

## INTRODUCTION

Ce rapport de fin d'études a été élaboré dans le cadre de l'étude universitaire à l'ASJA en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur agronome en collaboration avec des organismes tels que FOFIFA (FOibe FIkarohana ho an'ny Fampanandrosoana ny tontolo eny Ambanivohitra) et CIRAD (Coopération Internationale en Recherches Agronomiques pour le Développement) qui se sont associés dans le cadre de l'URP Scrid (Unité de Recherche en Partenariat Systèmes de Culture et Rizicultures Durables) pour rechercher les variétés de riz performantes en condition de haute altitude avec les techniques culturales adaptées à ces variétés.

Le riz est connu depuis 2800 ans avant l'ère chrétienne. De l'électronique en passant par les boucliers thermiques, le riz a des applications dans de multiples domaines. Il est présent dans les arts, dans la médecine pour guérir les ulcères gastriques et d'autres maux. Parmi les céréales, il est celui qui s'assimile le mieux et qui est le plus cultivé, c'est diététique. Il est la céréale la plus consommée dans le monde. Quant à sa dérivée, on peut fabriquer de l'alcool, de l'amidon, de l'huile, des produits pharmaceutiques, des aliments diététiques,... à partir des grains. Et les sous produits de transformation à savoir les brisures, farine, tourteaux, pailles sont utilisées en alimentation animale. Les balles de riz servent de combustible et les cendres d'engrais. Les pailles sont utilisées comme litière, matière première pour la fabrication de pâte à papier ou papier mural.

Actuellement dans le monde, l'Asie domine la production mondiale avec 91% de la production et 89% des surfaces. Vient ensuite l'Amérique du sud avec 3.6% de la production et de 4% des surfaces. L'Afrique assure 2.9% de la production sur 4.8% des surfaces rizicultivées. Mais l'Egypte dispose d'une riziculture très performante, des rendements moyens de 7t/ha sur 450 000ha. Or, la consommation annuelle moyenne de riz par habitant dans le monde varie entre 5 à 200kg de riz blanchi, 65 à 70kg en moyenne. De 2000 à 2025, la demande de riz devrait augmenter à un rythme annuel de 1.7% dans le monde et de 2.1% en Asie (Memento, 2002). Par contre, environ 840 millions de personnes souffrent de faim chronique dans le monde. Quelque 55% de ces personnes vivent dans les régions qui dépendent de la production de riz pour vivre (Chronique ONU, 2004). Et c'est le cas de certaine région à Madagascar.

La majorité des Malagasy mangent du riz trois fois par jours, c'est la base essentielle de l'alimentation et aussi la première culture vivrière. Il n'est substitué par un autre produit que sous l'effet de la pénurie. Dans les années 60 et 70, Madagascar était l'un des pays exportateurs de riz. Depuis une vingtaine d'années jusqu'à aujourd'hui, le pays importe tous les ans entre 30 000 et 100 000 tonnes (RAVATOMANGA, 1996). Cette année, les Malagasy comptent environ 17.5 millions et consomment 120kg de riz blanchi en moyenne par jour et par habitant (Documentaire Fagnotsafa TVM, 2005). Ce qui nous permet de dire que même les importations sont insuffisantes pour la population.

Et cette importation peut freiner le développement économique de Madagascar. Face à l'augmentation de la croissance démographique, la production des rizières est insuffisante due à la destruction de l'environnement, de l'infrastructure, du manque de maîtrise technique (culturale, eau,...), du coût de la main-d'œuvre, des engrais,... Ainsi, une extension de la riziculture pluviale sur *tanety* cultivable est nécessaire.

Le riz pluvial représente 13% des surfaces rizicoles mondiales ; il ne nécessite pas d'aménagements importants et s'intègre bien dans un système de limitation des ressources en eau. Si 1100ha est la superficie cultivée en riz à Madagascar, le rendement obtenu est de 2t/ha avec une production de 2200. Le pourcentage consacré au riz pluvial est de 19% seulement (Hari K., 1997). Mais il n'est plus possible d'accroître la surface rizicole de bas-fonds qui est d'ailleurs déjà saturée. Le riz pluvial offre une opportunité pour les paysans, car c'est un moyen d'augmenter la production, le riz pouvant être utilisé pour leur alimentation ou gardé ou vendu comme semences (RAKOTOSON, 2003).

Dans la région du Vakinankaratra, la riziculture sur *tanety* ne se développe pas, dans ce cas des systèmes de culture adéquats aux conditions difficiles des *tanety*, accompagnés par des propositions de variétés bien adaptées à cette région s'avèrent nécessaires pour appuyer ce secteur (RAMAHANDRY, 2003). L'utilisation des variétés locales est identifiée comme l'un des facteurs limitant l'accroissement des rendements (RAZAFINDRAKOTO, 1996).

Selon l'hypothèse de l'étude, la variabilité disponible et créée dans la collection de FOFIFA serait suffisante pour permettre de passer aussitôt au choix des variétés. Dans ce cas, l'évaluation variétale est basée sur le principe de l'utilisation de la variabilité génétique disponible ou créée. Alors, dans le cadre de l'évaluation variétale menée dans cette étude, est recherchée,

- d'une part la satisfaction des besoins écologiques et trophiques des espèces cultivées qui repose sur l'adaptation des cultures à leur environnement et dans une certaine mesure le modelage du milieu pour l'adapter aux exigences des plantes en ce qui concerne, dans cette étude, le labour, la fertilisation et les conditions climatiques. L'homme intervient également en améliorant l'environnement immédiat par le travail du sol et l'ensemble des techniques culturales de conduite des cultures cherchant à leur fournir les substances nutritives aux quantités et aux époques les plus favorables (fumure, amendement,...) : Effets du mode de gestion du sol ( SCV/LAB)

- et d'autre part par la sélection végétale qui est la recherche volontaire de « groupes génétiques » répondant aux exigences des agriculteurs. Et le matériel végétal obtenu représente les meilleures réponses biologiques au milieu et aux besoins des producteurs : recherche de variétés de riz performantes.

L'étude est basée sur une analyse du comportement des variétés de riz pluvial en relation avec les conditions de l'environnement immédiat. Cette étude a pour titre : **Evaluation variétale de riz pluvial en relation avec les conditions du milieu de culture.**

Cette étude se déroule dans la région du Vakinankaratra et se planifie en quatre parties :

- La première partie présentera le contexte général et les enjeux rizicoles à Madagascar ;
- La deuxième partie parlera de la culture du riz pluvial ;
- La troisième partie concernera la présentation de l'étude ;
- La quatrième partie traitera des analyses et des interprétations des résultats.

## I.1. Contexte et enjeux rizicole à Madagascar

### I.1.1. Importance de la recherche rizicole à Madagascar

A Madagascar, la riziculture occupe 58% des superficies par rapport aux principaux produits agricoles ( riz, café, vanille, poivre, girofle, manioc, haricot, maïs, coton, pomme de terre, patate douce), avec 7 216 923 parcelles exploitées ou mises en valeur par les agriculteurs. Selon INSTAT 2003, 63% des ménages sont des riziculteurs dont 73% en milieu rural sauf dans la partie du sud de Madagascar. En fait, pour 2 000 000 de petits producteurs de riz, 60% ne disposent même pas 60 ares de rizières. Dans ce cas, ils ne produisent que quelques 800 kilos sur une surface de moins de 1 ha. Ainsi durant la campagne 2002/2003, la production de paddy est de 2 800 000 tonnes ce qui donne un rendement moyen de 2 tonnes par hectare (inférieur à la moyenne mondiale 3.5 t).

Les disponibilités en riz sont passées de 140 kg/hab. dans les années 90 à actuellement 138 kg/hab. en milieu rural et 118 kg/hab. en milieu urbain. Ce qui indique l'importance de la situation rizicole et alimentaire à Madagascar.

Tableau 1 : Disponibilité en riz à Madagascar de 1997 à 2003

<b>Année</b>	<b>Production de Paddy (tonnes)</b>	<b>Equivalent en riz blanc (tonnes)</b>	<b>Importation (tonnes)</b>
1997	2 558 000	1 688 280	57 800
1998	2 447 000	1 615 020	43 500
1999	2 570 300	1 696 398	115 400
2000	2 480 500	1 637 130	207 700
2001	2 662 400	1 757 184	330 300
2002	2 604 000	1 718 640	170 500
2003	2 800 000	1 840 080	283 800

Source : UPDR, 2003 : LE riz à Madagascar

L'offre nationale du riz ne suit plus la demande, le stock de début de saison étant inexistant, le recours doit être fait à l'importation. Depuis 1999, les importations couvrent près de 10% des besoins nationaux et n'ont permis de compenser qu'en partie le déficit de la production locale.

### **I.1.2- Principaux problèmes et contraintes de la filière riz**

#### a)- Contraintes techniques:

L'enclavement des zones rizicoles est l'un des principaux blocages à l'efficacité de la filière. Il est dû au délabrement général des desserrés nationales, à l'absence d'ouvrages de franchissement sur la plupart des pistes rurales (passages à gué) et à l'insuffisance d'entretien des voies de manière générale (éboulements...). Les conséquences des déficiences à ce niveau sont de deux ordres : sur le niveau de production (effet à la baisse) et sur les prix au producteur (effet à la baisse).

Il y a aussi la mauvaise maîtrise de l'eau, pas d'entretien des barrages et des matériaux d'irrigation ainsi que des techniciens d'ouvrage, main-d'œuvre. Pas d'infrastructure.

Le niveau d'équipement des riziculteurs est très limité. Le faible utilisation des intrants majeurs (engrais minéraux, semences sélectionnées, produits phytosanitaires) paraît liée à la fois à la mentalité paysanne, au prix de ces produits et à l'approvisionnement insuffisant des zones rizicoles du fait de l'état délabré des routes. Les techniques nécessaires pour permettre aux semences améliorées d'extérioriser leurs potentialités ne sont pas toujours mises en œuvre. L'apport des bonnes doses de fertilisation, une des exigences des variétés améliorées, n'est pas respecté. Les quantités d'engrais minéraux les plus élevées relevées, 80 kg/ha sur les Hauts Plateaux, sont nettement insuffisantes et très peu répandues.

#### b)- Contraintes organisationnelles:

Les structures paysannes existantes sont encore fragiles et ont besoin d'un appui permanent pour consolider les acquis. Cependant, après 15 ans d'intervention appuyée par les bailleurs de fonds (Banque Mondiale, Union Européenne, AFD), les résultats sont mitigés malgré des coûts élevés (44% du Programme d'Investissements Publics en 1997). En conséquence, la production stagne, la maîtrise de l'eau reste un problème majeur.

L'organisation des AUE ( Association des Usagées d'Eaux) est mal administré, mal organisé.

Pas de vente organisationnelle des intrants, des semences améliorer,...achats des intrants...

#### c)- Contraintes socio-économiques:

L'insuffisance du crédit est citée par les producteurs comme une des principales contraintes à une bonne campagne culturale, notamment à l'achat des intrants. Moins de 3% des riziculteurs ont bénéficié d'un crédit de campagne formel en 1999. La majorité des producteurs passe par le crédit informel (sous forme de prêts ou d'avance en intrants) au taux élevé.

L'insécurité foncière décourage le comportement d'investisseur du riziculteur, a contrario de l'acquisition qui le sécurise et lui facilite l'accès au crédit. L'insécurité dans laquelle se trouvent nombre d'exploitations découle de plusieurs types de contraintes : la complexité de la procédure d'acquisition des terres, le coût élevé d'acquisition des titres, l'éloignement du service des Domaines et la longue durée du traitement des dossiers.

Les infrastructures de marché sont déficientes dans les zones rurales et le riz local y sont peu commercialisé en dehors de la période de récolte. Il en résulte une circulation des biens et de l'information non homogène, particulièrement en ce qui concerne la transmission des prix au long des sous-filières.

La majorité des riziculteurs recherchent d'abord l'autosuffisance en riz du ménage. Le prix du paddy à la récolte pour les surplus de l'exploitant est très peu incitatif. L'autoconsommation d'une partie ou de la totalité de la récolte constitue une forme d'assurance contre le risque de prix. Cela conduit, d'une part, les ménages les plus pauvres à produire davantage de vivriers au détriment des cultures de rente. Et d'autre part, les paysans cherchent à réduire l'instabilité de leurs revenus par une diversification des activités de rente.

La diversification des productions et l'augmentation relative de la part des cultures vivrières, privent les producteurs des gains de la spécialisation et les cantonnent dans des activités à plus faible rendement. Il ressort de tous les diagnostics régionaux, quel que soit le système de production, un comportement paysan de minimisation des dépenses financières dans la production rizicole. En conséquence, les agriculteurs maximisent l'autonomie de l'activité vis à vis de la contrainte de trésorerie mais entravent toute modification des pratiques culturelles et l'adoption de nouvelles techniques de production.

En fait les consommateurs malagasy dépendent de l'extérieur puisque la majeure partie de leur approvisionnement est constitué de riz importé.

#### d)- contraintes environnementaux

L'environnement est lié à la culture de riz. La production rizicole est en baisse, en raison de la déforestation, de l'érosion des bassins versants. Ceci entraîne l'ensablement des périmètres irrigués, de la baisse de fertilité des rizières suite à l'épuisement du sol. Ainsi, les phénomènes d'érosion par ruissellement sont intenses et créent des ravines et des *lavaka*.

Malgré les cataclysmes naturels telles que les passages annuels de dépressions ou cyclones tropicaux et l'amplitude de variation des pluies (inondations, sécheresse) rendent aléatoires la rentabilisation des gros investissements rizicoles.

### **I.1.3- Principaux opportunités et atouts de la filière riz**

#### a)- Politique régionale :

Cette politique régionale permettra d'actionner les mécanismes de gestion du développement de manière de coordonnée et performante et apportera des réponses favorables aux préoccupations des régions. Elle a pour finalité de définir, d'orienter et de concevoir des stratégies et des programmes de développement de la région. Ainsi de valoriser tant sur le plan humain qu'économique entraîne l'appel à une expertise plus poussée quant à la maîtrise multidimensionnelle de l'espace régionale pour un développement rapide et durable. De ce fait, un processus participatif d'identification et de priorisation des actions à court et à moyens termes sont à mener pour le développement. Donc il conviendra de développer les principales zones de production rizicole. En outre les mesures à prendre pour chaque région dépendent des potentialités agronomiques de chaque région, de l'état des infrastructures routières et d'irrigation, et du niveau d'organisation de la filière comme la filière riz par exemple.

D'après DRDR,2005, la production rizicole est la priorité du Gouvernement Malagasy, suite aux problèmes vécus en matière de riz depuis fin 2004. Le Gouvernement a choisi quatre régions pour tester l'approche résultat rapide (ARR) afin d'augmenter significativement la production rizicole. Il s'agit des régions :

- de Menabe et de Boina (Marovoay) pour la production de riz irrigué,
- du Vakinankaratra et de Bongolava pour l'extension en riz pluvial.

b)- Le développement d'un potentiel de recherche :

L'Etat malgache accorde une importance réelle à la recherche rizicole. Elle ne représentait qu'une opération de recherche au sein du FOFIFA lors de sa création en 1974. Le MRSTD, Ministère de tutelle du FOFIFA à l'époque, décida de l'ériger en département à part entière en 1989. Aujourd'hui, le « Département de Recherche Rizicole » a acquis une envergure nationale et ses zones d'action se sont étendues à toutes les grandes régions rizicoles de Madagascar. Il s'intéresse aux principaux types de riziculture (aquatique et pluvial) dans toutes les disciplines scientifiques.

Les progrès de la recherche rizicole au cours des dernières années sont un autre atout important du secteur. Ils portent aussi bien sur des variétés performantes de riz pluvial et irrigué (notamment le riz d'altitude) que sur des nouvelles techniques telles que le SRI, le SCV. La diffusion de ces variétés et techniques auprès des riziculteurs n'a pour l'instant pas été à la hauteur des attentes.

c)- Le niveau de consommation à relever :

Dans le monde, Madagascar est classé dans les pays les plus gros consommateurs de riz. Actuellement la consommation moyenne par tête est diminuée de 118 kg en milieu urbain et de 130kg dans le milieu rural puisque les moyens financiers des ménages sont en petites quantités entre 1 et 3 « kapoka » pour les plus démunis et en semi-gros entre 15 kg et plusieurs sacs pour les plus aisés.

d)- Un ensemble de situations agro-écologique favorables et un savoir-faire séculaire :

Tous les facteurs géomorphologiques, pédologiques et hydrographiques de Madagascar se conjuguent avec la variabilité climatologique pour avoir des conditions agro-écologique favorable à plusieurs types de riziculture. La grande diversité déjà notée des itinéraires techniques et systèmes de culture en témoigne, ainsi le savoir-faire ancestral largement reconnu des riziculteurs malgaches dans la maîtrise de ces itinéraires techniques.

#### **I.1.4- Situation actuelle de la production rizicole**

Sur longue période, la production de paddy a crû à un rythme d'environ 2%, soit un taux largement inférieur à celui de la population. De l'indépendance au début des années 70, les volumes produits augmentent à un taux d'environ 3,5% par an, supérieur à l'accroissement démographique. Depuis cette date, Madagascar a enregistré une phase de stagnation. En effet, avec une croissance annuelle moyenne de 1,2% de la production de paddy entre 1972 et 1998, contre 2,8% de croissance démographique, les résultats du secteur se sont progressivement éloignés de l'objectif d'autosuffisance prôné par le Gouvernement malgache dans les années 80 et 90. En particulier, les volumes de paddy n'ont pratiquement pas évolués entre 1990 et 1995, autour de 2,45 millions de tonnes. (*Economie de Madagascar N°2, Oct 1997*).

Nous allons voir dans le tableau ci-dessous la quantité de production de 1960 à 2003.

**Tableau 2: Quantité de la production**

<b>Année</b>	<b>Production de Paddy (tonnes)</b>	<b>Population</b>
1960	1 200 000	5 505 900
1970	1 900 000	6 788 000
1990	2 420 000	11 239 000
1995	2 450 000	12 903 000
1996	2 500 000	13 265 000
1997	2 558 000	13 636 000
1998	2 447 000	14 018 000
1999	2 570 300	14 410 000
2000	2 480 470	14 814 000
2001	2 662 470	15 229 000
2002	2 603 965	15 655 000
2003	2 800 000	16 093 000

Source : Service des statistiques agricoles, MAEP.

D'après le tableau ci-dessus, la population malagasy s'accroît rapidement et cet accroissement n'a pu être accompagnée d'une augmentation aussi forte de la production. Le taux de croissance annuel de la production de paddy est de 1.2% et celui de la population est estimé à 2.8% en 1999 à 2003.

## **I.2. Enjeux agronomiques et environnementaux**

### **I.2.1. Augmentation de production**

A Madagascar on trouve 3 grands modes de culture selon les caractéristiques du champ de riz.

- La riziculture aquatique qui englobe aussi bien les cultures irriguées que celles inondées de bas-fonds ou plaine et en terrasses.
- La riziculture sur *tavy* qui est une culture de riz pluvial sur défriche -brûlis de forêt dense humide naturel.
- Et la riziculture sur *tanety* qui est aussi une culture pluviale.

Pour augmenter la production de riz, deux grandes stratégies sont envisageables:

- L'intensification de la culture ;
- L'extension de la zone de culture par le développement de la riziculture pluviale.

#### **I.2.1.1. L'intensification de la culture**

Pour la riziculture aquatique, l'utilisation des variétés améliorées et l'application des doses adaptées à la fertilisation ainsi des techniques améliorées, est nécessaire pour faire

augmenter la production. Mais il faut améliorer aussi la gestion de l'eau c'est à dire les réhabilitations ou réaménagement de certain périmètre.

En ce qui concerne la riziculture pluviale, il faut introduire des techniques innovatrices permettant de lutter contre l'érosion et de restaurer la fertilité des sols telles que la gestion agrobiologique. La culture pluviale présente beaucoup d'avantage en n'exigeant pas l'aménagement coûteux comme c'est le cas des cultures irriguées ou l'exploitation des bas fonds. On peut avoir un accroissement des surfaces pour les régions qui se prêtent à la pratiquer puisque son développement est lié à la pression démographique et à la rareté des terres nouvellement aménageables en aquatique. Donc, l'intensification de cette riziculture est nécessaire mais en limitant les pressions sur l'environnement. Pour cela, on doit faire la mise au point des variétés plus performantes et des techniques culturelles adaptées ainsi que leurs diffusions.

### **I.2.1.2. L'extension de la zone de culture par le développement de la riziculture pluviale**

Dans le cas des Hauts Plateaux, la pression démographique et foncière, le morcellement des terres conduit à une baisse de production. En d'autre cas, la riziculture pluviale, occupe 50% des surfaces en riz situées à moins de 1000m d'altitude. En fait le riz pluvial ne convient pas aux altitudes supérieures à 1600m et les variétés sont différentes des zones à l'autre. Concernant la riziculture pluviale d'altitude il y avait déjà des diffusions des variétés correspondantes depuis 1990. ces variétés sont exceptionnelles par leur adaptation aux conditions d'altitude ; de plus elles présentent une alternative particulière et intéressante aux cultures des bas-fonds car elles sont plus productives que les variétés irriguées, tout en demandant moins de travail et pas d'irrigation.

L'extension de la riziculture pluviale est nécessaire pour augmenter la production rizicole à Madagascar. Ainsi on doit mettre en valeur les *tanety*. Mais la riziculture pluviale sur *tanety* n'est pas une technique récente à Madagascar. Avec des techniques adéquates le riz pluvial est un potentiel important et peut être une solution pour satisfaire le besoin en riz de Madagascar.

### **I.2.2. Gestion de la fertilité des sols**

La fertilité est un paramètre très variable d'un sol à l'autre qui peut être défini par la nature et la disponibilité en éléments nutritifs du sol. Sur des sols peu fertiles, on doit prendre quelque précaution pour y remédier.

Pour les sols à pente forte, en cas de risque d'érosion de la partie superficielle du sol entraînant une « stérilisation » de la colline. Dans ce cas, on doit planter des plantes à couverture et mettre des barrières anti-érosives. Et concernant le travail du sol, il faut suivre les lignes des courbes de niveaux.

Pour les sols trop fins qui ne peuvent abriter qu'une végétation maigre et de taille limitée. La zone d'encrage, de prospection et de réserve d'eau sont faibles. Pour évaluer les risques on doit réaliser un profil.

Pour les sols carencés c'est-à-dire présentant une quantité très faible en 1 ou 2 éléments dans le sol, on doit y remédier par une fertilisation de redressement avec un engrais de fond ayant une action durable.

Pour les sols pauvres qui présentent une fertilisation minérale réduite du fait du déséquilibre entre les apports et sorties, on doit faire un équilibre d'apport entre les apports minéraux et les matières organiques, les produits exportés hors parcelle.

En ce qui concerne les sols acides qui perturbent la physiologie en particulier la nutrition, on doit faire des amendements.

En outre, la fertilité du sol dépend de la richesse, de la diversité, de l'équilibre ainsi que de la disponibilité en minéraux. A part ce qui est dit au-dessus, une rotation, un assolement de culture sont nécessaires. Et le système de semis direct sur couverture végétale se présente comme une voie d'amélioration de la fertilité des sols. Pour augmenter la production alors on doit faire une application des doses recommandées de fumure organique et minérale, contrôler les adventices, adopter des systèmes efficaces et durables, et lutter contre l'érosion des sols agricoles.

### **I.3. Présentation de la zone d'étude : La région du Vakinankaratra**

L'étude s'est localisée dans la région du Vakinankaratra qui fait partie des régions d'altitude de Madagascar. Nous présenterons la région du Vakinankaratra ( **Annexe I** : carte du Vakinankaratra) à travers ses aspects physiques, humain et social et son agriculture.

#### a)- Caractéristiques

Localisation de la région :

Avec des coordonnées géographiques entre 18° 59' et 20° 03' de latitude Sud ; entre 46° 17' et 47° 19' de longitude Est. Elle fait partie des Hautes Terres, située dans la province d'Antananarivo et en liaison directe avec cinq autres régions à savoir : la région d'Analamanga, la région de l'Amoron'i Mania, la région de Menabe, la région d'Alaotra Mangoro et la région de Bongolava. Elle a une superficie de 19 205 km<sup>2</sup> avec au centre le massif volcanique de l'Ankaratra, à l'Ouest la pénéplaine de Mandoto et au Sud une succession de dépressions et de cuvettes dominées par la chaîne d'Ibity.

Le milieu physique :

Altitude : les altitudes sont comprises entre 400m (Mandoto) et 2400m ( Faratsio).

Climat : la région est caractérisée par un climat humide tempéré ou « tropical d'altitude » marqué par 2 saisons principales :

- 4 à 5 mois de saison sèche et fraîche marquée (Mai – Septembre) : versant Est exposé au vent est plus frais que le versant occidental,
- 4 à 5 mois de saison pluvieuse ( Novembre- Mars) : la pluviométrie dépend de l'altitude, de l'orientation de la région et de la proximité par rapport à des hauts reliefs.

Pluviométrie : il existe une station météorologique CIMEL à Andranomanelatra. Les données de cette station indiquent une pluviométrie annuelle de 900mm à 2000mm.

Température : selon les données de la station CIMEL à Andranomanelatra, la température minimale moyenne mensuelle la plus basse est de 5°C le mois de juin et la température maximale moyenne mensuelle la plus haute étant 25°C les mois d'octobre à novembre.

Les faibles températures interdisent la bonne développement et croissance de riz, mais autorisent des cultures de contre saison froides telles que Avoine, Haricot, vesce, blé, pomme de terre.

Vents : les vallées de la région Vakinankaratra seraient soumises à des vents froids important entre Janvier et Avril qui provoqueraient une mauvaise fécondation du riz à la floraison, d'où la présence de très nombreux grains vides dans le paddy récolté en Mars – Avril .

Les sols : Il existe deux grandes catégories :

- Sols ferrallitiques humifères noirs ou « ando-sols » caractéristiques des régions situées au-dessus de 2000 m d'altitude et qui se distinguent par épaisseur de l'horizon supérieur humifères noir limoneux, très poreux et gorgé é d'eau;
- Sols hydromorphes constitués par des sols de marais actuels ou des sols de marais anciens, modifié par le drainage et les sols alluvionnaires issus de bassins-versants exclusivement basaltiques, le plus apte à la riziculture.

La ligne des partages des eaux définit l'hydrologie qui traverse la région. Peu de donnée hydrologique est disponible sur les fleuves : Onive, Mania, Kimbatsy, Manadona. En ce qui concerne la couverture forestière, elle est au-dessous de la moyenne nationale.

Le milieu humain et social :

La région a une population totale autour de 1 982 000 habitants à dominance Merina et brassage Betsileo, elle est assez urbanisée puisque 22% de la population vit dans les grandes agglomération. La population se concentre dans la capitale régionale due à l'insécurité dans la partie Ouest. Il existe 202 000 exploitations agricoles. Ainsi les infrastructures sociales sont relativement peu développées. La couverture en matière d'éducation n'est pas suffisante. Une forte implantation des églises chrétiennes qui ont une implication directe dans les activités sociales et économiques. Elle bénéficie de services de sécurités.

L'agriculture :

La superficie et la production sont constituées de plus de 70% par des produits vivriers : riz, maïs, manioc, patate douce, pomme de terre,... Mais le plus grand tonnage relève de la pomme de terre suivie par le manioc, le riz se trouve en troisième position. En ce qui concerne les surfaces, le riz occupe la plus grosse proportion des terrains cultivés. En outre au niveau des produits de culture, le maïs se trouve en premier suivi de la pomme de terre et du riz. Le taux d'autoconsommation est de l'ordre de 65% à 70%.

Concernant le riz, la région renforce le financement rural de la culture du riz pluvial dans les zones à vastes plateaux ( Moyen- Ouest de Vakinankaratra), en disposant aux exploitants tous les moyens nécessaires tels que : encadrement technique efficace, semences performantes et adaptées, fertilisants et produits de traitement, prix incitatif à la production...

La région du Vakinankaratra intervient dans le programme d'extension de la production rizicole sur tanety dans les communes rurales de Fidirana, Ankazomiriotra, Mandoto, Vasina et Anjoma Ramartina dont le détail est présenter dans le tableau qui suit :

Commune	Superficie (ha)	OP concernées
Fidirana	1000	60
Vasina	1000	60
Anjoma	1000	60
Mandoto	300	20
Ankazomiriotra	200	12
Total	3500	212

Source : DRDR, 2005

La réalisation de ces volets thématiques a été érigée de comité régional de coordination Riz Pluvial et de comité local au niveau de chaque commune concernée.

Programme de développement concerné dans ce programmes sont : CECAM, FAF, FID, CFAMA , FOFIFA , 6 opérateurs économiques de la région,....

b)- Les recherches effectuées dans la région du Vakinankaratra:

Place de la recherche rizicole :

L'intensification de la riziculture qui représente la meilleure stratégie d'augmentation de la production peut être recherchée par trois moyens dont

- La satisfaction des besoins écologiques et trophiques qui repose sur l'adaptation de la culture à son environnement et dans une certaine mesure le modelage du milieu pour l'adapter aux exigences de la plante en ce qui concerne entre autres le mode de gestion du sol ( SCV/ labour), de la fertilisation ( Fumier et fumure minérale) et de l'année climatique.
- La protection des plantes contre les adventices ( mauvaises herbes,...), les parasites ( bactéries, champignons, virus...) et les ravageurs ( insectes, vents...). Cette protection phytosanitaire peut être assurée par l'amélioration des moyens de défense endogène de la plante (résistance variétale) et par la lutte directe à l'aide de techniques culturales ou de pesticides ( lutte intégrée...)
- La sélection végétale qui est la recherche de « groupes génétique » répondant aux exigences des agriculteurs et aux conditions du milieu.

Les progrès de la recherche rizicole au cours des dernières années sont un autre atout important. Une collaboration entre le CIRAD (centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) ( **Annexe II**) et le FOFIFA (**Annexe III**) a été mise en place pour un programme de recherche agronomique visant à développer la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar. C'est le programme de riz pluvial d'altitude (PRA) (Annexe). Cette collaboration a été créée en 1983 pour fournir à la vulgarisation des variétés de riz performantes en condition de haute altitude avec les techniques culturales adaptées à ces variétés.

- Objectifs :

Il s'est fixé des objectifs dans deux domaines :

. Le premier domaine est de créer des variétés pour améliorer la fertilité des épillets par création de criblage et sélection des lignées résistantes au froid, aux maladies, de cycle court et de qualité agronomique améliorée,

. Le deuxième domaine est de faire la mise au point des itinéraires techniques de restauration et de maintiens de la fertilité des sols, adaptés à la conjoncture socio-économique.

- Méthodologies :

Elle se déroule en trois phases :

La première phase est axée principalement sur le criblage et l'évaluation variétale en vue de la mise au point des variétés adaptées aux conditions de la riziculture d'altitude, elle fut par la suite élargie à l'étude et à la hiérarchisation des facteurs du milieu limitant la production,

La deuxième phase comportait en plus de l'amélioration variétale et l'agrophysiologie, un volet phytopathologie visant à mettre au point des variétés résistantes aux maladies fongiques et bactérienne( pyriculariose, pourriture des gaines).

La troisième phase consiste plus particulièrement à valoriser au mieux les acquis par diffusion des lignées créées dans le cadre du programme en relation avec des techniques culturales adaptées aux contraintes du milieu.

- Les interventions menées en relation avec le PRA

Ce programme riz d'altitude (PRA) a été achevé en septembre 2001 et a permis la vulgarisation de 9 variétés de riz pluvial (F62, F64, F116, F133, F134, F151, F152, F153, et F154)

Après le PRA, une autre collaboration a été initiée en 2001. C'est une coopération et renforcement d'un développement technique de gestion agrobiologique des sols avec le système sur couverture végétale et les domaines de riz pluvial. L'Unité de Recherche en Partenariat (URP) «Systèmes de Culture et Rizicultures Durables» (SCRiD) qui unit FOFIFA, CIRAD, et l'Université d'Antananarivo. Il a pour but de promouvoir à la fois une recherche répondant aux besoins de développement et une formation sous tous ses aspects.

En 1997/1998, 70 tests paysans ont été mis en place. Ces tests concernent l'étude des variétés qui peuvent s'adapter dans des conditions d'altitude, et de plus de productivité, du coût de travail, la tolérance aux maladies ( pyriculariose, brunissure des gaines).A part ces tests, il y avait aussi d'autres innovations techniques : traitement de semences, traitement de sol, traitement de semence, ...

Les grands thèmes de l'URP-Scrid sont :

- l'analyse de la transformation du milieu par les systèmes en SCV
- la diversification des solutions techniques et l'optimisation du riz pluvial en SCV
- l'intégration des innovations du riz pluvial/ SCV aux systèmes paysans et à la filière rizicole malagasy.

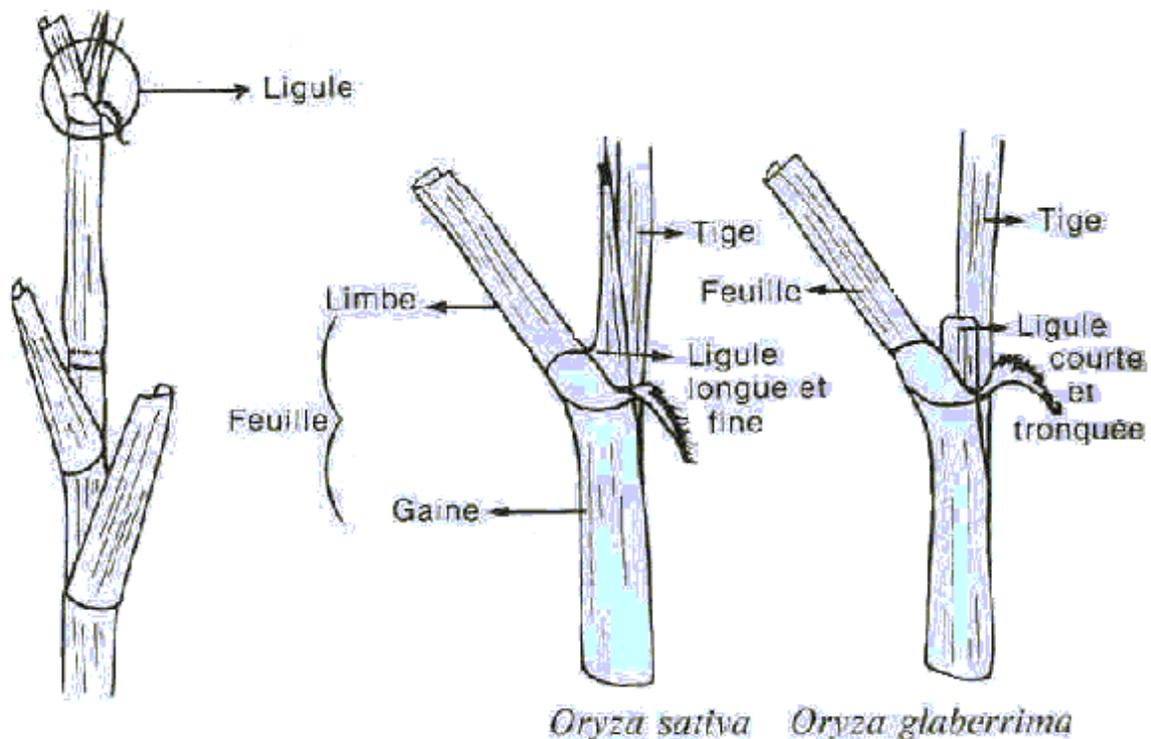
## Chapitre 2 : La culture du riz pluvial

### 2.1. Cycle cultural et l'élaboration du rendement

Le riz appartient :

- **Règne** : Végétal
- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous-embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Monocotylédones
- **Famille** : Graminacée
- **Genre** : *Oryzae*
- **Espèces cultivées** : *Oryza sativa* (à ligule longue et fine) d'origine asiatique et *Oryza glaberrima*, d'origine africaine (en régression). Elle se distingue d'*Oryza sativa* grâce à sa ligule courte et tronquée

**Schéma 1** : Différence entre la ligule d'*Oryza sativa* et celle d'*Oryza glaberrima*.



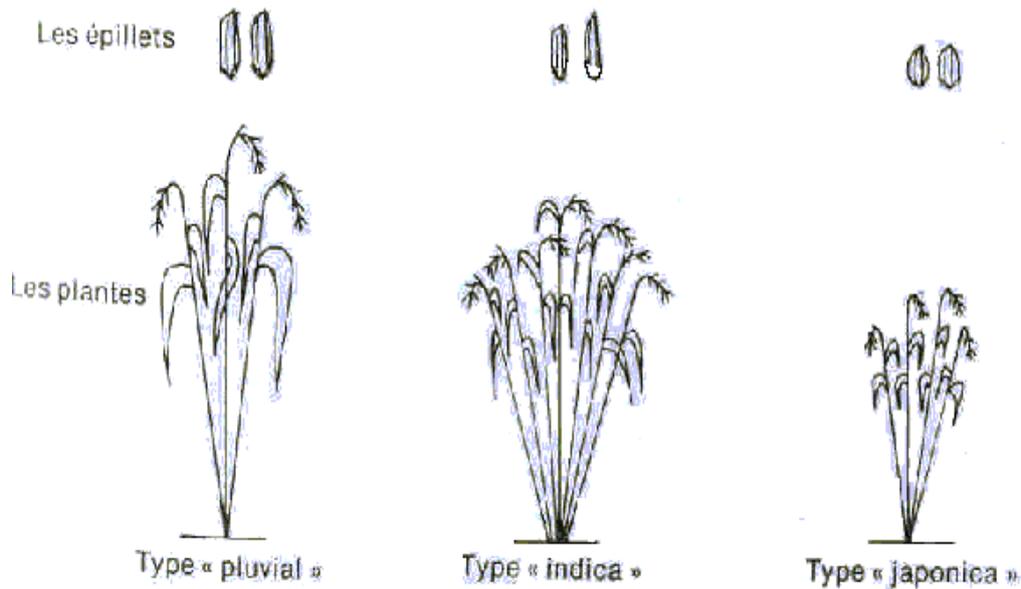
Deux grands groupes très différents de variétés chez *Oryza sativa* :

Le groupe *indica* à grains longs : caractérisé par le rapport entre la longueur et la largeur du caryopse, supérieur à 3 ;

Le groupe *japonica* à grains ronds : Caractérisé par le rapport entre la longueur et la largeur du caryopse inférieur à 3, pouvant être cultivé en conditions pluviales sous climat tropical. Sa remarquable plasticité lui a permis de s'adapter à diverses conditions pédoclimatiques très contrastées.

Mais il existe aussi le groupe intermédiaire entre ces deux groupes : caractérisé par une taille moyenne, pouvant être cultivé en conditions pluviales sous climat tropical.

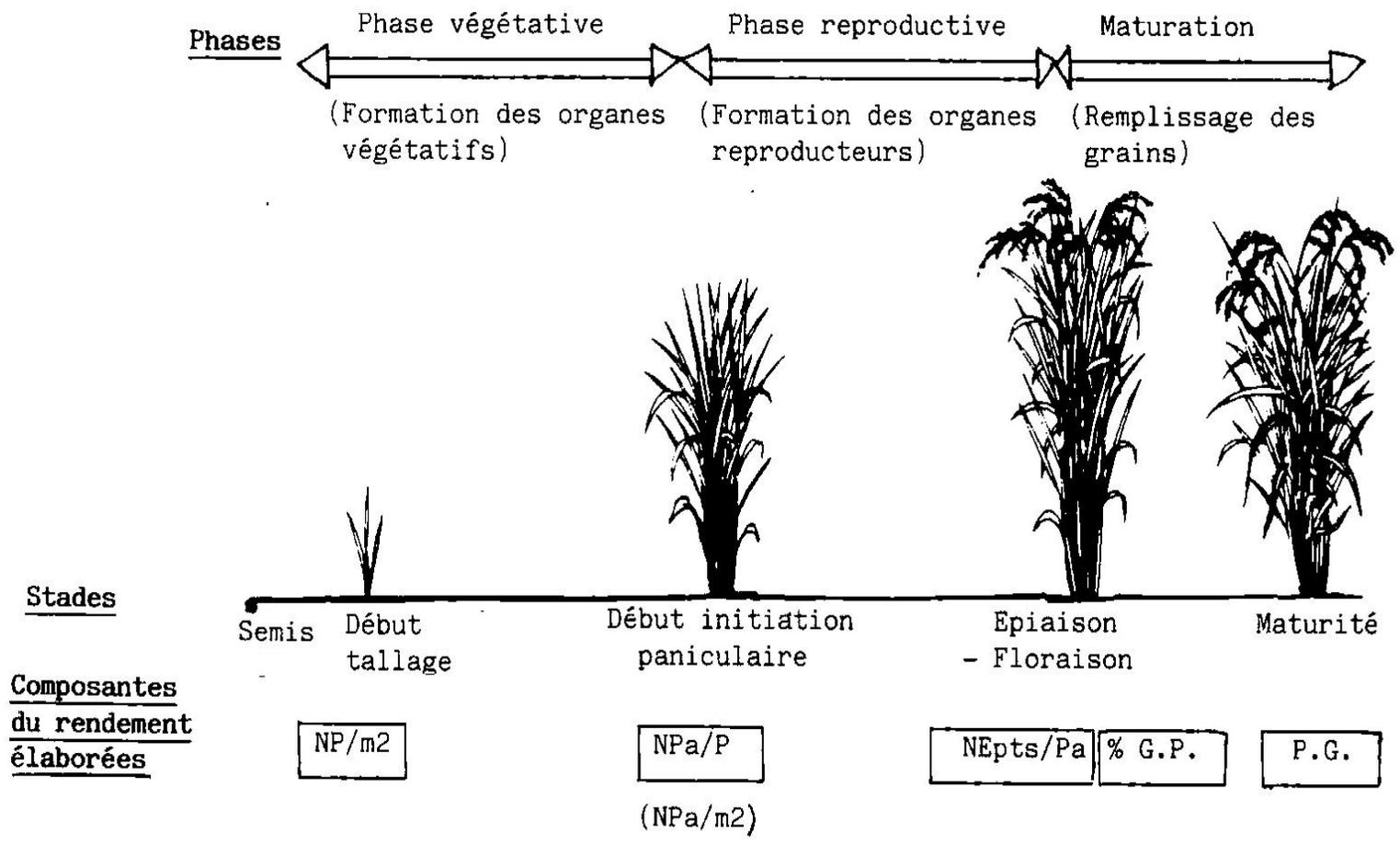
**Schéma 2** : Les différents types variétaux de l'espèce « *Oryza sativa* ».



Le cycle du riz peut s'étendre selon les variétés sur 80 à 240 jours. Il se divise en trois phases : la phase végétative, la phase reproductive, la maturation. Durant chacune de ces phases, les composantes participant l'une après l'autre à l'élaboration du rendement final vont être mises en place :

- le nombre de pieds par m<sup>2</sup>
- le nombre de panicules par pied
- le nombre d'épillets par panicule
- **le pourcentage de grains pleins**
- le poids moyen d'un grain

**Schéma 1** : Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement (Moreau, 1987)





### 2.1.1. La phase végétative

La phase végétative est la première phase du cycle qui représente le développement et la croissance des organes végétatifs, jusqu'au début de l'initiation des organes reproducteurs.

Cette phase se divise en 2 parties : la phase végétative active aboutissant au nombre de talles maximum (Ntmax) et la phase végétative passive correspondante à la période qui sépare la date du Ntmax de l'initiation de la panicule.

En ce qui concerne la germination qui correspond au passage des graines de la vie ralentie à la vie active, jusqu'à l'apparition de la jeune plantule hors du sol. Mais cette apparition dépend d'une survie de la semence avec son embryon qui n'est pas en dormance et des réserves intactes. D'après Moreau, 1987, plusieurs conditions doivent être satisfaites pour permettre la germination. La levée de dormance dépend de la variété (degré de précocité) et de températures suffisantes ( cf. **Tableau 3**) et aussi de la profondeur de la graine et de l'état du lit de la semence puisque la dégradation de lit de semence et la formation d'une croûte de battance empêche la diffusion de l'oxygène.

**Tableau 3:** Influence de la température sur la germination pour les variétés adaptées.

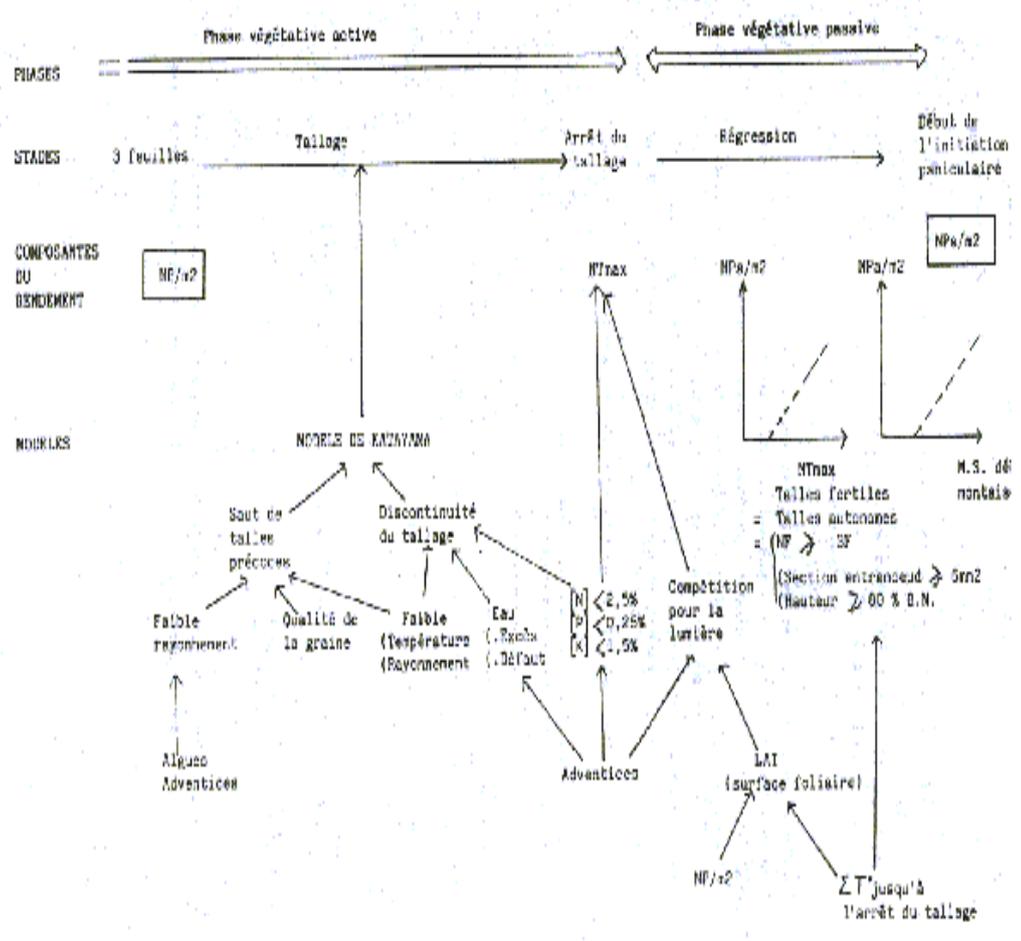
	Région tropicale	Régions tempérées
Température minimum	18 °c	10-12°c
Température optimum	35-37°c	30-35°c
Température maximum	42°c	40°c
Température létale	50°c	

Source : Angladette, 1987

15 jours à 3 semaines après le semis, a lieu la levée mais les obstacles mécaniques formés par des mottes compactes ou une croûte de battance l'empêche.

Ensuite, l'apparition de 2 à 3 feuilles qui indique le début du tallage, c'est que les entre-nœuds de la base donnent des tiges secondaires, puis tertiaires... Cette phase débute en moyenne 20 jours après semis. Ce phénomène de tallage abouti à la constitution d'une touffe qui peut atteindre une quinzaine de talles mais parfois beaucoup plus. La durée du tallage varie selon la variété. L'importance du tallage est sous la dépendance de très nombreux facteurs telle que les facteurs variétaux et les conditions du milieu. Le tallage est important durant la première phase, puis ralentit jusqu'à la formation du primordium floral, ensuite reprend intensément comme pendant la première phase et reprend à 3 à 5 talles avec panicule par nœud. Ce rythme d'apparition des feuilles et des talles suit un modèle fonction du phyllochrone. Le phyllochrone est l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'apparition de deux feuilles successives. Il est exprimé en somme des températures moyennes journalières et à peu près constant pour une variété donnée.

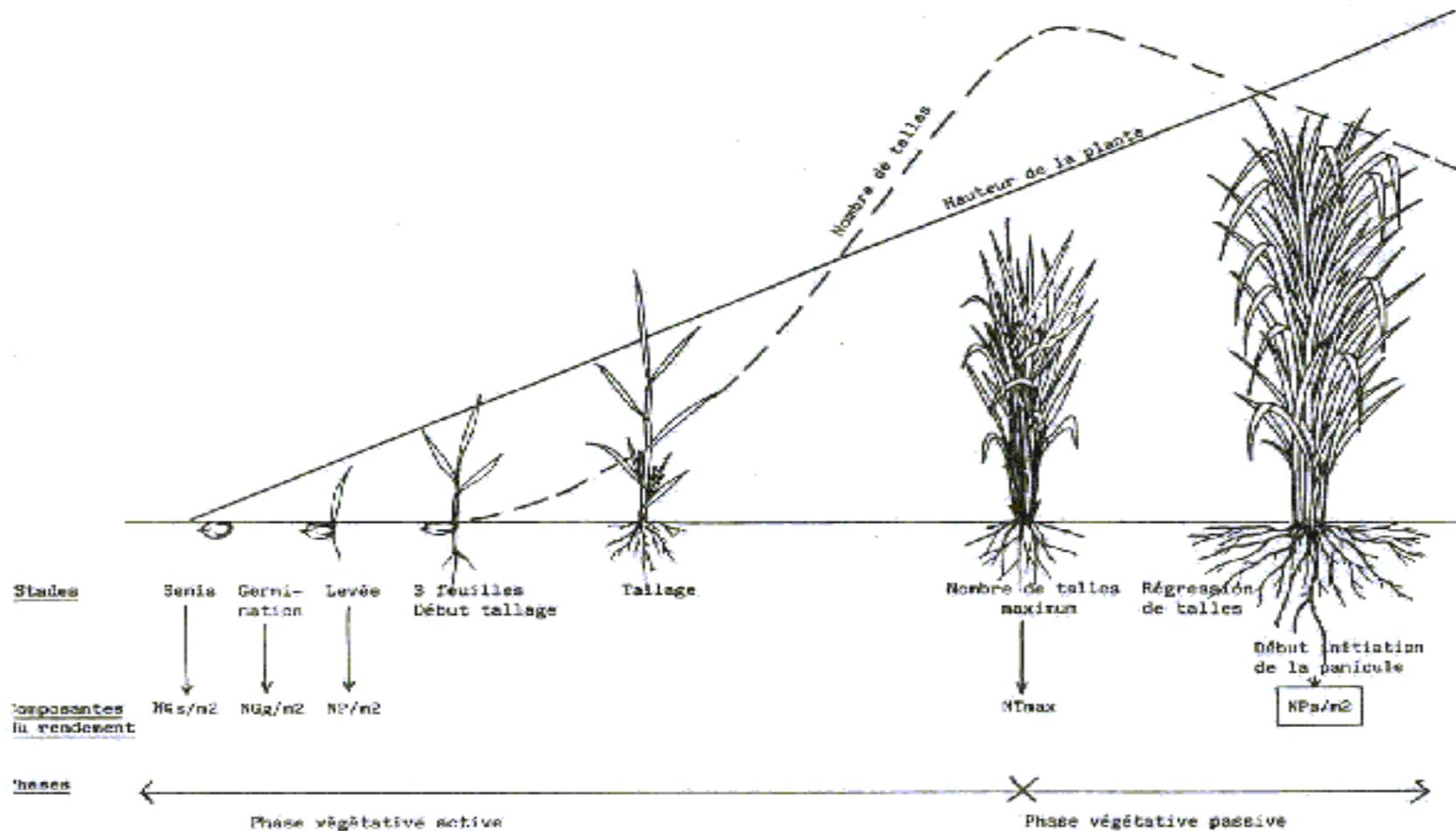
**Schéma 2 :** Synthèse des déterminants du NPa/m<sup>2</sup>



Une trentaine de jours s'écoule entre l'initiation paniculaire et l'épiaison. Dans ce cas on mesure le nombre de talle maximum, la hauteur de la plante, le nombre de panicule par m<sup>2</sup>.

Si nous nous référons au chapitre précédent, le climat de la région Vakinankaratra correspond très bien à des conditions exigées par la germination mais il faut seulement bien appliquer les pratiques culturales ainsi que des matériels adaptés à la structure du sol pour éviter à des obstacles.

**Schéma 3:** Les différentes périodes de la phase végétative par Moreau D, 1987



Durant cette période, s'élabore le nombre de panicules par m<sup>2</sup> (Npa/m<sup>2</sup>) mais en terme d'élaboration de rendement, il est intéressant de distinguer les composantes intermédiaires qui sont :

- Le nombre de grains semés/m<sup>2</sup> (NGs./m<sup>2</sup>)
- Le nombre de grains germés/m<sup>2</sup> si possible (NGg/m<sup>2</sup>)
- Le nombre de pieds par m<sup>2</sup> (NP/m<sup>2</sup>)
- Le nombre de talles maximum par pied (Ntmax/P)

### **2.1.2. La phase reproductive**

A un moment donné du cycle, qui varie suivant les variétés et la date de semis, les panicules se forment puis se développent : cela débute par l'initiation paniculaire puis l'élongation des tiges (étape de la montaison) qui entraîne la sortie des panicules hors des gaines foliaires ou phase d'épiaison. En général, entre l'initiation paniculaire et l'épiaison s'écoulent une trentaine de jours.

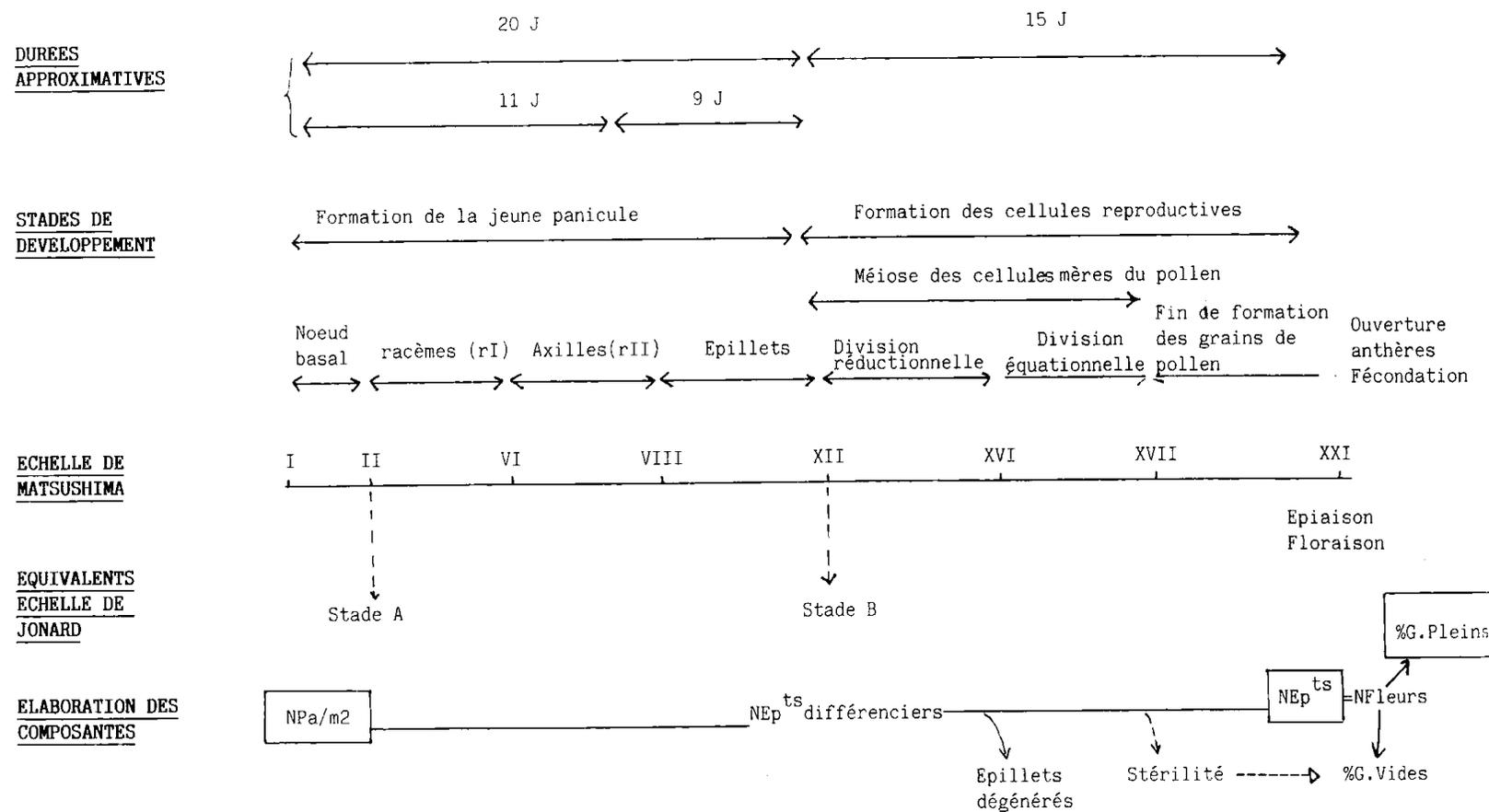
Immédiatement après l'épiaison s'effectuent la floraison et la fécondation des fleurs de riz (dites épillets) par le pollen de ces mêmes fleurs : l'autofécondation est la règle.

Cette phase se soldera, en terme de composante du rendement par le nombre d'épillets par panicule et le pourcentage de stérilité.

La phase reproductive dure de 25 à 35 jours environ, c'est un peu variable. Et cette variation est due à la sensibilité de la variété à la photopériode pour les variétés sensibles et à l'accomplissement de la phase végétative. Et peut influencer par les conditions extérieures comme la température, le rayonnement ou le régime hydrique. Ce qui indique que durant cette période il faut bien éviter le froid si non adapter des variétés résistantes aux froids et à l'altitude. Pour le cas de la région alors il faut bien calculer où se trouve la période critique de la culture ainsi employer les variétés appropriées.

La chronologie de la phase reproductive est représentée sur le schéma suivant :

**Schéma 4 : Chronologie et morphogenèse de la phase reproductive (Moreau, 1987)**



La formation de la jeune panicule dure 20 jours dont 11 jours de formation du nœud basal, des racèmes et des axilles. Et 9 jours de formation des épillets. La formation de la jeune panicule peut être découpée en différents stades selon l'échelle de MATSUSHIMA :

- stade I à II : début de l'initiation paniculaire, initiation du nœud basal ;
- stade II à VI : différenciation des racèmes ;
- stade VI à VIII : différenciation des axilles ;
- stade VIII à XII : différenciation des épillets ;

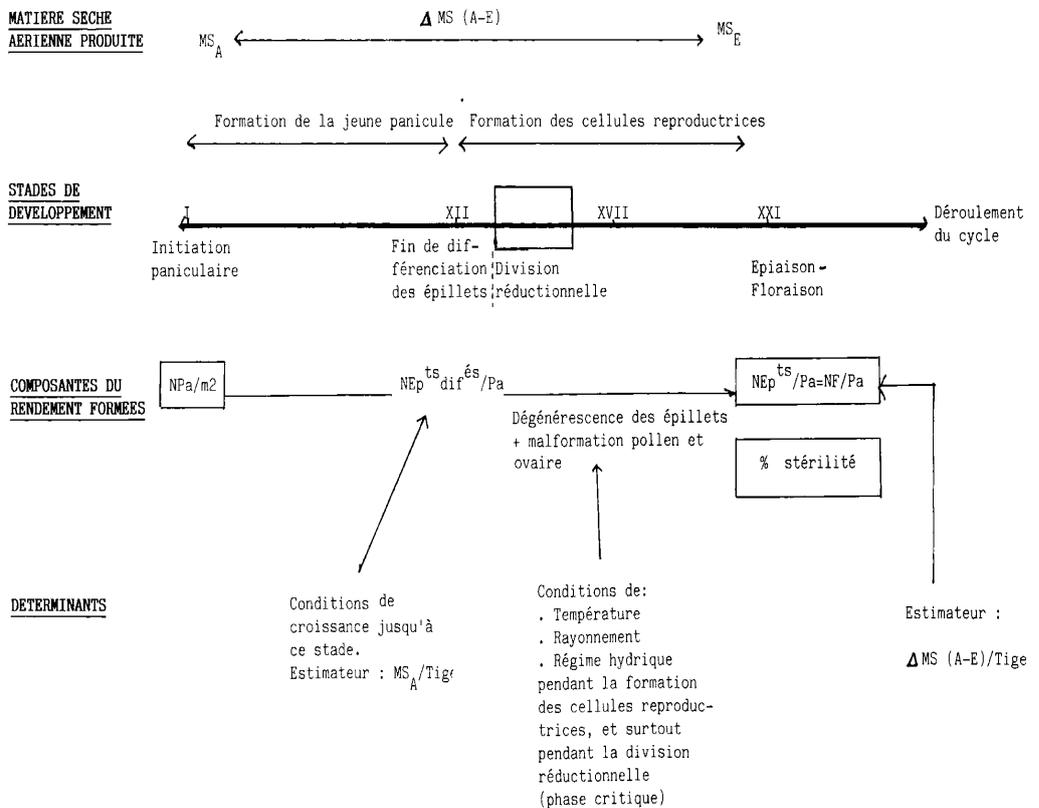
Après, les cellules reproductives se forment durant la méiose des cellules mères du pollen, en plusieurs étapes : la division réductionnelle, la division équationnelle et la fin de formation des grains de pollen avant l'ouverture des anthères et la fécondation. Cette formation dure 15 jours. L'échelle de MATSUSHIMA correspondante est :

- stade XII : fin de la formation de la jeune panicule ;
- stade XII à XVII : méiose des cellules mères des spores ;
- stade XVII à XXI : fin de la formation des grains de pollen.

En outre, durant la formation de la jeune panicule (stade I à XII) le nombre d'épillets potentiel par panicule se détermine. Il existe une corrélation étroite entre le nombre d'épillets différenciés et le nombre d'axilles. Et durant la formation des cellules reproductives, le nombre d'épillets par panicule ne peut plus augmenter, et ne peut au contraire que diminuer, par le phénomène de dégénérescence.

Dans le **schéma 5**, les composantes du rendement élaborées durant la phase reproductrice sont mentionnées : le nombre de panicule par m<sup>2</sup> (NPa/m<sup>2</sup>) suite à l'initiation paniculaire, le nombre d'épillets différenciés par panicule (NEptsdifés/Pa) à la fin de différenciation des épillets, et en fin de phase : le nombre d'épillets par panicule (NEpts/Pa). Durant la division réductionnelle, il peut se produire une dégénérescence des épillets avec la malformation des grains de pollen et des ovaires, influencée par les conditions extérieures de température, de rayonnement ou, le régime hydrique.

**Schéma 5** : Schéma de synthèse des déterminants du nombre d'épillets par panicule et du pourcentage de grains pleins (Moreau, 1987)

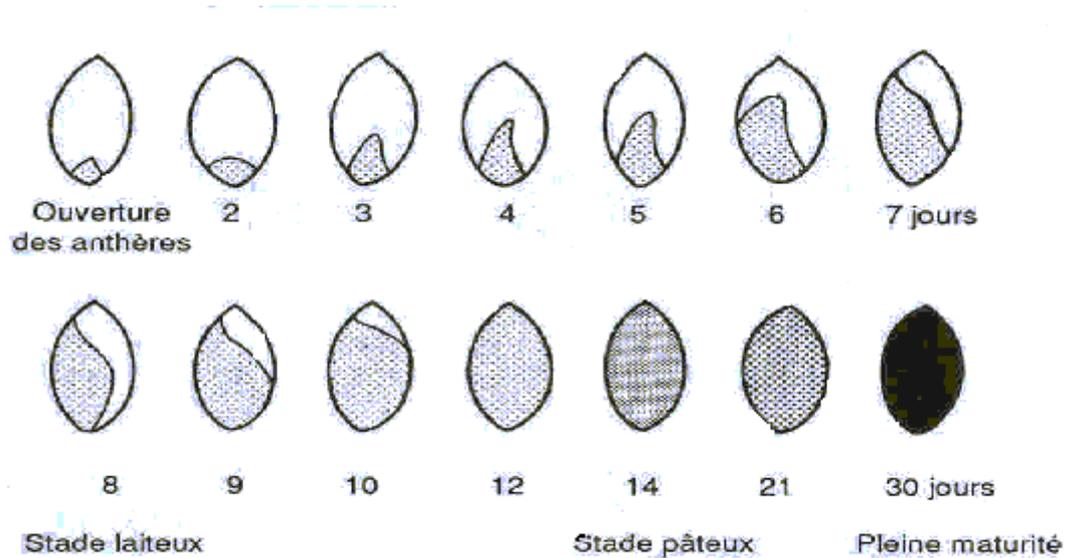


La floraison correspond à l'ouverture des épillets. La durée totale de floraison d'une panicule semble être un caractère variétal qui peut durer de 5 à 9 jours. L'ouverture des épillets et l'anthèse dépendent dans une large mesure des conditions de température, de lumière et d'humidité. La pleine intensité d'ouverture des épillets peut varier d'une ou deux heures avec la température ; les températures optimales, minimales et maximales de floraison sont 30°C, 15 à 20°C et 50 à 55°C. Et l'humidité optimale se situe entre 70 et 80%. L'autopollinisation est la règle mais n'est pas absolument totale. Le pourcentage de pollinisation croisée est très faible. Le pollen est transporté par le vent mais également par les insectes ; la distance de transport ne dépasse jamais quelques mètres (2 m environ). Après la pollinisation, les glumelles se referment. La fécondation dure de 1h30 à 3 h après l'anthèse

### 2.1.3. La maturation

La maturation débute après la floraison et s'achève à la récolte. Environ 30 à 35 jours après l'épiaison, les grains atteignent leur maturité (la texture de grains évolue suivant cette forme : laiteux, pâteux, consistante et craquant).

**Schéma 6** : Etapes de la formation du grain



Le poids de 1000grains s'élabore durant cette période. En effet il est en fonction de deux variables :

- La taille de l'enveloppe qui représente le poids maximum que peuvent atteindre les grains. Cette enveloppe se forme en même temps que les épillets lors de phase reproductive.
- Et puis le remplissage des grains s'effectuant après la floraison (Moreau, 1987).

En ce qui concerne la taille de l'enveloppe, sa formation se situe entre 20 et 10 jours avant l'épiaison et elle est très sensible aux conditions climatiques qui entraînent une réduction sensible. C'est le cas des températures trop fortes ou trop faibles, des rayonnements, des stress hydriques.

En outre, la durée du remplissage est variable et oscille suivant les conditions entre 25 et 40 jours (Moreau, 1987). Mais le degré de remplissage dépend de deux éléments dont le nombre de grains à remplir et le niveau possible d'alimentation de ces grains qui provient de la source photosynthétique (matière carbonée du grain) et la translocation d'éléments azotés et phosphorés de la tige et des feuilles vers les grains.

Dans le cas de la région il faut bien repérer la date de semis pour éviter la sensibilité aux conditions climatiques.

## 2.2. Les pratiques culturales

### 2.2.1. Le travail du sol

Le travail du sol s'effectue primordialement en début de saison pour le développement de la plante tout le long de son cycle végétatif. Alors, ce travail doit ameublir et améliorer la structure du sol pour permettre aux racines un enracinement rapide. Pour cela le travail du sol doit inclure les deux systèmes suivants :

Système labour :

En générale, le riz pluvial est cultivé dans des terrains accidentés où le risque d'érosion est très élevé. Il doit établir une structure favorable au développement racinaire, à l'aération du profil et aux flux d'eau. La profondeur du labour doit être 20cm au minimum (cours pédologie en troisième année) et effectué en fin du cycle de la culture précédente.

Le labour peut être effectué avec *l'angady*, à la charrue attelée ou motorisée. Pour avoir une meilleure qualité le labour *l'angady* est conseillé mais est très long, les surfaces limitées. La charrue à disque est interdite puisqu'il tasse le sol avec un labour assez profond. En outre le sens du labour doit être perpendiculaire au sens de la plus grande pente et parallèle aux courbes de niveaux (cours machinismes agricoles, deuxième année). Une reprise superficielle du labour est effectuée un mois avant le semis. En plus elle prépare le lit de semence mais il faut veiller à conserver une structure assez grossière pour éviter le phénomène de battance provoqué par les premières pluies.

Dans la région du Vakinankaratra, le labour avec *l'angady* prédomine (74%) même les agriculteurs bénéficiant d'une paire de bœufs par rapport au labour à la charrue attelée (15.7%). ( Galtier et Guimera, août 2000)

Système sur couverture végétale :

Ce système consiste à ne plus travailler le sol ou zéro labour en terme technique. Dans ce cas, il faut couvrir le sol pour fixer et protéger toute l'année contre le ruissellement érosif. Il consiste aussi en faire travailler au maximum la nature en utilisant ses ressources naturelles (macro, microfaune, microflore du sol, biomasse, racines, éléments immobilisés et piégés) par l'action des couvertures du sol (vives ou mortes) et des successions culturales. Une couverture vive est constituée par des plantes pérennes et régénératrices de fertilité (légumineuse) ou de structure (graminée) et la couverture morte est constituée par les résidus végétaux des précédentes récoltes, complétés si nécessaire par un paillage de « *bozaka* » ou mulch.

En bref, le système de culture sur couvertures végétales est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures, les semences sont introduites directement dans le sol sans travaux, sauf la première année de mise en place. Le remaniement du sol consiste seulement à

l'ouverture d'un petit sillon où sera placée la semence, à une profondeur et largeur suffisante. Les travaux de sarclage sont remplacés par des traitements aux herbicides.

Les principaux objectifs de la pratique de ce système sont :

- La restructuration, l'amélioration de la fertilité et la conservation du sol ;
- L'augmentation de la production par une gestion rationnelle des sols et des cultures ;
- La diminution drastique des intrants tels que les apports d'engrais et l'emploi des pesticides, de la pénibilité des travaux et des coûts de production ;
- La protection de l'environnement.

### **2.2.2. Le semis**

Pour avoir un bon semis, il faut bien préparer les semences dont choisir des semences saines de bonne qualité qui contiennent plus d'aliments et produisent des plantules plus saines et plus vigoureuses avec plus de racines. Nous allons classer le semis en 5 parties : la préparation des semences, la date de semis, les méthodes de semis, sa densité et espacement, sa profondeur.

a)- La préparation des semences :

Plusieurs traitements des semences peuvent être effectués pour améliorer la qualité technique de l'utilisateur. Il y a l'ébarbage, le nettoyage pour sélectionner les semences bien remplies ou les semences malades ou non conformes au type variétal, le calibrage qui permet l'obtention de lots homogènes ou de semences de grosse taille, assurant une bonne vigueur initiale des plantes. Durant le stade plantule pour lutter contre les insectes et les champignons, les traitements de semences assurent une protection efficace. Enfin, pour bien assurer une qualité des semences il ne faut pas oublier de contrôler la faculté germinative.

b)- La date de semis :

La date de semis dépend des pluies et joue un rôle important dans l'amélioration des rendements du riz pluvial. Alors, le semis débute après le début de saison des pluies mais le plus précoce possible avec 60 à 80 mm de pluies pour éviter le froid en fin du cycle. Puisque les plantes semées tardivement risquent de souffrir de la sécheresse et les rendements peuvent être fortement réduits. Par contre le semis précoce assure une bonne implantation de la plante qui permet d'avoir une plus grande quantité de pluies entre le semis et le remplissage du grain.

c)- Les méthodes de semis :

Il existe 3 méthodes courantes de semis : Semis à la volée, semis en poquets et semis en lignes.

Pour le semis à la volée, les semences sont lancées à la volée et ensuite recouvertes de terre. C'est une tâche facile qui demande moins de travail. Mais le taux d'infestation des adventices est élevé. Dans ce cas, la lutte contre les adventices est difficile en plus la densité d'implantation médiocre. Les semences peuvent être endommagées par les oiseaux. Donc, le rendement est faible.

En ce qui concerne le semis en poquets, il est plus long à réaliser mais il permet une meilleure utilisation de l'espace qui se matérialise par un meilleur tallage, un plus grand développement racinaire permettant de mieux résister à la sécheresse et un meilleur équilibre entre les systèmes aérien et racinaire. En général, un poquet contient 4 à 5 graines distantes de 20cm.

Pour le semis en ligne, il assure une meilleure germination et une densité de levée adéquate tout en facilitant les travaux d'entretien faits manuellement ou mécaniquement. Puisqu'il permet d'obtenir un meilleur espacement, une meilleure germination, le placement des semences à la profondeur appropriée, la possibilité de désherber avec des outils mécaniques.

#### d)- Les densités et les espacements de semis

Nous allons prendre quelques exemples avec le pays de l'Inde d'après l'ONU pour l'alimentation et l'agriculture, 1997. Avec un pouvoir germinatif d'au moins 90% et traiter convenablement contre les ravageurs et les maladies transmises par le sol par les semences, une densité de 200 à 300 semences/m<sup>2</sup> s'est révélée adéquate sur le sol humide. Normalement la densité de semis est de 100 à 150 kg/ha pour le semis à la volée et de 70 à 90 kg/ha pour le semis en lignes ou en poquets selon le poids déterminé par le test soit en le sol humide ou en sol sec. Un espacement de 15 ou 20cm est révélé meilleur avec un écartement optimal des rangs de 20cm. Une densité de semis appropriés facilite le maintien d'une population optimale et la formation rapide de la couverture végétale pour empêcher la croissance des adventices.

#### e)- La profondeur de semis :

La profondeur optimale de semis est de 3 à 4 cm qui est déterminée par la condition physique du sol, l'humidité du sol, la taille des semences. Il faut disposer les semences à la profondeur appropriée pour obtenir une germination uniforme, une densité de peuplement uniforme, un tallage adéquat et sain.

Dans la région, le mode de semis le plus répandu est le semis en poquet avec un nombre moyen de grain par poquet de 5.3 avec la moyenne de 54Kg/ha. Cette densité de semis est légèrement supérieure aux recommandations de la recherche.

### **2.2.3. La fertilisation**

La fertilisation est une opération qui consiste à incorporer des engrais organiques et inorganiques dans le sol pour améliorer la productivité et obtenir une croissance et un

rendement meilleurs des cultures. Pour cela, nous allons diviser cette partie en 3 dont les principaux éléments nutritifs, application des engrais, carence en éléments nutritifs et toxicité.

#### A- Les principaux éléments nutritifs

Les principaux éléments nutritifs dont les végétaux ont grand besoin en quantité sont l'azote, le phosphore, le potassium. Le calcium, le magnésium et le soufre sont des éléments nutritifs secondaires et sont les composants habituels des engrais et des fumures. Le fer, le manganèse, le cuivre, le bore, le molybdène, le zinc, le chlore ainsi que le cobalt, le sodium, le vanadium et le silicium sont des micro-nutriments qui sont présents en petites quantités dans le sol et absorbés par les plantes en doses très faibles.

#### B- Application des engrais

Les sols en riziculture pluviale sont pauvres en azote et en phosphore disponible. En outre, l'utilisation d'engrais est limitée en raison de la quantité réduite d'eau apportée par les pluies, de la mauvaise capacité de rétention hydrique du sol et du faible réponse des variétés cultivées aux apports d'engrais.

Nous allons voir successivement l'azote, le phosphore, le potassium, la fumure organique :

##### B-1- L'azote

Les engrais azotés favorisent une croissance vigoureuse des plants de riz ainsi que la production de feuilles vertes et d'un grand nombre de talles et panicules. Alors, il est recommandé d'appliquer 60kg N/ha en fonction de la fertilité initiale du sol, des cultures successives précédentes, de l'humidité du sol et des conditions saisonnières. L'engrais azoté est apporté 2 fois, la première fois il est appliqué après ou pendant le premier sarclage (2 ou 3 semaines après la germination). La deuxième fois il doit être appliqué à l'initiation paniculaire. Cela permet à ce stade d'augmenter le nombre d'épillets remplis par panicule.

##### B-2- Le phosphore

Il favorise la croissance racinaire du riz, le tallage, la formation et le rendement des grains. Le taux optimal pour une variété avec un cycle de 100 à 110 jours est de entre 20 à 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Mais il dépend en général le type du sol et il est appliqué comme fumure de fond au moment du semis. L'application fractionner n'est pas rentable.

##### B-3- Le potassium

Le potassium aide les plants de riz à devenir robustes et à résister à la sécheresse et aux maladies ainsi il favorise la formation de grains plus gros. L'application de son apport est comme le phosphore mais sa carence est moins grave que celle de l'azote et phosphore.

##### B-4- La fumure organique

Cette fumure organique augmente la capacité de rétention hydrique, la capacité d'échange cationique, améliore la structure et le taux d'infiltration de l'eau, apporte des éléments nutritifs aux plantes et abaisse la densité apparente et augmente le carbone organique qui bénéficie au riz pluvial et aux cultures successives.

Pour l'application de l'engrais vert, il faut le cultiver ailleurs et les feuilles et les tiges sont amenées sur la rizière. Ou bien lorsque les plants de riz sont établis depuis 4 à 6 semaines, les feuilles et les tiges de l'engrais vert sont incorporées dans la même plantation de riz. Mais si la durée du cycle de végétation est longue, l'engrais vert est semé et enfouit avant de semer le riz. En ce qui concerne l'application de compost et de fumier de ferme, son application doit être 4 semaines avant de semer le riz. L'apport de compost et de fumier augmente la productivité du sol.

Enrichir le fumier de ferme et le compost avec des engrais non organiques est une bonne pratique.

En ce qui concerne les agriculteurs dans la région, ils utilisent une fertilisation organique à base de fumier ; seuls 7% d'entre eux utilisent le compost ou le cendre de paille. 64% des riziculteurs utilisent du fumier brut ou fumier de parc avec une dose de 10t/ha qui est deux fois supérieures à la dose recommandée. Le mélange de fumier-compost et la cendre de fumier sont utilisés respectivement par 18% et 10% des Riz Pluvial. En outre, l'apport de NPK est réalisé par 56% des riziculteurs mais dépend des possibilités financières. L'utilisation de l'urée est moins courante avec 19% ( utilisateurs) et puis la dolomie est peu utilisée du fait de son coût élevé et sera apportée périodiquement sur une parcelle tous les 2-3ans environ.

#### **2.2.4. La lutte contre les adventices**

Les adventices sont l'ensemble des végétaux poussant sur une parcelle sans avoir été semé par le cultivateur. Elles comprennent les ressemis des cultures précédentes et les plantes sauvages qui entre en compétition avec les plantes cultivées pour l'eau, les éléments minéraux du sol, la lumière. Plusieurs méthodes permettent de lutter contre ces adventices : préparation du sol, désherbage manuel, culture dans l'interrang, culture concurrentielle, herbicides ou lutte chimique, technique du sol rappuyé, rotation des cultures, lutte intégrée.

Préparation du sol :

Si la préparation du sol est négligée, les adventices poussent mieux que le riz. Donc un labour profond qui retourne la terre assure une meilleure préparation due à l'enterrement des graines et les débris d'adventices. Les parcelles doivent être labourées durant le mois sec qui suit la récolte.

Désherbage manuel :

C'est la méthode la plus courante et la plus efficace parce que le désherbage est fait à la main. Par contre, il est difficile, pénible et long. Il ne supprime pas complètement les adventices. La main-d'œuvre n'est pas disponible au temps voulu en plus les coûts sont élevés. Ce qui provoque des retards dans les travaux.

#### Culture dans l'interrang :

Cette méthode consiste à travailler entre les rangs. L'utilisation des outils comme la herse bineuse, outils tirés par un animal ou un tracteur. Mais il faut faire le semis en ligne pour pouvoir travailler le sol entre rangs.

#### Culture concurrentielle :

Cette méthode nécessite que les chercheurs sélectionnent des variétés de riz qui répondent aux caractéristiques suivantes : une vigueur végétative précoce, une grande surface foliaire, une couverture végétale rapide, une grande taille, une absorption élevée d'azote dans les premiers stades de croissance.

#### Herbicides ou lutte chimique :

Pour le riz pluvial, les herbicides doivent avoir les qualités suivantes : lutter efficacement contre l'adventice pendant 4 à 8 semaines après le semis, efficaces contre les graminacées, les adventices à feuille larges et carex, peu cher, disponible localement. En général les herbicides se présentent sous forme de liquides, de poudres ou de granulés et doivent être mélangés avec l'eau et pulvérisés. La pulvérisation doit être effectuée dans un sol suffisamment humide et par temps clair, pas de pluie. L'utilisation des herbicides nécessite moins de main-d'œuvre. Mais il faut bien gérer le taux d'application puisque les doses trop fortes peuvent être phytotoxiques. Donc il faut bien respecter les doses recommandées.

#### Technique du sol rappuyé :

Cette technique consiste à travailler le sol deux semaines avant de planter et laisser le sol au repos pour que les graines d'adventices puissent germer. Avant de planter, les graines germées sont éliminées en fonction des moyens chimiques, mécaniques ou manuels.

#### Rotation de culture :

La rotation des cultures est une succession plus ou moins répétitive de différentes cultures sur la même terre. Elle réduit la croissance des adventices, diminue le temps consacré au désherbage, améliore l'efficacité des herbicides et augmente le rendement du riz. C'est l'un de meilleur moyen de lutter contre les adventices.

#### Lutte intégrée :

Cette lutte concerne l'association de plusieurs méthodes qui permettent d'obtenir des résultats positifs. Trois méthodes sont associées : culturale, chimique et manuelle. Les méthodes les plus utiles sont celles qui favorisent l'implantation et la croissance végétale des cultures.

Concernant la région, les traitements herbicides sont inexistants. Le sarclage se fait manuellement ou à la petite angady dans 86% des cas.

### **2.2.5. La lutte contre les ravageurs et les maladies**

Les animaux déprédateurs se nourrissent de la plante cultivée. Ce sont principalement des insectes mais aussi des rongeurs et des oiseaux. Ils consomment une partie des feuilles, ce qui réduit l'assimilation de l'énergie solaire. Et ils attaquent des tiges, ce qui perturbe les transports de sève et la nutrition. D'autres attaquent à la base de la plantule, et endommagent l'appareil racinaire de façon irrémédiable. Pour cela, il existe plusieurs lutttes contre ces ravageurs : variétés résistantes, pratiques culturales, ennemis naturels et méthodes chimiques.

#### a)- variétés résistantes :

Plusieurs variétés de riz pluvial sont mures précocement, ce qui leur permet d'éviter la prolifération des ravageurs. Et les variétés semées tardivement, sont endommagées par les insectes dus aux non-résistances. Le riz doit avoir un système racinaire plus étendu qui permettrait de tolérer une perte plus importante de racine par les ravageurs. En plus il faut localiser et incorporer la résistance à chaque espèce de ravageur. Par exemple selon Hari K. Pande, 1997 : Les sélectionneurs ont identifié des variétés tolérantes à des punaises comme *Elasmopalpus lignosellus* au Brésil et Santhika, JBS 508, Mutant 57, Kesari et Vagai, sont révélées résistantes à la punaise du riz en Inde.

#### b)- pratiques culturales :

Une pratique culturale sure, efficace donne une meilleure lutte contre les ravageurs. Cela consiste à :

- Semer de bonne heure et en même temps des variétés de riz à maturation précoce pour protéger les plantes contre les diptères mineurs, des vers blancs, ...;
- Labourer la terre humide après les premières pluies, ce qui permet de ramener les insectes à la surface et ils peuvent ainsi être détruits par les oiseaux, les volailles, les chiens,...
- Augmenter la densité de semis pour obtenir une bonne implantation et compenser les pertes de semences et dégâts causés par les ravageurs sur les plantules.

#### c)- lutte biologique :

Les ennemis naturels du riz pluvial comptent un grand nombre d'espèces ; très différent es de celles du riz en bas-fonds et d'un pays à l'autre. Actuellement, dans les situations pluviales doit être privilégié la préservation des ennemis naturels en s'assurant que les insecticides, les pulvérisations seront appliquer de façon judicieuse. Prenons l'exemple d'introduction de parasites aux Philippines qui permet aux vers blancs de réduire leur population.

d)- lutte chimique :

Les insecticides sont rarement utilisés en riz pluvial, car très coûteux par rapport à la faible productivité de cette culture.( Annexe II : les insecticides)

Remarques : Pour les nématodes qui sont parasites des plantes, il faut bien faire le traitement des semences, des plantules, et du sol. En ce qui concerne les rats et les oiseaux, il faut adopter les stratégies suivantes : Extermination totale des espèces, effarouchement des oiseaux, pratiques culturales, pièges à rats.

Pour lutter contre les maladies il faut savoir l'originalité de la maladie s'il s'agit des maladies fongiques, maladies bactériennes ou maladies virales. Mais les maladies les plus courantes dans la région de Vakinankaratra sont la pourriture des gaines causées par *Pseudomonas fuscovaginae* et la pyriculariose (*Pyricularia oryzae*). Ces maladies provoquent des pertes importantes de rendement qui peuvent aboutir à l'abandon de la culture. En raison de productivité faible et fluctuante du riz dans les écosystèmes de culture pluviale, les pratiques culturales et la sélection de cultivars résistants sont recommandées. Dans ce cas, l'utilisation des semences saines, l'adoption de la rotation culturale autant que possible, l'enlèvement de la plantes hôtes, sont nécessaires.

Pour la pyriculariose ( cf **photo1** : Panicule attaquée du pyriculariose), les parasites pouvant demeurer sur les semences et les résidus de culture, les incidences des épidémies a tendance à s'aggraver avec l'extension géographique et la reconduite sur la même parcelle de la culture. Des fongicides efficaces existent mais leur coût prohibitif ne permet pas leur usage par les agriculteurs de la région. Le traitement des semences est possible, également une protection au stade jeune. Or, jusqu'à présent, les épidémies de pyriculariose sont tardives.

**Photo1** : panicule attaquée du pyriculariose



### **2.2.6. La récolte**

La récolte est propice entre 25 et 35 jours après la floraison. Les agriculteurs calculent le pourcentage de grains murs dans les panicules avant de décider du moment de la récolte. Ils doivent récolter leur riz lorsque les panicules ont une couleur paille et les grains sur la partie inférieure de la panicule sont aux stades pâteux dur à 80%. Mais il faut récolter au moment voulu pour éviter les pertes causées par : la verse, l'égrenage, les rongeurs, les oiseaux, les insectes ravageurs. Ce moment assure aussi : une qualité des grains, un bon rendement à l'usinage, une haute valeur marchande, un bon pourcentage de germination, une bonne comestibilité, une bonne conservation.

Dans le cas général, il faut bien choisir la date de semis pour éviter tous les obstacles climatiques dans la région du Vakinankaratra qui entraînent des maladies et les faibles taux de rendement

## Chapitre3 : Expérimentation agronomique

### 3.1. Problématique et objectif de l'étude

Selon l'Année Internationale du Riz, 2004, il faut sensibiliser le public à une culture qui est essentielle à la survie des pays pauvres visant à encourager une augmentation de la production rizicole par une utilisation efficace de l'ensemble des ressources disponibles en eau et de terre. Et un accroissement de la production est nécessaire pour améliorer les rendements et pour nourrir de plus en plus de personnes. Sachant que tout les huit secondes un hectare de terres fertiles disparaît dans le monde, la diminution de ressources en terres devient un sujet de préoccupation (chronique ONU, 2004). Mais, une augmentation de la production de riz et des rendements assureraient la sécurité alimentaire des pauvres ruraux et urbains, tout en renforçant leur identité culturelle. En fait face à l'importante poussée démographique, il est impossible d'accroître les surfaces en rizicultures aquatiques. Ainsi l'exploitation des terres de *tanety* pour la riziculture pluviale peut jouer un rôle important.

Le riz pluvial est cultivé sans irrigation sur des parcelles plates ou en pente. Le climat notamment la pluviosité, est un facteur déterminant de sa productivité. Pour la région de Vakinankaratra, l'aménagement des ressources dans les zones de cultures pluviales non irriguées (cas des *tanety*) demande une approche réaliste intégrant les données agroclimatiques et pédologiques pour déterminer la capacité de production de la terre. Mais la plupart des agriculteurs dépendent de leur viabilité économique et de leur faisabilité.

D'après le chapitre précédent le climat de la région convient bien à la culture pluvial. Mais il faut bien maîtriser les techniques culturales, viser les dates correspondantes à chaque phase du cycle. Par contre les problèmes d'érosion et de production agricole perçus dans les zones supérieures des bassins versants se posent dans le cas de la culture pluviale. Donc, il faut opter pour des systèmes intégrés d'exploitation en élaborant des technologies qui favorisent la conservation des sols et des eaux, prenons le cas de système sur couverture végétale ou labour avec paillage. Pour obtenir une productivité durable du riz pluvial dans une région agroclimatiques donnée (Région du Vakinankaratra), il faut suivre un système de culture adapté. Dans la région du Vakinankaratra, avec des surfaces très développées, des options de système sont proposées. C'est aux exploitants agricoles de faire le choix comme : monoculture (riz pluvial seul), cultures associées, cultures intercalaires, cultures mixtes, cultures en couloirs et cultures pionnières.

En fait, les dates de plantation et les périodes de culture du riz pluvial dépendent entièrement du régime des pluies. Ce qui indique qu'il faut une variété correspondant aux besoins de la région à cultiver et qui répond aux besoins des agriculteurs. Puisque les variétés doivent être bien adaptées aux différents systèmes et milieux culturels ; et répondre à des niveaux modérés d'application des engrais. Dans ce cas, la majorité des cultivateurs de riz pluvial n'utilisent plus des variétés traditionnelles. Cependant, de nombreuses variétés améliorées ont été employées. Heureusement, la recherche scientifique encourage la mise au point de nouvelles techniques agricoles qui peuvent améliorer la vie des paysans et permettent de trouver de nouvelles variétés à plus haut rendement et résistantes aux certaines maladies, sécheresses, froids.

Les recherches en riziculture pluviales sont menées sur l'amélioration variétale et l'élaboration de systèmes de culture sur couverture végétale performants. Dans les deux cas,

la compréhension de l'effet des conditions de culture (climat, sol) et des techniques culturales sur le fonctionnement de la culture est essentielle pour :

- identifier les facteurs limitant le potentiel de production du riz pluvial ;
- identifier les caractères adaptatifs spécifiques du riz pluvial aux conditions du milieu et aux systèmes de culture.

En plus l'objectif de cette étude est d'évaluer le comportement des différentes variétés de riz pluvial en relation avec le milieu, afin d'orienter les choix des critères et variétés à retenir dans le programme de sélection et les recommandations à faire en relation avec les systèmes et les milieux. L'évaluation variétale a une double sens dont

- d'une part analyser le comportement des différentes variétés de riz pluvial en relation avec le milieu
- d'autre part aider les sélectionneurs à sélectionner une gamme de variétés de riz pluvial à haut potentiel de rendement et bien adaptées au milieu.

### **3.2. Localisation des essais**

Les essais sont conduits sur le site d'Andranomanelatra situé sur la RN 7 à 16km d'Antsirabe direction Antananarivo. Ce site est équipé d'une station météorologique CIMEL complet est le principal d'étude de l'URP SCRiD.

### **3.3. Protocole de recherche**

Le travail s'effectue sur six variétés de riz pluvial, qui seront observées et comparées dans les mêmes conditions de culture. Les facteurs à étudiés sont :

- Facteur variété à six niveaux ;
- Facteur mode de gestion du sol à 2 niveaux ( labour/ zéro labour) ;
- Facteur fertilisation à 2 niveaux (Fumier seul / fertilisation recommandée);

#### **3.3.1. Matériel végétal**

6 variétés ont été évaluées, appartenant à la collection de la station d'amélioration variétale du riz pluvial de FOFIFA/CIRAD dans la région du Vakinankaratra. 2 variétés sont déjà diffusées F154 et F161.

La variété F154 a pour origine locale venant des parents Latsibavy et F62 (IAC 25x Daniela). Ses caractéristiques variétales sont :

Hauteur moyenne de la plante : 75 à 90cm ;

Port de la plante : érigé ;

Type de grain : long et fin ;

Paddy : longueur 9.4mm, teinte jaune paille, barbu

Caryopse : longueur 7.43mm, translucide

Elle est très productive et résistante à la verse au point de vue caractéristique agronomique avec un rendement moyen de 3.3t/ha et un rendement maximum observé en essai de 5.7t/ha

La variété F161 a pour origine Irat 114x F133, elle a une hauteur de 90cm avec des paddy grain gros et poilu. Elle est résistante à la pyriculariose, productive, rustique, fertile, présente un tallage moyen, a un très bon aspect sanitaire du grain, et est très homogène (taille, maturité), une certaine sensibilité à l'égrenage. En moyenne, elle a pour rendement en essais 2.8t/ha avec 6.6t/ha au maximum. Ses caractéristiques variétales sont :

Hauteur moyenne de la plante : 85cm ;

Port de la plante : semi-érigé ;

Type de grain : grain long et poilu ;  
 Paddy : longueur 9.4mm, teinte jaune paille, barbu  
 Caryopse : longueur 7.43mm, translucide

En ce qui concerne les variétés expérimentales, elles sont encore en cours d'évaluation. Les variétés expérimentales que nous avons étudiées sont : E933, E208, E302, E303. Elles ont tous des grains courts. Leurs principales caractéristiques sont les suivantes :

Pour l'Exp 933, elle a pour origine de CA 148 croisé avec Shin Ei. Elle a pour caractéristiques physiques grand, paille longue, feuille fine, petit grain et une tige blanche. Son auteur est de 115cm avec un cycle tardif. Elle a une productivité très bonne.

L'Exp 208 qui a pour origine de Chhomrong Dhan et Slip 48-M-1, elle se caractérise par son grain rouge et grand, et souvent il y a des taches brunes particulières non pathogènes. Sa hauteur atteint 100cm avec un cycle tardif. La productivité est très bonne.

Pour l'Exp 302 et l'Exp303 qui vient des parents Khonorallo et IRAT 265, ces caractéristiques physiques sont encore en cours d'évaluation. Mais elles ont une très bonne productivité.

Le tableau ci-dessous indique les points forts et points faibles de ces variétés Expérimentales.

**Tableau 5** : les points forts et points faibles des variétés expérimentales

Nom	Points forts Et/ou intéressants	Points faibles Et/ou gênants
Exp 933	productivité résistance aux maladies tallage vigueur au départ bonne couverture du sol production masse végétale paille longue appréciée	tardif petit grain panicule courte
Exp 208	productivité grain rouge tallage résistance aux maladies panicule assez longue bonne couverture du sol	tardif petit grain
Exp 302 et Exp 303	productivité résistance à la pyriculariose tallage résistance à l'égrenage bonne couverture du sol	panicule courte petit grain

Source : DZIDO, CIRAD

### 3.3.2. Dispositif expérimental

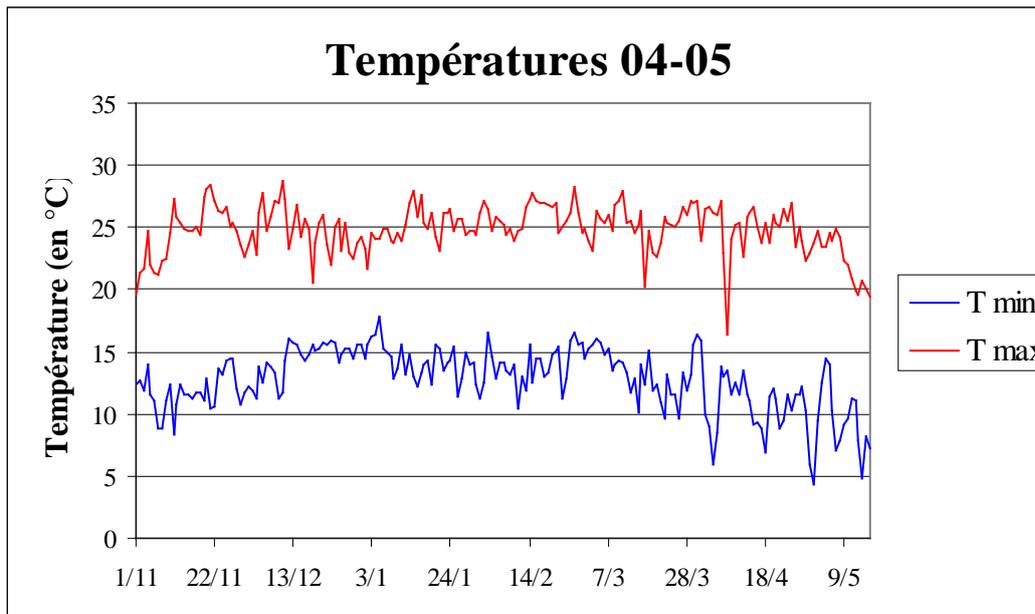
L'étude de l'URP SCRiD a adopté un dispositif expérimental de test de systèmes de culture nommé dispositif «matrice SCRiD». Six systèmes de cultures à 4 répétitions comme l'indiquent le plan ci-après sont testés dans cette matrice. Le système choisi pour cette étude, sur lequel ont été fait les évaluations variétales est composé de : riz suivi de vesce (année 1) en rotation avec du haricot suivi d'avoine et de vesce (année 2). Ce système est sous-découpé

en deux traitements : le mode de gestion du sol (labour / non labour) et la fertilisation (fumier seul / fertilisation recommandée). Sur chaque modalité des traitements 6 variétés ont été évaluées.

Schéma : plan de la « matrice SCRiD »

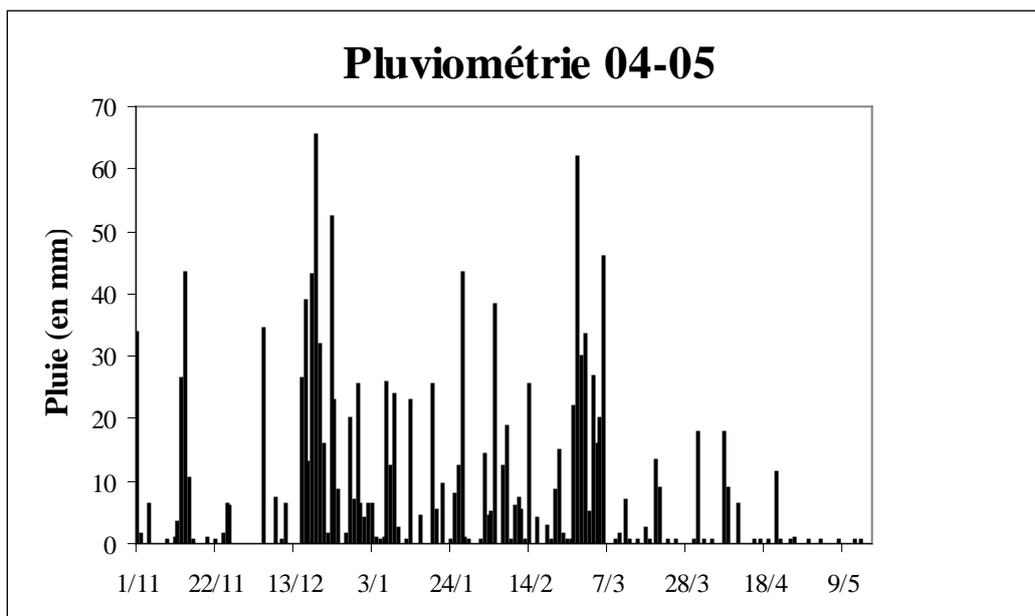
Andranomanelatra a pour coordonnées de latitude Sud 19°46.756', et de longitude Est 47°6.411', une altitude de 1645m et un sol de type volcano-lacustres. Et la station CIMEL présente les résultats suivants :

**Figure 1 : Températures sur le site d'Andranomanelatra durant la campagne 2004-2005**



Selon cette figure 1, le mois le plus chaud a été celui de décembre avec une température moyenne de 20°C et le mois le plus froid a été celui de mars avec une température moyenne de 16°C. La température commence à diminuer vers le mi-mars. une période relativement froide s'observe vers le premier mois d'avril avec une température minimale de 4.4°C.

**Figure 2 : pluviométrie sur le site d'Andranomanelatra durant la campagne 2004-2005**



D'après la figure 2 ci-dessus, cette année a été marquée par un événement climatique sans perturbation durant la croissance et le développement du riz. Durant la phase de floraison qui est une phase essentielle pour les variétés et pourrait être des causes de stérilité des panicules, la pluviométrie convient très bien à la phase, elle ne perturbe pas leur croissance et leur développement. Le pic de précipitation le plus élevé ont été observés entre le 13 décembre 2004 et le 03 janvier 2005 avec 65.5mm de pluie. Des trous de pluviométriques sont observés vers le mi-novembre et entre le mois d'avril.

Par ailleurs des prélèvements pour caractérisation des profils initiaux ont été effectués sur la matrice. A noter par ailleurs la réalisation de quelques déterminations granulométriques détaillées sur l'horizon de surface (0-5cm) de différents sites de la région d'Andranomanelatra qui, en conformité avec des résultats antérieurs (TAFa), montrent bien l'importance des fractions argileuse (50-55%) et limoneuse (15-25%).

Pour la matrice URP, il existe :

Les granulométries détaillées horizon surface (0-5 cm) sols d'Andranomanelatra

	Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	
	0 – 2 $\mu$	2 – 20 $\mu$	20 – 50 $\mu$	50–200 $\mu$	200–500 $\mu$	500-2000 $\mu$
Matrice PCP	51,0	14,8	2,6	9,0	21,5	2,4

Source : analyses IRD 2002

### 3.3.4- Conduite de l'expérimentation

La préparation du lit de semence comprend :

- . du 5 au 19 octobre 2004 : exportations des biomasses sur les parcelles labourées
- . du 6 au 21 octobre 2004 : Labour, émottages, nettoyage, nivellement, affinage à l'*angady*.

Le semis en poquet de 20x20 à raison de 7 à 8 grains par poquet a été effectué du 08 au 11 novembre 2004.

L'épandage des engrais a été fait au moment du semis :

- fumier seul à la dose de 5t/ha,
- fumure minérale : dolomie à 500Kg/ha et NPK 11-22-16 à 300Kg/ha
- urée en demi-dose en deux passages.

### 3.3.5- Entretien cultural

L'herbicidage a été effectué :

- en pré-émergence avec Stomp à raison de 1,5 à 3 l/ha
- En post-émergence avec Glyphader à raison de 1,5 à 3 l/ha

Le sarclage se fait manuellement.

### 3.3.6- Suivi expérimental

Les parcelles élémentaires par variété sont de 2,8 m sur 10 m, dont les 3 premiers m sont réservés pour les mesures destructives, les 7 m suivants seront utilisés pour la mesure du rendement à la récolte.

A la levée : Le comptage des plants par m<sup>2</sup> s'effectue.

Au tallage : Des suivis de la nutrition azotée ont été réalisés à l'aide du SPAD Chlorophyll meter (Minolta) ( **photo 2**). La mesure est faite de façon non destructive en « pinçant » au tiers de la troisième feuille en partant du haut de la plante (sur la feuille la plus jeune complètement déroulée). La valeur notée est obtenue en faisant la moyenne sur 20 mesures réalisées sur des plantes prises au hasard dans une des diagonales de la parcelle. Les mesures ont été faites tous les 15 jours de 28 JAS jusqu'à la floraison.

**Photo 2** : chlorophyll meter



source : Banque de donnée CIRAD, 2004

A maturité : Des observations phénologiques régulières ont permis de déterminer de façon précises les stades phénologiques clés : l'initiation paniculaire (en fait le stade où la panicule en formation fait 1 cm de long et est donc visible à l'œil nu), la floraison (90% des plantes de la parcelle présentant une panicule en floraison), la maturité (rachi jauni sur les 2/3 de la panicule).

Des prélèvements destructifs ont été réalisés au cours du cycle : à 35, 65 JAS, au stade initiation paniculaire, et à floraison. Le prélèvement est fait sur 6 poquets (2 lignes consécutives de 3 poquets) qui sont pris selon un plan d'échantillonnage répété pour chaque parcelle.

Avant le prélèvement la hauteur est mesurée entre les 2 poquets centraux (point le plus haut). Sur ces prélèvements sont comptés le nombre de plantes, le nombre de talles, à floraison : le nombre de panicules. Les plantes sont découpées en tiges et limbes, et panicules à floraison, les racines sont jetées. Après séchage à l'étuve de 72h à 60°C, les différentes parties sont pesées. Sur le bloc A, sur 5 plantes du prélèvement, prises au hasard, les surfaces foliaires ont été mesurées à l'aide du Li-Cor 3000A ( **photo 3** ). Cette mesure nous a permis d'obtenir le paramètre variétal : SLA (Specific Leaf Area) qui permet d'estimer l'épaisseur de la feuille.

**Photo 3** : Li-Cor 3000A

A la récolte, les différentes composantes du rendement ont été mesurées sur 4 placettes de 3 poquets prises au hasard dans la partie de la parcelle réservée à la récolte. La hauteur a été prise sur 2 placettes (la 1 et la 4). Par placette ont été comptés : le nombre de plantes, de talles et de panicules. 5 panicules par placette ont été prélevées au hasard, et sur ces 20 panicules au total les grains pleins et les grains vides ont été comptés, puis mis à l'étuve pendant 48h à 60°C et pesés. Les plantes des 4 placettes ont été rassemblées, puis découpées, et les parties tiges, limbes et le reste des grains ont été pesés après passage à l'étuve.

Les composantes du rendement obtenues sont :

Le nombre de plantes ramené à la surface de prélèvement = le nombre de plantes par m<sup>2</sup>

Le nombre de panicules par plante

Le nombre de grains par panicule

Ces 3 composantes permettent en les multipliant d'obtenir le nombre de grains par m<sup>2</sup>

Le pourcentage de grains pleins (rapport du nombre de grains pleins sur le nombre de grains pleins plus le nombre de grains vides)

Le PMG (poids de milles grains, obtenu en divisant le poids par le nombre des grains comptés multiplié par 1000)

Le rendement placette est obtenu par la mesure du poids des grains total des 4 placettes

Le rendement parcelle par le poids des grains de toute la parcelle.

### 3.3.7- Analyse des données

Les graphiques ont été réalisés avec le tableur Excel (Microsoft). Le traitement statistique des données a été fait avec le logiciel SAS version 6.12 Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA), avec la procédure GLM (General Linear Model) pour l'analyse de variance.( **Annexe V** : calcul des variances)

### 3.3.8- Résultats attendus

- 1)- Identification des meilleures variétés
- 2)- Connaissance du comportement des différentes variétés

### 3.3.9- Logistiques

- Localisation du terrain : derrière la minoterie KOBAMA

- Surface totale : 32 200m<sup>2</sup>

- Surface utile :

Il existe 4 grands blocs nommés A, B, C et D

Dans un bloc il y a 4 sous blocs dont 200m<sup>2</sup> correspondant à un sous bloc

4 sous blocs = 200m<sup>2</sup> x 4 = 800m<sup>2</sup>

800m<sup>2</sup> x 4 = 3200m<sup>2</sup> : c'est la surface utile.

- semence :

Pour 1ha, les semences utilisées se trouvent entre 60 et 80 kg

Pour 1m<sup>2</sup>, 6 à 8 g

Avec 6g x 20 m<sup>2</sup> = 120g/sachets

Avec 8g x 20 m<sup>2</sup> = 160 g/sachets

Pour le bordure, 1 sachets de 2 Kg

Surfaces des bordures : 10m<sup>2</sup> x 32( nombre des bordures) = 320m<sup>2</sup>

320m<sup>2</sup>/ 0.04 ( écartements : 0.2 x 0.2) = 8000poquets

8000 poquets x 7 grains = 56000 poquets (nombre de grains utilisés)

56000poquets / 1000 grains = 56

56 x PMG ( moyenne de 33) = 1.647 Kg sensiblement égal à 2Kg

- fumier :

5 tonnes pour 1ha

3200m<sup>2</sup> pour une quantité de fumier de 1.6t/ha

- Urée :

Pour 1 ha, 100Kg

Pour 3200m<sup>2</sup>, 32 Kg

-NPK:

pour 1ha, 300Kg

pour 3200m<sup>2</sup>, 96Kg

- Stomp :

3 litres pour 1ha, 0.96 litres pour 3200m<sup>2</sup>

- Glyphader:

3litres pour 1ha, 0.96 litres pour 3200m

## Chapitre 4. Analyse et interprétation des résultats

### 4.1. Analyse des interactions variété x système cultural

#### 4.1.1. Développement : Durées des phases phénologiques

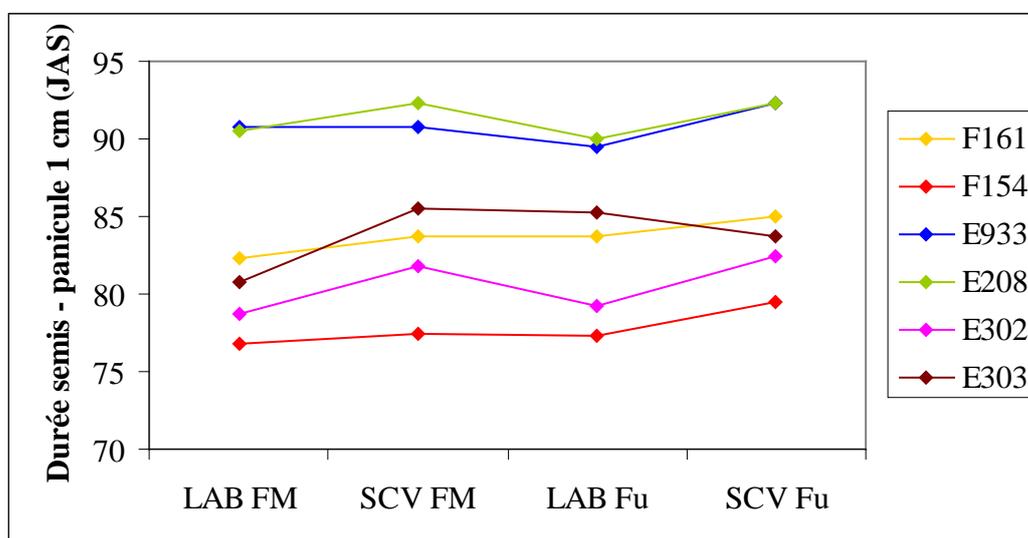
Le développement représente des transformations qualitatives de la plante liées à l'initiation et à l'apparition de nouveaux organes ( RAMAHANDRY, 2003).

Variétés 6 : F161, F154, E933, E208, E302, E303

Système culturale: LAB FM, SCV FM, LAB Fu, SCV Fu

Résultats obtenus:

**Figure 3** : Durée semis – stade panicule 1 cm (proche Initiation Paniculaire) en jours après semis par variété en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



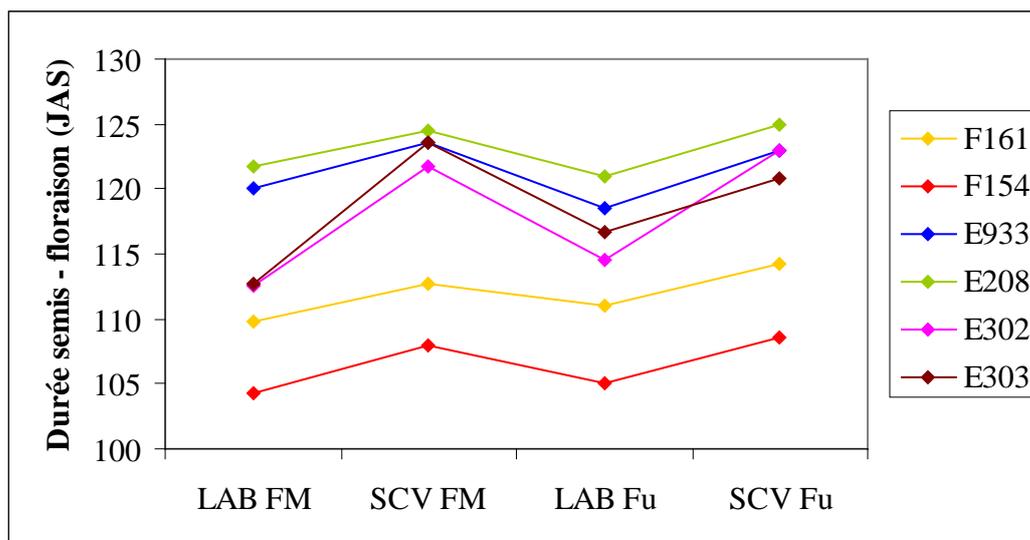
La lecture de cette figure 3 suscite le tableau suivant qui indique le classement des variétés en fonction de la durée semis – stade panicule 1 cm en Jour Après semis (JAS) :

Système Variétés	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
<b>F154</b>	77 JAS	77 JAS	79 JAS	80 JAS
<b>E302</b>	81 JAS	83 JAS	81 JAS	83 JAS
<b>F161</b>	82 JAS	82 JAS	83 JAS	85 JAS
<b>E303</b>	79 JAS	85 JAS	85 JAS	82 JAS
<b>E933</b>	91 JAS	90 JAS	90 JAS	94 JAS
<b>E208</b>	91 JAS	92 JAS	91 JAS	94 JAS

Ce tableau indique que :

- F154 est la plus précoce
- E933 et E208 sont les plus tardives
- Quelque soit la fertilisation, la durée semis - panicule à 1cm reste invariable.

**Figure 4 :** Durée semis – floraison (90% de la parcelle) en jours après semis par variété en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



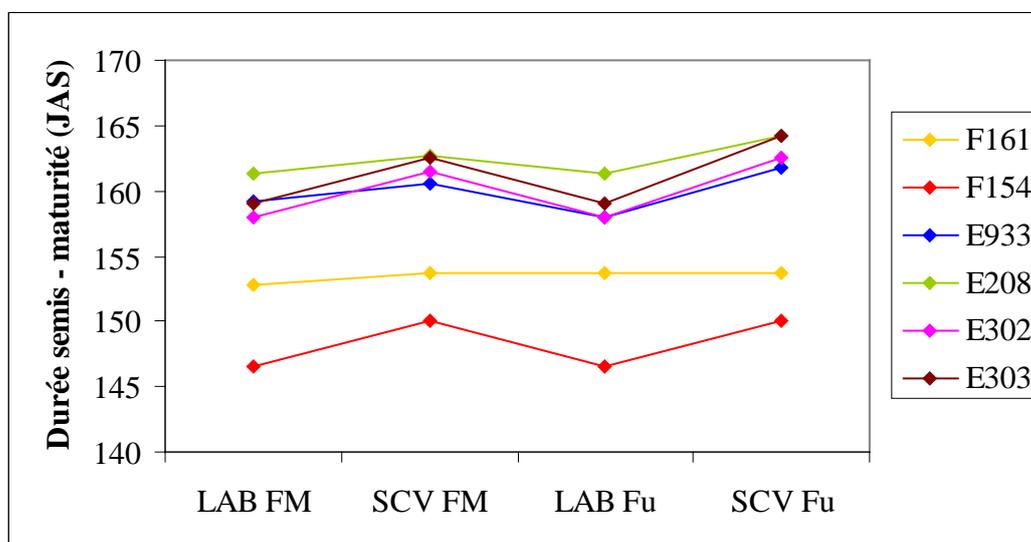
Les variétés sont classées en fonction de la durée semis - floraison dans le tableau ci-après :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	110 JAS	112 JAS	111 JAS	115 JAS
F154	104 JAS	107 JAS	105 JAS	107 JAS
E933	120 JAS	124 JAS	119 JAS	124 JAS
E208	122 JAS	125 JAS	122 JAS	126 JAS
E302	112 JAS	120 JAS	115 JAS	120 JAS
E303	112 JAS	124 JAS	117 JAS	124 JAS

La lecture de ce tableau suscite les commentaires suivants :

- F154 est la plus précoce
- E208 est la plus tardive
- Quelle que soit la fertilisation, la durée semis - floraison reste invariable. Le système SCV indique une valeur plus grande par rapport à LAB, le labour a un effet significatif.

**Figure 5 :** Durée semis – Maturité en jours après semis par variété en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure appelle le tableau suivant qui indique le classement des variétés en fonction de la durée semis - maturité :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	153 JAS	154 JAS	153 JAS	153 JAS
F154	147 JAS	150 JAS	147 JAS	150 JAS
E933	160 JAS	162 JAS	159 JAS	162 JAS
E208	161 JAS	164 JAS	161 JAS	165 JAS
E302	158 JAS	163 JAS	158 JAS	163 JAS
E303	160 JAS	164 JAS	160 JAS	163 JAS

Ce tableau montre que:

- F154 est toujours la plus précoce
- E208 est encore la plus tardive
- Quelle que soit la fertilisation, la durée semis- maturité reste significativement plus courte avec le système labour.

En résumé, on voit que F154 est la plus précoce, puis F 161 et ensuite les 4 autres variétés. Toutefois la phase végétative est plus longue chez E933 et E208, qui ont une durée semis – initiation paniculaire plus élevée. Cette durée est relativement proche pour F161, E302 et E303. On observe un effet net du labour sur les durées semis – floraison et semis – maturité, celles-ci étant plus courtes par rapport au SCV.

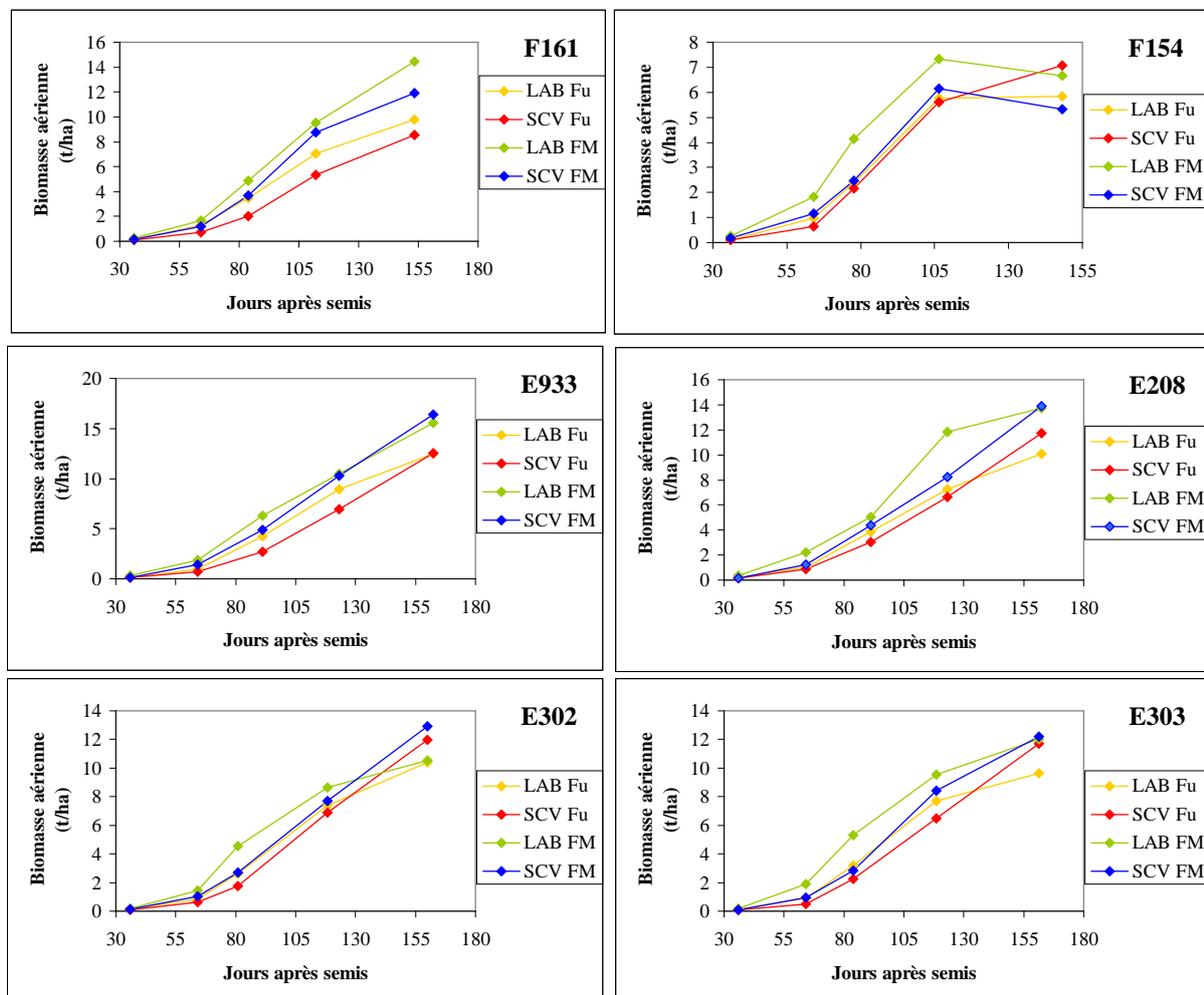
### 4.1.2. Croissance

La croissance est étudiée par la mesure de la biomasse aérienne obtenue à partir des prélèvements réalisés en cours de cycle. Nous présenterons tout d'abord les évolutions de la biomasse aérienne par variété en fonction des traitements afin de s'intéresser à l'effet des traitements sur l'ensemble du cycle. Par la suite nous nous concentrerons sur l'étude de l'interaction variété x traitement pour chaque stade.

#### A- Evolution au cours du cycle

Les évolutions sont présentées dans le **graphique 6**, et l'analyse de variance par variété des biomasses à chaque stade est donnée dans le **tableau 6**.

**Figure 6** : Evolution de la biomasse aérienne par variété en fonction du mode de gestion (SCV / Labour) du sol et de la fertilisation (Fu : Fumier / FM : Fertilisation Minérale)



**Tableau 6** : Comparaison des moyennes par variété, effet du mode de gestion du sol (SCV / Labour) du sol et de la fertilisation (Fu : Fumier / FM : Fertilisation Minérale) sur la biomasse aérienne (t/ha) à différents stades du cycle

\* Entre systèmes par variété les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variétés	Systèmes	Biomasse 36 JAS	Biomasse 64 JAS	Biomasse Pan. 1 cm	Biomasse Floraison	Biomasse Récolte
F161	LAB FM	<b>0,26 a*</b>	<b>1,64 a</b>	<b>4,88 a</b>	<b>9,52 a</b>	<b>14,63 a</b>
	LAB FU	0,16 b	<b>1,29 ab</b>	<b>3,45 ab</b>	7,05 bc	9,79 b
	SCV FM	0,16 b	<b>1,18 ab</b>	<b>3,68 ab</b>	<b>8,76 ab</b>	<b>11,93 ab</b>
	SCV FU	0,09 b	0,70 b	2,00 b	5,33 c	8,54 b
F154	LAB FM	<b>0,27 a</b>	<b>1,83 a</b>	<b>4,15 a</b>	7,34 a	6,66 a
	LAB FU	0,10 b	0,97 b	2,40 b	5,77 a	5,83 a
	SCV FM	<b>0,18 ab</b>	<b>1,17 ab</b>	2,47 b	6,15 a	5,33 a
	SCV FU	0,11 b	0,65 b	2,15 b	5,62 a	7,07 a
E933	LAB FM	<b>0,33 a</b>	<b>1,88 a</b>	<b>6,33 a</b>	<b>10,51 a</b>	<b>15,58 ab</b>
	LAB FU	0,13 b	0,99 b	4,27 bc	<b>8,93 ab</b>	12,50 b
	SCV FM	0,15 b	<b>1,39 ab</b>	<b>4,87 ab</b>	<b>10,26 a</b>	<b>16,40 a</b>
	SCV FU	0,10 b	0,74 b	2,68 c	6,93 b	12,55 b
E208	LAB FM	<b>0,36 a</b>	<b>2,20 a</b>	<b>5,03 a</b>	<b>11,85 a</b>	13,75 a
	LAB FU	0,18 b	1,05 b	3,87 bc	7,27 b	10,10 a
	SCV FM	0,18 b	1,24 b	<b>4,35 ab</b>	8,25 b	13,87 a
	SCV FU	0,15 b	0,89 b	3,01 c	6,64 b	11,73 a
E302	LAB FM	0,17 a	1,42 a	<b>4,56 a</b>	8,63 a	10,55 a
	LAB FU	0,13 a	0,85 a	2,62 b	7,39 a	10,40 a
	SCV FM	0,12 a	1,05 a	2,69 b	7,69 a	12,92 a
	SCV FU	0,10 a	0,64 a	1,74 b	6,91 a	11,99 a
E303	LAB FM	<b>0,17 a</b>	<b>1,87 a</b>	<b>5,32 a</b>	<b>9,56 a</b>	<b>12,0 a</b>
	LAB FU	0,11 b	0,91 b	3,18 b	<b>7,19 ab</b>	9,65 b
	SCV FM	0,08 b	0,95 b	2,83 b	<b>8,43 ab</b>	<b>12,21 a</b>
	SCV FU	0,08 b	0,48 b	2,27 b	6,50 b	<b>11,7 ab</b>

La figure 6 et le tableau 6 appellent les commentaires suivants :

Pour F161 : Au début du cycle végétatif (36 JAS), sa biomasse est significativement plus élevée en labour avec FM. Ceci indique un meilleur démarrage pour la variété en Labour avec FM. A 64 JAS et au stade IP, on observe plus de différences significatives entre Labour FM et Fu et SCV FM. A floraison et à récolte, le seul effet est celui de la fertilisation, les valeurs de biomasses sont supérieures en LAB et SCV FM par rapport au LAB et SCV Fu. En résumé, la variété F161 présente un meilleur démarrage en Labour FM, mais par la suite c'est l'effet de la fertilisation qui est significatif.

Pour F154 : Durant la phase végétative, elle produit plus de biomasse en présence de fertilisation minérale quel que soit le système. Toutefois à IP c'est en LAB FM quelle est largement la plus productive. Mais la croissance à floraison et à maturité est fortement réduite à cause de l'attaque de pyriculariose, cette variété est très sensible à cette maladie.

Pour E933, elle démarre mieux en LAB FM au début du cycle végétatif avec 0.33t/ha en biomasse, puis il n'y a plus de différences entre modes de gestion du sol durant les phases suivantes, seul l'effet de la fertilisation est significatif.

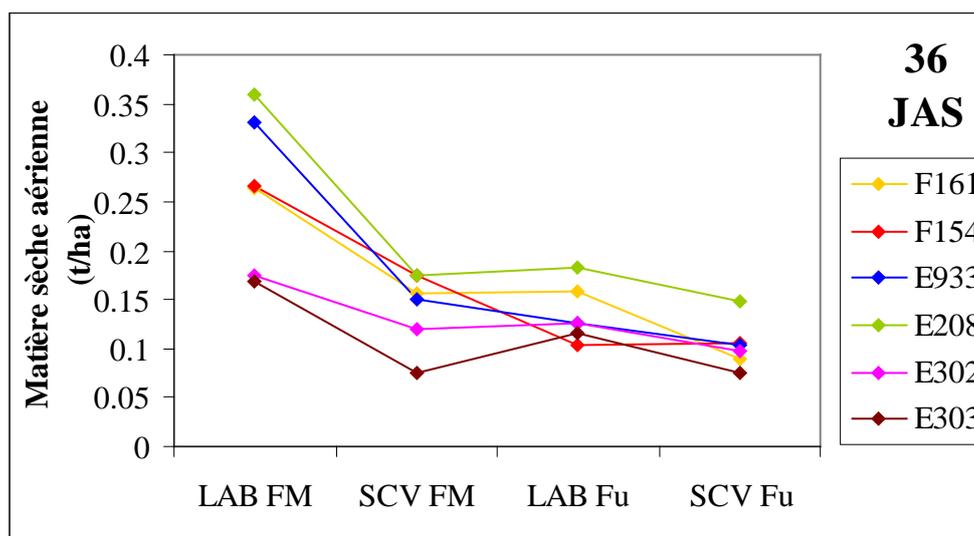
En ce qui concerne E208, c'est en LAB FM que l'on observe les plus fortes valeurs. C'est uniquement à récolte que l'on observe plus de différences significatives entre les différents traitements, sûrement également en raison de l'attaque de pyriculariose, cette variété se présentant comme sensible à cette maladie.

Pour la variété E302, les valeurs sont presque identiques entre les traitements ce qui nous explique peu ou pas d'effet des traitements durant 36 et 64 JAS. On constate ensuite une réduction de la croissance entre floraison et maturité pour le labour. Cette variété se présente également comme sensible à la pyriculariose.

En ce qui concerne la variété E303 les valeurs ont tendance à être supérieures en LAB FM. Ce qui explique un effet de la fertilisation et un effet mode de gestion du sol en début de cycle. A floraison et à maturité il y a peu ou pas de différences entre traitements.

### B- Biomasses par stade en fonction du mode de gestion du sol et de la fertilisation

**Figure 7** : Biomasses aériennes des variétés à 36 jours après semis en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure montre le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	0.26 t/ha	0.15 t/ha	0.15 t/ha	0.09 t/ha
F154	0.26 t/ha	0.18 t/ha	0.10 t/ha	0.1 t/ha
E933	0.34 t/ha	0.15 t/ha	0.14 t/ha	0.1 t/ha
E208	0.36 t/ha	0.18 t/ha	0.18 t/ha	0.15 t/ha
E302	0.17 t/ha	0.14 t/ha	0.14 t/ha	0.1 t/ha

E303	0.16 t/ha	0.08 t/ha	0.12 t/ha	0.08 t/ha
------	-----------	-----------	-----------	-----------

D'après le tableau on observe les groupes suivant :

Pour le LAB FM, il y a 3 groupes :

- Les variétés à forte production de Matière Sèche (MS) : E208 et E933
- Variétés à moyenne production de MS: F161 et F154
- Variétés à faible production de MS: E302 et E303

En SCV FM, 2 groupes :

- Variétés à moyenne production de MS: E208, F154, F161, E933
- Variétés à faible production de MS: E302 et E303

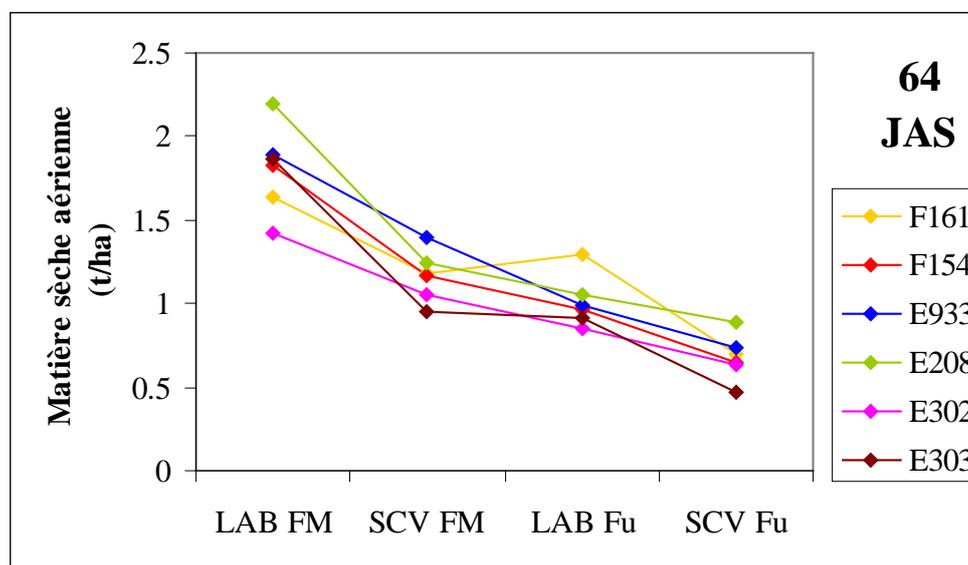
Pour LAB Fu, 2 groupes :

- Variétés à forte production de MS: E208, F161
- Variétés à moyenne production de MS: E933, E302, E303 et F154

En SCV Fu, 2 groupes : E208, puis les autres variétés

Il semble que E208 et E933 ont une meilleure croissance par rapport aux autres variétés. E208 apparaît comme étant la variété avec la meilleure vigueur au départ, cela peut traduire une bonne compétitivité. Un effet du mode de gestion semble se remarquer pour F161, E302 et E303 avec un avantage pour le labour.

**Figure 8** : Biomasses aériennes des variétés à 64 jours après semis en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure indique le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	1.6 t/ha	1.2 t/ha	1.4 t/ha	0.8 t/ha
F154	1.7 t/ha	1.2 t/ha	1 t/ha	0.7 t/ha

E933	1.9 t/ha	1.5 t/ha	1.1 t/ha	0.9 t/ha
E208	2.3 t/ha	1.3 t/ha	1.2 t/ha	1.1 t/ha
E302	1.4 t/ha	1.2 t/ha	0.8 t/ha	0.7 t/ha
E303	1.8 t/ha	1 t/ha	0.9 t/ha	0.5 t/ha

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

Pour le LAB FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E208
- Variétés à moyenne production de MS : E303, E933, F154
- Variétés à faible production de MS : F161 et E302

Pour le SCV FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E933
- Variétés à moyenne production de MS : E208, F161, F154

Variétés à faible production de MS : E302, E303

Pour LAB FU, deux groupes :

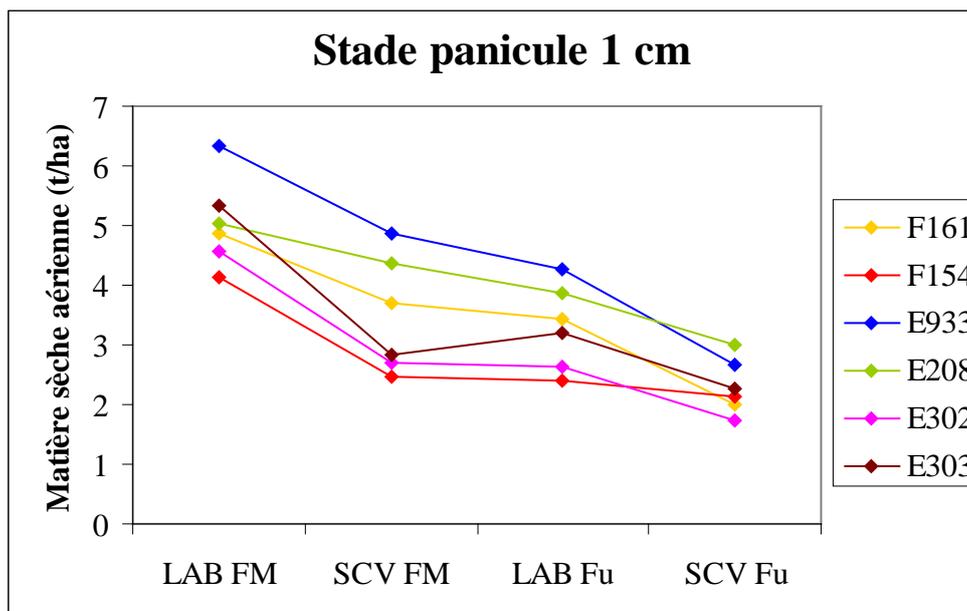
- Variétés à forte production de MS: F161
- Variétés à moyenne production de MS : E303, E933, F154, E302, E208

Pour SCV FU, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E208
- Variétés à moyenne production de MS : E302, E933, F154, F161
- Variétés à faible production de MS : E303

On observe peu de différences entre les variétés, mais E208 et E933 produisent globalement plus de biomasse que les autres variétés, l'effet favorable du labour pour F161 se remarque encore.

**Figure 9** : Biomasses aériennes des variétés au stade panicule 1 cm (proche initiation paniculaire) en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure affirme le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	4.9 t/ha	4 t/ha	3.9 t/ha	2 t/ha
F154	4.1 t/ha	2.6 t/ha	2.6 t/ha	2.6 t/ha
E933	6.3 t/ha	5 t/ha	4.9 t/ha	3 t/ha
E208	5 t/ha	4.8 t/ha	4.3 t/ha	3.4 t/ha
E302	4.7 t/ha	2.7 t/ha	2.7 t/ha	2.7 t/ha
E303	5.2 t/ha	2.8 t/ha	4 t/ha	2.8 t/ha

Ce tableau montre que :

Pour le LAB FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E933
- Variétés à moyenne production de MS : E303, E208, F161, E302
- Variétés à faible production de MS : F154

Pour le SCV FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E933
- Variétés à moyenne production de MS : E208, F161
- Variétés à faible production de MS : E302, E303, F154

Pour LAB FU, deux groupes :

- Variétés à forte production de MS: E933, E208, F161, E303
- Variétés à moyenne production de MS : E302, F154

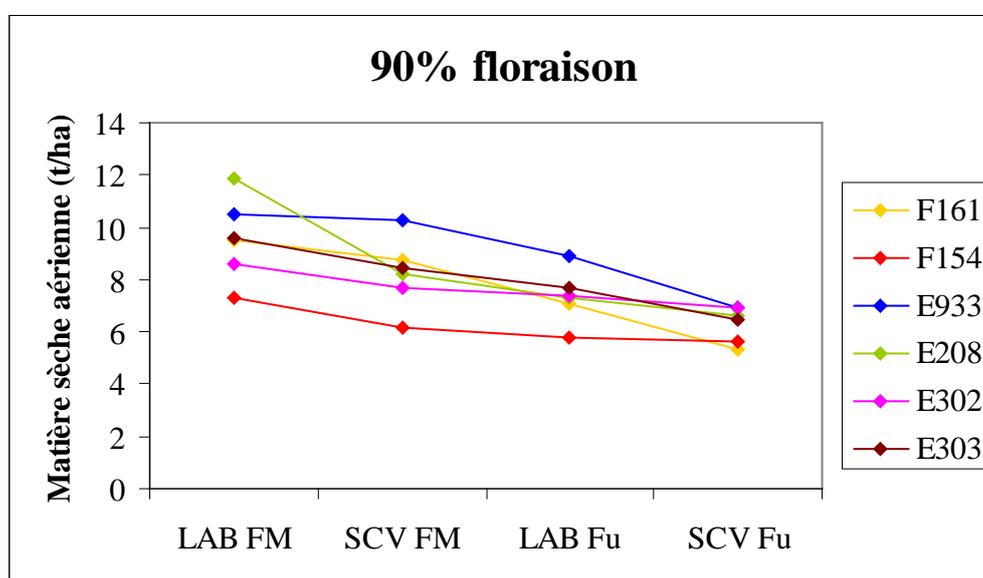
Pour SCV FU, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E208, E933

- Variétés à moyenne production de MS : E303, F161, F154
- Variétés à faible production de MS : E302

A initiation paniculaire, E933 et E208 présentent globalement toujours la production de biomasse la plus importante, E303 présentent des valeurs supérieures en labour par rapport au SCV.

**Figure 10** : Biomasses aériennes des variétés au stade floraison (90%) en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure suscite le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	9.8 t/ha	8.9 t/ha	7 t/ha	5.8 t/ha
F154	7.8 t/ha	6 t/ha	5.9 t/ha	6 t/ha
E933	10.5 t/ha	10.5 t/ha	9.5 t/ha	8 t/ha
E208	12 t/ha	8 t/ha	7.8 t/ha	7.6 t/ha
E302	8.5 t/ha	8 t/ha	8 t/ha	8 t/ha
E303	9.8 t/ha	8.6 t/ha	6 t/ha	7.6 t/ha

Ce tableau appelle le commentaire suivant :

Pour le LAB FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E208, E933
- Variétés à moyenne production de MS : E303, F161, E302
- Variétés à faible production de MS : F154

Pour le SCV FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS: E933
- Variétés à moyenne production de MS : E303, E302, E208, F161
- Variétés à faible production de MS : F154

Pour LAB FU, trois groupes :

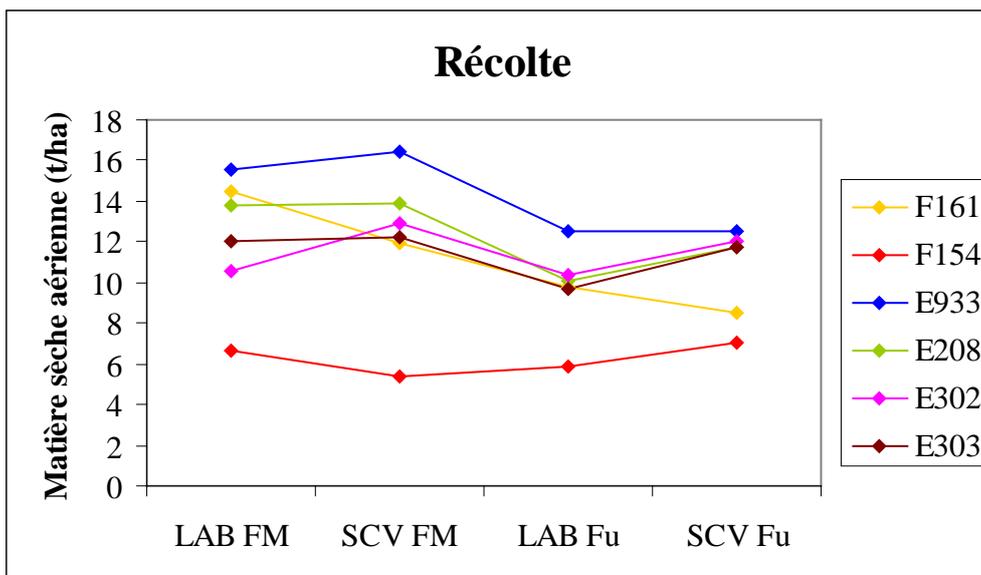
- Variétés à forte production de MS: E933
- Variétés à moyenne production de MS : E303, E208, F161, E302
- Variétés à faible production de MS : F154

Pour SCV FU, deux groupes :

- Variétés à forte production de MS: E208, E933, E303, E302 ( peu de différence)
- Variétés à moyenne production de MS : F161, F154

E933 sort du lot avec une biomasse plus importante sauf en SCV Fu, E302 et E303 malgré une moins forte vigueur au départ atteignent des biomasses à floraison similaire à E208. F154 est la variété qui produit le moins de biomasse (cela est dû à son architecture : petite taille, il faudra également comparer les résultats de LAI).

**Figure 11** : Biomasses aériennes des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de figure montre le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	14.5 t/ha.	12 t/ha	10 t/ha	9 t/ha
F154	7 t/ha	6 t/ha	7 t/ha	8 t/ha
E933	15.9 t/ha	17 t/ha	14 t/ha	14 t/ha
E208	14 t/ha	14 t/ha	11 t/ha	12 t/ha
E302	10 t/ha	13 t/ha	12 t/ha	13.9 t/ha
E303	12 t/ha	12 t/ha	10 t/ha	12 t/ha

Ce tableau indique que :

Pour le LAB FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS : E933, E208, F161
- Variétés à moyenne production de MS : E303, E302
- Variétés à faible production de MS : F154

Pour le SCV FM, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS : E933
- Variétés à moyenne production de MS : E208, F161, E303, E302
- Variétés à faible production de MS : F154

Pour LAB FU, deux groupes :

- Variétés à forte production de MS : E933
- Variétés à moyenne production de MS : E303, E302, F161, E208
- Variétés à faible production de MS : F154

Pour SCV FU, trois groupes :

- Variétés à forte production de MS : E933, E208, E302, E303
- Variétés à moyenne production de MS : F161

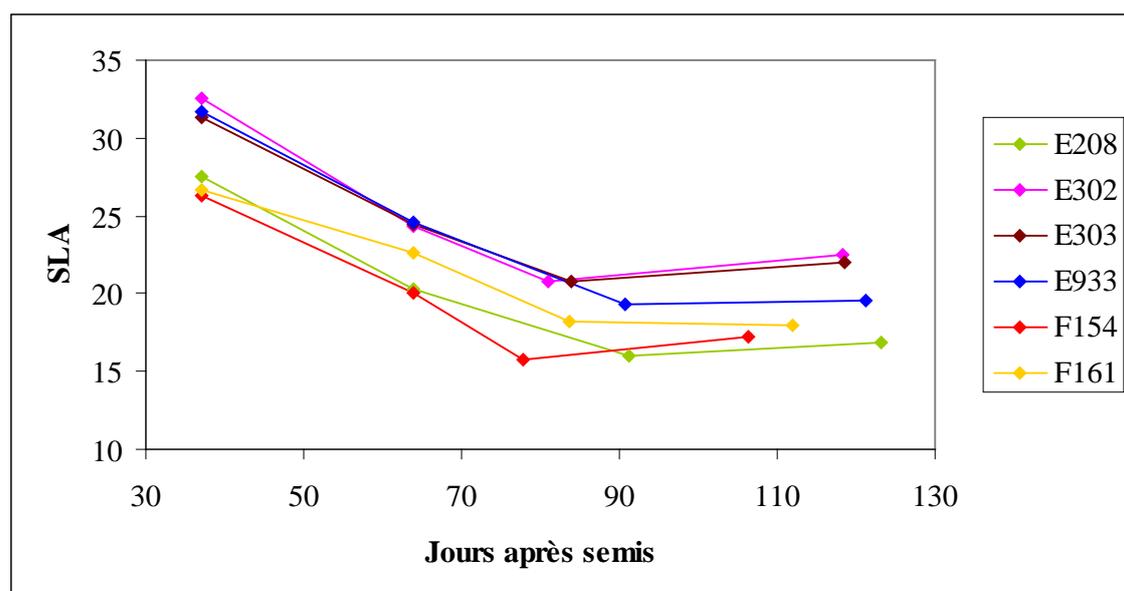
- Variétés à faible production de MS : F154

Les biomasses sont similaires voire supérieures en SCV FM par rapport au LAB FM et en SCV Fu par rapport au LAB Fu pour E933, E208, E302 et E303. Les biomasses sont supérieures en labour par rapport au SCV pour F161. Les valeurs sont faibles et peu différenciées voire légèrement supérieure en Fu par rapport au FM pour F154.

#### 4.1.3. Caractérisation du couvert foliaire

Nous caractériserons le couvert foliaire par la surface foliaire spécifique ou « Specific Leaf Area » (SLA). Le SLA correspond à une surface foliaire par unité de masse de feuille ( $m^2/kg$ ). Des études sur différents types de plante ont montré que le SLA était fortement relié à la teneur en azote des feuilles et à la capacité photosynthétique. Des feuilles avec un fort SLA (feuille mince) nécessitent moins de matière sèche par surface et sont plus rapidement mises en place par la plante. Des feuilles avec un faible SLA (feuille épaisse) ont une meilleure capacité photosynthétique.

**Figure 12** : Evolution du SLA (Specific Leaf Area, en  $m^2/kg$ ) par variété



La lecture de cette figure suscite le tableau suivant :

	30 à 50 JAS	50à70 JAS	70 à 90 JAS	90 à 130 JAS
F161	27 SLA	24 SLA	18 SLA	18 SLA

F154	26 SLA	22 SLA	16 SLA	17 SLA
E933	32 SLA	26 SLA	20 SLA	20 SLA
E208	28 SLA	22 SLA	17 SLA	17 SLA
E302	33 SLA	26 SLA	21 SLA	18 SLA
E303	31 SLA	26 SLA	21 SLA	19 SLA

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

- F154, F161, E208 présentent des valeurs faibles de SLA, elles ont des feuilles épaisses, une meilleure assimilation photosynthétique au moment où cela est plus bénéfique pour le remplissage des grains.
- E302, E303, E933 présentent des valeurs plus grandes en SLA, leur végétation sont assez développées, elles ont des fortes vigueur initiales, investissant moins de matière sèche par feuilles et en produire plus, un avantage pour la compétition des adventices.

E933 présente un profil très intéressant avec des valeurs fortes de SLA en début de cycle puis des feuilles plus épaisses à floraison.

#### 4.1.4. Tallage

##### A- Evolution au cours du cycle

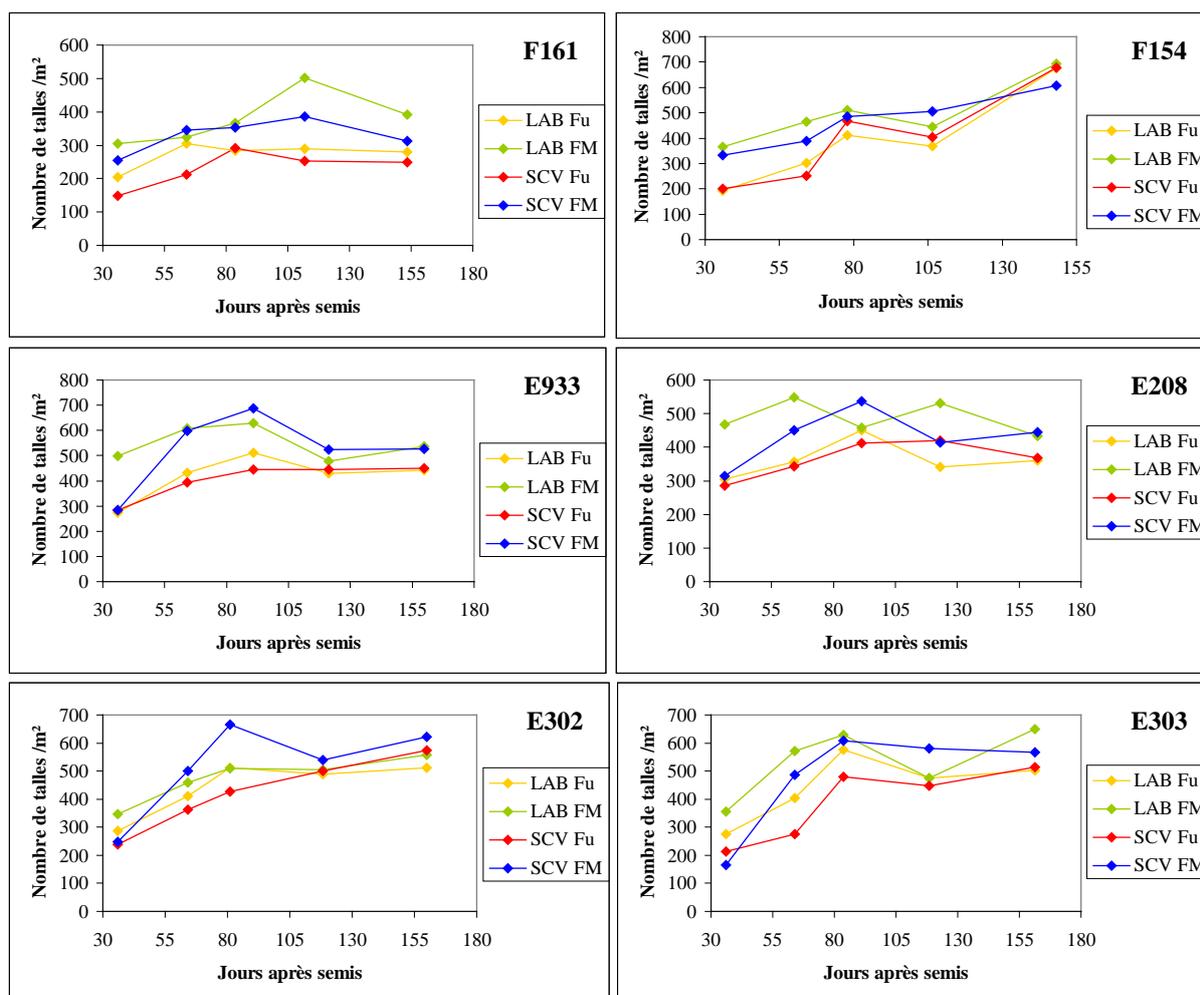
Variétés 6 : F161, F154, E933, E208, E302, E303

Mode de gestion du sol: LAB FM, SCV FM, LAB Fu, SCV Fu

Résultats obtenus:

Les évolutions sont présentées dans le **graphique 11**, et l'analyse de variance par variété de tallage à chaque stade est donnée dans le **tableau 2**.

**Figure 13** : Evolution du tallage par m<sup>2</sup> par variété en fonction du mode de gestion (SCV / Labour) du sol et de la fertilisation (Fu : Fumier / FM : Fertilisation Minérale)



**Tableau 7 :** Comparaison des moyennes par variété, effet du mode de gestion du sol (SCV / Labour) du sol et de la fertilisation (Fu : Fumier / FM : Fertilisation Minérale) sur le tallage par m<sup>2</sup> à différents stades du cycle

\* Entre systèmes par variété les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variétés	Systèmes	Tallage 36 JAS	Tallage 64 JAS	Tallage Pan. 1 cm	Tallage Floraison	Tallage Récolte
F161	LAB FM	305,2 a	325,0 a	365,6 a	409,4 a	391,7 a
	LAB FU	205,2 bc	305,2 a	283,3 b	289,6 b	279,7 bc
	SCV FM	255,2 ab	345,8 a	353,1 ab	385,4 a	312,0 b
	SCV FU	147,9 c	212,5 b	290,6 ab	252,1 b	248,4 c
F154	LAB FM	365,6 a	463,5 a	510,4 a	434,4 a	692,2 a
	LAB FU	193,8 a	302,1 ab	410,4 a	368,8 a	674,5 a

	SCV FM	333,3 a	<b>387,5 ab</b>	485,4 a	505,2 a	606,3 a
	SCV FU	200,0 a	251,0 b	466,7 a	403,1 a	678,6 a
E933	LAB FM	<b>499,0 a</b>	607,3 a	<b>628,1 ab</b>	489,6 a	<b>537,5 a</b>
	LAB FU	274,0 b	431,3 a	511,5 bc	428,1 a	442,2 b
	SCV FM	284,4 b	596,9 a	<b>687,5 a</b>	525,0 a	<b>527,6 a</b>
	SCV FU	283,3 b	394,8 a	445,8 c	445,8 a	449,0 b
E208	LAB FM	467,7 a	<b>549,0 a</b>	<b>457,3 ab</b>	<b>518,8 a</b>	432,8 a
	LAB FU	304,2 a	357,3 b	<b>450,0 ab</b>	341,7 b	360,4 a
	SCV FM	314,6 a	<b>450,0 ab</b>	<b>536,5 a</b>	<b>413,5 ab</b>	444,3 a
	SCV FU	286,5 a	343,8 b	412,5 b	<b>419,8 ab</b>	367,2 a
E302	LAB FM	345,8 a	459,4 a	<b>509,4 ab</b>	569,8 a	<b>558,3 ab</b>
	LAB FU	287,5 a	410,4 a	<b>511,5 ab</b>	489,6 a	511,5 b
	SCV FM	247,9 a	501,0 a	<b>666,7 a</b>	539,6 a	<b>622,9 a</b>
	SCV FU	239,6 a	363,5 a	427,1 b	500,0 a	<b>573,4 ab</b>
E303	LAB FM	<b>356,3 a</b>	<b>570,8 a</b>	628,1 a	<b>535,4 ab</b>	<b>650,0 a</b>
	LAB FU	<b>275,0 ab</b>	<b>403,1 ab</b>	575,0 a	<b>474,0 ab</b>	502,1 b
	SCV FM	165,6 b	<b>485,4 ab</b>	607,3 a	<b>581,1 a</b>	<b>567,2 ab</b>
	SCV FU	213,5 b	276,0 b	480,2 a	446,9 b	514,1 b

La lecture de la figure 13 et le tableau7 suscite les commentaires suivants :

Entre mode de gestion du sol :

Pour la variété F161, l'effet des traitements est significativement différent pour la production des talles. Ainsi nous allons classer par ordre croissant de production des talles : 1- SCV Fu, 2- LAB Fu, 3- SCV FM, 4- LAB FM.

Il apparaît qu'en labour il y a plus de production des talles qu'en SCV ; c'est le labour FM qui présente une grande production des talles ensuite SCV FM, ce qui nous permet de dire que le traitement en FM produit beaucoup de talles par rapport à Fu. En général, durant les quatre premières phases du cycle, l'évolution du nombre de talles/m<sup>2</sup> montre croissante tandis qu'en dernière phase il y a diminution de la courbe. Ce qui indique qu'il y a une régression du nombre de talles entre floraison et récolte, ce sont normalement les dernières talles mises en place qui avortent en raison de la forte compétition nutritionnelle au sein de la plante occasionnée par le remplissage des grains.

Pour la variété F154, l'effet des traitements ne montre pas beaucoup de différence significative pour la production de talles. Mais l'évolution de la courbe paraît différente suivant le système et le traitement. Durant les deux premières phases, le classement de production de talles est le suivant : 1- SCV Fu, 2- LAB Fu, 3- SCV FM, 4- LAB FM ; pour les deux phases suivantes 1- LAB Fu, 2- SCV Fu, 3- SCV FM, 4- LAB FM. Une forte production de talles est observée après floraison, sûrement en raison des dégâts occasionnés par la pyriculariose sur les panicules, les assimilats sont disponibles pour la production de nouvelles talles.

En ce qui concerne l'E933, l'effet des traitements est significativement différent. Entre système, il n'y a pas une très grande différence mais le traitement avec FM apparaît plus grande qu'en Fu. Le SCV FM et LAB Fu produisent une très grande quantité de talles lors des trois premières phases et diminuent durant la phase suivante puis reste constant durant la récolte. Et c'est aussi le cas de LAB FM mais elle augmente de productivité lors de la récolte. Le SCV Fu reste croissant suivant le nombre de jours.

Pour l'E208, l'effet des traitements dépend du nombre de jours après le semis. Pour le SCV Fu, l'évolution de talles augmente lorsque le nombre de jours augmente sauf à la fin de la phase, elle diminue. Avec le LAB Fu et SCV FM, l'évolution de talles augmente lors des deux premières phases et la dernière phase mais elle diminue lors de la phase de floraison. Pour le LAB FM, l'évolution de talles en production ne présente pas d'évolution nette. Mais l'effet du traitement avec du FM est toujours significatif au point de vue production de talles par rapport à Fu.

En ce qui concerne l'E302, l'effet des traitements est significativement différent pour la production des talles. Ainsi nous allons classer par ordre croissant de production des talles : 1- SCV Fu, 2- LAB Fu, 3- LAB FM, 4- SCV FM.

Il apparaît qu'en SCV il y a plus de production des talles qu'en LAB ; c'est le SCV FM qui présente une grande production des talles ensuite LAB FM, ce qui nous permet de dire que le traitement en FM produit beaucoup de talles par rapport à Fu. L'évolution de la courbe en SCV FM semble être croissant sauf durant la phase de floraison. Et les autres sont toujours croissantes jusqu'à la fin du cycle.

Pour la variété E303, l'effet des traitements est significativement différent pour la production des talles. Ainsi nous allons classer par ordre croissant de production des talles : 1- SCV Fu, 2- LAB Fu, 3- SCV FM, 4- LAB FM.

Il apparaît qu'en labour il y a plus de production des talles qu'en SCV ; c'est le labour FM qui présente une grande production des talles ensuite SCV FM, ce qui nous permet de dire que le traitement en FM produit beaucoup de talles par rapport à Fu. L'évolution de la courbe est croissante durant le cycle végétatif.

En résumer, le tallage est donc lié au traitement de fertilisation.

Entre variétés :

- A 36 JAS, pour E933, la production de talle est significativement élevée par rapport aux autres variétés ; E933 arrive en tête avec production de 499.0 talles/m<sup>2</sup> en LAB FM et F161 prend la dernière place en produisant que 305.2 talles/m<sup>2</sup> en LAB FM et 255.2 talles/m<sup>2</sup> en SCV FM. Mais la variété E303 présente une production moyenne des talles avec 356.3 talles/m<sup>2</sup> en LAB FM et 275.0 en LAB Fu.

- A 64 JAS, l'E303 a une production de talle très élevée par rapport aux autres variétés avec 570.8 talles/m<sup>2</sup> en LAB FM, 403.1 en LAB Fu et 485.4 en SCV FM. Il y a émergence des autres variétés telle que E208 et F154. Mais la variété F161 prend la dernière place en produisant que 325.0 talles/m<sup>2</sup> en LAB FM.

- Au stade de la panicule à 1cm, l'E933 prend la tête pour la production de tallage avec une différence significative et il y a aussi émergence de l'E303, l'E302 et l'E208. Mais la F161 reste encore en dernière place.

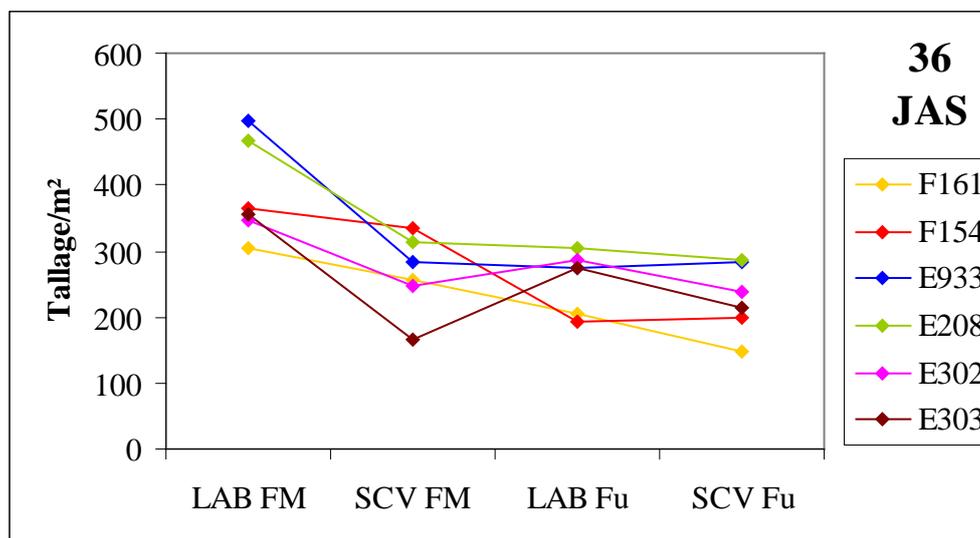
- A floraison, E208 prend la tête pour la production de tallage suivie de l'E303. Mais la F161 prend toujours la dernière place.

- A la fin du cycle, l'E303 et E302 sont une production de tallage significativement élevée par rapport aux autres variétés. Elles prennent la tête suivie de l'E933. Et F161 est encore le

moins élevée. Ce qui signifie qu'il y a production tardive de talle chez les variétés et il y a des talles qui vont probablement régresser et ne contribueront pas au rendement.

### B- Tallage par stade en fonction du mode de gestion du sol et de la fertilisation

**Figure 14** : Tallage des variétés à 36 jours après semis en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



la lecture de cette figure appelle le tableau suivant :

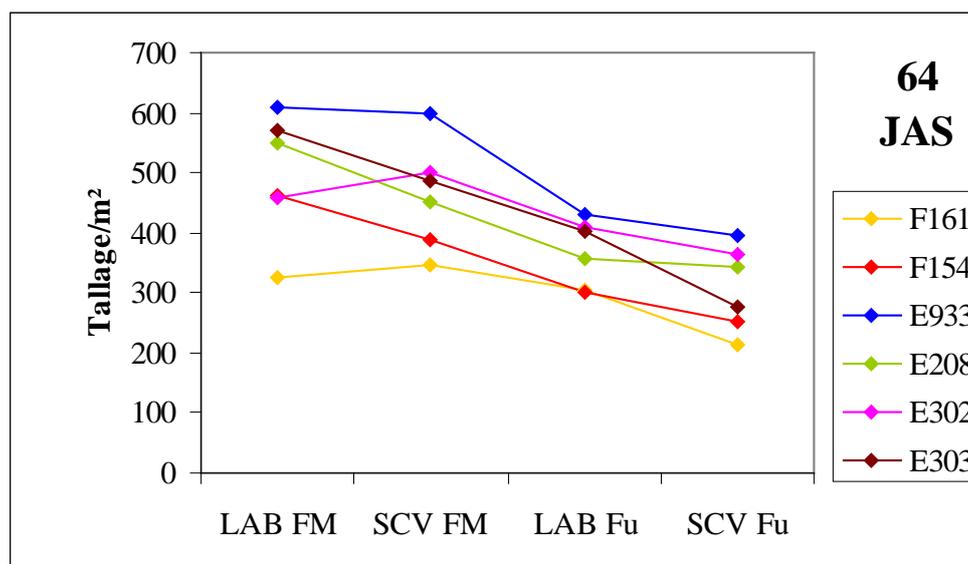
	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	300 tallages/m <sup>2</sup>	280 tallages/m <sup>2</sup>	200 tallages/m <sup>2</sup>	110 tallages/m <sup>2</sup>
F154	380 tallages/m <sup>2</sup>	350 tallages/m <sup>2</sup>	190 tallages/m <sup>2</sup>	190 tallages/m <sup>2</sup>
E933	500 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>
E208	480 tallages/m <sup>2</sup>	320 tallages/m <sup>2</sup>	320 tallages/m <sup>2</sup>	320 tallages/m <sup>2</sup>
E302	360 tallages/m <sup>2</sup>	260 tallages/m <sup>2</sup>	310 tallages/m <sup>2</sup>	260 tallages/m <sup>2</sup>
E303	340 tallages/m <sup>2</sup>	180 tallages/m <sup>2</sup>	280 tallages/m <sup>2</sup>	210 tallages/m <sup>2</sup>

Ce tableau montre que :

- E933 et E208 présentent de nombreuses talles. Ce sont des variétés à fort tallage
- F161 présente la plus faible talle.
- Quelle que soit la fertilisation, le nombre de talle reste significatif avec le système labour.

En général, le système LAB avec le traitement FM est beaucoup plus élevé par rapport aux autres modes de gestion du sol et de traitement. Donc avec une fertilisation minérale, les variétés produisent beaucoup de talles surtout avec E933 et E208. E303 produit plus de talles en LAB qu'en SCV.

**Figure 15** : Tallage des variétés à 64 jours après semis en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



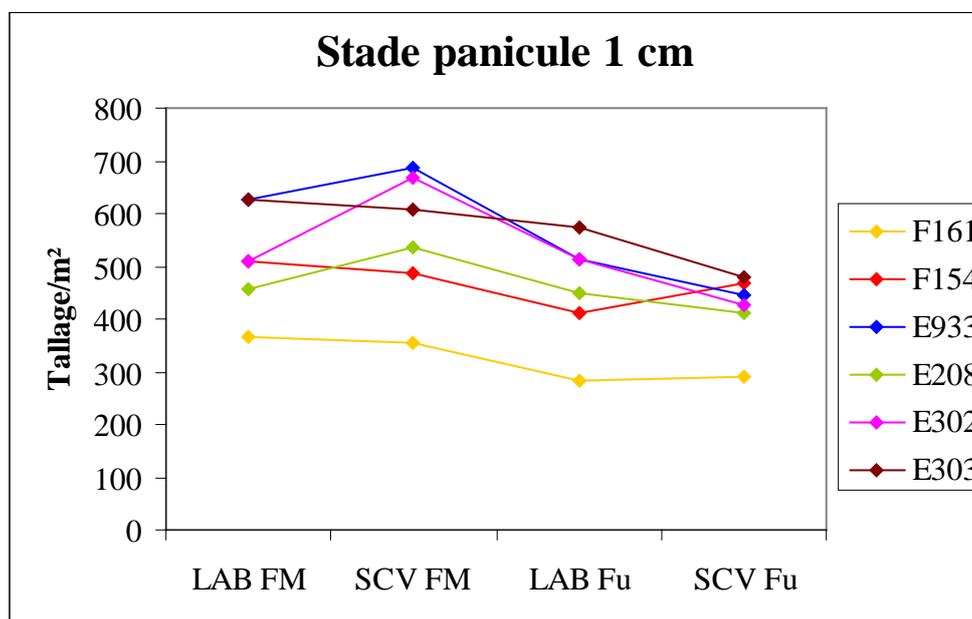
La lecture de cette figure 15 permet d'avoir le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	300 tallages/m <sup>2</sup>	340 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>	200 tallages/m <sup>2</sup>
F154	450 tallages/m <sup>2</sup>	400 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>	280 tallages/m <sup>2</sup>
E933	600 tallages/m <sup>2</sup>	600 tallages/m <sup>2</sup>	480 tallages/m <sup>2</sup>	460 tallages/m <sup>2</sup>
E208	550 tallages/m <sup>2</sup>	450 tallages/m <sup>2</sup>	400 tallages/m <sup>2</sup>	420 tallages/m <sup>2</sup>
E302	450 tallages/m <sup>2</sup>	380 tallages/m <sup>2</sup>	460 tallages/m <sup>2</sup>	440 tallages/m <sup>2</sup>
E303	580 tallages/m <sup>2</sup>	360 tallages/m <sup>2</sup>	460 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>

Ce tableau indique que :

- E933 et E208 sont des variétés à fort tallage
- F161 est une variété à faible tallage
- Quel que soit la fertilisation, le nombre de talle par m<sup>2</sup> reste invariable. Le système labour FM est significatif.

**Figure 16 :** Tallage des variétés au stade panicule 1 cm (proche initiation paniculaire) en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



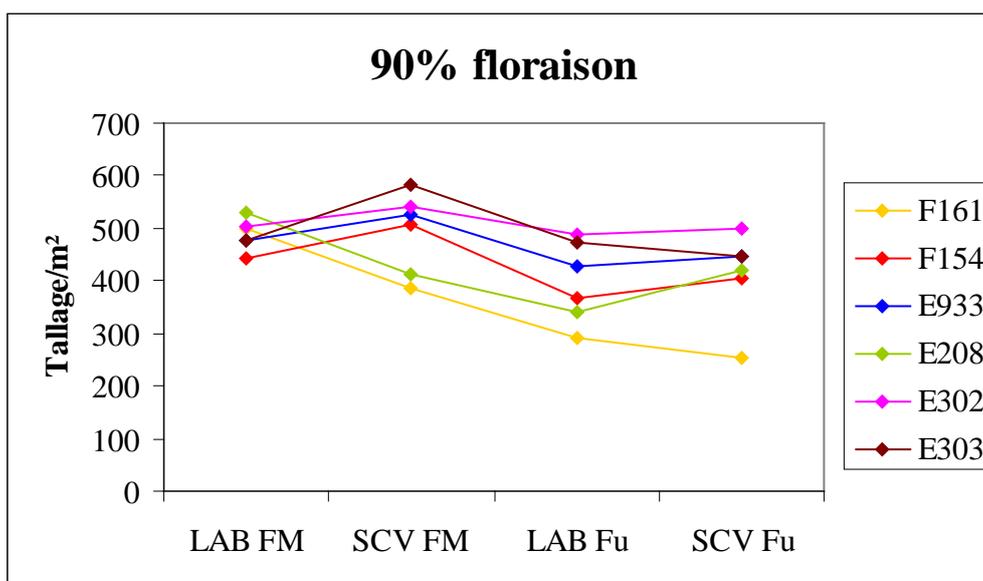
la lecture de cette figure 16 montre le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	380 tallages/m <sup>2</sup>	370 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>	320 tallages/m <sup>2</sup>
F154	500 tallages/m <sup>2</sup>	480 tallages/m <sup>2</sup>	400 tallages/m <sup>2</sup>	510 tallages/m <sup>2</sup>
E933	610 tallages/m <sup>2</sup>	700 tallages/m <sup>2</sup>	550 tallages/m <sup>2</sup>	500 tallages/m <sup>2</sup>
E208	450 tallages/m <sup>2</sup>	500 tallages/m <sup>2</sup>	450 tallages/m <sup>2</sup>	420 tallages/m <sup>2</sup>
E302	500 tallages/m <sup>2</sup>	650 tallages/m <sup>2</sup>	550 tallages/m <sup>2</sup>	450 tallages/m <sup>2</sup>
E303	610 tallages/m <sup>2</sup>	600 tallages/m <sup>2</sup>	600 tallages/m <sup>2</sup>	480 tallages/m <sup>2</sup>

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

- E933 présente toujours la plus haute valeur de tallage suivi de l'E303.
- C'est encore F161 est le plus faible tallage
- Quel que soit la fertilisation, le nombre de tallage par m<sup>2</sup> est significatif avec le labour FM.

**Figure 17 :** Tallage des variétés au stade floraison (90 %) en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



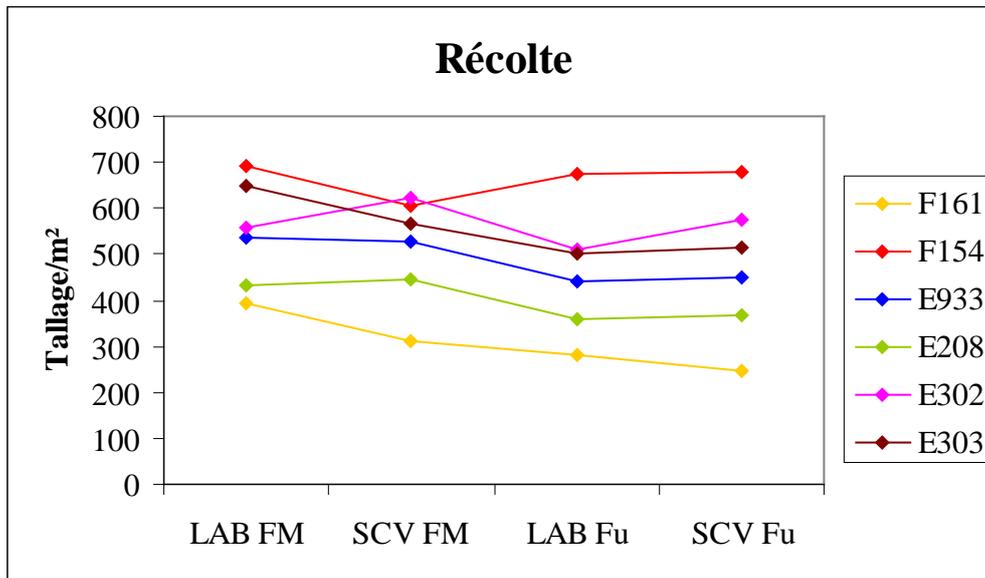
La lecture de cette figure indique le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	500 tallages/m <sup>2</sup>	400 tallages/m <sup>2</sup>	300 tallages/m <sup>2</sup>	290 tallages/m <sup>2</sup>
F154	420 tallages/m <sup>2</sup>	500 tallages/m <sup>2</sup>	400 tallages/m <sup>2</sup>	410 tallages/m <sup>2</sup>
E933	480 tallages/m <sup>2</sup>	520 tallages/m <sup>2</sup>	450 tallages/m <sup>2</sup>	520 tallages/m <sup>2</sup>
E208	550 tallages/m <sup>2</sup>	420 tallages/m <sup>2</sup>	350 tallages/m <sup>2</sup>	450 tallages/m <sup>2</sup>
E302	500 tallages/m <sup>2</sup>	530 tallages/m <sup>2</sup>	500 tallages/m <sup>2</sup>	530 tallages/m <sup>2</sup>
E303	480 tallages/m <sup>2</sup>	600 tallages/m <sup>2</sup>	480 tallages/m <sup>2</sup>	520 tallages/m <sup>2</sup>

Ce tableau affirme que :

- E303 présente une valeur très grande avec le SCV FM
- Pas de différence précise du nombre de tallage entre les variétés
- Quel que soit la fertilisation, le nombre de tallage est non significatif durant la phase de floraison.

**Figure 18 :** Tallage des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure indique le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	390 tallage/m <sup>2</sup>	300 tallage/m <sup>2</sup>	260 tallage/m <sup>2</sup>	200 tallage/m <sup>2</sup>
F154	700 tallage/m <sup>2</sup>	600 tallage/m <sup>2</sup>	700 tallage/m <sup>2</sup>	700 tallage/m <sup>2</sup>
E933	550 tallage/m <sup>2</sup>	550 tallage/m <sup>2</sup>	400 tallage/m <sup>2</sup>	400 tallage/m <sup>2</sup>
E208	410 tallage/m <sup>2</sup>	500 tallage/m <sup>2</sup>	350 tallage/m <sup>2</sup>	360 tallage/m <sup>2</sup>
E302	560 tallage/m <sup>2</sup>	610 tallage/m <sup>2</sup>	500 tallage/m <sup>2</sup>	600 tallage/m <sup>2</sup>
E303	650 tallage/m <sup>2</sup>	580 tallage/m <sup>2</sup>	500 tallage/m <sup>2</sup>	520 tallage/m <sup>2</sup>

Ce tableau montre que :

En LAB FM :

- Variétés à fort tallage : F154 et E303
- Variétés à tallage moyenne : E302 et E933
- Variétés à faible tallage : E208 et F161

En SCV FM :

- Variétés à fort tallage : E302, F154
- Variétés à tallage moyenne : E933, E208, E303
- Variétés à faible tallage : F161

En LAB Fu :

- Variétés à fort tallage : F154

- Variétés à tallage moyenne : E933, E302, E303
- Variétés à faible tallage : F161 et E208

En SCV Fu :

- Variétés à fort tallage : F154 et E302
- Variétés à tallage moyenne : E933, E208, E303
- Variétés à faible tallage : F161

En résumé :

- quel que soit la fertilisation, le nombre de tallage par m<sup>2</sup> à la récolte reste significatif.
- F154 est une variété à fort tallage
- F161 est une variété à faible tallage.

#### 4.1.5. Rendement

Les composantes du rendement et le rendement parcelle pour chaque traitement par variété ont donné dans le tableau 8. Les figures 19 à 25 permettent de mieux illustrer les comparaisons entre variétés.

**Tableau 8 :** Comparaison des moyennes par variété, effet du mode de gestion du sol (SCV / Labour) du sol et de la fertilisation (Fu : Fumier / FM : Fertilisation Minérale) sur les composantes du rendement

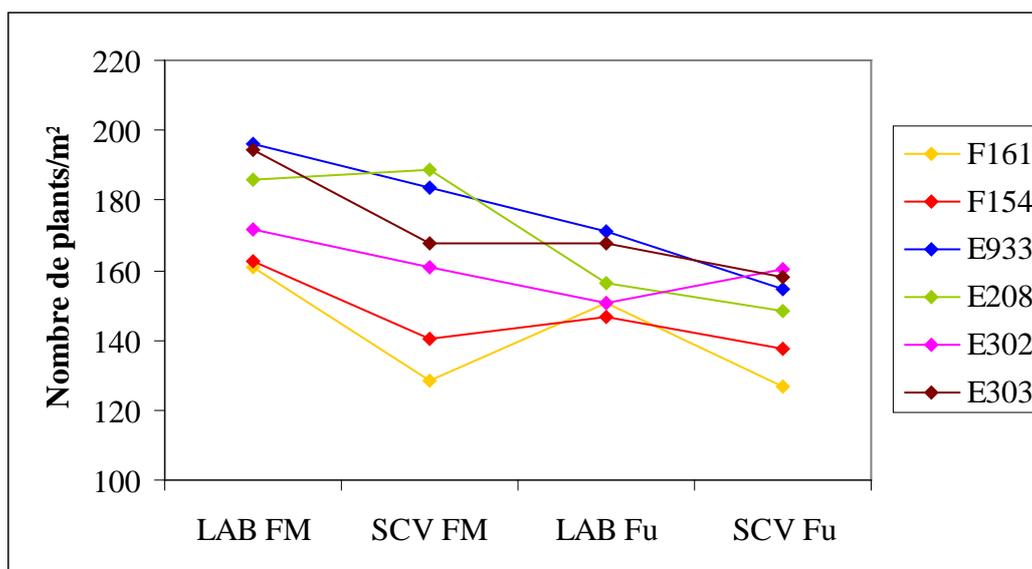
\* Entre systèmes par variété les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variétés	Systèmes	Nbr plants/m <sup>2</sup>	Nbr panicules/plt	Nbr grains/pan	Nbr grains/m <sup>2</sup>	%GP	PMG	Rendement parcelle
F161	LAB FM	<b>160,9 a</b>	<b>2,32 a</b>	90,6 a	<b>33 511 a</b>	89,7 b	27,3 a	<b>4,69 a</b>
	LAB FU	<b>150,5 a</b>	1,78 b	82,2 a	22 106 b	<b>91,5 ab</b>	28,0 a	<b>4,07 ab</b>
	SCV FM	128,6 b	<b>2,31 a</b>	95,2 a	<b>28 241 ab</b>	<b>91,0 ab</b>	26,8 a	<b>4,48 ab</b>
	SCV FU	126,6 b	<b>1,94 ab</b>	88,1 a	21 386 b	<b>92,6 a</b>	30,2 a	3,47 b
F154	LAB FM	162,5 a	2,28 b	65,2 c	23 958 b	12,7 b	12,3 b	0,14 b
	LAB FU	146,4 a	<b>2,75 ab</b>	66,8 bc	<b>26 737 ab</b>	15,4 b	<b>15,9 ab</b>	0,34 b
	SCV FM	140,1 a	<b>2,75 ab</b>	69,8 b	<b>26 433 ab</b>	<b>27,9 ab</b>	<b>16,3 a</b>	0,38 b
	SCV FU	137,5 a	<b>3,36 a</b>	<b>78,6 a</b>	<b>35 806 a</b>	<b>36,8 a</b>	<b>18,2 a</b>	<b>0,84 a</b>
E933	LAB FM	<b>196,4 a</b>	2,49 b	102,7 a	50 212 a	73,9 b	<b>24,2 a</b>	4,28 a
	LAB FU	170,8 b	2,52 b	96,6 a	41 832 a	<b>81,5 a</b>	<b>23,7 a</b>	5,08 a
	SCV FM	<b>183,9 ab</b>	<b>2,69 ab</b>	115,1 a	56 174 a	<b>82,6 a</b>	21,3 b	4,80 a
	SCV FU	154,7 c	<b>2,78 a</b>	98,7 a	42 032 a	<b>85,0 a</b>	<b>23,8 a</b>	4,24 a
E208	LAB FM	<b>185,9 a</b>	2,19 a	106,2 a	42 949 a	71,2 c	23,1 c	4,24 a
	LAB FU	<b>156,3 ab</b>	2,14 a	92,7 a	31 546 a	79,1 b	26,1 b	4,00 a
	SCV FM	<b>188,5 a</b>	2,14 a	107,4 a	42 417 a	<b>83,0 ab</b>	25,3 b	4,61 a
	SCV FU	148,4 b	2,41 a	93,5 a	33 091 a	<b>86,5 a</b>	<b>29,1 a</b>	4,33 a
E302	LAB FM	171,9 a	3,15 a	112,1 a	<b>57 868 ab</b>	73,8 a	21,4 a	4,37 a
	LAB FU	150,5 a	3,30 a	99,0 a	48 788 b	80,3 a	21,9 a	4,02 a
	SCV FM	160,9 a	3,74 a	111,3 a	<b>67 348 a</b>	80,8 a	22,3 a	4,04 a
	SCV FU	160,4 a	3,51 a	93,7 a	<b>52 468 ab</b>	80,3 a	23,4 a	4,12 a
E303	LAB FM	<b>194,3 a</b>	3,09 a	103,7 a	61 987 a	67,9 a	21,4 a	3,29 a
	LAB FU	167,7 b	2,96 a	89,2 a	44 178 a	79,3 a	22,1 a	3,62 a
	SCV FM	167,7 b	3,31 a	107,4 a	58 888 a	72,5 a	22,7 a	3,77 a
	SCV FU	157,8 b	3,11 a	92,8 a	46 697 a	81,9 a	25,3 a	5,22 a

Ce tableau indique que:

- quel que soit la fertilisation, le rendement par variétés reste invariable
- F161 a un fort rendement
- F154 est la plus faible en rendement

**Figure 19** : Nombre de plants par m<sup>2</sup> des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure donne le tableau suivant :

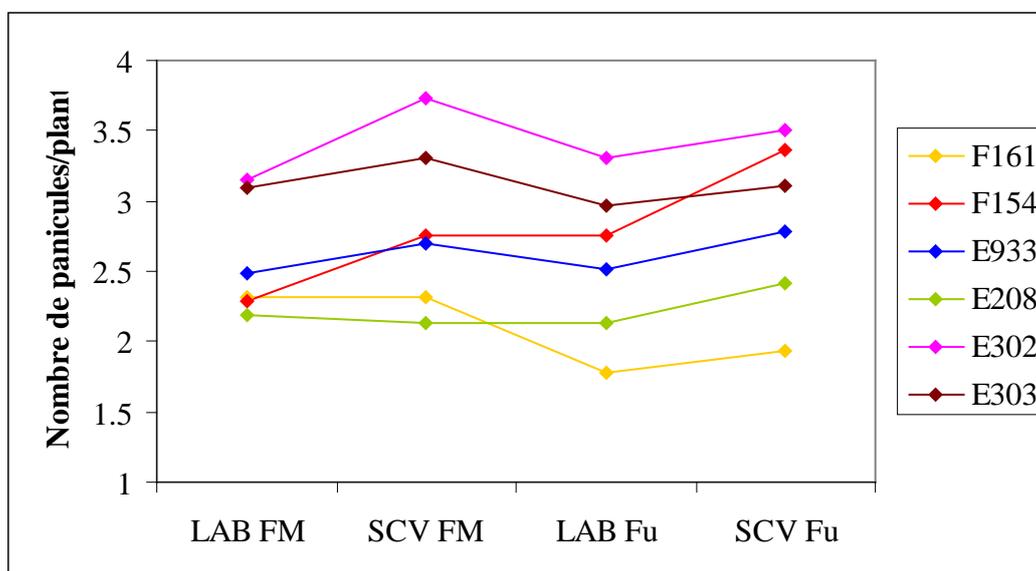
	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	160 nbr plants/m <sup>2</sup>	128 nbr plants/m <sup>2</sup>	150 nbr plants/m <sup>2</sup>	126 nbr plants/m <sup>2</sup>
F154	162 nbr plants/m <sup>2</sup>	140 nbr plants/m <sup>2</sup>	146 nbr plants/m <sup>2</sup>	137 nbr plants/m <sup>2</sup>
E933	196 nbr plants/m <sup>2</sup>	183 nbr plants/m <sup>2</sup>	170 nbr plants/m <sup>2</sup>	154 nbr plants/m <sup>2</sup>
E208	185 nbr plants/m <sup>2</sup>	188 nbr plants/m <sup>2</sup>	156 nbr plants/m <sup>2</sup>	148 nbr plants/m <sup>2</sup>
E302	171 nbr plants/m <sup>2</sup>	160 nbr plants/m <sup>2</sup>	150 nbr plants/m <sup>2</sup>	160 nbr plants/m <sup>2</sup>
E303	194 nbr plants/m <sup>2</sup>	167 nbr plants/m <sup>2</sup>	167 nbr plants/m <sup>2</sup>	157 nbr plants/m <sup>2</sup>

Ce tableau affirme que :

- E933 et E208 possède beaucoup de plants par m<sup>2</sup>
- F161 et F154 ont une valeur supérieure en Labour qu'en SCV
- LAB FM est significatif avec E933 et E303

- une meilleure densité de plantes (donc de levée et de survie car les densité au semis était les mêmes) en LAB FM, puis en SCV FM et LAB Fu et en dernier en SCV Fu.

**Figure 20** : Nombre de panicules par plante des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



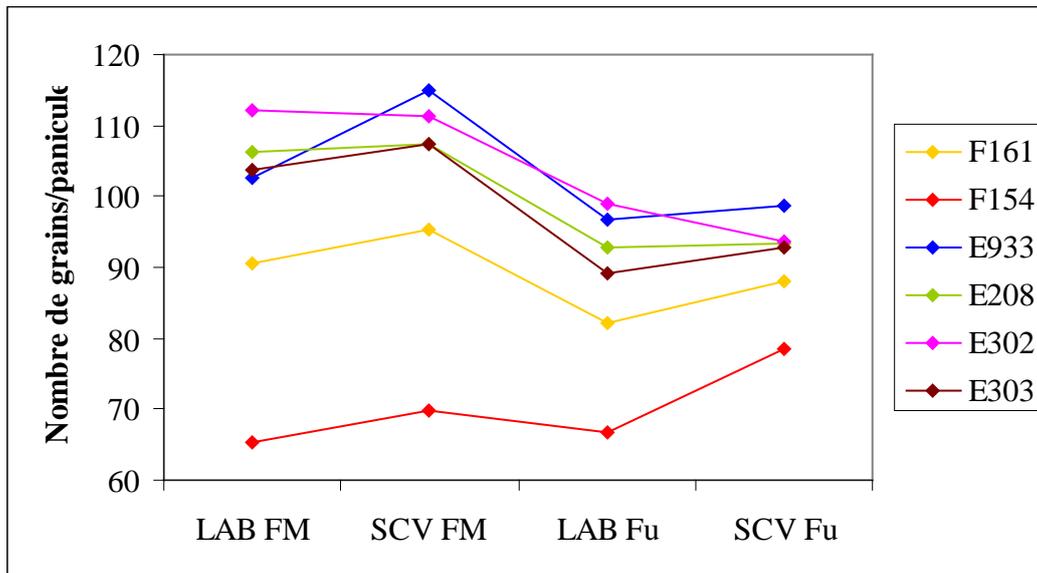
La lecture de cette figure montre que :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	2.31 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.3 nbr pan/m <sup>2</sup>	1.77 nbr pan/m <sup>2</sup>	1.93 nbr pan/m <sup>2</sup>
F154	2.28 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.75 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.75 nbr pan/m <sup>2</sup>	3.36 nbr pan/m <sup>2</sup>
E933	2.49 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.69 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.51 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.78 nbr pan/m <sup>2</sup>
E208	2.19 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.13 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.13 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.4 nbr pan/m <sup>2</sup>
E302	3.14 nbr pan/m <sup>2</sup>	3.73 nbr pan/m <sup>2</sup>	3.29 nbr pan/m <sup>2</sup>	3.5 nbr pan/m <sup>2</sup>
E303	3.08 nbr pan/m <sup>2</sup>	3.3 nbr pan/m <sup>2</sup>	2.9 nbr pan/m <sup>2</sup>	3.11 nbr pan/m <sup>2</sup>

Ce tableau indique que :

- quel que soit la fertilisation, le nombre de panicule par m<sup>2</sup> reste significatif
- le traitement FM est significatif avec F161
- le SCV Fu est significatif avec F154
- E933 donne une valeur supérieure au SCV qu'en LAB
- E302 et E303 ont des valeurs supérieures par rapport aux autres variétés.

**Figure 21** : Nombre de grains par panicule des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La lecture de cette figure suscite le tableau suivant :

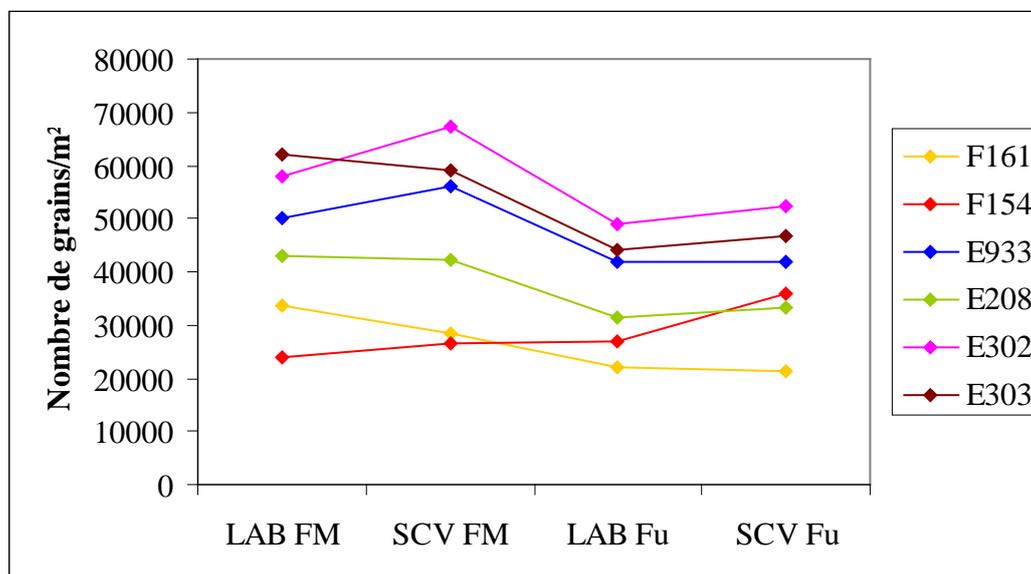
	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	90.6 nbr gr/pan	95.21 nbr gr/pan	82.21 nbr gr/pan	88.13 nbr gr/pan
F154	65.23 nbr gr/pan	69.78 nbr gr/pan	66.8 nbr gr/pan	78.55 nbr gr/pan
E933	102.67 nbr gr/pan	115.05 nbr gr/pan	96.62 nbr gr/pan	98.66 nbr gr/pan
E208	106.15 nbr gr/pan	107.38 nbr gr/pan	92.73 nbr gr/pan	93.46 nbr gr/pan
E302	112.12 nbr gr/pan	111.26 nbr gr/pan	98.96 nbr gr/pan	93.71 nbr gr/pan
E303	103.65 nbr gr/pan	107.38 nbr gr/pan	89.21 nbr gr/pan	92.8 nbr gr/pan

Ce tableau montre que :

- F154 a un nombre de grains/panicule très faible par rapport aux autres variétés.

- Quel que soit la fertilisation, le nombre de grains par panicule reste significatif

**Figure 22** : Nombre de grains par m<sup>2</sup> des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



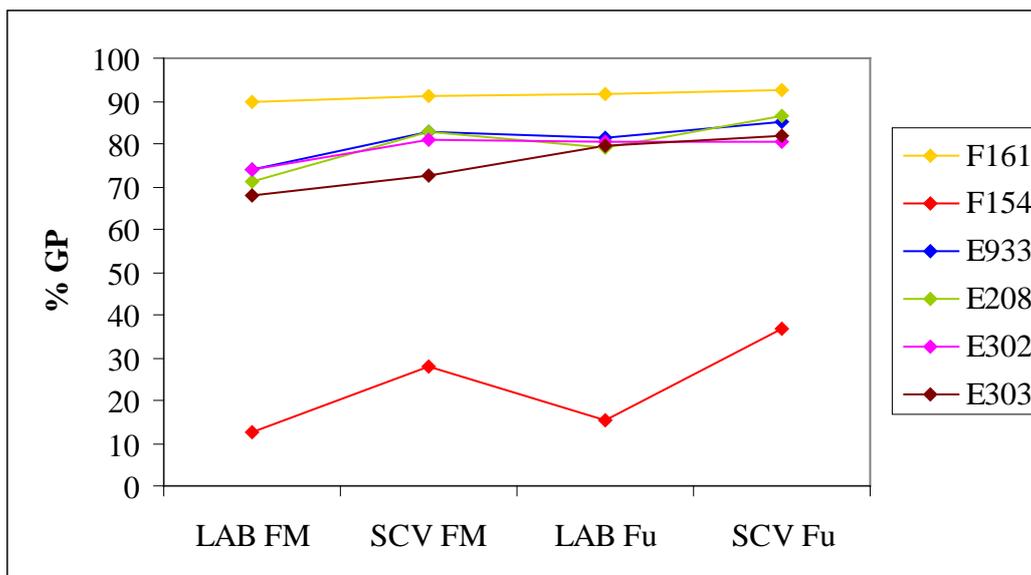
La lecture de cette figure suscite le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	33511	28241	22105	211386
F154	23958	26433	26737	35806
E933	50211	56174	41831	42031
E208	42949	42417	31545	33090
E302	57968	67348	48788	52467
E303	61986	5887	44178	46696

Ce tableau montre que :

- quel que soit la fertilisation, le nombre de grains par m<sup>2</sup> reste invariable.
- F154 est très supérieure en SCV Fu
- Les autres variétés ont des valeurs significatives en SCV.

**Figure 23** : Pourcentage de grains pleins des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



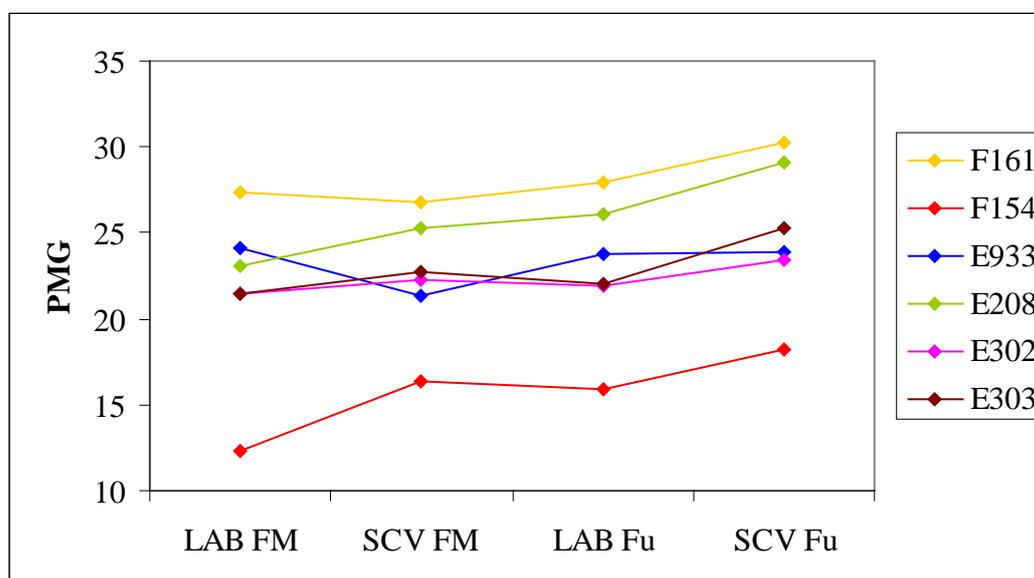
La lecture de cette figure donne le tableau suivant :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	89	91	91	92
F154	12	27	15	36
E933	73	82	81	85
E208	71	82	79	86
E302	73	80	80	80
E303	67	72	79	81

Ce tableau montre que :

- F154 présente beaucoup de stérilité due à la pyriculariose.
- F161 présente le % GP le plus élevé
- Quel que soit la fertilisation, le pourcentage des GP reste significatif.

**Figure 24** : PMG des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



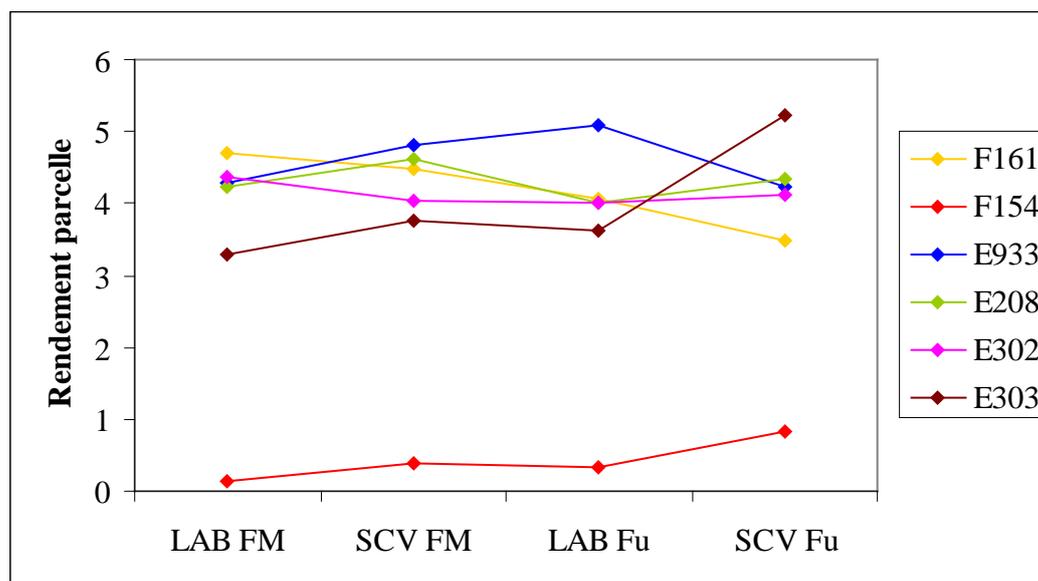
La lecture de cette figure montre que :

	LAB FM	SCV FM	LAB Fu	SCV Fu
F161	27	26	27	30
F154	11	15	14	17
E933	24	20	24	23
E208	23	25	26	28
E302	22	23	22	25
E303	22	23	22	23

Ce tableau indique que :

- Poids des grains le plus léger : F154,
- Poids moyen : E933, E302, E303,
- Poids le plus lourd: F161 et E208
- Quel que soit la fertilisation, le PMG reste significatif
- Le SCV a une valeur supérieure qu'au LAB.

**Figure 25** : Rendement parcelle (t/ha) des variétés à récolte en fonction du mode de gestion du sol (SCV / Labour) et de la fertilisation (Fumier / Fertilisation Minérale)



La F154 présente un rendement parcelle très faible, avec un maximum de 0,84 t/ha en SCV Fu. F161 obtient le meilleur rendement en LAB FM, mais sans différences significatives avec SCV FM et LAB Fu (cf. Tableau 3), seul SCV Fu est significativement inférieur. Il n'y a pas de différences significatives pour les autres variétés, mais on observe des tendances. E303 présente également un rendement supérieur en SCV Fu. E933 a une très grande valeur en LAB Fu.

**Tableau 9** : Comparaison des composantes du rendement par variété, puis par mode de gestion du sol (SCV / Labour) du sol et de fertilisation (Fu : Fumier / FM : Fertilisation Minérale)

\* Entre variété et entre traitements les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variétés Traitements	Nbr plants/m <sup>2</sup>	Nbr panicules/plt	Nbr grains/pan	Nbr grains/m <sup>2</sup>	%GP	PMG	Rendement parcelle
E933	<b>176,4 a</b>	2,62 c	<b>103,3 a</b>	47 562 b	80,7 b	23,25 c	<b>4,60 a</b>
E208	<b>169,8 a</b>	2,22 d	<b>99,9 a</b>	37 500 c	80,0 b	25,90 b	<b>4,29 ab</b>
F161	141,7 b	2,09 d	89,0 b	26 311 d	<b>91,2 a</b>	<b>28,08 a</b>	<b>4,18 ab</b>
E302	<b>160,9 a</b>	<b>3,42 a</b>	<b>104,0 a</b>	<b>56 618 a</b>	78,8 b	22,26 c	<b>4,14 ab</b>
E303	<b>171,9 a</b>	3,12 b	<b>98,3 a</b>	<b>52 937 ab</b>	75,4 b	22,86 c	3,98 b
F154	146,6 b	2,79 c	70,1 c	28 234 d	23,2 c	15,68 d	0,42 c
LAB FM	<b>178,6 a</b>	2,59 b	<b>96,7 ab</b>	<b>45 080 a</b>	64,9 c	21,61 b	<b>3,50 a</b>
LAB FU	157,0 bc	2,57 b	87,8 c	35 865 b	71,2 b	22,96 b	<b>3,52 a</b>
SCV FM	161,6 b	<b>2,82 a</b>	<b>101,0 a</b>	<b>46 584 a</b>	<b>73,0 ab</b>	22,46 b	<b>3,68 a</b>
SCV FU	147,6 c	<b>2,85 a</b>	90,9 bc	38 580 b	<b>77,2 a</b>	<b>25,00 a</b>	<b>3,70 a</b>

En résumé, d'après le tableau 9, on remarque que le nombre de grains produits par m<sup>2</sup> n'est pas la composante essentielle du rendement, les variétés qui ont produits le plus de grains, ne sont pas celles qui obtiennent les meilleurs rendements. Les composantes

pourcentage de grains pleins et PMG ont été très affectées par l'infection de pyriculariose, ainsi une variété très sensible comme F154 présente des rendements quasi nul (0,42 t/ha). E933 est la variété qui obtient le meilleur rendement tout traitement confondu (4,60 t/ha), grâce à un nombre de plantes par m<sup>2</sup> et un nombre de grains par panicule élevés, ainsi que des valeurs de % GP et de PMG assez élevées. Le niveau des composantes est équivalent pour E208 qui se présente en seconde place. F161 atteint un niveau de rendement équivalent avec une stratégie différente : moins de grains produits par m<sup>2</sup> mais avec un très bon niveau de fertilité et de remplissage des grains (% GP de 91,2 % ; PMG de 28,08g). E302 et E303 sont les variétés qui ont produits le plus de grains par m<sup>2</sup>, mais leurs rendements a été réduit par des valeurs de % GP et de PMG peu élevées, ces variétés ont été affectées également par la pyriculariose bien qu'en moindre importance que F154.

Entre systèmes, les rendements obtenus sont équivalents, mais les composantes différentes. C'est en Labour FM que la densité de plantes a été la plus importante, et en SCV Fu la plus faible. En SCV, plus de talles ont été produites par plante, mais aussi moins de stérilité a été observée, ce qui indique peut être que l'attaque de pyriculariose a été moins importante en SCV. L'effet de la fertilisation minérale est net sur le nombre de grains par panicule et de façon liée sur le nombre de grains produits par m<sup>2</sup>. C'est en SCV Fu que l'on obtient les valeurs de PMG les plus fortes, sûrement en lien également avec la pyriculariose, c'est en effet sur ce traitement qu'il a été observé le moins d'attaque.

## **4.2. Discussion des résultats obtenus.**

### **4.2.1. Résumé des principaux résultats**

Phénologie : La variété la plus précoce est F154, suivi de F161 intermédiaire, puis de E302 et E303 semi-tardives, puis de E208 et E933 tardives. L'effet du système est net, les variétés sont plus précoces en labour. Cet effet peu être important comme dans le cas de la durée semis à floraison pour E302 et E303, qui sont de durée intermédiaire en labour et aussi tardives que E208 et E933 en SCV.

Croissance : C'est E208 qui présente la plus forte vigueur en début de cycle, suivie de E933, de F161 et de F154, puis de E302 et 303. E933 est équivalente à E208 en labour FM. A IP, la plus productive en matière sèche est E933, suivie de E208, puis de F161, puis de E302 et E303, puis de F154. A floraison et récolte, la plus productive est encore E933, puis de façon équivalente E208, E303, E302 et F161, puis de F154. On remarque que E302 et E303 ont bien rattrapé le retard au démarrage, et que par contre F154 présente dès IP les valeurs les plus faibles sûrement en relation avec son architecture : petite taille, faible couverture foliaire. C'est en labour FM que l'on observe tout le long du cycle les plus fortes valeurs, toutefois à récolte des valeurs équivalentes sont obtenues en SCV FM. Ainsi l'effet système est fort au démarrage (meilleur démarrage en labour), mais par la suite on observe un rattrapage en SCV, et c'est l'effet fertilisation qui le plus marqué.

Surface massique des feuilles (Specific Leaf Area) : On observe 2 groupes, un avec des valeurs de SLA plus élevées (feuilles minces) cas de E302, E303 et E933. Ces variétés investissent moins de matière sèche dans leur feuilles et donc peuvent en produire plus, c'est ce que nous avons observé par les suivis de la matière sèche. Un deuxième groupe composé de F161, F154 et E208, qui présentent des SLA plus faibles (donc des feuilles plus épaisses).

Moins de feuilles sont mises en place, mais elles ont une meilleure capacité photosynthétique lors du remplissage des grains (cas de F161). E208 compense un SLA faible par une vigueur forte en début de cycle qui lui permet de mettre en place rapidement ses feuilles.

Tallage : E933 et E208 présente le meilleur tallage au départ, à IP ce sont E933, E303 et E302, et à floraison et récolte ce sont E303 et E302. Toutefois F154 présente un nombre très important de talles à récolte en raison d'un redémarrage du tallage après floraison par déficit de remplissage des grains (grains non remplis à cause de la pyriculariose du cou qui empêche les assimilats de migrer dans la panicule). Mais ces talles tardives ne portent pas de panicules. Un meilleur démarrage du tallage est observé en labour FM, mais par la suite c'est l'effet fertilisation qui est le plus important, et on obtient des valeurs équivalentes en labour et SCV.

#### **4.2.2. Relation paramètres – composantes :**

Le rendement peut être décomposé en 3 composantes principales : le nombre de grains produits par m<sup>2</sup>, le pourcentage de grains pleins et le poids d'un grain.

Le nombre de grains produits par m<sup>2</sup> est fonction de la densité des plantes, du nombre de panicules portées par la plante et du nombre de grains portés par panicule. Nous avons vu que la densité est influencée par le système, plus de plantes par m<sup>2</sup> sont présentes avec le labour FM. Le nombre de panicules par plante est associé au tallage, et ce sont les variétés qui ont le plus de talles à récolte qui ont le plus de panicules par plante (cas de E302 et E303). Nous avons vu aussi que nous avons un meilleur démarrage en labour FM, puis par la suite un effet de la fertilisation sur le tallage. Nous obtenons des valeurs supérieures de panicules par plante en SCV pour les 2 fertilisations, ce qui veut dire que nous avons plus de talles fertiles par plante en SCV qu'en labour. Le nombre de grains par panicule est lui fortement influencé par la fertilisation, c'est avec FM que le nombre de grains est le plus important.

Une forte production de grains apparaît importante mais pas essentielle, en effet on peut souligner l'importance des composantes % GP et du PMG. Normalement ces composantes sont surtout affectées par le froid, mais ici leur faibles valeurs sont dues à la sensibilité des variétés à la pyriculariose. Cette maladie est dans notre cas la cause N°1 de la réduction du rendement (cas de F154). Ainsi une variété comme F161 qui fait peu de grains mais les remplit bien obtient également un bon niveau de rendement, même si ce n'est pas le meilleur. Son bon remplissage est permis par un couvert foliaire important (bonne production végétative) associé à une bonne capacité photosynthétique (faible SLA).

#### **4.2.3. Conclusions sur les variétés**

On peut considérer que nous avons évalué 3 grands types variétaux :

- un type de variété à cycle long, produisant beaucoup de biomasse avec une forte vigueur végétative, de taille élevée, avec un tallage moyen et des valeurs moyennes de % GP et de PMG, c'est le cas de E933 et E208, ce sont des variétés qui assurent un bon rendement.
- un type de variété à cycle intermédiaire, de faible vigueur au départ, mais de forte croissance végétative, avec un tallage important, une production très forte de grains par m<sup>2</sup>. Il se trouve également que ces variétés à fort potentiel sont moyennement sensibles à la pyriculariose, et

en conséquence présentent des valeurs assez faibles de % GP et de PMG, ce sont E302 et E303. Ces variétés auraient pu être très intéressantes mais du fait de leur sensibilité à la pyriculariose il semble peu raisonnable de les proposer à la diffusion.

- un type de variété à cycle court à intermédiaire, de faible à moyenne production végétative, de taille basse, et feuilles épaisses permettant un bon remplissage des grains. Nous y classerons F154, qui était la variété témoin assurant dans le temps une bonne production (fort tallage) et une bonne qualité des grains. Cette variété en raison de sa forte sensibilité à la pyriculariose n'est plus en mesure d'atteindre son potentiel. Elle doit être abandonnée. Nous y classerons également F161, qui elle présente un tallage faible, et produits moins de grains par m<sup>2</sup>, mais assurent leur remplissage et obtient un niveau de rendement intéressant. La seule façon d'augmenter le rendement de cette variété sera d'augmenter la densité de semis.

#### **4.2.4. Conclusions sur les systèmes de culture**

Il apparaît qu'au bout de la deuxième année de culture en SCV, nous obtenons déjà des rendements similaires au labour. Toutefois la dynamique n'est pas la même, en effet le démarrage est toujours meilleur en labour, mais par la suite les plantes rattrape leur retard. Ce rattrapage doit être permis par de meilleures conditions de croissance en SCV par rapport au labour. Cette hypothèse reste à être vérifiée, et devra faire l'objet de suivis au niveau de la disponibilité en nutriments du sol et du bilan hydrique. L'effet de la fertilisation est net, des valeurs de plusieurs paramètres sont supérieures en Fertilisation minérale par rapport au fumier seul. Toutefois pour la plupart des variétés il y a peu de différences de rendements entre fertilisation, mais ceci est à nuancer en raison de la pyriculariose. En effet il est connu que cette maladie est favorisée par la fertilisation, c'est ce que nous avons pu vérifier, nous avons observé des valeurs de stérilité de grains supérieures en labour FM. Il est intéressant de noter que le système influe également, moins d'attaque a été observé en SCV. Les raisons de ces différences restent à être élucidées.

## CONCLUSION

La présente étude intitulée « **Evaluation variétale dans un dispositif agronomique. Effets du mode de gestion du sol (SCV/Labour), de la fertilisation (Fumier et fumure minérale)** » fait ressortir plusieurs points essentiels :

### **Au point de vue variétale :**

- Les variétés F161 et E933, E208 sont les plus intéressantes et peuvent être diffusées. Mais avant la diffusion il doit être réalisé un test multilocal chez les paysans avec une approche participative.
- Les variétés E302 et E303, pourront être utilisées dans le programme de sélection car elles présentent des caractéristiques intéressantes mais doivent être améliorées pour la résistance à la pyriculariose
- Et F154 ne doit plus être diffusées, car trop sensible à la pyriculariose.

### **Au point de vue modes de gestion de sol :**

La fertilisation avec fertilisation minérale présente un meilleur développement de la plante mais pas forcément un meilleur rendement. Il faudra voir à poursuivre ces observations une nouvelle année climatique (les conditions climatiques n'ont peut être pas permis l'expression du potentiel des variétés), et peut être revoir la gestion de la fertilisation qui doit pouvoir être améliorée.

Concernant les systèmes, le labour présente un meilleur démarrage de la culture mais si nous continuons le labour sans apporter des fumures minérales, le sol va être épuisé. Par contre le système sur couverture végétale donne des meilleurs rendements mais il nous faut beaucoup de temps pour que le sol assimile très bien les matières minérales.

### **Au point de vue régionale :**

L'extension et l'intensification du riz pluvial dans la région Vakinankaratra devra faire l'objet d'une attention particulière. Et les objectifs des maires de « cultiver 50ha de riz pluvial dans chaque commune » pourra être réalisé en adoptant des variétés améliorées.