pupales sont observées à partir du début du stade de l'initiation paniculaire (35<sup>ème</sup> JAR), quelle que soit la dose d'azote considérée (figure 8a.). L'évolution des populations pupales est progressive jusqu'au 90<sup>ème</sup> JAR pour les doses N1 et N3, et jusqu'au 84<sup>ème</sup> JAR pour N2. Une dégradation des populations pupales est observée une semaine après le début du stade de l'initiation paniculaire (au 42<sup>ème</sup> JAR) pour les doses N1 et N3 et au 63<sup>ème</sup> JAR pour N2. Les pics sont observés tard durant la phase de maturation (au 90<sup>ème</sup> JAR) pour les doses N1 et N3. Pour la dose N2, le pic apparaît une semaine avant ceux des autres doses (au 84<sup>ème</sup> JAR).

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, des différences significatives ont été enregistrées dans 2 séries: aux 42<sup>ème</sup> et 63<sup>ème</sup> JAR (tableau IX a.). Au 42<sup>ème</sup> JAR, seules N1 et N2 sont significativement différentes. Le plus important taux moyen de pupes (1,56 %) est enregistré pour la dose N2. Au 63<sup>ème</sup> JAR, la dose N3 diffère significativement de la dose N2 tandis que les doses N1 et N2 sont homogènes. A cette date, le taux moyen de pupes le plus élevé (3,00 %) est enregistré pour la dose N3.

- *La phase de décroissance*: elle débute tardivement (90<sup>ème</sup> JAR) pour les doses N1 et N3 et au 84<sup>ème</sup> JAR pour la dose N2; elle est moins rapide pour les autres doses d'azote.

L'analyse de variance portant sur la moyenne générale du taux de pupes ne révèle aucune différence significative entre les doses d'azote. Sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées, le taux moyen de pupes varie entre 0 % (21<sup>ème</sup> et 28<sup>ème</sup> JAR pour toutes les doses d'azote) et 4,19 % (90<sup>ème</sup> JAR pour la dose N3).

L'analyse de régression linéaire simple du nombre de pupes sur le nombre de talles met en évidence l'association positive et significative ( $P < 0,05$ ;  $R^2 > 0,367$ ) entre ces variables, quelle que soit la dose d'azote considérée (tableau VII a.). Cette analyse suggère que l'accroissement du nombre de talles induit significativement une augmentation du nombre de pupes quelle que soit la dose d'azote.

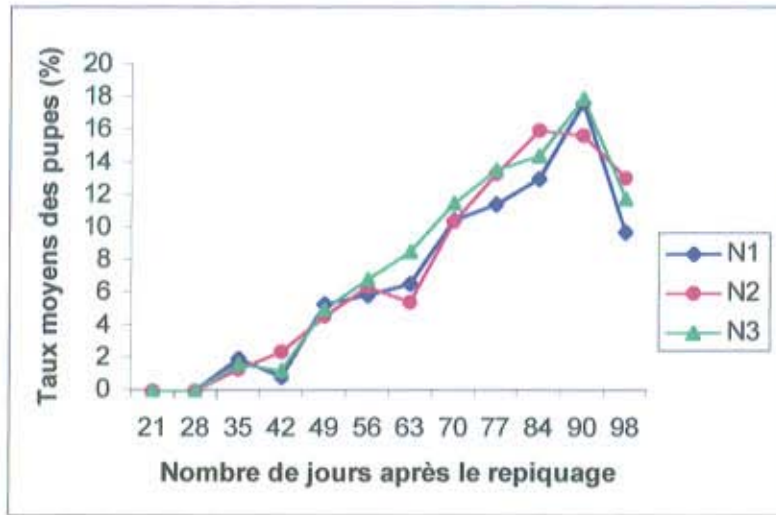


Figure 8 a: Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* en fonction de la dose d'azote

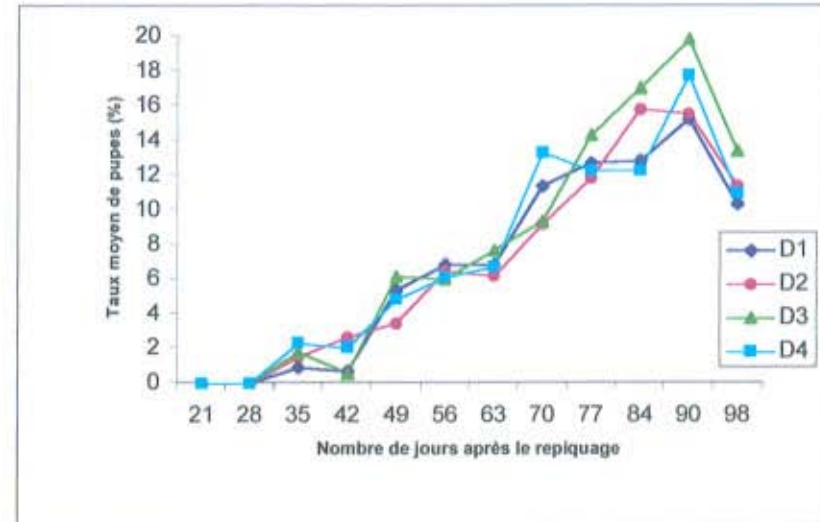


Figure 8 b: Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* en fonction de l'écartement entre les plants

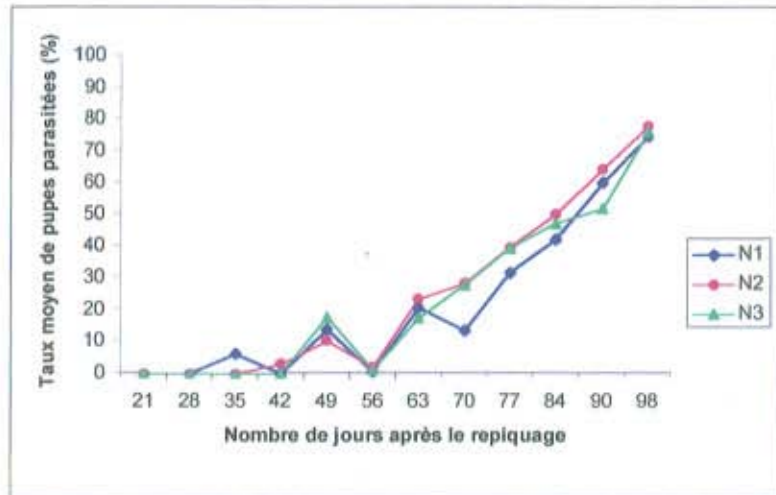


Figure 9 a: Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* parasitées par *A. procerae* en fonction de la dose d'azote

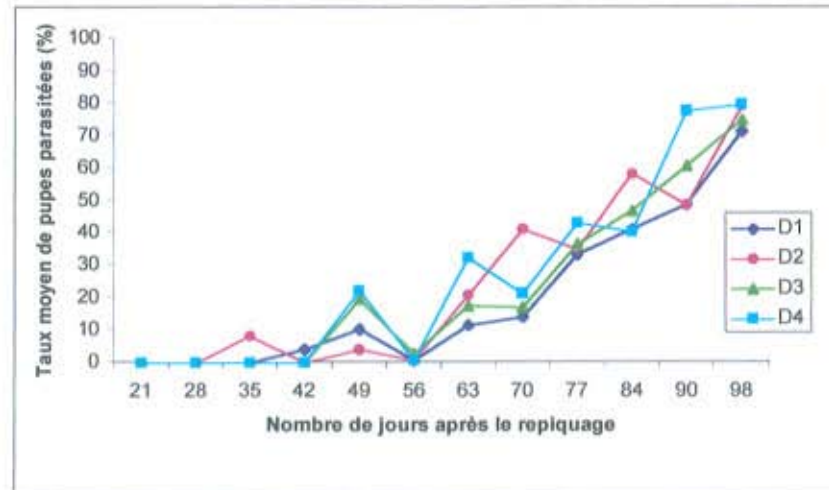


Figure 9 b: Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* parasitées par *A. procerae* en fonction de l'écartement entre les plants

- *Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

- *La croissance*: comme pour les doses d'azote, les premières populations pupales sont observées pour les écartements au début du stade de l'initiation paniculaire (35<sup>ème</sup> JAR) (figure 8b.). L'évolution de ces populations est progressive pour l'écartement D2 jusqu'à l'inflexion située dans la phase de maturation (84<sup>ème</sup> JAR). D'une manière générale, le taux moyen de pupes est aussi croissant dans les écartements D1, D3 et D4. Exceptionnellement, nous avons observé une réduction des populations pupales au 42<sup>ème</sup> et 63<sup>ème</sup> JAR, respectivement pour les écartements D1, D3, D4 et D2. En outre, au 63<sup>ème</sup> JAR, D1 a connu une réduction en taux moyen de pupes. Enfin, en plus de la décroissance observée plus haut, le traitement D4 a connu une décroissance au cours de la phase de maturation du riz.

L'analyse de variance révèle des différences significatives entre les écartements dans une série sur 12 (42<sup>ème</sup> JAR) (tableau IX b). L'écartement D2 diffère significativement de D1 et D3 mais il n'est pas significativement différent de D4.

- *La décroissance*: une décroissance tardive et relativement rapide est observée à partir du 90<sup>ème</sup> JAR pour les écartements D1, D3, D4 et au 84<sup>ème</sup> JAR pour D2 (figure 8b.).

Sur l'ensemble des 12 séries d'observations réalisées, le taux moyen de pupes varie entre 0 % (pour tous les écartements aux 21<sup>ème</sup> et 28<sup>ème</sup> JAR) et 4,44 % (pour l'écartement D3 au 90<sup>ème</sup> JAR).

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les écartements pour la moyenne générale du taux de pupes.

Les résultats d'analyse de régression linéaire simple du nombre de pupes sur le nombre de talles sont présentés dans le tableau VII b. Ils montrent une importante association positive et hautement significative entre ces variables pour les plus grands écartements c'est-à-dire pour D1 et D3 (respectivement  $P = 0,0049$ ;  $R^2 = 0,564$  et  $P = 0,0078$ ;  $R^2 = 0,523$ ). Par contre, avec les faibles écartements (D4 et D2), l'analyse révèle une faible association positive et non significative ( $P > 0,05$ ;  $R^2 < 0,203$ ) entre le nombre de pupes et le nombre de talles produites. Les résultats de l'analyse suggèrent que plus les écartements entre les plants sont grands, plus le nombre de pupes accroît significativement.

L'analyse de variance révèle une absence d'interaction entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de pupes (tableau IX c.).



### II.2.2. Dégâts occasionnés par *O. oryzivora*

#### - Traitements principaux (Doses d'azote)

La figure 10 a. illustre l'évolution des dégâts dus à *O. oryzivora* et dont la configuration présente trois phases quelle que soit la dose d'azote considérée: faible accroissement, accroissement rapide et stabilisation des dégâts. La présence de dégâts est décelée très précocement pour les doses N1 et N2 au 21<sup>ème</sup> JAR. Pour la dose N3, ils sont enregistrés à partir du 28<sup>ème</sup> JAR (tableau X a.). Le faible accroissement des dégâts s'arrête au 56<sup>ème</sup> JAR pour toutes les doses d'azote.

Au cours de cette phase, les courbes du taux moyen de galles des doses N2 et N3 sont confondues. La phase d'accroissement rapide est comprise entre les 56<sup>ème</sup> et 70<sup>ème</sup> JAR. Les pics respectifs sont observés au 70<sup>ème</sup> JAR. Au cours de cette phase, les courbes sont très distinctes. Les dégâts deviennent trois à quatre fois plus importants que ceux enregistrés au 56<sup>ème</sup> JAR. La décroissance des dégâts observée à partir du 77<sup>ème</sup> JAR affiche un léger plateau jusqu'au 98<sup>ème</sup> JAR pour les doses N1 et N3. Pour la dose N2, on observe un léger accroissement des dégâts au 90<sup>ème</sup> JAR.

L'analyse de variance révèle une différence significative entre les doses d'azote dans cinq (5) séries sur 12 (tableau X a.). Sur ces cinq séries quatre (4) présentent un groupe homogène pour les doses N2 et N3. La dose N1 est significativement différente des autres dans trois (3) séries. Par contre, N1 et N2 ne diffèrent pas significativement dans deux (2) séries. Dans l'ensemble, plus la dose d'azote est élevée, plus les dégâts sont importants.

L'analyse de variance révèle une différence significative entre les doses d'azote pour le taux général moyen de galles.

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, le taux moyen de galles varie entre 0,71 % (au 21<sup>ème</sup> JAR pour N3) et 5,42 % (au 70<sup>ème</sup> JAR pour N2).

L'analyse de régression linéaire simple (tableau VII a.) révèle une faible association positive et non significative ( $P > 0,05$ ;  $R^2 < 0,266$ ) entre le nombre de talles et le nombre de galles, quelle que soit la dose d'azote considérée. Ainsi le nombre de galles accroît non significativement avec l'augmentation du nombre de talles.

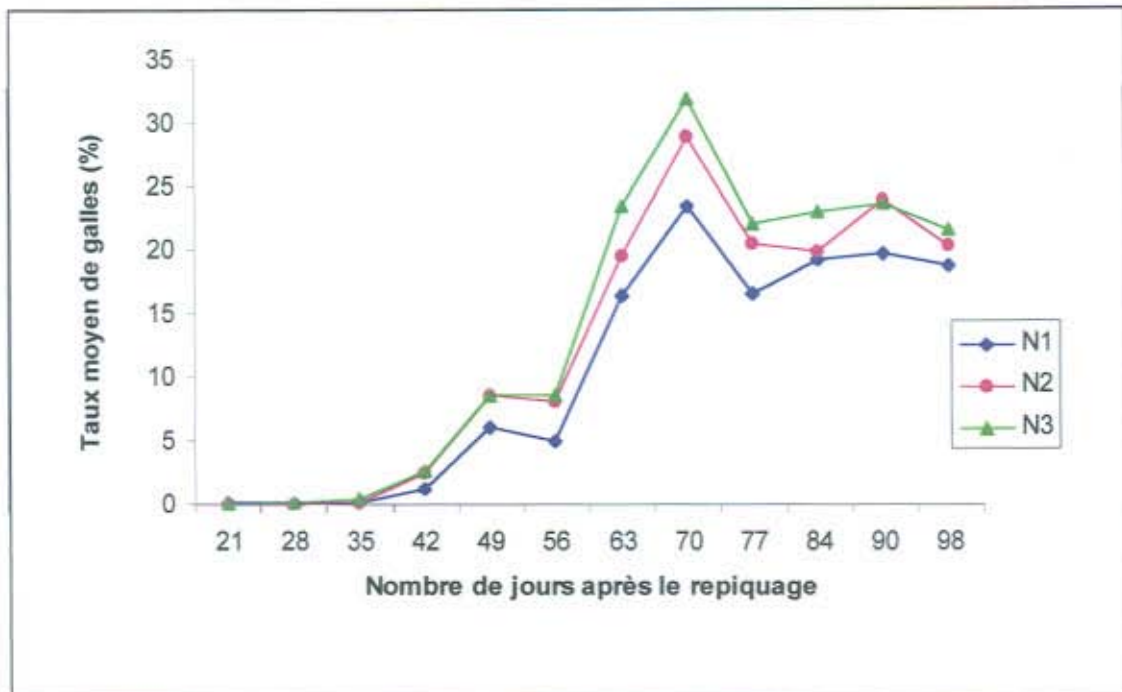


Figure 10 a: Evolution du taux moyen de galles en fonction de la dose d'azote

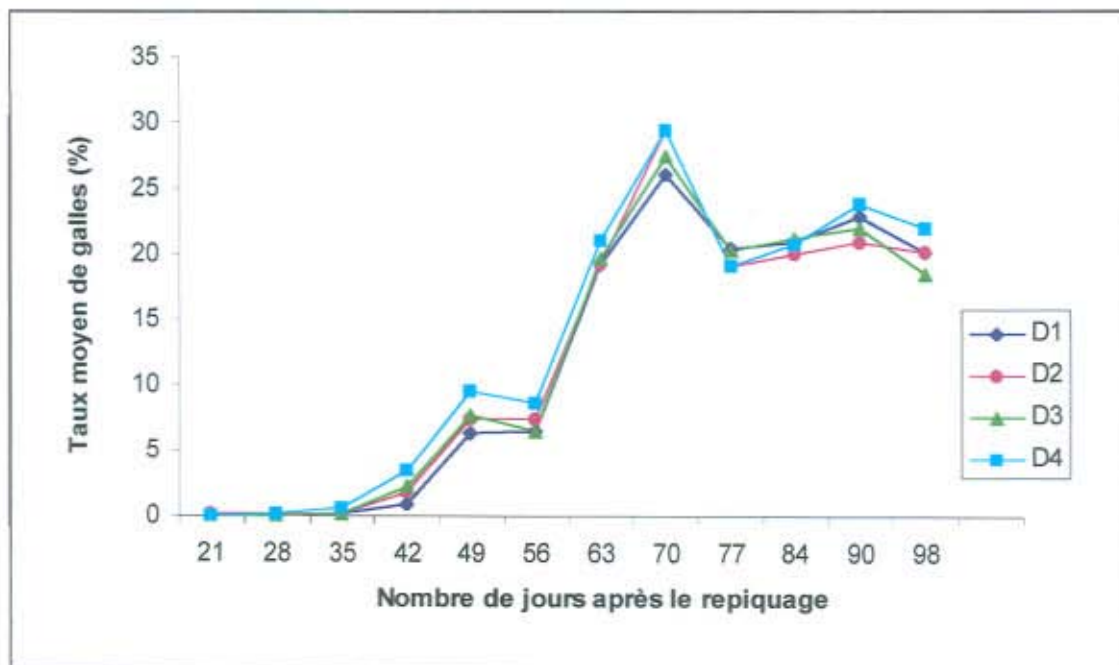


Figure 10 b: Evolution du taux moyen de galles en fonction de l'écartement entre les plants

### - Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)

La figure 10 b. qui illustre l'évolution de dégâts en fonction des écartements entre les plants présente la même configuration que celle affichée par les doses d'azote (figure 10 a.). En conséquence, les mêmes phases de croissance des dégâts sont observées aux mêmes dates. L'apparition des dégâts a été très précoce (21<sup>ème</sup> JAR) pour les écartements D2 et D4. Par contre, les premiers dégâts sont observés aux 28<sup>ème</sup> et 35<sup>ème</sup> JAR, respectivement pour les écartements D1 et D3. Au cours de la phase de faible accroissement (entre le 21<sup>ème</sup> et le 56<sup>ème</sup> JAR), d'importants dégâts sont enregistrés pour l'écartement D4. Pendant la phase d'accroissement rapide des dégâts (entre le 56<sup>ème</sup> et le 70<sup>ème</sup> JAR), c'est toujours D4 qui affiche le taux de dégâts le plus élevé.

L'écartement D1 présente des dégâts relativement faibles. Les pics sont situés au 70<sup>ème</sup> JAR, quel que soit l'écartement considéré. A cette date, les dégâts deviennent trois à quatre fois plus importants que ceux enregistrés au 56<sup>ème</sup> JAR. Un léger plateau est observé à partir du 77<sup>ème</sup> JAR pour tous les écartements. Aux 84<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> JAR, un faible accroissement des dégâts est observé dans tous les écartements.

L'analyse de variance (tableau X b.) a révélé une différence significative entre les écartements, aux 35<sup>ème</sup>, 42<sup>ème</sup>, 63<sup>ème</sup> et 70<sup>ème</sup> JAR. Sur l'ensemble de ces quatre séries d'observation, D4 présente plus de dégâts que les autres écartements. Aux 35<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> JAR, D1, D2 et D3 ne sont pas significativement différents. A l'initiation paniculaire (35<sup>ème</sup> JAR), D4 diffère significativement des autres écartements.

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les écartements pour la moyenne générale du taux de galles. Sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées, le taux moyen de galles varie entre 0,71 % et 5,49 %.

L'analyse de régression linéaire simple du nombre de galles sur le nombre de talles révèle une importante association significative et positive ( $P = 0,0323$ ;  $R^2 = 0,382$ ) entre ces variables pour D1 (tableau VII b.). L'association est non significative mais positive ( $P = 0,1253$ ;  $R^2 = 0,219$ ) pour l'écartement D3. Par contre, l'analyse met en évidence une faible association non significative et négative ( $P > 0,05$ ;  $R^2 < 0,126$ ) entre ces variables pour D2 et D4. L'analyse suggère qu'avec un grand écartement entre les plants, l'augmentation significative du nombre de dégâts causés par l'insecte est en rapport avec l'accroissement du nombre de talles produites. Pour les faibles écartements, plus le nombre de talles augmente moins il y a des dégâts.



L'analyse de variance n'a mis en évidence aucune interaction significative entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de galles (tableau X c.).

### II.2.3. Discussion et conclusion

Même si toutes les plantes vertes contiennent des éléments nutritifs dont les insectes ont besoin pour se nourrir, elles n'ont pas nécessairement les éléments ou les mêmes éléments nutritifs qui peuvent attirer ces insectes. La composition qualitative et quantitative des plantes en éléments minéraux varie énormément avec les conditions environnementales (SMITH & NORTHCOTT, 1951).

L'accroissement des populations larvaires et pupales d'*O. oryzivora* en rapport avec l'augmentation de la dose d'azote, montre de façon éclatante l'effet de cet élément sur l'insecte. D'après LIU & CHIU (1951), l'importance de l'incidence des mouches qui induisent des galles sur le riz est la conséquence d'un micro-climat favorable à l'insecte assuré par une bonne croissance des plantes bénéficiant des niveaux élevés de fertilisants. Certains auteurs se sont intéressés au rôle joué par l'azote dans les relations entre les plantes et les phytophages. SMITH & NORTHCOTT (1951) ont montré que plusieurs espèces d'insectes phytophages profitent d'un apport supplémentaire d'azote et que différentes espèces de plantes-hôtes sont significativement touchées à travers cette application de fertilisants. MCNELL & SOUTHWOOD (1978), MATTSON (1980) estiment que l'azote constitue un facteur limitant pour plusieurs espèces d'herbivores, qui comme conséquence de la pression de sélection, créent des adaptations comportementales, physiologiques ou morphologiques pour utiliser au maximum l'azote disponible dans leurs plantes-hôtes. REGUPATHY & SUBRAMANIAN (1972) ont étudié l'effet de différentes doses de fertilisants sur le métabolisme minéral de la variété de riz IR 8 en relation avec sa sensibilité vis-à-vis de la cécidomyie asiatique du riz *O. oryzae* et *Cnaphalocricis medinalis* Guenee. Ils ont montré que l'utilisation de doses croissantes d'azote abaisse le rapport C/N et rend les plantes douces, succulentes et sensibles aux insectes. Nos résultats confirment l'important rôle joué par l'azote dans les interactions plante-insecte. Ils montrent que les taux de galles augmentent de façon significative avec les doses d'azote les plus élevées. Des observations similaires ont été rapportées par UKWUNGWU (1985, 1987) et NACRO (1994) sur cette espèce africaine de la cécidomyie du riz. De nombreux auteurs, notamment PRAKASA RAO et coll. (1971), CHELLIAH & SUBRAMANIAN (1972), NARAYANAN et coll. (1973), SAROJA & RAJU

(1982), SHARMA & HIREMATH (1986) ont aussi rapporté des observations qui concordent avec les nôtres mais sur l'espèce asiatique du riz *O. oryzae*. L'accroissement des densités des populations larvaires d'*O. oryzivora* avec des doses élevées d'azote peut s'expliquer par des modifications chimiques et biologiques intervenues au niveau des plants de riz qui les rendent plus attractives et plus favorables au développement du nématocère (NACRO, 1994). De nos résultats, il ressort que d'importantes populations larvaires se manifestent à la fin de la phase reproductive et au début de la phase de maturation du riz. Par contre, des populations pupales sont plus importantes au cours de la phase de maturation du riz. Ceci pourrait s'expliquer par la fraction d'azote apportée à l'initiation paniculaire qui favoriserait l'installation et le développement de l'insecte. En conséquence, les pupes issues de cette génération apparaîtraient tardivement car comme l'indique NACRO (1998), du stade larvaire au stade pupal, le développement dure entre 10 et 20 jours .

L'écartement entre les plants est un facteur qui affecte la croissance et le développement du riz. Il a un effet direct ou indirect sur les insectes foreurs des tiges du riz. PRAKASA RAO et coll. (1971) ont observé une réduction du nombre de galles formées par la cécidomyie asiatique du riz *O. oryzae* en relation avec un grand écartement entre les plants. Ces observations ont été confirmées par CHANTARAPRAPHA et coll. (1977), KATANYUKUL et coll. (1979) en Thaïlande et SAROJA & RAJU (1982). Nos résultats montrent que les populations larvaires augmentent significativement avec les grands écartements entre les plants. A l'inverse, c'est avec les faibles écartements que les populations pupales et les taux de galles sont en général significativement plus importants. Selon NACRO (1994), la formation de la galle de riz intervient lorsque l'insecte est au stade larvaire II. Ainsi donc, les taux de larves exprimeraient mieux l'intensité d'attaques car les taux de galles expriment partiellement le taux d'infestation globale. L'importance de l'infestation larvaire en rapport avec les grands écartements entre les plants pourrait s'expliquer par le fait que l'écartement joue un grand rôle sur la croissance et le développement ultérieurs des jeunes plants. Un espacement important entre les plants leur assure de meilleures conditions de croissance et de développement. Ce qui met l'insecte en l'occurrence, la cécidomyie, dans de bonnes conditions de survie et de multiplication.

Nos résultats montrent que des dégâts de l'insecte sont de plus en plus importants à partir de la phase de reproduction et atteignent leur maximum vers la fin de cette phase. En

effet, les infestations d'*O. oryzivora* sont trop faibles pendant la phase végétative pour causer des dégâts suffisamment importants.

L'absence d'interaction entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour les taux de larves, de pupes et de galles pourrait traduire une indépendance des traitements sur l'ampleur des infestations ou des dégâts dus à l'insecte ravageur. En effet, les taux de larves ou de pupes qui sont faibles ou élevés sont en rapport avec les conditions induites par les doses d'azote ou les écartements entre les plants; ou encore en rapport avec les conditions du milieu.

### II.3. Parasitisme associé à *O. oryzivora*

#### II.3.1. Parasitisme dû à *P. diplosisae*

##### - Traitements principaux (Doses d'azote)

L'évolution du parasitisme exercé par *P. diplosisae* sur les larves d'*O. oryzivora* montre une grande fluctuation sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées, quelle que soit la dose d'azote considérée (figure 7a.). Le parasitisme est absent au 21<sup>ème</sup> JAR pour les doses N1 et N3. A l'inverse, à cette même date, il est observé pour la dose N2 et devient nul au stade de l'initiation paniculaire (35<sup>ème</sup> JAR), comme pour la dose N3. Au cours des phases végétative et reproductive du riz (entre le 21<sup>ème</sup> et le 63<sup>ème</sup> JAR), nous avons enregistré deux périodes d'apparition du parasitisme pour la dose N1 (28<sup>ème</sup> et 35<sup>ème</sup> JAR). Au cours de la phase de maturation, son évolution est marquée par deux légers pics: aux 70<sup>ème</sup> et 84<sup>ème</sup> JAR. Pour la dose N3, le parasitisme enregistré à la deuxième série d'observation s'annule au début du stade de l'initiation paniculaire. Pendant la phase reproductive du riz (entre le 35<sup>ème</sup> et 56<sup>ème</sup> JAR), son évolution est en cloche. Elle devient progressive durant la phase de maturation, à partir du 84<sup>ème</sup> JAR jusqu'à la fin du cycle de développement du riz. Le parasitisme larvaire apparaît plus régulier pour la dose N2 que pour les autres doses d'azote. Il n'est nul qu'au début du stade de l'initiation paniculaire. Après un léger plateau qu'il affiche entre le 56<sup>ème</sup> et le 84<sup>ème</sup> JAR, sa croissance est très rapide jusqu'à la fin du cycle de développement du riz.

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées, l'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les doses d'azote. pour le taux moyen de larves



parasitées (tableau XI a.). Pour les doses N2 et N3, le taux de parasitisme larvaire le plus important est obtenu à la fin du cycle de la plante (98<sup>ème</sup> JAR). Il est respectivement de 18,05 % et de 5,97 %. Pour la dose N1, le maximum de parasitisme larvaire (7,27 %) est enregistré au 84<sup>ème</sup> JAR.

Les moyennes générales du taux de larves parasitées ne présentent pas non plus de différence significative entre elles à l'analyse de variance. Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, le parasitisme larvaire le plus important (4,59 %) a été enregistré à la dose N2.

L'analyse de régression linéaire simple du nombre de larves parasitées sur le nombre de larves met en évidence une faible association non significative mais positive ( $P > 0,05$ ;  $R^2 = 0,177$ ) entre ces variables, pour la dose N1 d'azote (tableau VII a). L'analyse révèle une très faible association non significative mais positive ( $P > 0,05$ ;  $R^2 < 0,046$ ) entre le nombre de larves et le nombre de larves parasitées pour les doses N2 et N3 d'azote. Ainsi le parasitisme larvaire ne suit pas l'évolution du nombre de larves.

#### *- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

La figure 7 b. montre que l'évolution du parasitisme larvaire pour les écartements affiche également une grande fluctuation sur l'ensemble des 12 séries d'observation, comme pour les doses d'azote. Le parasitisme est observé précocement pour D2, c'est-à-dire au 21<sup>ème</sup> JAR. Pour les autres écartements, la présence des larves parasitées n'est observée qu'à partir des 28<sup>ème</sup> et 35<sup>ème</sup> JAR, respectivement pour D1, D4 et D3. Au cours des phases végétative et reproductive du riz (entre le 21<sup>ème</sup> et le 63<sup>ème</sup> JAR), la figure 7 b. montre une forte présence des larves parasitées pour D2, D3 et D4. Pour D2 et D4, cette intense activité parasitaire est observée pendant la phase végétative du riz (respectivement au 21<sup>ème</sup> et 28<sup>ème</sup> JAR). Par contre, un important parasitisme est enregistré pendant la phase reproductive du riz (49<sup>ème</sup> JAR) pour D3. Pour D1, la présence de parasitoïdes est seulement enregistrée lors de deux séries: aux 28<sup>ème</sup> JAR et 56<sup>ème</sup> JAR. Au cours de la phase de maturation du riz (entre le 63<sup>ème</sup> et le 98<sup>ème</sup> JAR), l'évolution du parasitisme larvaire est progressive pour D1, D4 et D2, respectivement à partir du 70<sup>ème</sup>, 84<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> JAR. Pour l'écartement D3, après une absence de parasitisme observée au 56<sup>ème</sup> JAR, la reprise de l'activité parasitaire est notée au début de la dernière phase de développement du riz (63<sup>ème</sup> JAR). Elle est progressive jusqu'au 84<sup>ème</sup> JAR au delà duquel, elle décroît pour s'annuler au 98<sup>ème</sup> JAR.

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, l'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les écartements pour le taux moyen de larves parasitées (tableau XI b.). Un important taux de parasitisme larvaire (13,26 %) est enregistré pendant la phase reproductive du riz (49<sup>ème</sup> JAR), pour l'écartement D3. Par contre, pour D4, D1 et D2, des taux de parasitisme significativement élevés sont observés plus tard dans la saison (98<sup>ème</sup> JAR). Ils sont respectivement de 15,0 %; 13,58 % et 8,93 %.

L'analyse de variance ne met pas en évidence une différence significative entre les écartements pour la moyenne générale du taux de larves parasitées.

L'analyse de régression linéaire simple (tableau VII b.) du nombre de larves sur le nombre de larves parasitées révèle une très faible association non significative mais positive ( $P > 0,05$ ;  $R^2 < 0,135$ ) entre ces variables, quel que soit l'écartement considéré. L'analyse suggère que le nombre de larves parasitées accroît légèrement d'une façon non significative avec l'augmentation du nombre de larves.

L'analyse de variance a révélé une absence d'interaction significative entre les doses d'azote et les écartements pour le taux moyen de larves d'*O. oryzivora* parasitées par *P. diplosisae* (tableau XI c).

### II.3.2. Parasitisme dû à *A. procerae*

#### - Traitements principaux (Doses d'azote)

L'évolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* parasitées par *A. procerae* présente la même configuration à partir du 49<sup>ème</sup> JAR, quelle que soit la dose d'azote considérée (figure 9a.). Les premières pupes parasitées sont observées aux 35<sup>ème</sup>, 42<sup>ème</sup> et 49<sup>ème</sup> JAR, respectivement pour les doses N1, N2 et N3 d'azote. Après une chute brutale au 56<sup>ème</sup> JAR, le parasitisme pupal prend une importance progressive durant toute la phase de maturation du riz (entre le 63<sup>ème</sup> et le 98<sup>ème</sup> JAR) pour toutes les doses d'azote. Au 70<sup>ème</sup> JAR, la dose N1 accuse une réduction du taux moyen de pupes parasitées.

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, l'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les doses d'azote pour le parasitisme pupal (tableau XII a.). Le plus fort taux moyen de pupes parasitées est enregistré au 98<sup>ème</sup> JAR, quelle que soit la



dose d'azote considérée. Il est 65,04 %; 64,27 % et 62,88 %, respectivement pour les doses N2, N3 et N1.

Aucune différence significative n'a été mise en évidence par cette analyse pour la moyenne générale de taux de pupes parasitées par *A. procerae*.

L'analyse de régression linéaire simple du nombre de pupes parasitées sur le nombre de pupes révèle une forte association très hautement significative et positive ( $P < 0,0001$ ;  $R^2 > 0,777$ ) entre ces variables, quelle que soit la dose d'azote considérée (tableau VII a.). Ainsi l'abondance de pupes parasitées est corrélée positivement avec le nombre de pupes.

#### - Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)

Pour les écartements entre les plants, le parasitisme pupal est observé pour la première fois, deux semaines après l'apparition de *P. diplosisae* (35<sup>ème</sup> JAR), comme pour les doses d'azote (tableau XIIa. et XIIb.). Hormis les 35<sup>ème</sup> et 42<sup>ème</sup> JAR où nous avons observé des pupes parasitées, respectivement pour D2 et D1, le parasitisme s'est manifesté pour tous les écartements à partir du 49<sup>ème</sup> JAR jusqu'à la fin du cycle de la plante (figure 9b.). Pour D1 et D3, son évolution est très progressive pendant toute la phase de maturation (entre les 63<sup>ème</sup> et 98<sup>ème</sup> JAR). Au cours de cette période, l'évolution du parasitisme est à l'opposé de celle observée pour les écartements D2 et D4.

Le tableau XII b. montre que l'analyse de variance a révélé une différence significative entre les écartements, dans deux séries sur 12: aux 70<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> JAR. Au 70<sup>ème</sup> JAR, la séparation des moyennes faite avec le test de Duncan montre que seul D2 est significativement différent des autres écartements qui forment un groupe homogène. A cette date, le taux de parasitisme est deux fois plus important (42,24 %) pour l'écartement D2 que celui enregistré pour D1 et D3 (respectivement 19 % et 17,68 %). Au 90<sup>ème</sup> JAR, les écartements D1, D2, et D3 ne diffèrent pas significativement. D3 et D4 ne le sont pas non plus. A cette date, le taux moyen de parasitisme pupal le plus élevé (67,09 %) est obtenu avec D4.

Sur l'ensemble des 12 séries d'observation, le plus important taux moyen de parasitisme est observé au 98<sup>ème</sup> JAR, quel que soit l'écartement considéré. Ces taux sont de 67,98 %; 65,59 %; 62,79 % et 59,90 % respectivement pour D4; D2; D3 et D1.

L'analyse de variance révèle également des différences significatives pour la moyenne générale du taux de pupes parasitées. Plus l'écartement entre les plants est grand, moins la

moyenne générale du taux de parasitisme pupal est élevée. Ces moyennes sont de 24,32 %; 22,19%; 21,21 % et 18,86 % respectivement pour D4, D2, D3 et D1.

Les taux moyens de parasitisme dus à *A. procerae* sont plus homogènes pour les doses d'azote que pour les écartements entre les plants. Cependant, l'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les doses d'azote sur l'ensemble des 12 séries d'observation réalisées. Par contre, elle en a révélé dans 2 cas sur 12 pour les écartements (tableau XII a.).

Le tableau VII b. montre que l'analyse de régression linéaire simple du nombre de pupes parasitées sur le nombre de pupes révèle une forte association très hautement significative et positive ( $P < 0,0006$ ;  $R^2 > 0,711$ ) entre ces variables, quel que soit l'écartement considéré. L'analyse suggère que le nombre de pupes parasitées est fortement corrélé au nombre de pupes.

L'analyse de variance n'a mis en évidence aucune interaction significative entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le taux moyen de parasitisme de pupes (tableau XII c.).

### II.3.3. Discussion et conclusion

L'analyse du parasitisme larvaire dû à *P. diplosisae* et du parasitisme pupal dû à *A. procerae* n'a pas révélé une influence de l'azote sur le parasitisme. Par contre, elle met en évidence le rôle joué par l'écartement entre les plants sur le parasitisme pupal. Ce n'est qu'au cours de la phase de maturation qu'apparaît cette influence significative. Le parasitisme est d'autant plus important significativement que les écartements sont faibles. Nos résultats montrent une forte corrélation positive entre les pupes et les pupes parasitées quel que soit l'écartement considéré. Ceci pourrait s'expliquer d'une part par un micro-climat favorable au développement du parasitoïde assuré par un faible espacement entre les plants et d'autre part par un important nombre de pupes enregistrées pour les faibles écartements.

Plusieurs auteurs, notamment HIDAKA (1974), JOSHI et coll. (1983), JOSHI & VENUGOPAL (1984) ont observé un faible taux de parasitisme dû à *Platygaster oryzae* sur la cécidomyie asiatique du riz, *O. oryzae* tôt pendant la phase végétative du riz et un parasitisme élevé, tard dans la saison. Les observations similaires ont été rapportées par DESCAMPS (1956), FEIJEN & SCHULTEN (1983), DAKOUO et coll. (1988),

UKWUNGWU & JOSHI (1992), NACRO (1994), KAMARA (1998) sur *P. diplosisae* parasitoïde de la cécidomyie africaine du riz, *O. oryzivora*. Ces observations sont en concordance avec les nôtres sur ce parasitoïde. L'installation précoce de *P. diplosisae* par rapport à *A. procerae* que nous avons observée confirme les observations rapportées par UMEH & JOSHI (1993) au Nigéria, NACRO et coll. (1995) au Burkina Faso. Cependant, le taux de parasitisme dû à *P. diplosisae* reste inférieur à 18 % sur l'ensemble de nos séries d'observations réalisées. Par contre, au Nigéria, UKWUNGWU & JOSHI (1992), UMEH & JOSHI (1993), NACRO & UKWUNGWU (1996) ont observé un taux de parasitisme dû à *P. diplosisae* atteignant respectivement 45 %, 72 % et plus de 80 %. Au Malawi, FEIJEN & SCHULTEN (1983) ont enregistré un taux de parasitisme variant entre 50 % et 60 % à la fin de la saison. Au Burkina Faso, NACRO et coll. (1995) ont rapporté un parasitisme supérieur à 50 %. Cette fluctuation du taux de parasitisme dans le temps et dans l'espace pourrait s'expliquer par des variations des conditions climatiques et environnementales qui se répercuteraient sur la survie et la multiplication du parasitoïde.

L'évolution du parasitisme dû à *A. procerae* est intimement liée à celle de son hôte. Autrement dit, plus les attaques sont intenses, plus l'activité parasitaire est abondante. Les mêmes observations ont été rapportées par FEIJEN & SCHULTEN (1983) au Malawi. L'installation d'*A. procerae* a été tardive comparativement à celle du *P. diplosisae*. Nos résultats montrent un début de parasitisme pupal deux semaines après l'apparition de *P. diplosisae*. UMEH & JOSHI (1993) ont rapporté un début de parasitisme à environ trois semaines après l'apparition de *P. diplosisae*. Le parasitoïde apparaît au moment où son hôte s'est complètement installé dans le champ. Cette installation tardive permettrait à la première génération d'*O. oryzivora* d'échapper à son contrôle. Nos résultats montrent un parasitisme dû à *A. procerae* quatre (4) à quinze (15) fois supérieur à celui de *P. diplosisae* pour les doses d'azote vers la fin de la saison. Le parasitisme dû à *A. procerae* est supérieur à 59,90 % en moyenne contre un taux maximal inférieur à 16 % pour *P. diplosisae* quel que soit l'écartement considéré. Des résultats similaires ont été rapportés par d'autres auteurs. Ainsi, UMEH & JOSHI (1993) ont observé un parasitisme atteignant un pic de 42 % à la 19<sup>ème</sup> semaine après le semis. FEIJEN & SCHULTEN (1983) ont enregistré un parasitisme dû à *A. procerae* atteignant 100 % à la fin de la saison. Par contre, NACRO et coll. (1995) ont rapporté une prédominance de *P. diplosisae* sur *A. procerae*. Ils ont observé un taux maximal de parasitisme dû à *A. procerae* de 26 % au 91 JAS avec la troisième date de semis sur quatre dates échelonnées et espacées de 15 jours. Les observations similaires avaient été rapportées

par DESCAMPS (1956), UKWUNGWU & JOSHI (1992). La prédominance de *P. oryzae* sur *Tetrastichus pachydiplosisae* a été aussi signalée pour le contrôle de la cécidomyie asiatique du riz. *P. oryzae* est l'ennemi naturel dominant d'*O. oryzae* en Chine (WONG *et al.*, 1956), en Inde (JOSHI & VENUGOPAL, 1985), et dans les autres pays asiatiques où sévit *O. oryzae* (HIDAKA *et al.*, 1988). Nos résultats montrent un parasitisme dû à *A. procerae* significativement plus important à une semaine après le début de la phase de maturation et à une semaine de la fin de cette phase avec les faibles écartements entre les plants. Ceci pourrait s'expliquer par un important nombre de pupes enregistrées avec les faibles écartements qui procureraient de meilleures conditions d'installation et de multiplication du parasitoïde.

Le parasitisme larvaire dû à *P. diplosisae* et pupal dû à *A. procerae* n'ont pas été influencés par l'interaction entre les doses d'azote et les écartements entre les plants.

Enfin, l'intervention de ces ennemis naturels de la cécidomyie africaine du riz, *O. oryzivora* n'arrête pas ou ne réduit pas les dégâts causés par cet insecte, car ils agissent après la formation de la galle. Ce qui signifie que cette méthode de lutte ne résout pas complètement le problème. Des auteurs comme DESCAMPS (1956) et BONZI (1980) estiment que la disponibilité en plantes hôtes de relais joue un rôle important dans le développement des premières générations du ravageur sur le riz cultivé. Ainsi, les dégâts seraient moins importants si les ennemis naturels étaient plus actifs pendant la période séparant deux saisons de culture. WILLIAMS (1998 b.), a rapporté qu'une mouche *O. bonzii* qui infeste *Paspalum scrobiculatum* mais n'attaquant pas le riz cultivé aurait été identifiée comme hôte alternatif de l'un de deux principaux parasitoïdes qui ont fait l'objet de ce travail. Ceci pourrait constituer une voie pour le renforcement de la lutte biologique de la cécidomyie africaine du riz, *O. oryzivora*. Ainsi, une multiplication du parasitoïde pendant la période qui sépare deux saisons de culture permettrait une réduction des dégâts causés par son hôte dans les rizières.

## II.4. Composantes du rendement et rendement du riz paddy

### II.4.1. Composantes du rendement

#### a. Nombre de talles par mètre carré

##### - Traitements principaux (Doses d'azote)

Les résultats d'analyse de variance ont révélé une différence hautement significative entre les doses d'azote pour le nombre moyen de talles par mètre carré (tableau XIII a.). Les doses N2 et N3 ne sont pas significativement différents mais différent de la dose N1. Le plus important nombre moyen de talles par mètre carré (354,83 talles/m<sup>2</sup>) est enregistré avec la dose N2 et le plus faible (317,56 talles/m<sup>2</sup>) est enregistré avec la dose N1.

##### - Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)

Cependant, l'analyse de variance révèle une différence très hautement significative pour les différents écartements (tableau XIII b.). D4 diffère significativement des autres écartements. D1 et D3 ne sont pas significativement différents, tout comme D2 et D3. Nous avons enregistré le nombre le plus élevé de talles par mètre carré (402,29 talles) pour D4 et le plus faible nombre de talles (300,33 talles/m<sup>2</sup>) pour D1. Le nombre de talles est d'autant plus élevé que l'écartement entre les plants est faible.

L'interaction entre les doses d'azote et les écartements entre les plants n'est pas significative pour le nombre moyen de talles par mètre carré (tableau XIII c.).

#### b. Nombre de panicules par mètre carré

##### - Traitements principaux (Doses d'azote)

L'analyse de variance montre que les doses d'azote croissantes n'affectent pas significativement le nombre moyen de panicules par mètre carré (tableau XIII a.). La valeur la plus élevée (238,57 panicules/m<sup>2</sup>) est obtenue avec la dose N2 et la plus faible (228,26 panicules/m<sup>2</sup>) est enregistrée avec la dose N1.

**Tableau XIII a:** Composantes de rendement et rendement du riz en fonction des doses d'azote

Traitements	Talles par m <sup>2</sup>	Panicules par m <sup>2</sup>	Grains par panicule	Poids de 1.000 grains (g)	Rendement grains (T/ha)
<i>Fumure azotée (kg/ha)</i>					
N1 (60 N)	317,56 B	228,26	72,05 B	28,27	3,83 B
N2 (90 N)	354,83 A	238,57	81,28 A	29,49	4,46 A
N3 (120 N)	351,20 A	236,38	76,87 AB	29,85	4,56 A
Probabilité	0,00229	0,42380	0,03702	0,06768	0,00254
S. de signification	HS	NS	S	NS	HS
	1%		5%		1%

N.B.: Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité spécifié.

**Tableau XIII b:** Composantes de rendement et rendement du riz en fonction des écartements entre les plants de riz au repiquage

Traitements	Talles par m <sup>2</sup>	Panicules par m <sup>2</sup>	Grains par panicule	Poids de 1.000 grains (g)	Rendement grains (T/ha)
<i>Densité (cm)</i>					
D1 (25 cm x 25 cm)	300,33 C	192,80 C	90,32 A	29,10	4,33
D2 (25 cm x 12,5 cm)	343,20 B	240,53 B	70,64 B	29,26	4,41
D3 (20 cm x 20 cm)	318,96 BC	224,90 B	77,56 B	29,53	4,31
D4 (20 cm x 10 cm)	402,29 A	279,38 A	68,41 B	28,93	4,08
Probabilité	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,89424	0,56523
S. de signification	THS	THS	THS	NS	NS
	1%	1%	1%		

N.B.: Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité spécifié.

**Tableau XIII c:** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants de riz pour les composantes de rendement et rendement du riz

Traitements	Talles par m <sup>2</sup>	Panicules par m <sup>2</sup>	Grains par panicule	Poids de 1.000 grains (g)	Rendement grains (T/ha)
<i>Intéraction (N x D)</i>					
Probabilité	0,73683	0,77078	0,88405	0,98634	0,90209
S. de signification	NS	NS	NS	NS	NS

Cependant, l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les doses d'azote pour le taux moyen de panicules pendant toute la phase de maturation (du 77<sup>ème</sup> au 98<sup>ème</sup> JAR) (tableau XIV a.). A la dernière série d'observation, la séparation des moyennes faite avec le test de Duncan au seuil de probabilité de 5% montre que la dose d'azote N1 diffère significativement de deux autres doses. Le taux moyen de panicules diminue significativement avec l'accroissement de doses d'azote. A cette dernière série d'observation, le taux moyen le plus important (58,02 %) est obtenu avec la dose N1.

Le tableau XIV a. montre, à l'analyse de variance, des différences très hautement significatives entre les doses d'azote, pour la moyenne générale du taux de panicules. Celle-ci est d'autant plus élevée que la dose d'azote est faible.

L'analyse de régression linéaire simple des % de panicules sur les % de galles montre une faible association non significative et négative ( $R^2 < 0,146$ ) et ( $P > 0,05$ ) quelle que soit la dose d'azote considérée (tableau VII a.). Ainsi l'accroissement des attaques occasionne une réduction du % de panicules (même si cette régression n'est pas significative dans notre étude).

#### *- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

L'analyse de variance (tableau XIII b.) montre que le nombre moyen de panicules par mètre carré diminue très significativement avec les écartements croissants entre les plants de riz tout comme le nombre moyen de talles par mètre carré. D2 et D3 ne sont pas significativement différents. La valeur la plus élevée (279,38 panicules/m<sup>2</sup>) est enregistrée avec l'écartement D4 et la plus faible valeur avec l'écartement D1 (192,80 panicules/m<sup>2</sup>).

L'analyse de variance révèle une différence significative entre les écartements pour le % de panicules à la fin du cycle de la plante (98<sup>ème</sup> JAR) (tableau XIV b.). A cette série d'observation, la séparation des moyennes faite avec le test de Duncan au seuil de probabilité de 5 % montre que les écartements D2, D3 et D4 forment un groupe homogène. Ils diffèrent significativement de l'écartement D1. C'est avec ce dernier que nous avons enregistré un faible taux de panicules (53,55 %).

L'analyse de régression linéaire simple du % de panicules sur le % de galles montre une faible association négative ( $R^2 < 0,146$ ) pour tous les écartements (tableau VII b.). Ainsi l'accroissement des attaques induit une réduction du % de panicules.

**Tableau XIV a:** Evolution taux moyen de panicules (transformations: Arcsin (racine carrée de % de panicules + 0.5)) en fonction des doses d'azote

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)				Moyenne générale
	77	84	90	98	
<i>Fumure azotée (kg/ha)</i>					
N1 (60 N)	56,44 A	58,32 A	57,92 A	58,02 A	57,67 A
N2 (90 N)	54,39 AB	56,16 AB	55,41 AB	55,21 B	55,29 B
N3 (120 N)	51,85 B	54,76 B	51,64 B	55,09 B	53,34 C
Probabilité	0,00630	0,04300	0,00340	0,03840	< 0,00001
S. de signification	HS	S	HS	S	THS
	1%	5%	1%	5%	1%

N.B.: Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité spécifié.

**Tableau XIV b:** Evolution taux moyen de panicules (transformations: Arcsin (racine carrée de % de panicules + 0.5)) en fonction des des écartements entre les plants de riz

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)				Moyenne générale
	77	84	90	98	
<i>Densité (cm)</i>					
D1 (25 cm x 25 cm)	52,55	54,68	53,51	53,55 B	53,57 B
D2 (25 cm x 12,5 cm)	54,23	57,18	57,01	56,83 A	56,31 A
D3 (20 cm x 20 cm)	53,67	56,40	56,78	57,30 A	56,04 A
D4 (20 cm x 10 cm)	56,45	57,40	52,66	56,75 A	55,82 A
Probabilité	0,09860	0,31260	0,07430	0,04810	0,00330
S. de signification	NS	NS	NS	S	HS
				5%	1%

N.B.: Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité spécifié.

**Tableau XIV c:** Interactions entre les doses d'azote et les écartements entre les plants de riz pour le taux moyen de panicules

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)				Moyenne générale
	77	84	90	98	
<i>Interaction (N x D)</i>					
Probabilité	0,81720	0,38755	0,46952	0,23482	0,01140
S. de signification	NS	NS	NS	NS	S
					5%

L'analyse de variance n'a révélé aucune interaction significative entre doses d'azote et les écartements entre les plants pour le nombre moyen de panicules par mètre carré.

*c. Nombre de grains par panicule*

*- Traitements principaux (Doses d'azote)*

L'analyse de variance révèle une différence significative entre les doses d'azote pour le nombre moyen de grains par panicule (tableau XIII a.). Seule la dose d'azote N1 est significativement différente de la dose N2. C'est cette dose qui a procuré le plus grand nombre de grains (81,28 grains) par panicule et la dose N1 le plus faible nombre de grains (72,05 grains/panicule).

*- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

Le tableau XIII b. montre des différences très hautement significatives entre les écartements. Le nombre de grains par panicule est proportionnel à l'écartement entre les plants. On observe deux groupes distincts: l'écartement D1 qui procure le plus important nombre de grains (90,32 grains/panicule) et qui est significativement différent des autres écartements. Les trois autres écartements forment un groupe homogène et ne sont pas significativement différents entre eux. Le plus faible nombre de grains (68,41 grains/panicule) est obtenu avec l'écartement D4.

Il n'existe pas d'interaction significative entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le nombre moyen de grains par panicule (tableau XIII c.).

*d. Poids de 1.000 grains*

*- Traitements principaux (Doses d'azote)*

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative pour les doses d'azote pour le poids moyen de 1.000 grains (tableau XIII a.). Le poids varie entre 28,27 g (N1) et 29,85 g (N3). Plus la dose d'azote est élevée, plus le poids moyen de 1.000 grains est important.

Tableau XV: Analyse de régression linéaire simple de rendement sur les % de panicules

Variable indépendante	Variable dépendante	b	a	F	P	R <sup>2</sup>
% de panicules	% de rendement	0,055	7,346	1,581	0,2372	0,135

Tableau XVI a: Analyse de régression quadratique de rendement sur les % de galles en fonction des doses d'azote

Variable indépendante	Variable dépendante	N1					N2					N3				
		b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>
% de galles	% de rendement	0,108 <sup>*</sup> -0,004 <sup>**</sup>	3,858	7,240	0,0134	0,617	0,079 <sup>*</sup> -0,002 <sup>**</sup>	3,840	7,506	0,0121	0,625	0,074 <sup>*</sup> -0,002 <sup>**</sup>	3,840	7,436	0,0124	0,623

Tableau XVI b: Analyse de régression quadratique de rendement sur les % de galles en fonction des écartements entre les plants de riz au repiquage

Variable indépendante	Variable dépendante	D1					D2					D3					D4				
		b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>	b	a	F	P	R <sup>2</sup>
% de galles	% de rendement	0,103 <sup>*</sup> -0,003 <sup>**</sup>	3,847	9,231	0,006	0,672	0,081 <sup>*</sup> -0,002 <sup>**</sup>	3,853	7,804	0,0108	0,634	0,081 <sup>*</sup> -0,002 <sup>**</sup>	3,862	6,429	0,0184	0,588	0,078 <sup>*</sup> -0,002 <sup>**</sup>	3,827	6,611	0,0171	0,595

**b** : Coefficient de régression  
**a** : Coefficient d'interception  
<sup>\*</sup> : Premier coefficient de régression  
<sup>\*\*</sup> : Deuxième coefficient de régression

**F** : Valeur de F testant l'hypothèse nulle  
**P** : Probabilité de signification de F  
**R<sup>2</sup>** : Proportion de variation exprimée par la variable

*- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

Le tableau XIIIb. montre que les écartements ne diffèrent pas significativement pour le poids moyen de 1.000 grains. Le plus important nombre de grains par panicule est obtenu avec D3 (29,53 g) et le plus faible avec D4 (28,93 g).

L'analyse de variance n'a mis en évidence aucune interaction entre les doses d'azote et les écartements pour le poids de 1.000 grains.

*II.4.2. Rendement du riz paddy*

*- Traitements principaux (Doses d'azote)*

L'analyse de variance révèle une différence hautement significative entre les doses d'azote pour le rendement en grain (tableau XIII a.). Celui-ci est proportionnel à la dose d'azote. Les doses N2 et N3 ne sont pas significativement différentes. Le rendement le plus élevé (4,56 t/ha) est obtenu avec la dose N3 et le plus faible avec N1 (3,83 t/ha).

Le tableau XVI a. montre une analyse de régression quadratique du rendement en grain sur les % de galles. Celle-ci révèle une importante association significative ( $P < 0,05$ ;  $R^2 > 0,618$ ) entre ces variables, quelle que soit la dose d'azote considérée. Les valeurs de  $R^2$  obtenues indiquent que plus de 61 % de la variation totale de rendement en grain sont expliqués par les équations de la régression quadratique. Ces taux de variation de rendement sont imputables aux galles. Le rendement en grain augmente significativement avec l'accroissement du taux de galles jusqu'à un certain seuil d'infestation (b devient nul : tableau XVI a.). Au bout de ce seuil, l'accroissement du taux de galles induit une réduction de rendement (le coefficient de régression (b) devient négatif).

*- Traitements secondaires (Ecartements entre les plants)*

L'analyse de variance ne révèle pas de différence significative entre les écartements pour le rendement en grain. Les rendements sont de 4,41 t/ha; 4,33 t/ha; 4,31 t/ha et 4,08 t/ha respectivement pour les écartements D2, D1, D3 et D4.

Le tableau XVI b. présente l'analyse de régression quadratique du rendement en grain (t/ha) sur le taux de galles pour les écartements entre les plants. Les équations de régression quadratique sont significatives au seuil de 5 % et 1 % respectivement pour les écartements D2, D3, D4 et D1. L'analyse révèle une importante association significative ( $P < 0,05$ ;  $R^2 > 0,595$ ) entre ces variables, quel que soit l'écartement considéré. Dans l'ensemble, les valeurs de  $R^2$  obtenues suggèrent que plus de 59 % de la variation totale de rendement en grain sont exprimés par les équations de régression quadratique. Cette variation de rendement est imputable aux galles. Le rendement en grain augmente significativement avec l'accroissement du taux de galles jusqu'à un certain seuil d'infestation (le coefficient de régression (b) devient alors nul : tableau XVI b.). Au bout de ce seuil, l'accroissement du taux de galles induit une réduction de rendement (le coefficient de régression (b) devient négatif).

L'analyse de régression linéaire simple du rendement en grain (t/ha) sur les taux de panicules révèle une faible association non significative et négative ( $R^2 = 0,135$ ;  $b = -0,055$ ) ( $P > 0,05$ ) entre ces variables (tableau XV).

L'analyse de variance n'a pas mis non plus en évidence une interaction entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le rendement en grain du riz.

#### *II.4.3. Discussion et conclusion*

Nos résultats indiquent que l'azote a un effet positif sur la production de talles. BULLEN & LESSELLS (1957) estiment que le niveau de fumure azotée et le degré d'espacement entre les plants déterminent la croissance des cultures céréalières et modifient leurs caractères entre autres, le nombre de talles et le nombre de panicules. L'azote stimule la croissance rapide du riz et augmente le nombre de talles (ADRAO, 1995). De nombreux auteurs, notamment DE DATTA (1975), YOSHIDA (1981), JACQUOT et COURTOIS (1983) ont montré l'influence de l'azote sur le tallage surtout quand il est absorbé pendant la phase végétative. Ceci pourrait expliquer l'accroissement du nombre de talles que nous avons enregistré avec les doses élevées d'azote.

Nos résultats montrent une grande influence de l'écartement entre les plants sur le nombre moyen de talles. En effet, c'est le faible écartement qui produit le plus de talles par mètre carré. Ainsi l'écartement entre les plants détermine le nombre de talles par mètre carré.

Nos observations sont similaires à celles rapportées par VERGARA (1984) qui indique que le nombre de talles par mètre carré diminue si les touffes sont très espacées.

CHAND & ACHARYA (1982, 1983), ont montré qu'il existait une corrélation positive entre le nombre de talles formées et le nombre de galles consécutives aux attaques de l'espèce asiatique de la cécidomyie du riz, *O. oryzae*. Les observations similaires ont été rapportées par NACRO et coll. (1996) sur l'espèce africaine de cécidomyie du riz, *O. oryzivora*. Ils ont observé une relation de type linéaire entre ces deux variables avec une corrélation ( $R = 0.80$ ) hautement significative. Nos résultats montrent que durant les phases de reproduction et de maturation du riz, le nombre de galles consécutives aux attaques d'*O. oryzivora* est proportionnel au nombre de talles produites. Ainsi, plus il y a de talles au mètre carré, plus celles-ci sont susceptibles d'être attaquées. Une végétation dense de riz crée un micro-climat (forte hygrométrie) favorable au développement et à la multiplication de l'insecte.

Nos résultats ne montrent aucune différence significative entre les doses d'azote pour le nombre de panicules par mètre carré. Par contre, ce nombre est inversement proportionnel aux écartements entre les plants. Il augmente très significativement avec les écartements décroissants entre les plants comme dans le cas du nombre de talles par mètre carré. MATSUO (1964) a montré que le nombre de talles et de panicules par unité de surface augmentent proportionnellement avec la réduction de l'écartement entre les plants de riz. Le nombre de touffes par mètre carré est la première composante de rendement du riz. Elle détermine en relation avec les facteurs techniques et les facteurs pédo-climatiques, le nombre de talles et de panicules par mètre carré. NEBIE (1995) estime qu'une forte densité de plants au repiquage procurerait plus de talles et de panicules par mètre carré, ce qui peut contribuer à l'augmentation du rendement du riz. Les talles qui portent les panicules sont en relation directe avec le nombre total de talles produites et le nombre de talles infestées par le ravageur. Autrement dit, les talles portant les panicules sont celles qui ont échappé aux attaques. Nos résultats montrent que le taux de panicules est inversement proportionnel au taux de galles pour les doses d'azote. NACRO et coll. (1996) ont observé une corrélation significative et négative ( $R^2 = 0.599$ ) entre le pourcentage de panicules et le pourcentage de galles. D'après CHAND & ACHARYA (1982, 1983), un accroissement d'une unité de galles provoque une réduction de 0,4 unité de panicules.

L'absence d'interaction entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pourrait signifier que les deux traitements agissent séparément sur la production de panicules.

L'azote joue un grand rôle dans l'augmentation du nombre d'épillets par panicule (ADRAO, 1995). Nos résultats indiquent que le nombre de grains par panicule accroît avec l'augmentation de la dose d'azote jusqu'à son niveau optimum au delà duquel, tout accroissement en dose se traduit par une augmentation non statistiquement significative ou par une diminution du nombre de grains par panicule. La dose N2 (90 kg/ha) d'azote apparaît comme la dose optimale pour obtenir le nombre maximum de grains par panicule.

Nos résultats montrent l'importance de l'écartement entre les plants dans la production de grains par panicule. Plus l'écartement entre les plants est grand, plus le nombre de grains par panicule est élevé. La théorie de MATSUO (1964) selon laquelle il y a une concurrence entre les plants pour la nutrition et la lumière en cas de forte densité pourrait expliquer nos résultats.

L'absence d'interaction entre les doses d'azote et les écartements entre les plants indique que ces traitements agissent indépendamment sur la production de grains par panicule.

Nos résultats ont montré qu'un accroissement de doses d'azote induit l'augmentation du poids de 1.000 grains mais de façon non significative. Par contre, BELOUME (1993) avait rapporté une augmentation significative de poids de grains par touffe en rapport avec l'accroissement de doses d'azote.

L'effet non significatif des écartements entre les plants sur cette composante de rendement pourrait signifier que le remplissage de grains est indépendant de l'écartement.

L'absence d'interaction entre les parcelles principales et les écartements entre les plants pour le poids de 1.000 grains expliquerait l'absence d'effets significatifs entre les traitements sur cette composante de rendement.

L'azote est le plus important nutriment du riz dans l'accroissement du rendement (GRIST, 1975; YOSHIDA, 1981). L'accroissement du rendement en grain se fait à travers

l'élaboration de ses composantes durant la phase végétative et le stade de l'initiation paniculaire. Il se fait également à travers la production d'assimilats en maintenant une haute activité photosynthétique pendant la période de remplissage de grains (BELOUME, 1993). L'apport d'azote au repiquage active le tallage et la production de panicules. L'azote fourni à la plante à l'initiation paniculaire, assure le remplissage des grains. MATSUO (1964) estime qu'avec de faibles doses d'azote, le nombre de talles, de panicules et d'épillets par plante augmentent mais avec un faible poids de 1.000 grains. La conséquence n'est rien d'autre qu'un faible rendement en grains. Nos résultats montrent que le rendement est proportionnel à la dose d'azote. Des observations similaires ont été rapportées par NEBIE (1995) qui a étudié des facteurs agro-pédologiques déterminant la production du riz irrigué dans la vallée du Kou au Burkina Faso.

Beaucoup d'autres facteurs interviennent dans l'accroissement ou la réduction de rendement du riz. ISRAEL et coll.(1959), ISRAEL & PRAKASA RAO (1965) estiment que le rendement du riz et ses composantes sont largement influencés par l'infestation ce qui aboutit à un moindre nombre d'épis portés par les talles, une courte panicule, un moindre poids de 1.000 grains et en dernier ressort par une perte en rendement. Nos résultats montrent un important taux de galles au cours de la phase reproductive et de la phase de maturation du riz, quel que soit la dose d'azote ou l'écartement considéré. Malgré la production de talles supplémentaires en réponse aux infestations de la cécidomyie, les dégâts causés n'ont pu être compensés. Ceci parce que les talles qui se forment sont généralement rabougries et sont peu ou pas fructifères. Tout accroissement de 1 % dans les infestations est associé à une perte de rendement de 2 % (NACRO *et al.*, 1996). UKWUNGWU et coll. (1989) ont rapporté une perte de 100 % de rendement causée par des attaques de 80 % de galles en milieu naturel. En milieu artificiel, NACRO et coll. (1996) ont estimé que 77 % d'infestation causeraient une perte de rendement de 100 %. Cette évaluation n'exprime pas exactement les pertes dues à ce ravageur. Il est évident que la nature et l'importance des pertes de rendement dépendent d'un complexe de réactions entre la plante et le ravageur. Ainsi, HEINRICHS (1988) estime que l'état physiologique de la plante, son stade phénologique au moment des attaques, la partie du plant attaquée, la fertilité du sol, la présence de stress biotique et abiotique et les autres espèces d'insectes ravageurs, peuvent être des facteurs déterminant la perte de rendement causée par le ravageur. Ainsi, malgré les taux d'attaques enregistrés, nos rendements restent de loin inférieurs à ceux que nous pourrions escompter en l'absence de ces contraintes de production.

L'interaction non significative entre les doses d'azote et les écartements entre les plants pour le rendement grain nous a conduit à une analyse séparée de ces traitements. L'absence d'interaction entre les deux facteurs pourrait s'expliquer par l'absence d'interaction entre ces traitements observée pour toutes les composantes du rendement. L'effet de l'azote dans l'élaboration du rendement en grain n'aurait pas été influencé par l'écartement entre les plants. Par contre, NGUU & DE DATTA (1979), ont observé une augmentation de rendement grain avec la réduction de l'écartement entre les plants en interaction avec différentes doses d'azote.

***CONCLUSION GENERALE***

## CONCLUSION GENERALE

Notre travail avait comme objectif d'étudier les interactions plante-ravageur en fonction du niveau de fumure azotée et des écartements entre les plants de riz au repiquage.

Nous avons suivi la dynamique des populations pré-imaginale de la cécidomyie africaine du riz *O. oryzivora* et leur cortège parasitaire en fonction des doses d'azote et de l'écartement entre les plants. Nous avons également suivi l'évolution de quelques paramètres agronomiques du riz dont, le nombre de talles par touffe, la hauteur de la touffe et le nombre de feuilles par talle. Enfin, nous avons évalué les composantes de rendement et le rendement du riz.

L'étude des paramètres agronomiques a révélé le rôle de l'azote dans la formation des talles de riz. En effet, celui-ci stimule le tallage du riz et nos résultats l'ont montré. Le nombre de talles produites a été proportionnel à l'accroissement de la dose d'azote utilisée. Les doses N2 (90 N) et N3 (120 N) ont été significativement supérieures à la dose N1 (60 N) pour le nombre de talles produites. En ce qui concerne les écartements entre les plants, nos résultats indiquent que le nombre de talles produites a été inversement proportionnel au nombre de plants à l'hectare. Ainsi, le meilleur tallage a été obtenu avec le traitement D1 (25 cm x 25 cm soit 160.000 touffes/ha) tandis que le plus faible tallage a été enregistré avec le traitement D4 (20 cm x 10 cm soit 500.000 touffes/ha). L'interaction entre la dose d'azote N2 (90 N) et l'écartement D1 (25 cm x 25 cm) a procuré le meilleur tallage.

Nos résultats indiquent que la hauteur des touffes de riz a été proportionnelle à l'accroissement de la dose d'azote même s'il n'a pas été possible de mettre en évidence des différences significatives entre les moyennes générales (sur les 12 séries d'observation) des traitements étudiés. Cependant, la tendance générale qui s'est dégagée montre que la hauteur moyenne des touffes est proportionnelle à l'écartement entre les plants.

L'étude sur la dynamique des populations pré-imaginale de *O. oryzivora* a révélé l'important rôle que joue l'azote dans l'abondance des populations du ravageur. En effet, l'accroissement des populations a été proportionnel à l'accroissement de la dose d'azote appliquée. L'azote stimule la formation des talles et rend les plants plus attractifs aux

insectes. Les résultats obtenus sur les dégâts occasionnés par la cécidomyie africaine du riz sont en parfaite adéquation avec ceux enregistrés sur l'évolution des populations pré-imaginale du ravageur. Les taux moyens de larves d'*O. oryzivora* enregistrés indiquent que l'abondance des populations larvaires a été proportionnelle à l'accroissement de l'écartement entre les plants. Autrement dit, les plus grands écartements ont été les plus favorables au développement de l'insecte.

Les populations des deux parasitoïdes associés à *O. oryzivora* ont été plus abondantes vers la fin du cycle de la plante, confirmant ainsi des résultats rapportés par certains auteurs. *P. diplosisae* s'est installé deux semaines avant *A. procerae*. Contrairement aux résultats antérieurs, *A. procerae* s'est révélé le principal parasitoïde de *O. oryzivora*.

L'azote et l'écartement entre les plants influent de façon significative sur la plupart des composantes du rendement et le rendement lui-même. Ces composantes s'accroissent proportionnellement à la dose d'azote en ce qui concerne le nombre de talles par mètre carré et le nombre de grains par panicule. Seul le nombre de grains par panicule est proportionnel à l'accroissement de l'écartement entre les plants tandis que le nombre de talles par mètre carré et le nombre de panicules par mètre carré sont inversement proportionnels à cet accroissement.

Les résultats obtenus constituent une contribution importante dans la recherche de méthodes de lutte culturale contre la cécidomyie africaine du riz au Burkina Faso. La dose de 90 kg N/ha et l'écartement de 25 cm x 25 cm sont actuellement vulgarisés. Nos résultats ont confirmé que ces deux pratiques culturales ont été celles qui améliorent le rendement du riz tout en réduisant les populations pré-imaginale de l'insecte. En outre, elles offrent aux parasitoïdes associés au ravageur de bonnes conditions de développement. Les faibles écartements entre les plants ne sont pas nécessaires à un accroissement significatif du rendement. Ils présentent en plus l'inconvénient d'accroître le temps de travail et le coût de production du riz. Cependant, ils peuvent contribuer à mieux contrôler les adventices. En définitive, le choix de l'une ou de l'autre pratique pour gérer les populations du ravageur dépendra de l'analyse économique de la production. Ces résultats devraient être confirmés au moins durant une autre saison de culture du riz.

A la lumière de nos résultats, quelques perspectives de recherches peuvent être dégagées :

- les études sur la survie et la multiplication des parasitoïdes entre deux saisons de culture pourraient être entreprises pour connaître les conditions d'accroissement de l'action de ces ennemis naturels sur le ravageur ;
- entreprendre des investigations sur l'espèce de cécidomyie, *O. bonzii* qui infeste *Paspalum scrobiculatum* mais qui n'attaque pas le riz cultivé et qui serait hôte alternatif pour un des deux principaux parasitoïdes associés à *O. oryzivora* ;
- étudier l'effet individuel des doses croissantes des éléments fertilisants sur le parasitisme ;
- intégrer ces méthodes de lutte dans une stratégie de lutte intégrée qui prend en compte des résultats obtenus avec d'autres composantes telles que la résistance variétale et la lutte chimique.

*REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ADRAO, 1995.** Formation en production rizicole. Manuel du formateur. Sayce publishing, Royaume Uni, 305 p.

**AGYEN-SAMPONG, M., 1982.** Les principaux déprédateurs des écosystèmes de riziculture irriguée, pluviale et mangrove dans les zones climatiques des régions tropicales humides de la savane guinéenne et du Sahel. In Gestion intégrée des déprédateurs du riz en Afrique de l'Ouest. ADRAO - Monrovia (Libéria), Janvier 1982. 535p

**AKINSOLA, E. A. & AGYEN-SAMPONG, M., 1984.** The ecology, bionomics and control of rice stem-borers in West Africa. *Insect Sci. Applic.*, **5** (2): 69-77

**ALAM, M.S., 1988.** Seasonal abundance of rice stem borer species in upland and irrigated rice in Nigeria. *Insect Sci. Applic.*, **9** (2): 191 - 195

**BELOUME, T., 1993.** Contraintes agronomiques à la production du riz irrigué: cas de la Vallée du Kou. Mémoire de fin d'études. Université de Ouagadougou (Institut du Développement Rural), 92 p.

**BONZI, S. M., 1979.** Résultats des premières investigations sur les insectes ravageurs du riz en Haute Volta. Communication au séminaire de l'ADRAO, Septembre 1979, ADRAO, Monrovia (Libéria). 10 p.

**BONZI, S. M., 1980.** Quelques plantes hôtes sauvages de la cécidomyie du riz, *Orseolia oryzae* W. M. (Diptera: Cecidomyiidae) en Haute Volta. *Techn. News West Africa Rice Development Association*, **2**: 5-6

**BOUCHARD, D.; OUEDRAOGO, A.; BOIVIN, G. & KINDA, A., 1992.** Mass rearing and life cycle of the african rice gall midge, *Orseolia oryzivora* H. and G., in Burkina Faso. *Tropical Pest Management*, **38** (4): 450-452

**BRENIERE, J., 1978.** The principal insect pests of rice in West Africa and their control. West Africa Rice Development Association, Monrovia (Liberia). 52 p.

**BRENIERE, J., 1983.** Principaux ennemis du riz en Afrique de l'Ouest et leur contrôle. Monrovia, ADRAO, 2ème éd., 87 p.

**BULLEN, E. R. & LESSELLS, W. J., 1957.** The effect of nitrogen on cereals yields. *J. Agr. Sci.*, **49** (3): 319-328

- CELTON, J.; DUFOURNET, R. & GREMILLET, B., 1965.** Techniques culturales en rizières. Résultats généraux de l'expérimentation régionale 1961-1964. *Agronomie tropicale* N°8, pp. 701-716
- CHAND, P. & ACHARYA, R. C., 1982.** Correlations between silvershoots and panicle and tiller numbers. *International Rice Research Newsletter*, 7 (4): 8-9
- CHAND, P. & ACHARYA, R. C., 1983.** Loss to gall midge. *International Rice Research Newsletter*, 8 (1): 10-11
- CHANTARAPRAPHA, N.; YAKLAI, W.; CHANTARASA-ARD, S. & HIDAKA, T., 1977.** Serious attacks of rice gall midge in central plain of Thailand. *International Rice Research Newsletter*, 2 (5): 11-12
- CHELLIAH, C. & SUBRAMANIAN, A., 1972.** Influence of nitrogen fertilization on the infestation by the gall midge, *Pachytiplosis oryzae* (Wood-Mason) Mani in certain rice varieties. *Indian Journal of Entomology*, publ. 197 hrz, 34 (3): 255-256
- CNRST, 1995.** Plan stratégique de la Recherche Scientifique. Recherches Agricoles. Productions végétales. Riz et Riziculture. 47 p.
- COULDIATY, T., 1983.** Problèmes de protection du riz sur les périmètres irrigués de la Vallée du Kou et de Karfiguéla. Mémoire de fin d'études, Université de Ouagadougou. 100 p.
- DAKOUO, D.; NACRO, S. & SIE, M., 1988.** Evolution saisonnière des infestations de la cécidomyie du riz, *Orseolia oryzivora* H. et G. (Diptera: Cecidomyiidae) dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *Insect Sci. Appl.*, 9 (4): 469-473
- DAKOUO, D.; NACRO, S. & BACYE, B., 1991.** Mise au point d'un système de lutte rationnelle contre les insectes ravageurs sur les périmètres rizicoles irrigués au Burkina Faso. *Insect Sci. Appl.*, 12 (5/6): 565-570
- DAKOUO, D.; NACRO, S.; POST, R.; TRAORE, Y.; NOKOE, S. & MUNYINYI, D. M., 1995.** Evaluating an insect pest management system in an irrigated rice environment. *Insect Sci. Appl.*, 16 (1): 93-101
- DE DATTA, S.K., 1975.** Principles and practices of rice production. *Wiley, New York*, pp. 618
- DEMBELE, S., 1988.** Aménagements hydro-agricoles et riziculture: situation du Burkina Faso. Rapport technique INERA. 56 p.
- DESCAMPS, M., 1956.** Deux Diptères nuisibles au riz dans le Nord du Cameroun: *Pachytiplosis oryzae* W.M. et *Pachylophus* sp. aff. *Lugens* LOEW.

*Phytherapie - Phytopharmacie*, 5 (2): 109-116

FAGADE, S.O. & DE DATTA, S.K., 1971. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. *Agronomy Journal*, 63 (1): 503-504

FEIJEN, H.R., & SCHULTEN, G.G.M., 1983. Notes on African rice gall midge *Orseolia oryzivora* Harris and Gagne (Diptera: Cecidomyiidae), with a redescription of its parasitoid *Tetrastichus pachydiplosisae* Risbec (Hymenoptera: Eulophidae). *Z. ang. ent.*, 96: 509-520

GOMEZ, A.K. & GOMEZ, A.A., 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edition. *International Rice Research Institute*, 680 p.

GRIST, D.H., 1975. RIZ. *Longman, London*, 601 p.

HARRIS, K.M. & GAGNE, R.J., 1982. Taxonomy of Asian and African rice gall midge. *International Rice Research Newsletter*, 7 (2): 8

HARRIS, K.M. & GAGNE, R.J., 1982. Description of African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* sp.n., with comparative notes on the Asian rice gall midge, *Orseolia oryzae* (Wood-Mason) (Diptera: Cecidomyiidae). *Bull. Ent. Res.*, 72 (3): 467-472

HARRIS, K.M., 1987. Gall midge in tropical agriculture. *Insect Sci. Appl.*, 8 (4; 5; 6): 441-445

HEINRICH, E.A., 1988. Plant stress-insect interactions. *New York: Wiley*, 492 p.

HIDAKA, T., 1974. Recent studies on the rice gall midge, *Orseolia oryzae* (Wood-Mason) (Diptera, Cecidomyiidae). *Rev. Plant Protec. Res.*, 7: 99-143

HIDAKA, T., 1974. Report on ecological and control studies of the rice gall midge in Thailand. *Tropical Agriculture Research Center*, 1973: 1-91

HIDAKA, T.; BUDIANTO, E.; YA-KLAI, V. & JOSHI, R.C., 1988. Recent studies on natural enemies of the rice gall midge, *Orseolia oryzae* (Wood-Mason). *J. Agric. Res. Q. (JARQ)*, 22: 175-180

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, Bouaké, pp.131-135

ISRAEL, P., 1959. Latest and effective methods of controlling insect pest of rice. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 49: 367-368

- ISRAEL, P.; VEDAMOORT, G. & RAO, Y.S., 1959.** Assesment of field losses caused by pests in rice. Proceedings of the Working Party of Rice Production and Protection of International Rice Commission, Ceylon, Dec. 1959.
- ISRAEL, P. & PRAKASA, P.S., 1965.** Influence of gall midge incidence in rice tillering and yield. *Newsletter*, pp. 24-31.
- JACQUOT, M.; COURTOIS B., 1983.** Le riz pluvial. *GP Maisonneuve et Larose*, Paris, 129 p.
- JOSHI, R.C.; GROVER, P. & VENUGOPAL, M.S., 1983.** The rice gall midge, *Orseolia oryzae* - A brief review. *Cecidologia internationale*, 4 (1; 2; 3): 9-18
- JOSHI, R.C. & VENUGOPAL, M.S., 1984.** Preliminary studies on natural enemies of the rice gall midge, *Orseolia oryzae* (Wood-Mason) in and around Madurai, Tamil Nadu, India. *Pestology*, 8: 11-12
- JOSHI, R.C. & VENUGOPAL, M.S., 1985.** Visual identification of parasited rice gall. *Pestology*, 9: 14-15
- KAMARA, S.I., 1998.** Role of alternative hosts and crop residue management for the African rice gall midge, *Oreolia oryzivora* Harris and Gagne (Diptera: Cecidomyiidae). Cummunication pesented at the first group discussion and planning meeting on bioecology and management of the African rice gall midge (ARGM) at WARDA/IITA, Ibadan, Nigeria, october 12 - 16 , 1998, 10 p.
- KATANYUKUL, W.; KADKAO, S.; SINDHUSAKE, C. & CHANTARATAD, J., 1979.** Effect of seedling density on gall midge infestation and rice yields in Northern Thailand. *International Rice Research Institute Newsletter*, 4 (5): 19
- LIU, C.S. & CHIU, S.F., 1951.** A study of the rice gall midge *Pachydiplosis oryzae* (Wood-Mason). *J. Taiwan Agric. Res.*, 2 (4): 1-13
- MA** (Ministère de l'Agriculture), Service des Statistiques Agricoles – Direction des Etudes et Planification, 1998. Rapport général.
- MARA** (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales - Burkina Faso), 1996. Enquête Nationale des Statistiques Agricoles (ENSA). Rapport général, pp. 80 - 87
- MATSUO, T., 1964** Varietal responses to nitrogen and spacing. The mineral nutrition of the rice plant: proceedings of a symposium at the IRRI, February, 1964. *IRRI*, 437-448 pp.
- MATTSON, W.J., 1980.** Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 11: 119-161

- MCNELL, S. & SOUTHWOOD, R.S.E., 1978.** The role of the nitrogen in the development of insect/plant relationships. In: Biochemical aspects of plant and animal coevolution. *J. B. Harbone (ed.)* London, 77-98 pp.
- MEW, T.W. & MCNELL, B.C., 1995.** Priorités des recherches futures dans le domaine de la production des plantes au niveau international - le cas du riz. *Agriculture et Développement Rural*, 2 (2): 25-28
- NACRO, S., 1984.** Etude de la bioécologie de la cécidomyie du riz *Orseolia oryzivora* sp. n., (Diptera, Cecidomyiidae) et de deux méthodes de lutte contre ce ravageur sur la plaine rizicole de Karfiguéla (Banfora). Mémoire de fin d'études, Université de Ouagadougou. 70 p.
- NACRO, S. & DAKOUO, D., 1990.** La cécidomyie du riz, *Orseolia oryzivora* H. et G. dans le Sud Ouest du Burkina Faso. Communication au séminaire international sur la lutte intégrée entre les principaux ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. Bamako (Mali), 4-9 Janvier 1990, 9 p.
- 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., 118 p.
- NACRO, S., 1995.** Les foreurs de tiges du riz. Communication présentée au séminaire international en lutte biologique. Bobo-Dioulasso du 7 au 20 mai 1995, 14 p.
- NACRO, S.; DAKOUO, D. & HEINRICHS, E.A., 1995.** Population dynamics, host plant damage and parasitism associated with the African Rice Gall Midge in Southern Burkina Faso. *Insect Sci. Applic.*, 16 (3/4): 251-257
- NACRO, S. & DAKOUO, D., 1996.** Abondance relative et variations saisonnières des populations pré-imaginales des insectes foreurs de tige du riz dans le bas-fond de Niofila, Sud Ouest du Burkina Faso. *Science et technique*, 22 (2): Juillet - Décembre 1996 - Janvier - Juin 1997, pp. 116-127
- NACRO, S.; HEINRICHS, E. A. & DAKOUO, D., 1996.** Estimation of rice yield losses due to the African Rice Gall Midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagne. *International Journal of Pest Management*, 42: 331 - 334
- NACRO, S. & UKWUNGWU, M., 1996.** The African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagne. *Insect pests of rice in West Africa, WARDA Publi.*, pp. 26 - 29
- NACRO, S., 1998.** Biologie et écologie de la cécidomyie africaine du riz. Communication présentée à la réunion de discussion et de planning sur la bio-écologie et la gestion de la cécidomyie africaine du riz, *Orseolia oryzivora*, Ibadan, du 12 au 16 octobre 1998, 6 p.

- NARAYANAN, K.; CHANDRASEKARAN, J.; MEERZAINUDEEN, M. & JAYARAJ, S., 1973. Effect of graded levels of nitrogen on the incidence of rice gall midge. *Madras Agricultural Journal*, 60 (7): 572
- NGUU, N.V. & DE DATTA, S.K., 1979. Increasing efficiency of fertilizer nitrogen in wetland rice by manipulation of plant density and plant geometry. *Field crops Research*, 2: 19 - 34
- NEBIE, B., 1995. Etudes 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, 191 p.
- PATNAIK, N.C. & SATHPATHY, J.M., 1983. Parasitization of gall midge maggots in exposed and suppressed galls. *IRRN*, 8 (5): 16-17
- PRAKASA RAO, P.S.; RAO, Y.S.; ISRAEL, P.; (SESHAGIRI RAO, Y. & RAO, P.S.P.), 1971. Factors favouring incidence of rice pests and methods forecasting outbreaks: gall midge and stem borers. Central Rice Research Institute, Cuttack-6, Orissa, India. 337-344 pp.
- REDDY, D.B., 1967. The rice gall midge, *Pachytiplosis oryzae* (Wood-Mason). In major insect pests of the rice plant, pp. 457-491, *John Hopkins Press, Baltimore, Maryland*, 729 p.
- REGUPATHY, A. & SUBRAMANIAN, A., 1972. Effect of different doses of fertilizers on the mineral metabolism of IR 8 rice in relation to its susceptibility to gall fly, *Pachytiplosis oryzae* (Wood-Mason) and *Cnaphalocricis medinalis* Guenee. *Oryza*, 9 (1): 81-85
- RISBEC, J., 1956. Les parasites des insectes borers du riz au Caméroutn. *Agron. Trop.*, 2: 234-247
- SAMALO, A.P.; PARIDA, P.B. & MISHRA, G.C., 1983. Effects of insecticides on the rice gall midge, *Orseolia oryzae* and its parasites, *Platygaster oryzae*. *Tropical Pest Management*, 29 (2): 173-176
- SAROJA, R. & RAJU, N., 1982. Effect of nitrogen fertilizer levels spacing on rice gall midge and leaf-folder damage. *International Rice Research Newsletter*, 7 (4): 10
- SERE, Y., 1989. Approches prioritaires en vue d'une collaboration et d'un appui de la part des Centres Internationaux de Recherche Agricole (CIRA) aux Services Nationaux de Recherche Agricole de moindres ressources: le cas du Burkina Faso. Rapport présenté à la Revue Annuelle de la Riziculture de l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO), Bouaké. 23 p.

- SMITH, D.S. & NORTHCOTT, F.E., 1951. The effects on the grass hopper, *Melanoplus mexicanus* (Sauss) (Orthoptera: Acrididae) of varying the nitrogen content in its food plant. *Canad. J. Zool.*, **29**: 297-304
- SHARMA, V.R. & HIREMATH, S.G., 1986. Effect of different levels of fertilizers on incidence of paddy gall midge. *Current research*, **13** : 70-71
- SWAMINATHAN, M., 1984. Le riz. *Pour la Science*, **77**: 24
- TANAKA, A.; NAVASERO, A.; GARCIA, C.V.; PARAO, F.T. & RAMIREZ, E.; 1964. Growth habit of the rice plant in tropics and its effect on nitrogen response. *IRRI Techn. Bull.* N°3, 80 p.
- UKWUNGWU, M.N., 1985. Effect of nitrogen and carbofuran on the gall midge and white stem borer infestation in Nigeria. *International Rice Research Newsletter*, **10** (6): 19-20
- UKWUNGWU, M.N., 1987. Effect of spacing and nitrogen fertilizer on infestation by the rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) in Nigeria. *Tropical Pest Management*, **33** (2): 164-165
- UKWUNGWU, M.N.; WINSLOW, M.D. & JOHN, V.T., 1989. Severe outbreak of rice gall midge (GM) in the Savannah zone, Nigeria. *Int. Rice Res. Newsl.*, **14** (4): 36-37
- UKWUNGWU, M.N. & JOSHI, R.C., 1992. Distribution of the African rice gall midge *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné and its parasitoids in Nigeria. *Tropical Pest Management*, **38** (3): 241-244
- UMEH, E.D.N. & JOSHI, R.C., 1993. Aspects of the biology, ecology and natural biological control of the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) in South East Nigéria. *J. Appl. Ent.*, **116**: 391-398
- VERGARA, B.S.; TANAKA, A.; LILIS, R. & PURANABHAVUNG, S., 1966. Relationship between growth duration and grain yield of rice plants. *Soil Sci. Plant Nutr. (Tokyo)*, **12**: 31 - 39
- VERGARA, B.S., 1984. Manuel pratique de riziculture. *International Rice Research Institute, Las Banos, Laguna*, pp. 221
- WILLIAMS, C.T., 1998a. Crop loss assessment methods for African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné. Cummunication in group discussion and planning meeting on bioecology and management of the African rice gall midge (ARGM) at WARDA/IITA, Ibadan, Nigeria, october 12 - 16 , 1998, 30 p.

**WILLIAMS, C.T., 1998b.** African Rice Gall Midge (ARGM) research guide. Nigeria, April 1998, 30 p.

**WONG, T.C.; LEE, J.P. & HUANG, C.C., 1956.** Research on *Pachydiplosis oryzae* Wood-Mason in Chiang-Hsi Province, East China. *Agr. J. Sci.*, **7**: 347-354

**YOSHIDA, S., 1981.** Fundamentals of rice crop science. *International Rice Research Institute*, 269 p.

*ANNEXES*

## ANNEXE I

### Fiche technique de la variété ITA 123

Nom	:	ITA 123 (FKR 28)
Espèce	:	<i>Oryza sativa</i>
Groupe variétal	:	Indica
Origine	:	Nigéria (Institut International d'Agronomie Tropicale).
Année d'introduction au Burkina Faso: 1983		

#### CARACTERES VEGETATIFS

- cycle semis - épiaison	:	96 jours
- cycle semis - maturité	:	122 jours
- hauteur	:	95 cm
- tallage	:	bon
- port de la plante	:	dressé

#### CARACTERES DU GRAIN (paddy)

- longueur	:	10,2 mm
- largeur	:	2,5 mm
- poids de 1.000 grains	:	25,9 g
- aristation	:	mutique
- pilosité	:	velu
- couleur glumelle	:	paille
- couleur apex à maturité	:	incolore

#### CARACTERES AGRONOMIQUES

- résistance à la pyriculariose	:	assez bonne
- résistance à la verse	:	assez bonne
- résistance à l'égrenage	:	bonne
- réponse à l'azote	:	bonne
- potentiel de rendement	:	5 - 6 t/ha
- dormance	:	nulle
- fumure conseillée	:	
* repiquage	:	300 kg/ha de NPK
* 1er sarclage	:	35 kg/ha d'urée
* initiation paniculaire	:	65 kg/ha d'urée

## ANNEXE II

### CALENDRIER DES ACTIVITES

Semis en pépinière	Repiquage	Fumure de fond	Fumure de couverture (1)	Fumure de couverture (2)	1ère série d'observation	12 ème série d'observation
10.08.1998	01.09.1998	01.09.1998	15.09.1998	05.10.1998	22.09.1998	08.12.1998

ANNEXE III

**DISPOSITIF EXPERIMENTAL**

<i>REPETITION 1</i>			<i>REPETITION 2</i>			<i>REPETITION 3</i>			<i>REPETITION 4</i>		
N1	N3	N2	N3	N2	N1	N3	N2	N1	N2	N3	N1
d2	d3	d1	d1	d2	d3	d2	d3	d2	d1	d2	d2
d4	d4	d3	d3	d4	d1	d1	d1	d1	d4	d3	d1
d1	d2	d2	d2	d3	d2	d3	d4	d3	d3	d4	d4
d3	d1	d4	d4	d1	d4	d4	d2	d4	d2	d1	d3

<p><b>Doses d'azote:</b></p> <p>N1: 60 kg/ha          N2: 90 kg/ha          N3: 120 kg/ha</p>	<p><b>Ecartements entre les plants</b></p> <p>d1 : 25 cm x 25 cm (160.000 touffes/ha)          d2 : 25 cm x 12,5 cm (320.000 touffes/ha)          d3 : 20 cm x 20 cm ( 250.000 touffes/ha)          d4 : 20 cm x 10 cm (500.000 touffes/ha)</p>
---	---

## ANNEXE IV

**Tableau I:** Evolution du taux moyen de larves d'*O. oryzivora* (données non transformées) en fonction des doses d'azote et des écartements entre les plants

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)												Moyenne générale
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90	98	
<b>a) Fumure azotée (kg/ha)</b>													
<b>N1 (60 N)</b>	0.00	1.15	2.87	3.49	4.59	6.14	10.69	9.12	7.02	6.97	5.11	3.48	5.05
<b>N2 (90 N)</b>	0.12	1.47	4.27	5.43	6.50	7.47	10.02	11.14	8.31	9.49	4.18	5.84	6.19
<b>N3 (120 N)</b>	0.00	1.29	2.63	5.08	5.85	10.37	12.22	12.59	8.40	9.40	3.77	6.64	6.52
<b>b) Ecartements</b>													
<b>D1 (25 cm x 25 cm)</b>	0.00	1.01	2.38	5.15	7.85	7.57	10.14	12.83	7.53	11.34	5.86	5.22	6.41
<b>D2 (25 cm x 12,5 cm)</b>	0.16	1.00	2.33	5.69	3.87	6.92	9.50	10.44	9.80	6.74	5.02	6.24	5.64
<b>D3 (20 cm x 20 cm)</b>	0.00	1.52	2.29	4.61	6.01	8.20	12.13	10.20	7.09	10.39	4.24	5.31	6.00
<b>D4 (20 cm x 10 cm)</b>	0.00	1.68	6.04	3.22	4.86	9.27	12.15	10.32	7.21	6.02	2.30	4.51	5.63

**Tableau II:** Evolution du taux moyen de larves parasitées (données non transformées) par *P. diplosisae* en fonction des doses d'azote et des écartements entre les plants

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)												Moyenne générale
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90	98	
<b>a) Fumure azotée (kg/ha)</b>													
<b>N1 (60 N)</b>	0.00	6.25	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	4.54	1.56	6.02	2.90	3.75	2.26
<b>N2 (90 N)</b>	6.25	4.17	0.00	5.00	7.29	0.89	0.89	0.87	1.30	1.62	8.19	17.65	4.51
<b>N3 (120 N)</b>	0.00	3.13	0.00	4.02	4.69	3.04	0.00	0.57	0.00	3.26	2.30	4.72	2.14
<b>b) Ecartements</b>													
<b>D1 (25 cm x 25 cm)</b>	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	1.67	0.00	0.52	1.74	5.98	4.36	10.88	2.56
<b>D2 (25 cm x 12,5 cm)</b>	8.33	0.00	0.00	6.67	2.08	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	5.36	7.28	2.64
<b>D3 (20 cm x 20 cm)</b>	0.00	0.00	2.78	1.19	13.89	0.00	1.19	0.64	2.09	5.77	3.98	0.00	2.63
<b>D4 (20 cm x 10 cm)</b>	0.00	12.50	0.00	4.17	0.00	3.57	0.00	4.86	0.00	2.78	4.17	16.67	4.06

## ANNEXE IV (suite)

**Tableau III:** Evolution du taux moyen de pupes d'*O. oryzivora* (données non transformées) en fonction des doses d'azote et des écartements entre les plants

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)												Moyenne générale
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90	98	
<b>a) Fumure azotée (kg/ha)</b>													
N1 (60 N)	0.00	0.00	2.00	0.85	5.34	5.90	6.61	10.49	11.47	13.05	17.69	9.77	6.93
N2 (90 N)	0.00	0.00	1.33	2.43	4.59	6.40	5.47	10.42	13.37	16.01	15.69	13.08	7.40
N3 (120 N)	0.00	0.00	1.65	1.26	5.03	6.89	8.59	11.57	13.60	14.47	17.98	11.82	7.74
<b>b) Ecartements</b>													
D1 (25 cm x 25 cm)	0.00	0.00	0.95	0.72	5.40	6.89	6.89	11.42	12.75	12.87	15.28	10.39	6.96
D2 (25 cm x 12,5 cm)	0.00	0.00	1.55	2.67	3.49	6.51	6.24	9.20	11.87	15.82	15.58	11.41	7.03
D3 (20 cm x 20 cm)	0.00	0.00	1.79	0.59	6.19	6.04	7.69	9.38	14.33	17.03	19.85	13.42	8.03
D4 (20 cm x 10 cm)	0.00	0.00	2.34	2.07	4.87	6.14	6.75	13.32	12.31	12.31	17.77	10.96	7.40

**Tableau IV:** Evolution du taux moyen de pupes parasitées par *A. proceræ* (données non transformées) en fonction des doses d'azote et des écartements entre les plants

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)												Moyenne générale
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90	98	
<b>a) Fumure azotée (kg/ha)</b>													
N1 (60 N)	0.00	0.00	6.25	0.00	14.06	0.69	20.79	13.68	31.92	42.41	60.47	75.00	22.11
N2 (90 N)	0.00	0.00	0.00	3.13	10.42	2.08	23.71	28.71	39.91	50.42	64.56	78.11	25.09
N3 (120 N)	0.00	0.00	0.00	0.00	17.92	1.32	17.62	28.18	39.67	47.53	52.17	76.33	23.40
<b>b) Ecartements</b>													
D1 (25 cm x 25 cm)	0.00	0.00	0.00	4.17	10.42	0.93	11.72	14.22	33.55	41.23	48.93	71.55	19.73
D2 (25 cm x 12,5 cm)	0.00	0.00	8.33	0.00	4.17	0.83	21.06	41.40	35.16	58.45	48.66	79.49	24.80
D3 (20 cm x 20 cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	19.72	2.78	17.63	17.12	36.69	46.89	60.78	75.04	23.05
D4 (20 cm x 10 cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	22.22	0.93	32.41	21.36	43.27	40.58	77.90	79.84	26.54

## ANNEXE IV (suite)

**Tableau V:** Evolution du taux moyen de galles ( données non transformées) en fonction des doses d'azote et des écartements entre les plants

Traitements	Nombre de jours après le repiquage (JAR)											Moyenne générale	
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	90		98
<b>a) Fumure azotée (kg/ha)</b>													
<b>N1 (60 N)</b>	0.08	0.10	0.12	1.32	6.02	5.06	16.37	23.37	16.55	19.18	19.72	18.76	10.55
<b>N2 (90 N)</b>	0.04	0.06	0.23	2.47	8.62	8.16	19.54	28.90	20.54	19.92	23.89	20.26	12.72
<b>N3 (120 N)</b>	0.00	0.10	0.50	2.66	8.67	8.54	23.51	31.85	22.09	23.00	23.56	21.59	13.84
<b>b) Ecartements</b>													
<b>D1 (25 cm x 25 cm)</b>	0.00	0.13	0.15	0.92	6.37	6.59	19.30	26.01	20.48	20.90	22.82	20.18	11.99
<b>D2 (25 cm x 12,5 cm)</b>	0.09	0.12	0.19	1.85	7.41	7.41	19.31	29.42	19.02	19.96	20.97	20.20	12.16
<b>D3 (20 cm x 20 cm)</b>	0.00	0.00	0.14	2.28	7.78	6.45	19.63	27.37	20.30	21.17	22.00	18.51	12.14
<b>D4 (20 cm x 10 cm)</b>	0.06	0.10	0.64	3.56	9.52	8.57	20.99	29.36	19.11	20.76	23.77	21.93	13.20

## ABSTRACT

African Rice Gall Midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagne is one of the major biotic constraints to rice production in South Western of Burkina Faso.

Experiments were carried out on irrigated rice at Karfiguéla, in South Western of Burkina Faso during the 1998 wet season to determine effective and economical cultural practices for the management of the African Rice Gall Midge. The studies consisted of the assessment of plant and pest interaction according to nitrogen fertilizer dose and plant spacing. Three nitrogen fertilizer dosages, 60, 90, 120 kg per ha, and four different plant spacings, 25 cm x 25 cm, 25 cm x 12.5 cm, 20 cm x 20 cm and 20 cm x 10 cm were used respectively as main and secondary treatments in a split plot design. Increase in nitrogen dosage (90 kg/ha and 120 kg/ha) and plant spacing (25 cm x 25 cm and 20 cm x 20 cm) resulted in increase in number of agronomical parameters such as the number of tillers per hill, plant height, leaves per plant as well as most of yield components and yield. Larval populations and damages were related to nitrogen fertilizer dosage and to plant spacings. Populations of two main parasitoids *Platygaster diplosisae* and *Aprostocetus procerae* associated with *O. oryzivora* were also recorded. The highest percentage of parasitism of both parasitoids occurred too late in the season. *A. procerae* was the most important parasitoid as its populations were found to be four to fifteen times those of *P. diplosisae* with regard to nitrogen fertilizer treatments at the end of the rice cycle. With plant spacing, the relationship was found to be four to seven times at 25 cm x 25 cm, 25 cm x 12.5 cm and 20 cm x 10 cm. The best cultural control method of the insect pest was found to be the combination of 90 kg/ha of nitrogen and 25 cm x 25 cm plant spacing. Results are discussed and research areas suggested.

**Key words:** rice, cultural practices, nitrogen fertilizer, plant spacing, rice gall midge, *Orseolia oryzivora*, parasitoids, *Platygaster diplosisae*, *Aprostocetus procerae*, population dynamics, pest management.