

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----------|
| 1. INTRODUCTION | 1 |
| 2. CONTEXTE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE | 3 |
| 2.1. Contexte général de l'étude | 3 |
| 2.1.1. Création d'une provenderie à Andakana – Ambohidratrimo | 3 |
| 2.1.2. Les besoins en maïs liés à l'élaboration de la provende | 3 |
| 2.1.3. Constitution d'un réseau de planteurs | 3 |
| 2.1.4. Choix d'une région pilote pour tester la faisabilité du schéma proposé..... | 4 |
| 2.1.5. Appel à la recherche..... | 4 |
| 2.1.6. Implications de l'étudiant..... | 5 |
| 2.2. Méthodologie | 5 |
| 2.2.1. Etude bibliographique | 5 |
| 2.2.2. Enquête auprès des paysans | 5 |
| 2.2.3. Expérimentations agronomiques..... | 6 |
| 2.2.3.1. Conduite des essais FOFIFA – LFL | 6 |
| 2.2.3.2. Conduite des essais LFL..... | 6 |
| 2.2.3.3. Conduite des essais propres | 6 |
| 2.2.3.4. Dispositifs expérimentaux (concernant les essais propres) | 6 |
| 2.2.4. Les éléments d'observation et de suivi (essais propres à l'étudiant) | 7 |
| 2.2.5. Observations dans les parcelles commerciales..... | 7 |
| 2.2.6. Synthèse et analyse des résultats..... | 7 |
| 3. GENERALITES | 8 |
| 3.1. Généralités sur le maïs | 8 |
| 3.1.1. Les origines écologiques et géographiques du maïs | 8 |
| 3.1.2. Botanique | 9 |
| 3.1.3. Morphologie du maïs | 10 |
| 3.1.3.1. Le système racinaire | 10 |
| 3.1.3.2. La tige | 10 |
| 3.1.3.3. Les feuilles..... | 11 |
| 3.1.3.4. Les fleurs | 11 |
| 3.1.3.5. Les fruits..... | 12 |

| | |
|---|----|
| 3.1.4. Cycle végétatif du maïs | 12 |
| 3.1.4.1. La phase de germination..... | 12 |
| 3.1.4.2. La phase de croissance | 13 |
| 3.1.4.3. La phase de floraison..... | 13 |
| 3.1.4.4. La phase de fécondation | 13 |
| 3.1.4.5. La phase de maturation..... | 13 |
| 3.1.5. Ecologie du maïs | 13 |
| 3.1.5.1. Les exigences en eau | 14 |
| 3.1.5.2. Les exigences en chaleur et en lumière | 14 |
| 3.1.5.3. Le sol | 14 |
| 3.1.5.4. Les éléments fertilisants | 15 |
| 3.1.5.5. Vents..... | 15 |
| 3.1.5.6. Maladies et ennemis | 15 |
| a) Ennemis (aux champs)..... | 15 |
| b) Maladies..... | 17 |
| 3.1.6. Production et utilisations du maïs | 17 |
| 3.1.6.1. Techniques culturales | 17 |
| a) Préparation du sol | 17 |
| b) Semis..... | 17 |
| c) Fertilisation..... | 19 |
| d) Entretien de la culture..... | 21 |
| e) La récolte et les opérations de post-récolte du maïs sec | 21 |
| 3.1.6.2. Utilisations du maïs | 22 |
| 3.1.7. Le maïs à Madagascar..... | 22 |
| 3.1.7.1. Les zones de production | 22 |
| 3.1.7.2. Les quantités produites | 23 |
| 3.1.7.3. La situation technique..... | 23 |
| a) Technique culturale..... | 23 |
| b) Variétés utilisées | 23 |
| c) Transformation..... | 24 |
| 3.1.7.4. La commercialisation | 24 |
| a) Les débouchés locaux | 24 |
| b) L'exportation | 24 |
| c) L'importation..... | 24 |
| d) Contexte actuel de la filière maïs..... | 24 |
| 3.1.8. Conclusion partielle | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Présentation du milieu d'étude | 25 |
| 3.2.1. Localisation géographique et administrative..... | 25 |
| 3.2.1.1. Localisation géographique..... | 25 |
| 3.2.1.2. Localisation administrative..... | 27 |
| 3.2.2. Milieu physique..... | 28 |
| 3.2.2.1. Géologie et géomorphologie | 28 |
| 3.2.2.2. Sols | 28 |
| 3.2.2.3. Climat | 28 |
| a) Pluviométrie..... | 28 |
| b) Température..... | 29 |
| c) Hygrométrie..... | 30 |
| 3.2.2.4. Hydrologie..... | 31 |
| 3.2.2.5. Végétation..... | 31 |
| 3.2.3. Conclusion partielle | 31 |
| 4. RASSEMBLEMENT DE DONNEES COMPLEMENTAIRES SUR LA REGION ETUDIEE ... | 32 |
| 4.1. Relief..... | 32 |
| 4.2. Pédologie | 33 |
| 4.3. Pluies..... | 36 |
| 4.4. Description du système agraire actuel | 37 |
| 4.4.1. Utilisation et mise en valeur du terroir..... | 37 |
| 4.4.1.1. Les terres cultivées | 38 |
| a) Les rizières..... | 38 |
| b) Les bas de versants aménagés..... | 39 |
| c) Les bas de versants non irrigués | 39 |
| 4.4.1.2. Les terres non cultivées | 39 |
| 4.4.2. Les productions végétales | 40 |
| 4.4.2.1. Une faible variabilité des cultures | 40 |
| 4.4.2.2. Cycles cultureux | 40 |
| 4.4.2.3. Temps de travaux par culture et par terroir | 42 |
| 4.4.2.4. Rendements, revenus et productivité du travail..... | 43 |
| 4.4.3. L'élevage..... | 46 |
| 4.4.4. Structure des exploitations agricoles et typologie..... | 47 |
| 4.4.4.1. Nombre d'actifs par exploitation agricole et appel à la main d'œuvre..... | 47 |
| 4.4.4.2. Typologie..... | 48 |
| 4.4.5. Possibilités d'intégration de la maïsiculture | 49 |
| 4.4.5.1. Itinéraires techniques testés pour la campagne 2003-2004 | 50 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 4.4.5.2. Résultats aux champs..... | 50 |
| 4.4.5.3. Résultats économiques | 53 |
| 4.4.6. Conclusion partielle | 53 |

5. EXPERIMENTATIONS AGRONOMIQUES.....55

| | |
|---|----|
| 5.1. Expérimentation n°1: Association maïs - légumineuse : Essai de comparaison entre le maïs en culture pure et le maïs associé à une légumineuse..... | 55 |
| 5.1.1. Protocole de l'essai | 55 |
| 5.1.1.1. Objectifs du test..... | 55 |
| 5.1.1.2. Lieu de mise en place | 55 |
| 5.1.1.3. Dispositif expérimental..... | 55 |
| 5.1.1.4. Traitements étudiés..... | 56 |
| 5.1.1.5. Itinéraire technique | 56 |
| a) Modalités du semis | 58 |
| b) Démariage..... | 58 |
| c) Dose de fertilisant..... | 58 |
| d) Sarclage..... | 58 |
| 5.1.1.6. Observations et mesures | 58 |
| 5.1.1.7. Analyse des résultats | 59 |
| 5.1.2. Résultats des expérimentations | 59 |
| 5.1.2.1. Rapports de biomasses à 70 JAS | 59 |
| 5.1.2.2. Rapports de biomasses à la récolte | 60 |
| 5.1.2.3. Rendements obtenus à la récolte..... | 61 |
| 5.1.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations..... | 62 |
| 5.1.3.1. Effet des traitements sur la phase de croissance à 70 JAS..... | 62 |
| a) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse foliaire (biofl) | 62 |
| b) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse aérienne (bio ae).... | 63 |
| c) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse racinaire (biora)..... | 63 |
| 5.1.3.2. Effet des traitements à la récolte..... | 64 |
| a) Effet des traitements (associations) sur la variable rendement (rendt) | 64 |
| b) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse des grains (biogr) .. | 64 |
| c) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse aérienne (bio ae).... | 65 |
| d) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse souterraine (bioso) | 65 |
| 5.1.4. Significations économiques résultats | 66 |
| 5.1.5. Conclusion partielle | 67 |

| | |
|--|----|
| 5.2. Expérimentation n°2: Association du maïs avec d'autres légumineuses comme le haricot et variation de la dose de NPK..... | 68 |
| 5.2.1. Protocole de l'essai | 68 |
| 5.2.1.1. Objectifs du test..... | 68 |
| 5.2.1.2. Lieu de mise en place | 68 |
| 5.2.1.3. Dispositif expérimental..... | 68 |
| 5.2.1.4. Traitements étudiés..... | 68 |
| 5.2.1.5. Itinéraire technique | 69 |
| a) Modalités du semis | 69 |
| b) Démariage..... | 69 |
| c) Dose de fertilisant..... | 70 |
| d) Sarclage..... | 70 |
| 5.2.1.6. Observations et mesures | 70 |
| 5.2.1.7. Analyse des résultats | 71 |
| 5.2.2. Résultats de l'expérimentation..... | 71 |
| 5.2.2.1. Calcul du SER par dosage de NPK..... | 71 |
| 5.2.2.2. Rendements du maïs par technique culturale et par dosage de NPK | 73 |
| 5.2.2.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations | 73 |
| 5.2.2.4. Croissance et élongation du maïs par technique de culture et par dosage de NPK.. | 75 |
| a) Comparaison maïs associé – maïs en culture pure..... | 75 |
| b) Comparaison des trois dosages d'engrais complexe NPK..... | 79 |
| 5.2.2.5. Conclusion partielle..... | 81 |
| 5.3. Expérimentation n°3: Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966, à deux dosages de fertilisants. | 82 |
| 5.3.1. Protocoles des essais | 82 |
| 5.3.1.1. Objectifs du test..... | 82 |
| 5.3.1.2. Lieu de mise en place | 82 |
| 5.3.1.3. Dispositif expérimental..... | 82 |
| 5.3.1.4. Traitements étudiés..... | 82 |
| 5.3.1.5. Itinéraire technique | 83 |
| a) Modalités du semis | 83 |
| b) Démariage..... | 83 |
| c) Sarclage..... | 83 |
| d) Observations et mesures | 83 |
| e) Analyse des résultats..... | 84 |
| 5.3.2. Résultats des expérimentations | 84 |
| 5.3.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations..... | 84 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.4. Significations économiques | 86 |
| 5.4. Expérimentation n°4: Essai de comparaison entre deux espacements (0.25 m et 0.50 m) des poquets dans la ligne de semis..... | 87 |
| 5.4.1. Protocoles des essais | 87 |
| 5.4.1.1. Objectifs du test..... | 87 |
| 5.4.1.2. Lieu de mise en place | 87 |
| 5.4.1.3. Dispositif expérimental..... | 87 |
| 5.4.1.4. Traitements étudiés..... | 87 |
| 5.4.1.5. Itinéraire technique | 88 |
| a) Modalités du semis | 88 |
| b) Démariage..... | 88 |
| c) Dose de fertilisant..... | 88 |
| d) Sarclage..... | 88 |
| 5.4.1.6. Observations et mesures | 89 |
| 5.4.1.7. Analyse des résultats | 89 |
| 5.4.2. Résultats des expérimentations | 89 |
| 5.4.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations..... | 89 |
| 5.5. Conclusion partielle | 90 |
| 6. CONCLUSION GENERALE..... | 91 |

Liste des annexes

| | |
|---|----|
| Annexe 1 : Besoins en éléments fertilisants (NPK) du maïs – Cas de l'hybride Pannar 6966..... | I |
| Annexe 2 : Tableau sur les statistiques du maïs à Madagascar – Graphique sur les statistiques du maïs à Madagascar..... | II |
| Annexe 3 : Evolution prix d'achat maïs par LFL (2002 à 2004)..... | IV |
| Annexe 4 : Fiche d'enquête rapide utilisée lors de l'étude..... | V |
| Annexe 5 : Liste des essais mis en place avec FOFIFA – DRA – Programme maïs dans le cadre de la Convention LFL – FOFIFA - Liste des essais cultures associées mis en place - Liste des essais mis en place avec LFL Madagascar..... | VI |
| Annexe 6 : Fiche d'estimation de rendement utilisée dans les parcelles commerciales | IX |

Liste des cartes

| | |
|--|----|
| Carte n°1 : Antsahafilo / Ambohipihaonana..... | 33 |
| Carte n°2 : Merimandroso..... | 34 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure n°1 : Origines et transfert du maïs cultivé | 9 |
| Figure n°2 : Localisation de la zone d'étude | 26 |

Liste des graphiques

| | |
|---|----|
| Graphique n°1 : Diagramme ombrothermique de Gaussen pour Ivato Aéroport (Période 1961- 1988). . | 29 |
| Graphique n°2 : Comparaison des pluviosités de Ivato Aéroport des périodes : 1961-1988, 1993 – 2003, janvier - juin 2004. | 37 |
| Graphique n°3 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des hauteurs du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 100 kg/ha de NPK 11.22.16..... | 75 |

| | |
|--|----|
| Graphique n°4 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 100 kg/ha de NPK 11.22.16. ... | 76 |
| Graphique n°5 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des hauteurs du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 200 kg/ha de NPK 11.22.16..... | 76 |
| Graphique n°6 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 200 kg/ha de NPK 11.22.16. ... | 77 |
| Graphique n°7 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des hauteurs du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 300 kg/ha de NPK 11.22.16..... | 78 |
| Graphique n°8 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 300 kg/ha de NPK 11.22.16. ... | 78 |
| Graphique n°9 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des hauteurs du maïs en culture pure dans les trois dosages de NPK testés. | 79 |
| Graphique n°10 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des hauteurs du maïs en culture associée dans les trois dosages de NPK testés. | 80 |
| Graphique n°11 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure dans les trois dosages de NPK testés. | 80 |
| Graphique n°12 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture associée dans les trois dosages de NPK testés. | 81 |

Liste des photos

| | |
|---|----|
| Photo n°1 : Attaque sévère sur le maïs..... | 16 |
| Photo n°2 : Mise en valeur du terroir | 32 |
| Photo n°3 : Mise en place d'un essai | 57 |
| Photo n°4 : Sarclages | 57 |
| Photo n°5 : Application Urée | 57 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau n°1 : Ecartements nécessaires en fonction des densités théoriques recherchées (cas du semis manuel en poquets) | 19 |
| Tableau n° 2 : Ecartements nécessaires en fonction des densités théoriques recherchées (cas du semis mécanique en sillons)..... | 19 |
| Tableau n°3 : Superficie, nombre de Fokontany et population par commune | 27 |
| Tableau n°4 : Pluviosité mensuelle de Ivato aéroport, période 1993 – 2004 | 28 |
| Tableau n°5 : Pluviosité mensuelle de Ivato aéroport, période 1961 – 1988 | 29 |
| Tableau n°6 : Températures mensuelles de Ivato aéroport, période 1961 – 1988 | 30 |
| Tableau n°7 : Humidités relatives mensuelles de Ivato aéroport, période 1961 – 1988 | 30 |
| Tableau n°8 : Caractéristiques physiques des principaux types de sols rencontrés | 35 |
| Tableau n°9 : Caractéristiques chimiques des principaux types de sols rencontrés..... | 36 |
| Tableau n°10 : Surface cultivée par exploitation agricole et typologie suivant la disponibilité en terrain.... | 38 |
| Tableau n°11 : Types de sols et répartition par commune | 40 |
| Tableau n°12 : Cycles des principales cultures rencontrées par terroir..... | 41 |
| Tableau n°13 : Temps de travaux par terroir et par culture..... | 42 |
| Tableau n°14 : Revenus agricoles par terroir et par culture (bas versants aménagés – tanety cultivés)..... | 44 |
| Tableau n°15 : Cheptel par commune | 46 |
| Tableau n°16 : Typologie des exploitations agricoles suivant le cheptel bovin..... | 46 |
| Tableau n°17 : Taille des exploitations agricoles et caractéristiques de la force de travail | 47 |
| Tableau n°18 : Pratique de la culture d'oignon par commune..... | 48 |
| Tableau n°19 : Typologie suivant les caractéristiques des exploitations cultivant l'oignon | 49 |
| Tableau n°20 : Estimation de rendement par terroir | 52 |
| Tableau n°21 : Revenus par surface et journée de travail, par terroir et par commune | 54 |
| Tableau n°22 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure - Rapports des biomasses foliaires, aériennes et racinaires sur la biomasse totale à 70 JAS..... | 60 |
| Tableau n°23 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure - Rapports des biomasses, aériennes et racinaires sur la biomasse totale à la récolte | 61 |
| Tableau n°24 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Rendements obtenus dans l’essai..... | 61 |

| | |
|--|----|
| Tableau n°25 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse foliaire à 70 JAS | 62 |
| Tableau n°26 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse aérienne à 70 JAS | 63 |
| Tableau n°27 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse racinaire à 70 JAS..... | 63 |
| Tableau n°28 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable rendement..... | 64 |
| Tableau n°29 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse des grains à la récolte | 64 |
| Tableau n°30 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse aérienne à la récolte | 65 |
| Tableau n°31 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse souterraine à la récolte... | 65 |
| Tableau n°32 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Résultats économiques : comparaison des revenus obtenus dans chaque conduite culturale..... | 67 |
| Tableau n°33 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Calcul de la Surface Equivalente Relative (SER) | 72 |
| Tableau n°34 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Rendement en maïs grain obtenu dans l'essai | 73 |
| Tableau n°35 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Analyse de variance de la variable rendement..... | 74 |
| Tableau n°36 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – rendements obtenus dans l'essai.(kg/ha)..... | 84 |
| Tableau n°37 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – Analyse de variance de la variable rendement..... | 85 |
| Tableau n°38 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – Test de NEWMAN-KEULS- seuil 5%- variable : rendement | 85 |
| Tableau n°39 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – rendements obtenus dans l'essai. Revenus obtenus avec la variété composite MEVA..... | 86 |
| Tableau n°40 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – Revenus obtenus avec la variété hybride PANNAR 6966..... | 86 |

| | |
|---|----|
| Tableau n°41 : Essai de comparaison entre deux espacements des poquets dans la ligne de semis – Rendements obtenus.(kg/ha) | 89 |
| Tableau n°42 : Essai de comparaison entre deux espacements des poquets dans la ligne de semis – Analyse de variance de la variable rendement | 90 |

Liste des abréviations

Partie Généralités

JAS : Jours Après Semis

JAL : Jours Après Levée

lat. : latitude

m : mètre

cm : centimètres

mm : millimètre

j : jours

ha : hectares

°C : degrés centésimales

CMS : Centre Multiplicateur de Semences

OPS : Organisation des Paysans Semenciers

pl : plants

pl / ha : plants par hectare

t : tonne

kg : kilogramme

pq : poquet

pq / ha : poquets par hectare

fmg : francs malgaches

Lim. : Limons

CEC : Capacité d'Echange Cationique.

CO : Carbone Organique

MO : Matière Organique

N tot : Azote totale

Hj : Homme jour

Partie expérimentations

Assoc : Association

B1 : Bloc 1

B2 : Bloc 2

B3 : Bloc 3

B4 : Bloc 4

bio ae : biomasse aérienne

bio fl : biomasse foliaire

bio gr : biomasse des graines

bio ra : biomasse racinaire

C.M : Carrés Moyens

C.V : Coefficient de Variabilité

Dnpk : Dose de NPK

Espct : Espacement dans la ligne

E.T : Ecart-Type

F1 : Facteur 1

F2 : Facteur 2

Mo dec : Mode de culture

NS : Non Significatif

PROBA : PROBABILITE

R1 : Répétition 1

R2 : Répétition 2

R3 : Répétition 3

R4 : Répétition 4

R5 : Répétition 5

R6 : Répétition 6

R7 : Répétition 7

R8 : Répétition 8

RDT/rendt/rdt : rendement

SER : Surface Equivalente Relative

1. INTRODUCTION

Dans un contexte de libéralisation, la mise en valeur des avantages comparatifs figure parmi les éléments clés pour le développement de chacune des régions de Madagascar.

Avec la création en 2004 d'une provenderie industrielle par la société LFL (Livestock Feed Limited) du groupe AVITECH dans une de ses communes rurales, celle d'Anosiala en l'occurrence, le Fivondronana d'Ambohidratrimo se trouve en présence d'une unité à fort potentiel d'absorption pour sa production locale de maïs. Cette céréale est en effet le composant principal de la provende qui sera formulée dans la future usine. Les agriculteurs d'Ambohidratrimo bénéficient de l'avantage de proximité par rapport à leurs voisins des principaux greniers à maïs du pays, les régions du Vakinankaratra et du Moyen - Ouest notamment. Les planteurs locaux, pour qui la culture du maïs dans un objectif commercial est nouvelle, n'auront pas immédiatement la capacité de production des régions citées, mais, peuvent, toutes proportions restant gardées, s'approprier d'une part du marché immense qui s'ouvre à eux (les besoins de la nouvelle provenderie seront de 12 000 tonnes annuelles, à moyen terme).

Les objectifs de production de la future usine devant être atteints, cette dernière est confrontée à la problématique d'un approvisionnement suffisant, régulier et sûr. Parmi les options de décision pour l'approvisionnement figure le possible partenariat avec des producteurs de maïs, parmi lesquels, et en priorité, les planteurs immédiatement voisins de l'unité. LFL Madagascar initie ce partenariat à travers le Projet Maïs d'Ambohidratrimo, en août 2003. L'apport de la société consiste à :

- faciliter l'accès au crédit sous forme d'intrants (semences et fertilisants)
- un encadrement technique des planteurs
- garantir l'achat de toute la production de maïs grain.

Les paysans devraient en contrepartie garantir :

- la bonne utilisation des intrants et l'adoption des recommandations techniques
- l'exclusivité de vente de la production à LFL Madagascar
- le remboursement des crédits à la récolte.

Par ailleurs, la culture de maïs n'étant que très peu présente dans les systèmes de cultures locaux, la société fait appel à la recherche pour conduire des expérimentations agronomiques afin de s'assurer de la faisabilité technique de cette culture dans les conditions existantes et améliorer les recommandations de première campagne. Pour cela, la FOFIFA participe au projet à travers la Convention de Partenariat LFL Projet Maïs – FOFIFA / Département des recherches agronomiques – Programme Maïs.

Ayant participé à la mise en place des essais (deux tests de réponse à la fertilisation azotée et à l'engrais complexe NPK en l'occurrence), nous avons été vivement intéressés par le cadre d'intervention du Projet Pilote d'Ambohidratrimo et de cet intérêt est né le présent mémoire intitulé :

« Expérimentation agronomiques et compréhension des systèmes de production paysanne en vue du développement de la culture du maïs dans la région d'Ambohidratrimo ».

Notre étude a pour objectifs personnels de :

- répondre à la question de la faisabilité écologique du maïs dans les régions concernées par le projet.

- étudier la faisabilité socio-économique de culture du maïs

Pour cela deux types d'études ont été menés :

- une enquête agro - économique auprès des paysans concernés par le projet de la campagne 2003 – 2004, parallèlement à des observations sur les systèmes de production paysanne afin de mieux connaître le contexte.

- des expérimentations agronomiques complémentaires aux essais conduits par FOFIFA et s'intéressant particulièrement aux cultures associées, afin de prendre en considération les pratiques paysannes.

Le présent ouvrage apportera d'abord les éléments obtenus dans les travaux de recherche bibliographique et qui concernent d'une part des éléments techniques et économiques sur la culture du maïs, et d'autre part une connaissance sur la région.

Par la suite, afin de mieux connaître le contexte agricole, il sera fourni des éléments supplémentaires sur la zone de l'étude. Cette partie est le résultat des observations et des enquêtes conduites sur le terrain.

Puis, il sera développé les travaux d'expérimentation agronomiques conduits durant la campagne 2003 – 2004. Des recommandations seront tirées de chaque partie de l'étude.

2. CONTEXTE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE

2.1. Contexte général de l'étude

2.1.1. Création d'une provenderie à Andakana - Ambohidratrimo

Le groupe AVITECH, implanté depuis le début des années 1990 et intervenant entre autre dans le secteur avicole, accueille en 2003 une nouvelle société, LFL MADAGASCAR SARL (Livestock Feed Limited).

Jusqu'alors, AVITECH s'occupait à la fois de la partie production et commercialisation de poussins de un jour pour les éleveurs locaux ainsi que de la partie vente d'intrants, provende en l'occurrence. La filière ayant pris de l'ampleur, le groupe décide de monter une provenderie industrielle pour satisfaire les besoins des éleveurs. La charge de l'usine a été confiée à LFL.

Une usine locale avec de la matière première locale pourrait contribuer à produire de la provende compétitive par rapport à la formulation jusqu'ici importée.

2.1.2. Les besoins en maïs liés à l'élaboration de la provende

Le composant majoritaire en masse dans la provende est le maïs car ce dernier contribue à hauteur de 65 à 75% dans la formulation.

L'usine, prévue être opérationnelle dès septembre 2004, devrait à moyen terme produire 15 000 tonnes de provende par an. Ceci signifie des besoins annuels de 12 000 t de maïs et mensuels de 1000 tonnes.

L'objectif étant d'assurer un approvisionnement suffisant, régulier et sûr de l'unité, plusieurs options^[15] sont possibles parmi lesquelles :

- la production en régie directe
- l'appel aux collecteurs locaux
- la création de partenariat avec des producteurs.

2.1.3. Constitution d'un réseau de planteurs

La dernière option de créer un partenariat stable avec des agriculteurs peut se présenter comme étant un avantage en comparaison avec les deux premières. En effet, la solution de la régie implique une logistique encore à mettre en place et onéreuse tandis que celle des collecteurs est incertaine en terme de tonnage livré et de coût vues les spéculations souvent effectuées au cours des campagnes de commercialisation (voir annexe 3 : « Prix d'achat du maïs grain par LFL, période 2002 - 2004).

La forme de partenariat imaginée et testée en 2003-2004 est la suivante :

- constitution de groupement de producteurs structurés et convaincus à se lancer dans le maïs.

- facilitation de l'accès aux intrants (semences, fertilisants et fumier) par des subventions sous forme de fourniture au semis et remboursement à la récolte.
- support technique de la part de la société.
- encadrement technique par rapport aux recommandations et solutionnement des problèmes agronomiques.
- garantie d'achat par LFL et assurance d'exclusivité de vente du maïs grain produit de la part du planteur.

2.1.4. Choix d'une région pilote pour tester la faisabilité du schéma proposé

L'usine étant montée à Andakana, commune d'Anosiala, fivondronana d'Ambohidratrimo, il est naturel de faire profiter les voisins immédiats du potentiel existant à savoir un débouché sûr pour leur maïs si toutefois ils en cultivaient. Du maïs produit à Ambohidratrimo aurait de plus l'avantage de proximité, ce qui suppose un allègement des coûts d'approche et une suppression des intermédiaires encore souvent incontournables dans la filière.

Suite à une campagne de sensibilisation initiée par LFL dans le cadre du Projet Pilote LFL – Paysans d'Ambohidratrimo, en août 2003, il a été sélectionné trois communes pilotes à savoir celles de Merimandroso, d'Antsahafilo et d'Ambohipihaonana. Le choix porté sur ces trois localités et lié :

- à la conviction manifestée d'emblée par les agriculteurs
- à la demande locale .En effet, ces trois communes, très spécialisées dans les cultures d'oignon et d'ail, sont confrontées à un problème écologique et à une contrainte économique.

D'une part, des attaques de nématodes et de champignons se seraient développées, et d'autre part, les producteurs, déjà pénalisés par les chutes de rendements y relatifs sont tributaires des prix imposés par les collecteurs ; les paysans recherchent une voie de diversification des systèmes d'exploitation existants. A la question : produire une autre denrée pour quel débouché ? LFL a pu apporter une réponse aux planteurs à travers le partenariat proposé.

2.1.5. Appel à la recherche

Dans les régions étudiées, le maïs n'occupait qu'une place marginale : la culture servait de bordure à des parcelles d'une spéculation principale (en bordure de parcelles d'oignon, de culture maraîchère, etc.), et sa production d'aliment d'appoint. Le maïs n'ayant donc pas été observé en tant qu'activité principale et élaborée, LFL a fait appel à la recherche, en l'occurrence de FOFIFA.

Une convention de recherche est signée en novembre 2003 afin de mener deux séries d'expérimentations (une courbe de réponse à la fertilisation croissante de NPK 11-22-16 et une autre pour l'UREE 46%). Les essais devaient être conduits d'une part et majoritairement en milieu paysan et d'autre part en station (terrains voisins de l'usine).

2.1.6. Implications de l'étudiant

Nous sommes venus accomplir notre stage de mémoire de fin d'étude au sein du Projet Pilote d'Ambohidratrimo dont le contexte est développé plus haut avec pour objectifs de:

- répondre à la question de la faisabilité écologique du maïs dans les régions pilotes d'Antsahafilo, de Merimandroso et d'Ambohipihaonana.
- étudier la faisabilité socio-économique du développement de cette culture.

Pour cela :

- nous avons été chargés de mettre en place les deux séries d'essais de réponses aux fertilisations NPK et urée suivant le protocole de FOFIFA.
- nous avons effectué des observations complémentaires dans ces essais et dans les plantations paysannes concernées par le projet
- nous avons conduit des essais propres au mémoire
- nous avons mené une enquête agro socio - économique, propre également à l'impétrant, sur l'échantillon composé par les paysans inscrits dans le projet pour la campagne 2003-2004.

2.2. Méthodologie

2.2.1. Etude bibliographique

La recherche et l'analyse de références bibliographiques furent un préalable indispensable pour la conduite de l'étude. Cette étape avait pour objectifs :

- d'obtenir des éléments de connaissance de la région étudiée
- d'élargir les connaissances techniques et économiques sur la culture du maïs.

2.2.2. Enquête auprès des paysans

La fiche d'enquête inspirée de Nicole SIBELET (1988) est donnée en annexe 4. Les principaux éléments sont :

- la description du système agraire naturel.
- le calcul des revenus par terroir pour donner une idée des performances des cultures déjà pratiquées.
- la typologie des exploitations agricoles.

L'échantillon considéré est l'ensemble des planteurs inscrits dans le Projet pilote. Deux types d'enquêtes ont été menés :

- des enquêtes rapides : (voir questionnaire en annexe 4)
- des enquêtes longues : sur chaque type d'exploitation.

2.2.3. Expérimentations agronomiques

Les protocoles détaillés des expérimentations qui ont pu être analysées et discutées dans ce travail sont donnés en préalable de chacune des parties relatives à ces dernières.

2.2.3.1. Conduite des essais FOFIFA – LFL

Le protocole élaboré par Rodolphe RAMILISON de la FOFIFA – DRA / Programme maïs, a été mis en place avec son encadrement.

Dix répétitions ont pu être installées en milieu paysan et trois en station pour chaque test (NPK et UREE). Les visites d'observations ont également été effectuées en sa présence. Les résultats de ces essais ne sont toutefois pas donnés dans cette étude car les rendements sont encore en cours de traitement par la FOFIFA – DRA.

2.2.3.2. Conduite des essais LFL

Trois protocoles rédigés par J. H. Dove de LFL Madagascar ont également été appliqués avec son encadrement. Ils concernent

- un essai d'espacement des lignes
- un essai d'espacement de poquets dans les lignes
- un essai de comparaison de la variété composite locale recommandée pour la campagne 2003 – 2004 avec un hybride.

Le deuxième essai n'a pu être exploité convenablement, en raison des conditions extrêmes qui ont prévalu sur la station d'expérimentation de LFL située à Andakana. Les deux autres essais sont analysés dans la partie « Expérimentations agronomiques ».

2.2.3.3. Conduite des essais propres

Elaboration de protocoles relatifs à deux séries d'expérimentations :

- une série d'essai de maïs associé en comparaison à la culture pure. L'essai devrait fournir une réponse à la question 1 : quel est le meilleur système pour cultiver le maïs en association avec trois légumineuses différentes (soja, arachide, haricot) ?
- une série de test à dose croissante de NPK sur le maïs avec ou sans haricot associé. Il s'agissait d'obtenir une réponse à la question 2 : quelle est la meilleure dose d'engrais (NPK) pour une culture en association maïs /haricot ?

2.2.3.4. Dispositifs expérimentaux (concernant les essais propres)

Pour répondre à la question 1, un essai (dénommé « Expérimentation n°1 ») comprenant trois cultures en association de maïs – légumineuses (arachide, soja inoculé, haricot) et une culture pure de

maïs suivant un dispositif bloc complets randomisés à 4 répétitions (en milieu paysan) a été mis en place.

Pour la question 2, l'essai dénommé « Expérimentation n°2 » a expérimenté trois doses de complexe NPK 11.22.16 (100, 200, 300 kg /ha) sur maïs pur et sur maïs associé suivant un dispositif factoriel à deux facteurs en bloc à 4 répétitions (en station). Une culture pure de haricot sert dans chaque répétition à compléter les éléments d'évaluation, le calcul de la Surface Equivalente Relative entre autre.

2.2.4. Les éléments d'observation et de suivi (essais propres à l'étudiant)

Essai n°1 : Comparaison du maïs pur avec l'association à une légumineuse.

Hypothèse à vérifier : L'association exerce une influence significative sur le développement végétatif du maïs, la culture principale.

Observations et suivi :

Analyse des rapports de biomasse en deux dates :

- à 70 JAS pour la phase de croissance
- à la récolte.

Analyse des rendements

Les résultats de deux types d'analyses ont été traités sur logiciel STAT - ITCF.

Essai n° 2 : Comparaison maïs pur et maïs associé au haricot sous trois doses de NPK.

Objectif : Trouver le dosage efficient pour le maïs en association, et vérifier la même hypothèse de l'essai n°1

Observations :

- mesure d'élongation des plants de maïs par décade pour tracer une simple courbe de croissance à comparer par dose de NPK et en pur ou en associé.
- analyse des rendements à la récolte.
- calcul de la surface équivalente relative (SER).

2.2.5. Observations dans les parcelles commerciales

- développement général du maïs selon les terroirs
- degré de ravages éventuels selon les terroirs
- estimation des rendements par terroir
- calcul des temps de travaux et des revenus procurés par le maïs.

2.2.6. Synthèse et analyse des résultats

La synthèse et l'analyse des résultats ont suivi les travaux de champs. Cette étape a fait l'objet du présent ouvrage.

3. GENERALITES

3.1. Généralités sur le maïs

Cette partie est le résultat des travaux de bibliographie qui ont constitué une étape préparatoire indispensable pour :

- une première évaluation, sommaire, de la faisabilité écologique et technique de la maïsiculture une fois les éléments obtenus de cet exercice superposés avec les caractéristiques de la région étudiée, informations fournies dans l'étape suivante qui concerne la synthèse des données bibliographiques sur le milieu.
- orienter les protocoles d'expérimentations agronomiques.
- mieux connaître la situation technique et économique de la filière à Madagascar.

3.1.1. Les origines écologiques et géographiques du maïs

De nombreux spécialistes pensent que le maïs est apparu dans le continent américain à partir d'un maïs sauvage aujourd'hui disparu et qui serait différent des voisins du maïs notamment *Euchlaena* ou *Tripsacum*. D'autres opinions soutiennent l'hypothèse selon laquelle le maïs actuel résulte de la somme des mutations naturelles et de la sélection conduite par l'homme partant d'une graminée sauvage, la téosinte. Quelques différences de morphologie et sur les inflorescences femelles font que les botanistes ont donné aux deux plantes des noms scientifiques différents, *Euchlaena mexicana* pour la téosinte et *Zea mays* pour le maïs ^[1]. Tous s'accordent à dire que le maïs est passé par une phase de cueillette et a été domestiqué, voici 7000 ans dans le bassin de Tehuacan, au sud-est de Mexico, le centre d'origine. ^[3]

A partir de son centre d'origine (Mexico), la culture s'étend sur l'Amérique centrale (1500-1400 av. J.-C.), puis gagne l'Amérique du Sud (1300-1100 av. J.-C.) et l'Amérique du Nord (450 av. J.-C.) constituant ainsi le fondement de l'alimentation et de l'économie des civilisations précolombiennes (Inca, Aztèque et Maya). ^[12]

Lorsque Christophe Colomb découvre le Nouveau Monde en 1492, le maïs est largement cultivé en Amérique. Le navigateur a connu la céréale la première fois à Cuba. Il rapporte les premières semences en Espagne en 1494, à son retour de ce premier voyage aux Amériques. ^{[10][11]}

Au début du 16^{ème} siècle, le maïs est adopté en Espagne et au Portugal, puis il s'étend d'une part vers le sud-ouest de la France et d'autre part en Italie. Les Turcs contribuent à son expansion à l'Est et les marchands portugais l'introduisent en Afrique au début du 16^{ème} siècle. Vers la même époque la céréale pénètre l'Asie : Inde, Chine, Birmanie, Corée, Japon. ^[4]

Aujourd'hui, les surfaces de maïs dans le Monde couvrent environ 130 millions d'hectares, localisés pour la majeure partie dans l'Hémisphère Nord. ^[11]

La première introduction à Madagascar se fait soit à la fin du 16^{ème} siècle par les Portugais, soit vers 1850, à partir de La Réunion. Ensuite, un deuxième apport venant d'Afrique australe a lieu au début du 20^{ème} siècle. [4]



Fig.1 : Origines et transfert du maïs cultivé

Légende :

- Centre d'origine
- Centres de diversification
- ➔ Transferts à partir du 15^e siècle

Source: Muséum National d'Histoire Naturelle - La Grande Galerie de l'Evolution^[3] (France).

3.1.2. Botanique^{[1] [4] [5]}

Le nom maïs dérive du mot « Mahiz » ou « Marisi », mots indiens que Colomb entend aux Amériques.

Linné donne le nom scientifique *Zea mays* en 1737 au maïs, une monocotylédone qui appartient à la famille des Graminées, à la tribu des Maydea (fleurs mâles distinctes des fleurs femelles) et du genre *Zea*. *Z. mays* est la seule espèce du genre malgré la très grande diversité de formes et de caractères résultant d'une pollinisation naturellement croisée et de l'hétérogénéité très marquée dans la descendance.

Les cultivars sont classés suivant la structure : forme, couleur, dimension et consistance des grains comme suit :

1. *Indurata* (maïs corné) - Le grain est presque entièrement constitué par la partie cornée de l'endosperme et l'albumen farineux est très réduit au centre. Le grain est plus petit que le maïs denté, il est plus arrondi, plus dur et sa maturation a lieu plus tôt. Le grain sec est moins sensible aux attaques d'insectes des denrées stockées. Il est caractéristique des populations européennes.

2. *Identata* (maïs denté) - L'amidon farineux prédomine et s'étend jusqu'à l'apex ; la partie cornée se réduit à la périphérie. L'aspect denté caractéristique apparaît à maturité lorsque la partie farineuse se rétracte. C'est le maïs dent de cheval, principal cultivar du Corn Belt américain et du nord du Mexique.

3. *Amylacea* (maïs farineux) - Le grain, très amylicé, se ride en séchant sans faire apparaître l'aspect denté.

4. *Everta* (pop corn) - Le grain, petit, est amylicé en faible proportion et au centre ; l'amidon corné prédomine à la périphérie. Il est pointu au sommet. Une forte chaleur fait la partie farineuse se dilater et l'endosperme de retourner sur lui-même autour du germe. Le cultivar a conservé le caractère primitif du maïs anciennement domestiqué.

5. *Tunicata* (pod corn) - Le grain est contenu par des bractées, retrouvant ainsi la forme la plus primitive du maïs. Le cultivar n'est pas planté commercialement.

6. *Saccharata* (maïs sucré) - Un gène récessif sur le quatrième chromosome bloque la transformation de certains sucres solubles en amidon. La maturation des grains s'en trouve ralentie. Le maïs est à grain sucré.

7. *Ceratina* (maïs cireux) - La proportion normale de 70 % d'amilopectine et 28% d'amylose du grain n'est pas respectée du fait d'un gène qui favorise la synthèse d'amilopectine. Ce maïs est utilisé en amidonnerie.

Le maïs cultivé actuel résulte d'abord de la sélection massale par le cultivateur, et plus tard de l'introduction d'hybrides et de la constitution de synthétiques et de composites. Un certain nombre de formes sont ainsi obtenues :

- la lignée pure.
- l'hybride du sens strict.
- l'hybride simple : A X B.
- l'hybride trois voies : (A XB) x (C).
- l'hybride double : (A XB) x (CX D).
- les composites, obtenus par l'intervention de nombreuses formes : lignée, hybride, variété locale, etc.
- les variétés synthétiques, obtenues par une composition de lignées plus ou moins proches et qui présente une homozygotie permettant la reproductibilité de la forme.

3.1.3. Morphologie du maïs ^{[1] [4] [5] [6]}

Le maïs est une herbacée annuelle à tige généralement unique et de 1.5 à 4m de hauteur. Il se distingue des autres céréales par la localisation de ses graines sur une inflorescence séparée et dans des spathes, ce qui empêche leur dissémination.

3.1.3.1. Le système racinaire

Les racines sont fasciculées et adventives. Elles sont superficielles car les deux tiers se localisent dans les 10 à 15 premiers centimètres du sol. Généralement, elles ne dépassent pas les 50 cm de profondeur. Au niveau des nœuds de la base de la tige prennent naissance des racines adventives encore appelées racines d'ancrage, leur rôle principal étant de soutenir la plante.

3.1.3.2. La tige

La tige est dressée, ronde (3 à 6 cm de diamètre) et remplie d'une moelle sucrée. La tige est composée de nœuds et d'entrenœuds. Les entrenœuds sont courts à la base et plus longs vers le sommet. La tige se termine par une inflorescence mâle.

Le maïs à tallage multiple existe mais, les talles ne produisant presque jamais d'épi, les variétés à tallage aussi réduit que possible sont toujours recherchées dans les travaux de sélection.

3.1.3.3. Les feuilles

Les feuilles, au nombre de 10 à 15 sur un plant, sont réparties de façon alterne et opposée. Une feuille est constituée d'une gaine qui la fixe au niveau des nœuds et d'un limbe.

La gaine est couverte de poils à son extrémité supérieure et porte une ligule ciliée au niveau de sa jonction avec le limbe. Certaines gaines peuvent partir des nœuds, à l'aisselle de certaines feuilles du milieu pour se transformer en spathes qui contiendront les futurs épis. Un à deux épis se développent normalement.

Le limbe est plat, long de 50 à 80 cm et large de 5 à 10 cm. La nervation est parallèle.

3.1.3.4. Les fleurs

Les fleurs sont des épillets regroupés sur des inflorescences. L'inflorescence mâle (la panicule) et l'inflorescence femelle (l'épi) sont disposées séparément sur le même pied : le maïs est une plante monoïque.

La panicule se situe au sommet de la tige et c'est le long de ses nombreuses ramifications que les épillets se groupent par deux. Chaque paire est composée d'un épillet muni d'un pédicelle de 6 mm environ de long (épillet pédicellé) et d'un épillet sessile. Un épillet est formé de deux glumes qui renferment deux fleurs mâles ayant chacune trois étamines et deux glumelles entourant un ovaire rudimentaire.

La floraison mâle est acropète et a lieu avant la floraison femelle : l'émission de pollen a lieu 2 à 3 jours après l'épanouissement de la panicule et avant que des stigmates de l'inflorescence femelle ne soient réceptives. La fécondation est essentiellement croisée et tout au plus on a 5% d'allogamie.

Normalement, un à deux épis se développent sur un même plant, mais on peut en avoir jusqu'à quatre par pied. Un épi mesure 10 à 30 cm de long, parfois plus. L'épi, porté par un court pédoncule, est contenu dans 5 à 20 spathes (gainnes foliaires transformées). Il est constitué par un axe central appelé rafle ou rachis. Les épillets sont fixés par un très court pédoncule sur des dépressions de la rafle suivant un alignement vertical. Sur un épi, on compte 8 à 20 rangées de 16 à 40 graines.

Un épillet femelle est entouré de deux glumes réduites à l'état de bractées et comprend deux fleurs sessiles superposées. La fleur supérieure seule est fertile et elle possède un ovaire à un ovule. L'ovaire est surmonté par un style filiforme et très long (jusqu'à 20 cm) qui se termine par un stigmate bifide appelé soie. La soie émerge au sommet de l'épi et peut recevoir le pollen sur toute sa longueur. Elle est réceptive 2 à 3 semaines après son émergence.

3.1.3.5. Les fruits

Le fruit est un caryopse nu, de couleur, de forme, de dimension et de texture très variables d'un cultivar à un autre. Les grains d'un même épi n'ont pas la même forme. Ceux du milieu sont comprimés et s'aplatissent tandis que ceux du bas se développent normalement. Par contre, les grains du milieu sont les mieux constitués physiologiquement.

Chaque grain est constitué d'un péricarpe ou tégument, enveloppe d'épaisseur et de coloration diverses, d'un albumen ou amande qui renferme des réserves, d'un embryon ou germe qui est l'ébauche de la future plante et d'un cotylédon qui protège la plantule de l'embryon.

L'albumen comprend une première assise de cellules riches en protéines ou couche à aleurone qui enveloppe l'endosperme qui constitue le grain d'amidon. L'endosperme est constitué à la périphérie par de l'amidon corné plus ou moins translucide et dur, et à l'intérieur par de l'amidon farineux, opaque et tendre. Ces deux parties sont plus ou moins importantes l'une de l'autre selon les cultivars.

L'embryon est riche en matières azotées et en huile. Il est constitué d'une tigelle (pousse et feuilles rudimentaires) surmontée d'un coléoptile et d'une radicule (ébauche de la racine) protégée par le coléorhize. Le coléoptile protégera le développement de la tigelle en perçant la croûte de sol.

3.1.4. Cycle végétatif du maïs ^{[4] [5] [6]}

Le cycle complet du maïs dure 100 à 180 jours, suivant les variétés et les conditions de milieu. Le maïs passe par les cinq phases végétatives qui sont :

3.1.4.1. La phase de germination

C'est l'étape qui va du semis à la levée et qui dure cinq à dix jours, dépendant des conditions de température mais surtout d'humidité du sol. A ce stade, la disponibilité des éléments nutritifs n'est pas encore déterminante du bon développement du maïs, la semence vivant principalement de ses réserves.

En présence d'humidité, le grain absorbe l'eau et gonfle. Cette eau favorise l'activation des enzymes présentes dans la couche périphérique de l'albumen.

La plantule de l'embryon se développe : la radicule apparaît en premier (2 à 3 JAS), suivie de la tigelle (3 à 4 JAS). La radicule est encore protégée par le coléorhize et la tigelle par le coléoptile.

Un système racinaire provisoire constitué par les racines séminales se développe à la suite de la radicule. Le premier entrenœud se forme sur le coléoptile, entre le grain et le collet. Cet entrenœud, appelé mésocotyle s'allonge et pousse le coléoptile hors du sol.

La coléoptile se déchire, faisant apparaître deux feuilles embryonnaires.

3.1.4.2. La phase de croissance

La phase de croissance va de la levée à l'apparition de la panicule vers 50 à 60 JAS, voire 80 à 90 JAS, dépendant de la variété, du climat et de la localisation géographique.

La plantule croît lentement. De l'extrémité apicale de la tigelle sortent les vraies feuilles. Il s'en formera 12 à 20 jusqu'à ce que le maïs soit adulte.

Les racines permanentes prennent naissance à partir des premiers entrenœuds très rapprochés. Vers l'étape de floraison mâle, les racines adventives très robustes apparaissent sur les entrenœuds de la base de la tige

3.1.4.3. La phase de floraison

La panicule s'ébauche peu avant la fin de la croissance, vers 4 à 5 semaines après le semis, et met 2 à 3 semaines pour achever son développement. Elle libère le pollen vers la 6^{ème} semaine. L'initiation de l'épi a lieu une semaine environ après celle de la panicule

Les soies sont réceptives dès leur émergence des spathes, 5 à 8 jours après la floraison mâle.

3.1.4.4. La phase de fécondation

La fécondation chez le maïs est à 95% croisée. Ce stade est extrêmement dépendant vis-à-vis de l'eau et des éléments nutritifs.

Après la fécondation la soie brunit et se dessèche, la panicule également.

3.1.4.5. La phase de maturation

A partir de la fécondation, le grain, partant de l'état de pustules aqueuses, se remplit d'une substance riche en sucres qui lui donne progressivement l'aspect laiteux, pâteux et vitreux parallèlement à la transformation de ces sucres en amidon et en amilopectine.

Le grain perd de l'humidité ; à la maturité physiologique, il contient 35% d'humidité tout au plus.

3.1.5. Ecologie du maïs ^{[4] [6] [13] [5] [9]}

L'aire de culture du maïs est très vaste et couvre une grande diversité de climats. Malgré sa remarquable faculté à s'adapter à des conditions de milieu assez variées, le maïs est surtout une céréale des régions tropicales et de quelques pays à climat tempéré chaud.

La culture est possible entre plus de 50° lat. N et 40° lat. S, et aussi bien au littoral que jusqu'à 3.000 m d'altitude. Toutefois, il est préférable de ne pas dépasser 1800 à 2000 m.

A Madagascar, le maïs est cultivé un peu partout en dessous de 1800 m d'altitude, sauf à l'extrême sud à climat aride.

3.1.5.1. Les exigences en eau

L'eau est indispensable pendant toute la durée du cycle. Le maïs a jusqu'à une certaine mesure une flexibilité vis-à-vis de ses exigences en eau, sauf pendant les périodes critiques, notamment à la germination et dans les 30 jours qui encadrent la floraison.

Pour germer, le grain a besoin d'eau. Le sol doit avoir acquis une réserve avant même le semis; deux à trois jours de pluie peuvent garantir une bonne levée. Ensuite, le maïs demande de l'eau pour sa croissance mais peut tolérer une sécheresse raisonnable en début de cycle. Puis les exigences en eau sont importantes 15 jours avant et après la floraison. Un déficit hydrique durant cette phase peut provoquer le dessèchement de la panicule et des soies, d'où une mauvaise fécondation qui diminue le nombre de grains. Un stress marqué ou fréquent en fin de cycle affecte également les rendements, par le mauvais remplissage des grains. Enfin, une bonne maturation est favorisée par un temps chaud et sec.

Deux facteurs sont à considérer, surtout en culture pluviale: la quantité d'eau reçue totale mais surtout sa distribution. L'optimum pour un bon développement des plants est de 600 à 900 mm d'eau, mais 500 mm bien répartis peuvent suffire. On peut admettre que le maïs a besoin d'environ 100 mm de pluie par mois durant tout le cycle.

3.1.5.2. Les exigences en chaleur et en lumière

La température influence la durée du cycle, le développement et la production du maïs.

Le maïs est peu cultivé là où la température moyenne estivale est inférieure à 19°C et dans les régions dont les moyennes nocturnes ne dépassent pas 13°C. Cette céréale ne tolère pas le gel et supporte mal les climats arides.

La germination ne peut se faire correctement en dessous de 10°C, zéro de germination. Juste au dessus, de cette température, cette phase dure 2 à 3 semaines. A 20°C, optimum de germination, elle dure 1 semaine à 10 jours.

L'optimum de végétation est à 19°C. Le zéro de croissance est entre 1 et 5°C. Le maïs meurt sous le gel, la température de mort étant 1°C.

L'optimum pour la floraison et la maturation est entre 21 et 30°C. Les températures en dessous de 16.5°C et au-delà de 35°C gênent la floraison. Les températures nocturnes élevées permettent les meilleurs rendements.

Le maïs a besoin de beaucoup d'ensoleillement et préfère par conséquent les sols exposés.

3.1.5.3. Le sol

Le maïs s'adapte à tous les types de sols, sauf ceux aux caractères extrêmes: les sols salés, les sols trop argileux risquant d'être engorgés, les sols trop sableux ou pierreux trop drainant, les sols trop acides susceptibles de mobiliser des quantités toxiques d'aluminium, de magnésium et de complexer le phosphore.

Le maïs préfère les sols meubles, profonds, légers et drainant. C'est une céréale sensible à la teneur en matière organique du sol.

L'optimum de pH est de 6 à 7.5, mais le maïs tolère une faible acidité. Les sols de pH 5 à 8 conviennent.

Il faut rechercher les terrains plats ou de pente inférieure à 12%, sauf si des dispositifs anti-érosifs sont présents (bandes d'arrêt, cultures intercalaires, billonnage, etc.).

3.1.5.4. Les éléments fertilisants

L'azote est l'élément clef de la culture du maïs. Il est nécessaire pour une bonne édification du plant et permet la formation normale de l'épi. L'azote est indispensable depuis la levée jusqu'à la floraison et l'épiaison mais l'absorption a surtout lieu 2 semaines avant et 3 semaines après la floraison. La libération de l'azote minéral est favorisée par la teneur en matière organique du sol.

Les besoins en phosphore sont aussi importants. C'est un élément souvent limitant. Son absorption a lieu surtout vers la fin de la montaison jusqu'à la maturation. Le phosphore est solidaire de l'azote. Le phosphore permet une bonne fécondation, le bon développement des grains et leur maturation. Il contribue à l'obtention d'un fruit de qualité.

Le potassium est un facteur de résistance et agit sur la vigueur générale. Il intervient aussi dans la transformation des sucres des grains.

Le maïs répond bien à la fertilisation, toutes autres conditions de milieu étant maîtrisées. Le maïs doit retrouver dans le sol une quantité disponible d'éléments fertilisants au moins égale à celle exportée (voir à titre d'exemple l'annexe n°1 sur les « Besoins en éléments fertilisants N, P et K, les « Exportations de N, P et K par tonne de maïs » et la « Correspondance apports rendement et apport d'azote » d'une variété de maïs).^[7]

3.1.5.5. Vents

La structure du maïs notamment sa taille et la dimension de ses feuilles le rendent vulnérable aux vents violents.

3.1.5.6. Maladies et ennemis

a) Ennemis (aux champs)

- Insectes terricoles

Ce sont surtout des coléoptères, notamment :

- *Hétéronychus* ou scarabée noir qui attaque le plant jeune au niveau du collet provoquant la section de la tige. Le plant attaqué se reconnaît par la partie aérienne qui fléchit.
- Les larves noctuelles du genre *Agrotis* (ver gris, les vers blancs, attaquant également au niveau du collet).

- D'autres coléoptères: *Gonocephalum*, *Zonophis*, *Hoplochelus*, *Enaya*, qui dévorent les parties de la plante en contact avec le sol.

- Des nématodes capables de dégâts importants et dont la lutte est coûteuse.

- Les foreurs des tiges (borers)

A Madagascar, on a l'espèce *Sesamia calamistis* (borer rose). Les larves de lépidoptères pénètrent la nuit par le cornet dans la tige et consomment la moelle jusqu'à la mort de la plante.

- Les chenilles

Ce sont des lépidoptères, notamment :

- ❖ les chenilles foreuses des épis du genre *Helicoverpa*. Elles consomment les soies, ce qui empêche la fécondation. Elles pénètrent le bout de l'épi et dévorent les grains tendres.

- ❖ les chenilles défoliatrices du genre *Spodoptera*. Elles se déplacent en groupe pour dévorer les feuilles (d'où le nom chenilles légionnaires).

Photo n°1 : Attaque sévère sur le maïs



- Les pucerons

Ce sont des piqueurs des feuilles et des inflorescences. Leurs déjections miellées attirent les fumagines. La plante peut faiblir si la population est importante et l'activité photosynthétique est gênée par les champignons.

b) Maladies

Les maladies cryptogamiques sont difficiles à combattre et sont principalement l'helminthosporiose et la rouille. Généralement, on recommande les variétés résistantes.

Les viroses sont surtout de trois types: MSV (Maize Streak Virus), MMV (Maize Mozaic Virus) et MSPV (Maize Stripe virus).

3.1.6. Production et utilisations du maïs^{[1] [5] [6] [9] [2]}

3.1.6.1. Techniques culturales

a) Préparation du sol

Avant d'être mis en culture, le sol doit être préparé et les différentes étapes de ce thème cultural ont pour but :

- d'ameublir le sol c'est-à-dire donner à ce dernier une structure
 - favorisant la pénétration et le stockage de l'eau et de l'air.
 - facilitant le contact sol - grain et donc la germination.
 - permettant aux racines de se développer sans obstacle.
- de supprimer la végétation indésirable et de limiter l'enherbement.
- d'enfouir la matière organique et éventuellement les fumures.

En culture manuelle et en culture attelée, un premier labour devrait être effectué peu de temps après la récolte. Les chaumes et les résidus de récolte sont enfouis dans un travail aussi profond que le permet l'outil utilisé (20 à 25 cm). L'apport de fumures organique et phosphopotassique peut être combiné à cette opération.

Dans les systèmes d'exploitation fortement mécanisés, le déchaumage se fait soit en fin de cycle, soit en début de cycle.

Le déchaumage de fin de cycle se fait juste après la récolte, à l'aide d'un broyeur- enfouisseur. Il est suivi d'un deuxième passage équivalent à un binage et qui améliore le stockage d'eau. Enfin, un hersage suffit en début du cycle.

Le déchaumage de début de cycle se fait dès les premières pluies. Il est suivi d'un labour profond (20 à 30 cm) et d'un hersage.

On considère qu'un sol bien travaillé est celui qui présente des mottes de 4 à 5cm de diamètre. Une intervention trop poussée dans l'une de ces étapes expose le sol au phénomène de battance, au compactage et au tassement.

b) Semis

L'obtention d'une densité suffisante dépend de l'humidité du sol, de la quantité de grains semés, de leur répartition et des modalités pratiques du semis.

- Choix des semences

Choisir des semences provenant de variétés bien adaptées à la région de culture. Les grains doivent être indemnes de maladies et de parasites, avoir une faculté germinative supérieure à 80% et une bonne énergie germinative. Les traitements insecticides et fongicides des semences peuvent contribuer à améliorer les rendements.

- Choix de la date de semis

Nous considérerons ici essentiellement le cas de la culture pluviale.

Il a été prouvé que les semis effectués tôt dans la saison des pluies garantissent les meilleurs rendements. Plus on sème longtemps après l'installation des pluies, moins on a de rendements. Cependant, la réussite de la levée dépend de l'état d'humidité du sol. On estime que 2 à 3 jours de pluies donnent au sol une réserve d'eau suffisante pour assurer la germination et la levée.

Un autre aspect important est que la phase de floraison ne doit pas coïncider avec une période de sécheresse et que la phase de maturation par contre doit si possible commencer avec le début de la saison sèche. La connaissance de la variété et l'étude fréquentielle de la pluviométrie peuvent aider à choisir la date optimale pour un bon semis.

- Mode de semis

En culture pure et dans des conditions de bonne fertilisation une densité allant de 40 000 à 60 000 plants/ha semble être optimale. Il est souvent nécessaire de semer deux fois plus de graines que le nombre définitif de plants recherché. En cas de population trop nombreuse, l'ajustement se fait par démariage.

Au-delà du nombre de plants à l'unité de surface, l'occupation correcte du sol par une répartition régulière des plants est une condition de base pour l'obtention de bons rendements.

Le maïs est semé en lignes distantes de 70 à 80 cm. En culture manuelle, les grains sont disposés dans les poquets équidistants de 20 à 50 cm dans la ligne. En culture mécanisée, la ligne de semis est un sillon dans lequel les grains sont répartis individuellement à 10 - 20 cm de distance.

La profondeur du semis va de 2 à 3 cm en sol humide ou argileux jusqu'à 5 à 6 cm en sol normal. Les tableaux suivants nous donnent des densités théoriques en fonction des espacements des lignes et du démariage nécessaire.

**Tableau n°1 : Ecartements nécessaires en fonction des densités théoriques recherchées
(Cas du semis manuel en poquets).**

| E spacements (cm) | | Démariage | Densité théorique (pl/ha) |
|-------------------|---------|---------------------|---------------------------|
| lignes | poquets | | |
| 80 | 20 | 1 plant par poquet | 62 500 |
| | 25 | 1 plant par poquet | 50 000 |
| | 40 | 1 plant par poquet | 31 250 |
| | | 2 plants par poquet | 62 500 |
| | 50 | 2 plants par poquet | 50 000 |
| 75 | 25 | 1 plant par poquet | 53 200 |
| | 40 | 1 plant par poquet | 33 250 |
| | 50 | 2 plants par poquet | 53 200 |
| 70 | 25 | 1 plant par poquet | 57 120 |
| | 40 | 1 plant par poquet | 35 500 |
| | | 2 plants par poquet | 71 500 |
| | 50 | 2 plants par poquet | 57 120 |

**Tableau n°2 : Ecartements nécessaires en fonction des densités théoriques recherchées
(Cas du semis mécanique en sillons).**

| E spacements (cm) | | Démariage | Densité théorique (pl/ha) |
|-------------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | | |
| 80 | | 5 plants par poquet | 62 500 |
| | | 4 plants par poquet | 50 000 |
| | | 3 plants par poquet | 37 500 |
| 75 | | 5 plants par poquet | 6 650 |
| | | 4 plants par poquet | 53 200 |
| | | 3 plants par poquet | 40 000 |

Source : Inspiré de Gérard SEMENT^[14].

c) Fertilisation

La fertilisation doit pouvoir assurer la nutrition de la plante et l'entretien de la fertilité du sol, c'est-à-dire compenser les prélèvements par la plante cultivée et par les adventices, les pertes par entraînements par l'excès d'eau (lixiviation), par volatilisation (cas de l'azote).

- La fumure organique

Le fumier peut être apporté autant que possible. Mis à part son action sur l'amélioration de la stabilité structurale du sol (amendement humique), la fumure organique contribue à accroître sa fertilité. Une tonne de fumier peut apporter : 4 à 5 kg de N, 3 à 15 kg de P₂O₅ et 3 à 6 kg de K₂O. ^{[5] [13]}

Le fumier doit être enfoui au labour, plusieurs mois avant le semis ou, apporté localement dans les trous de plantation au moment du semis.

- La fumure minérale

Même en sol riche, il peut s'avérer utile d'apporter une fertilisation chimique. Celle-ci dépend du niveau d'intensification de l'exploitation, de l'historique des parcelles, de la productivité de la variété et des prélèvements.

L'azote est apporté par l'urée ou les engrais nitriques, aux stades appropriés (montaison, floraison) et en doses aussi fractionnées que possible.

Le phosphore (sous forme de NPK ou de super triple) et la potasse (sous forme de NPK ou de muriate de potasse) sont apportés au semis, en épandage ou localisé.

- Doses d'apport

Il existe des formulations précises destinées à la fertilisation du maïs. Toutefois nous adopterons une approche se rapportant à différents niveaux d'intensification observés à Madagascar^[6].

- Culture traditionnelle améliorée

- ❖ Fumier (ou compost « bien fait ») : 5 -10 t/ha localisé dans les trous de plantation.

- ❖ NPK 11.22.16 : 75 -100 kg/ha localisé dans les trous de plantation.

- ❖ Urée (éventuellement) : 50 kg/ha apportés en couverture au stade montaison.

- Culture semi - intensive

- ❖ Fumier (ou compost) : 10 - 15 t/ha épandus uniformément en surface suivi d'enfouissement ou localisés dans les trous de plantation.

- ❖ NPK 11.22.16 : 150-200 kg/ha au semis en épandage uniforme en surface suivi d'enfouissement ou localisé dans les trous de plantation.

- ❖ Urée : 75 -100 kg/ha en couverture, fractionnée en deux : la moitié de la dose au cours de la montaison et le reste en début floraison mâle.

- ❖ Dolomie : 250 -500 kg/ha au semis en épandage uniforme ou localisé.

- Culture intensive (mécanisée, industrielle)

- ❖ Restitution des résidus de récolte, ou à défaut : fumier : 15 -20 t/ha au moment du labour de fin de cycle.

- ❖ NPK 11.22.16 : 250 -300 kg/ha, en épandage uniforme au semis ou localisé.

- ❖ Urée : 150 -200 kg/ha en couverture comme en culture semi - intensive.

- ❖ Dolomie : 500 -1000 kg/ha, comme en culture semi - intensive.

d) Entretien de la culture

- Remplacement des manquants

Le resemis doit être exécuté très tôt dès que l'on peut constater les manques à la levée, mais en sol humide. Au-delà de 10 jours après la levée générale, il est inutile de le faire car la nouvelle végétation sera dominée par les plants issus du semis initial.

- Démariage

Le démariage est la suppression du surnombre de plants par rapport à la densité théorique et la répartition sur le terrain. Cette opération doit avoir lieu au stade 2 à 3 vraies feuilles, autrement, les plants maintenus auraient déjà subi la concurrence et risquent d'être stressés par l'arrachage.

- Désherbage

La lutte efficace contre les mauvaises herbes contribue à garantir de bons rendements. Le désherbage peut être effectué chimiquement, mécaniquement ou manuellement.

En culture manuelle, il faut 2 à 3 sarclages :

- le premier encore appelé sarclage précoce se fait à 10 à 20 JAL et peut se combiner au démariage
- le second est vers 30 à 40 JAL et s'accompagne d'un léger buttage (sarclo - buttage).
- ensuite on effectue un buttage lorsque les plants sont à hauteur du genou (50-60 cm). C'est à ce moment que l'azote peut aussi être apporté en partie.
- enfin, le 3^{ème} sarclage, ou 2^{ème} sarclo - buttage peut avoir lieu peu avant la floraison mâle et être combiné à un 2^{ème} apport d'azote (vers 60-80 JAL).

La lutte chimique intéresse surtout la culture intensive mécanisée. Souvent, on effectue un traitement de prélevée du maïs et des mauvaises herbes. Les émergences éventuelles d'adventices sont contrôlées lors du sarclo - buttage avec l'apport d'azote.

- Contrôle des ravageurs

Suivant les régions, on peut recommander ou non de traitements préventifs. Mais en général, toute action est à justifier par l'estimation de la population de ravageurs présente, de son stade par rapport à celui du maïs et de l'importance du risque par rapport à la production espérée et au coût du traitement.

e) La récolte et les opérations de post-récolte du maïs sec

Le maïs est récoltable lorsqu'il a atteint le stade de maturité physiologique complète, ce qui correspond généralement aux observations suivantes :

- la quasi-totalité des spathes sont sèches
- les grains ne sont plus rayables à l'ongle

- la majorité des feuilles sont desséchées
- une couche noire est visible au niveau du point d'insertion du grain à la rafle.

Les épis sont récoltés, débarrassés de leurs spathes avant d'être mis à sécher à l'air libre, suspendus sur des perroquets ou entassés dans des cribs. Les épis sont considérés comme secs quand le grain tombe facilement.

L'égrenage se fait manuellement, ce qui exige énormément de main d'œuvre, ou mécaniquement, avec des égreneuses motorisées, ou à manivelle.

A ce stade, le grain contient encore de l'eau reçue durant le contact avec la rafle. Or, le maïs doit avoir un taux d'humidité aussi faible que possible, 12-13 % tout au plus, pour être apte au stockage. Aussi, le maïs égrené est mis à sécher.

3.1.6.2. Utilisations du maïs

Le maïs figure aujourd'hui au premier rang mondial en tonnage parmi toutes les céréales. Son domaine d'utilisation est très vaste, on compte près de 500 produits et sous produits.

En alimentation humaine, le maïs est préparé de diverses façons : en épi, bouillis ou grillés, en grains bouillis ; la semoule sert à préparer du pain.

En industrie, le maïs participe dans la composition de nombreux produits. La graine peut donner de l'huile pour la savonnerie. Raffinée, cette huile peut servir en alimentation humaine. Les résidus sont introduits dans l'alimentation animale. La fermentation donne de nombreux alcools, de l'acide citrique ou lactique. La zéine permet de produire des fibres.

En alimentation animale, le maïs est la principale matière première et contribue généralement à hauteur de 65 - 75 % dans la composition de la provende.

3.1.7. Le maïs à Madagascar ^{[2] [15]}

Autour de 190 000 hectares de terrains sont cultivés en maïs chaque année, ce qui lui confère, parmi les cultures vivrières, la 3^{ème} position en terme de surface, après le riz et le manioc. La moyenne des productions annuelles est d'environ 168 000 tonnes et place le maïs en 5^{ème} position après le riz, le manioc, la patate douce et la pomme de terre. La culture de cette céréale concerne environ 700 000 exploitants.

Il est évident que le maïs occupe une place importante parmi les cultures vivrières à Madagascar. Cependant, la culture, conduite généralement de façon traditionnelle, ne donne pas plus de 1 tonne par hectare de rendement en moyenne. Le niveau potentiel de productivité étant très supérieur à ce rendement pour la plupart de nos régions, le maïs pourrait contribuer plus au développement du pays en devenant plus productif.

3.1.7.1. Les zones de production

La culture du maïs est présente un peu partout dans l'île (voir annexe 2 (tableau et graphique) sur les statistiques du maïs à Madagascar).

Sur la totalité de la production nationale (169 800 t en 2000), la moitié est souvent assurée par la province de Tananarive (79 505 t soit 46.8% en 2000). La moitié de ce volume sort de la région du Vakinankaratra (Antsirabe : 17 200 t, Antanifotsy : 10 250 t, Betafo-Ambatolampy-Faratsiho : 16 140 t en 2000 soit au total 49%), et les 30% du Moyen-Ouest : fivondronana de Tsiroanomandidy et de Soavinandriana (respectivement 11 700 t et 11 150 t en 2000, soit 28%). Cette dernière région est considérée comme la plus favorable à la culture avec son climat tropical d'altitude plus chaud, un sol faiblement désaturé et une pluviométrie plus importante que dans les Hautes Terres. Le rendement moyen y est d'ailleurs supérieur à celui de la 1^{ère} zone de production (995 kg/ha contre 714 kg/ha en 2000), même s'il a considérablement chuté ces dernières années. Les meilleurs rendements s'observent cependant dans la province de Fianarantsoa (1064kg/ha en moyenne, 1151 kg/ha en 2000). Avec Tuléar et Majunga, Fianarantsoa fait les 43% de la production nationale.

3.1.7.2. Les quantités produites

En 2000, 192 100 ha cultivés ont produit 169 800t. La production nationale va en diminuant. Ceci s'explique par une baisse du rendement moyen (937 kg/ha en 1997, 882 kg/ha en 2000) et non pas par un abandon de la culture, les superficies ayant plutôt augmentées (voir annexe 2 : Tableau et graphique intitulés « Productions et superficies par faritany »).

3.1.7.3. La situation technique

a) Technique culturale

La culture de type pluvial prédomine, quoique la contre saison est pratiquée mais de façon sporadique. La mécanisation est rare et les systèmes d'exploitations, de types traditionnels à traditionnels améliorés, sont souvent conduits en association avec d'autres cultures (haricot, manioc, ...).

Les principaux calendriers culturels sont:

- sur les Hautes Terres et dans le Moyen - Ouest : semis de septembre à mi-novembre, récolte en mars à avril - juin.
- dans les baiboho du Nord - Ouest: semis en avril, récolte en août.

b) Variétés utilisées

Les variétés composites, convenant assez aux itinéraires techniques locales, ont toujours été recommandées et les plus adoptées. Ce sont surtout : IRAT 200, IRAT 290, IRAT 218, MEVA, VOLASOA, 374, 283.

Les semences proviennent des CMS (PMMO - Sakay,...), de centres de recherche (FOFIFA essentiellement), des OPS, ou de l'autoproduction et d'échanges entre planteurs. Elles peuvent être fournies par l'importation également. C'est ainsi qu'en 2003 il a été introduit un lot de semences hybrides (Projet PANNAR) qui ont été réparties dans diverses régions.

c) Transformation

Le maïs est utilisé :

- en provenderie où il entre à plus de 60% dans les formulations.
- pour obtenir de la farine. Cette opération est industrielle ou artisanale, et donne de la farine pour alimentation humaine ou de la farine de germe pour l'alimentation animale. Madagascar compte deux industries de ce type (Antsirabe et Majunga).
- en brasserie où intervient principalement la STAR.

3.1.7.4. La commercialisation

a) Les débouchés locaux

Le maïs est commercialisé sous 3 formes :

- en épi vert sur les marchés environnant les zones de production.
- en grains secs, entiers ou pilés.
- en farine.

On estime que sur la totalité de la production :

- 4% sont prélevés pour la multiplication.
- 70 à 75% sont commercialisés.
- 20 à 22 % sont autoconsommés. Le maïs est une céréale principale pour la population du sud (31.4kg / habitant / an) et de substitution au riz, notamment en période de soudure, pour le reste. Les plus grands marchés qui absorbent la production sont Tananarive et l'axe sud du pays. La commercialisation est prise en main par des collecteurs et des grossistes très nombreux.

b) L'exportation

La part de l'exportation est négligeable (2729 t et 1.8 milliards de francs malgaches en valeur FOB en 2000) et est destinée aux îles Comores, Seychelles, La Réunion, et à l'Europe (Suisse, France).

c) L'importation

Les dernières plus grandes importations datent de 2000, suite aux invasions acridiennes (4547 t, 12 milliards de fmg en 2000).

L'importation se fait surtout sous forme de farine et dans une moindre mesure de semoule, de maïs doux, d'amidons.

d) Contexte actuel de la filière maïs

Le prix au producteur est le plus élevé avant la récolte en cours et chute considérablement au fur et à mesure que le volume drainé diminue.

On observe un écart considérable entre le prix au producteur et le prix du marché de Tananarive, considéré comme étant le plus grand, étant le même pour toute provenance de maïs, il est clair que le producteur le plus éloigné est le moins payé. Le prix au producteur le plus bas est recensé à Tuléar et le plus fort à Tsiroanomandidy.

L'année 2004 marque une crise de la filière. Résultat de spéculations ou d'une chute des productions due aux deux derniers cyclones, toujours est il que les prix ont accusé une hausse anormalement élevée (voir annexe 3 sur « L'évolution des prix d'achat de maïs par LFL Madagascar – période janvier 2002 à juillet 2004 »).

3.1.8. Conclusion partielle

Le maïs est une graminée dont la culture a été favorisée par sa très large faculté d'adaptation. A Madagascar, il est présent sur la presque totalité du territoire, et constitue même une base d'alimentation humaine dans le Sud. Les principales zones de production sont le Vakinankaratra et le Moyen – Ouest.

La filière est très concernée par la spéculation des intermédiaires, et ce phénomène contribue à rendre les prix très instables au cours d'une année.

Parmi les nombreuses utilisations du maïs grain figure son introduction à hauteur de 65 à 75 % en masse dans les formulations de provende.

3.2. Présentation du milieu d'étude

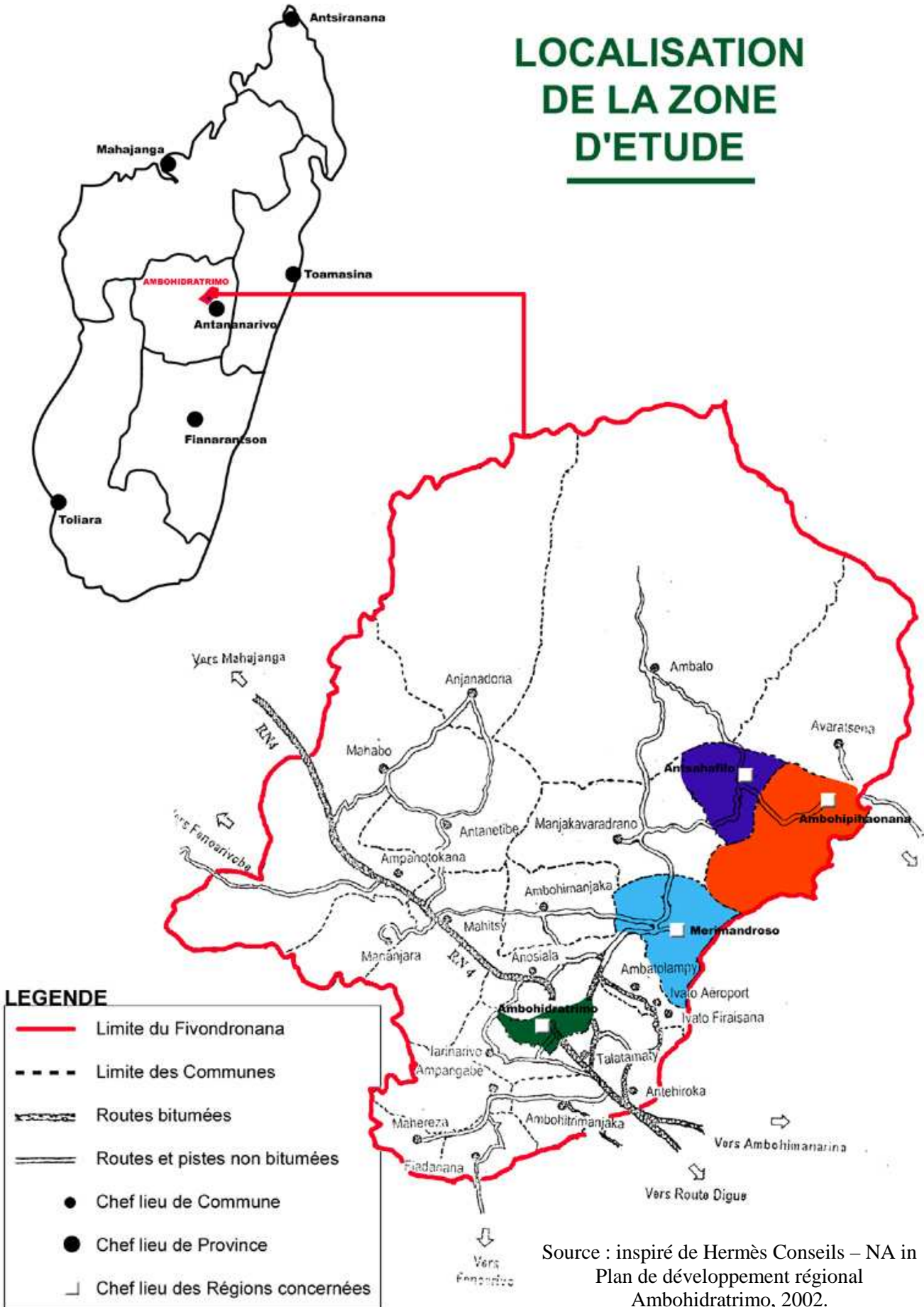
Cette partie est le résultat d'un travail bibliographique destiné à collecter de données sur la région étudiée.

3.2.1. Localisation géographique et administrative

3.2.1.1. Localisation géographique

La carte de situation (figure n°2) localise le fivondronana d'Ambohidratrimo et les trois communes d'Antsahafilo, Ambohipihaonana et Merimandroso, faisant l'objet de la présente étude, par rapport aux faritany et celui de Tananarive, sa province d'appartenance, en particulier.

Figure n°2 : Localisation de la zone d'étude



Source : inspiré de Hermès Conseils – NA in
Plan de développement régional
Ambohidratrimo, 2002.

Le fivondronana d'Ambohidratrimo se situe au nord-ouest de la capitale, entre 18°90' -19° S et 47°- 49° 90' E .L'altitude est comprise entre 900 et 1500 m et l'espace géographique couvert par Ambohidratrimo mesure 1530 km².Les trois communes étudiées se trouvent à l'Est du fivondronana et leurs superficies respectives sont :

- Merimandroso : 75 km²
- Antsahafilo : 42km²
- Ambohimpiaonana : 20 km².

3.2.1.2. Localisation administrative

La même carte nous indique les délimitations des circonscriptions administratives du fivondronana.

Ambohidratrimo compte 25 communes et fait partie du faritany d'Antananarivo.Les fivondronana limitrophes sont :

- Antananarivo Renivohitra et Avaradrano à l'est.
- Ankazobe et Anjozorobe à l'ouest.
- Antananarivo Atsimondrano et Arivonimamo au sud.
- Antananarivo Avaradrano et Anjozorobe au nord.

Ambohidratrimo est relié à la capitale par la route nationale 4.Une quinzaine de kilomètres séparent les deux régions.C'est le plus étendu des 4 fivondronana du faritany de Tananarive car il occupe environ 60% du Grand Tananarive.

Le tableau suivant nous donne une description sommaire des 3 communes étudiées (communes mises en évidence par des couleurs sur la carte).

Tableau n°3 : Superficie, nombre de Fokontany et population par commune

| COMMUNES | SUPERFICIE (km2) | NOMBRE DE FOKONTANY | POPULATION |
|--------------------------------------|---------------------|------------------------|------------|
| 1. ANTSAHAFILO | 40 | 4 | 1647 |
| 2. AMBOHIPIHAONANANA | 20 | 11 | 3583 |
| 3. MERIMANDROSO | 75 | 20 | 11163 |
| PART SUR TOTAL AMBOHIDRATRIMO (%) | 8.89 | 11.18 | 5.25 |

Source : Extrait des données démographiques du Plan de Développement régional d'Ambohidratrimo.

Hermès conseils - NA (2002).

3.2.2. Milieu physique

3.2.2.1. Géologie et géomorphologie

La région d'Ambohidratrimo repose sur le socle cristallin, d'âge précambrien, et au sein du système dénommé Andriamena - Manampontsy.

Dans ce système, très affecté par le métamorphisme et un processus d'orogénèse, on a un grand développement de migmatite granitoïde et de granite stratoïde dans sa partie centrale comprenant Ambohidratrimo ^[16]. Concernant le milieu d'étude, un métamorphisme évident est observé à Antsahafilo.

3.2.2.2. Sols

Mis à part les plaines à rizières à sols hydromorphes, le terroir est essentiellement à :

- sols peu évolués d'érosion là où la pente est forte (plus de 45%)
- sols ferralitiques issus d'une agression climatique poussée des minéraux primaires ailleurs.

L'argile, de type kaolitique, confère au sol une très faible capacité d'échange et une désaturation.

3.2.2.3. Climat

La commune de Ivato étant plus proche des zones d'intervention et les données les plus récentes y étant relatives, les argumentations liées à la question de pluviosité auront comme référence cette localité.

Deux sources de données ont été consultées pour cette partie :

- la direction de la Météorologie de Madagascar pour les données pluviométriques et thermiques de la période 1961-1988 d'Ambohidratrimo et d'Ivato aéroport.
- l'ASECNA pour les données pluviométriques d'Ivato aéroport de la période 1993-juin 2004.

a) Pluviométrie

Les tableaux et le graphique suivants donnent un aperçu du comportement pluviométrique des quarante dernières années.

Tableau n°4 : Pluviosité mensuelle (mm) de Ivato aéroport, période 1993 - 2004

| | JUIL | AOUT | SEPT | OCT | NOV | DEC | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN |
|--------|------|------|-------|------|-----|--------|--------|--------|--------|-------|-----|------|
| PLUIES | 6,53 | 7,69 | 18,87 | 49,2 | 88 | 331,46 | 416,37 | 299,44 | 214,35 | 44,34 | 32 | 2,94 |

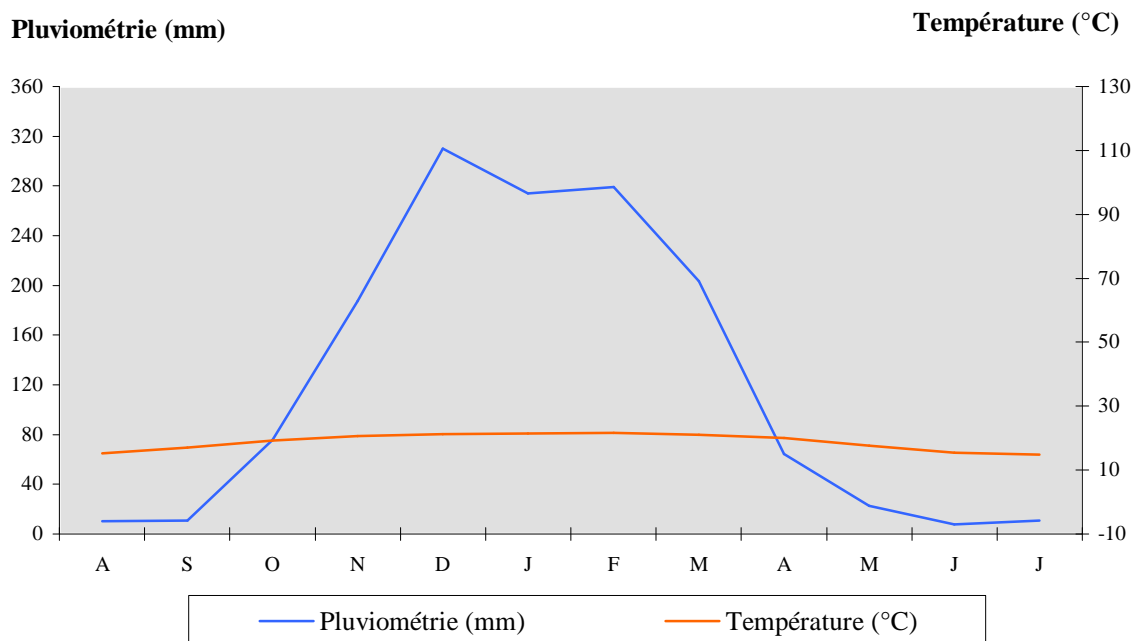
Source : ASECNA , Service des données météorologiques, Juillet 2004.

Tableau n°5 : Pluviosité mensuelle (mm) de Ivato aéroport, période 1961 - 1988

| | JUIL | AOUT | SEPT | OCT | NOV | DEC | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN |
|--------|------|------|------|------|-------|--------|-----|-------|-------|------|------|------|
| PLUIES | 10,8 | 10,4 | 10,6 | 75,8 | 187,7 | 309,90 | 274 | 278,9 | 203,5 | 64,5 | 22,5 | 7,7 |

Source : Moyennes mensuelles, période 1961-1988, pour Ivato aéroport - Direction de la météorologie.

Graphique n°1 : Diagramme ombrothermique de Gaussen pour Ivato Aéroport (Période 1961-1988).



De l'observation des tableaux et graphiques ci – dessus, il apparaît que la saison pluvieuse démarre en octobre et finit en avril. La moyenne mensuelle est de 199,19 mm pour 1961-1988 et de 206,16 mm pour 1993-2003.

b) Température

Le tableau suivant fournit des données collectées à la Direction de la météorologie.

Tableau n°6 : Températures mensuelles de Ivato aéroport, période 1961 - 1988

| Mois | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | septembre | octobre | novembre | décembre |
|-----------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| T Min | 16.6 | 16.8 | 16.3 | 15 | 12.3 | 10 | 9.5 | 9.6 | 10.6 | 12.9 | 14.8 | 16.2 |
| T Max | 26.4 | 26.5 | 25.9 | 25.2 | 23.2 | 21.1 | 20.4 | 21 | 23.6 | 25.8 | 26.6 | 26.4 |
| T Moy | 21.5 | 21.7 | 21.1 | 20.1 | 17.7 | 15.5 | 14.9 | 15.3 | 17.1 | 19.3 | 20.7 | 21.3 |
| T Min abs | 11.8 | 12.6 | 11.3 | 5 | 5.5 | 1.6 | 1.6 | 1.2 | 1.9 | 5 | 7.3 | 1.4 |
| T Max abs | 31.8 | 31 | 30.3 | 29.5 | 29 | 25.7 | 25.8 | 27.4 | 30.3 | 31.8 | 32.3 | 31.8 |

Légende:

T Min : températures minimales en °C.

T Max : températures maximales en °C.

T Moy : températures moyennes en °C.

T Min abs : températures minimales absolues en °C.

T Max abs : températures maximales absolues en °C.

Source : Moyennes mensuelles (°C), période 1961-1988, pour Ivato aéroport - Direction de la météorologie.

Le tableau montre que :

- la moyenne de température durant la saison pluvieuse atteint les optimums de germination et de croissance de maïs

- les températures moyennes sont 20.81°C et l'amplitude annuelle est faible ;

A aucun mois le zéro de végétation n'est atteint, ce qui autorise la culture du maïs tout au long de l'année si la question d'alimentation en eau est résolue.

c) Hygrométrie

L'hygrométrie se présente comme suit :

Tableau n°7 : Humidités relatives mensuelles de Ivato aéroport, période 1961 - 1988

| Mois | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | septembre | octobre | novembre | décembre |
|-----------|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| H.R.* (%) | 79 | 80 | 80 | 79 | 79 | 79 | 79 | 76 | 71 | 71 | 75 | 79 |

* H.R. : Humidités relatives.

Source : Moyennes mensuelles, période 1961-1988, pour Ivato aéroport - Direction de la météorologie.

Maximum : décembre à juillet : 79 à 80%.

Minimum : août à novembre : 71 à 76 %.

Les données concernant l'évaporation, l'éclairement, la nébulosité et les vents n'ont pu être obtenus.

3.2.2.4. Hydrologie

Les cours d'eau les plus importants du fivondronana sont : l'Ikopa, l'Andromba et le Mamba.

On recense des lacs dont Ambohibao, Andranotapahina, Andranomandrava.

Concernant les communes étudiées en particulier, les sources d'eau ne tarissent pas en saison sèche, seul le débit baisse. Deux périodes sont les plus exigeantes en eau ce qui exige une organisation de tours : la première en novembre avant la campagne rizicole et la seconde entre juin et août durant les cultures de contre saison sur rizière.

3.2.2.5. Végétation

La végétation spontanée est constituée de graminées (*Cynodon dactylon*, *Aristida multicaulis*, etc.), d'éricacées (*Philippia florimbuda*, et d'arbustes (*Psidia guayava*, *Acacia*, etc...).

Des forêts de reboisement occupent une superficie très restreinte des tanety et concernent les pins et l'Eucalyptus et le mûrier.

3.2.3. Conclusion partielle

La région présente les caractéristiques typiques des conditions pédoclimatiques des Hautes Terres. Le facteur sol mis à part, il semble apparaître à ce stade qu'un seul cycle cultural de maïs pluvial est permis par les conditions locales et il convient que les semis soient effectués début novembre. Le maïs devant bénéficier d'au moins 500mm bien répartis (voir partie suivante), la date de semis au plus tard est en janvier.

En conclusion, les exigences écologiques, sol mis à part, de la culture du maïs sont remplies d'octobre en juin en pluvial et toute l'année si l'irrigation est possible.

4. RASSEMBLEMENT DE DONNEES COMPLEMENTAIRES SUR LA REGION ETUDIEE

Afin de bien comprendre les conditions de production paysanne et mieux développer l'insertion du maïs dans les systèmes de production locaux, des données complémentaires à celles fournies par la bibliographie ont dû être rassemblées. Les moyens utilisés pour arriver à cet objectif ont été :

- les observations sur le terrain
 - une enquête rapide menée auprès des planteurs inscrits dans le projet pilote
 - des enquêtes approfondies menées auprès de quelques exploitations représentatives des différents types constatés après l'analyse des résultats du travail précédent.
- concernant les sols du milieu étudié, une tentative de les caractériser a pu se faire grâce à l'analyse physico-chimique d'un certain nombre d'échantillon.

Tous les tableaux qui suivent ont par conséquent pour source l'auteur.

4.1. Le relief

Le relief est classique du paysage des Hautes Terres et présente :

- des collines en demi - orange à pente longitudinale longue et présentant un phénomène de lavaka.
- des têtes de vallées amphithéâtres. L'aménagement est le plus fréquent là où le profil est concave, ce qui facilite le travail et permet un gain de surface supérieur à celui des profils convexes. Ces derniers sont plus nombreux dans la commune de Merimandroso tandis que les profils concaves aménagés le sont à Ambohipihaonana et Antsahafilo.
- des vallées principales, point de jonction des vallées élémentaires.

Partout où un cours d'eau affleure le long de ces vallées, des rizières ont été aménagées. Certaines accueillent l'oignon en saison sèche.

- des bas fonds, point de rencontre des vallées et essentiellement cultivés en riz. Les rizières de bas fonds sont plus étendues à Merimandroso qu'à Antsahafilo et Ambohipihaonana, deux régions plus montagneuses (voir cartes n° 1 et 2).

Photo n°2 : Mise en valeur du terroir



4.2. Pédologie

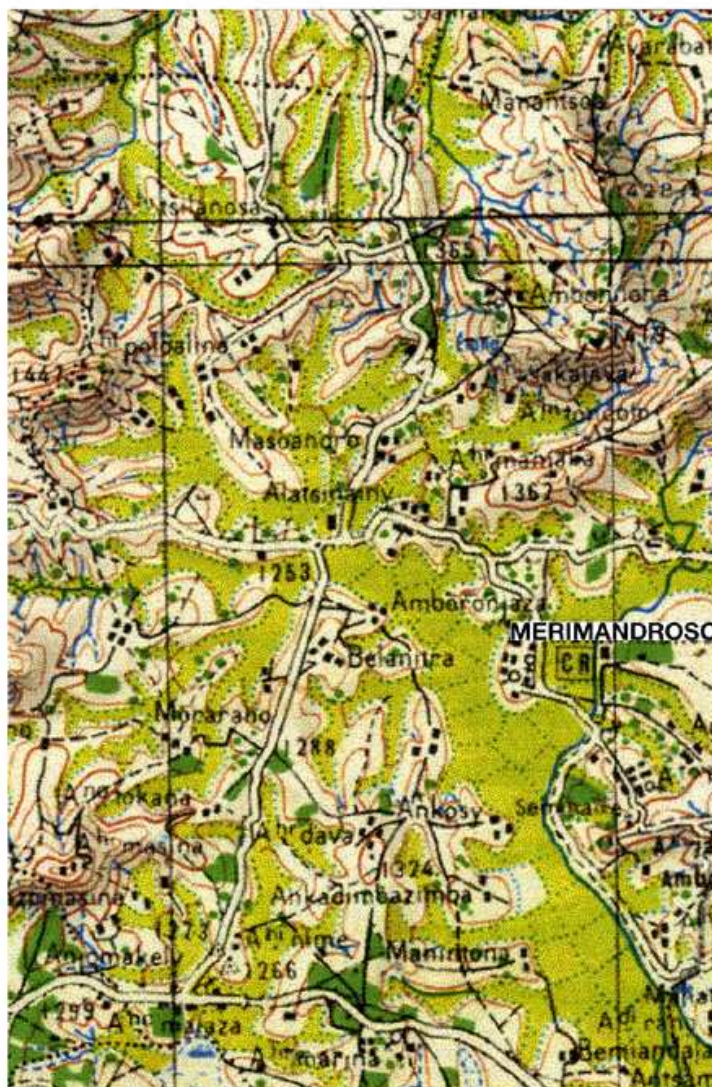
Un certain nombre d'échantillon de sol ont été prélevés à différents niveaux (sommet de colline, pied de vallée, cultivés en oignon et non cultivés en oignon) et dans chacune des trois communes. L'horizon considéré va de 0 à 20 cm de profondeur, ce qui correspond à l'espace exploité par le maïs. Les résultats de ces analyses sont fournis dans les tableaux ci-après. La méthode utilisée pour l'échantillonnage fut celle des diagonales.

CARTE N°1 : ANTSAHAFILO / AMBOHIPIHAONANA

Source : feuille P46S - FTM (1974)



CARTE N°2 : MERIMANDROSO



Source : feuille P46S - FTM (1974)

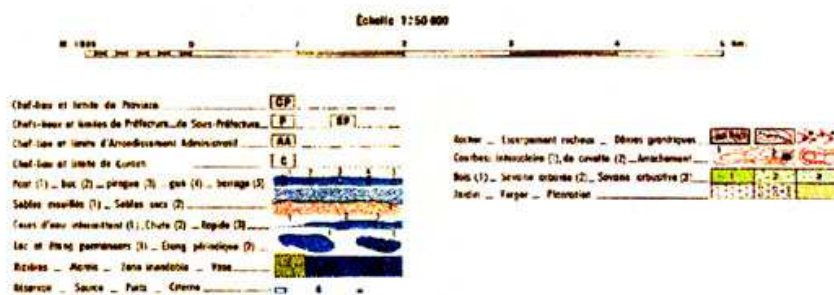


Tableau n°8 : Caractéristiques physiques des principaux types de sols rencontrés

1. Communes étudiées

| COMMUNE | TERROIR | Argile (0-2 μ) | Limon fin (2-20 μ) | Lim. grossier (20-50 μ) | Sable fin (50-200 μ) | Sable grossier (0,2-2mm) |
|-----------------|----------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| AMBOHIPIHAONANA | Bas versant à oignon | 29,18 | 13,85 | 3,75 | 11,69 | 41,52 |
| | Tanety à manioc | 22,52 | 19,04 | 5,87 | 15,96 | 36,61 |
| MERIMANDROSO | Tanety à manioc | 24,96 | 16,41 | 3,87 | 12,29 | 42,47 |
| | Tanety à manioc | 28,68 | 11,44 | 5,82 | 19,05 | 35,01 |
| | Bas versant à manioc | 30,41 | 13,62 | 4,51 | 15,18 | 36,27 |
| | Bas versant | 14,97 | 17,60 | 4,66 | 13,04 | 49,72 |
| ANTSAHAFILO | Bas versant à oignon | 22,50 | 13,60 | 5,50 | 17,80 | 40,60 |

2. Autres localités du fivondronana

| LOCALITE | TERROIR | Argile | Limon fin | Lim. grossier | Sable fin | Sable grossier |
|---------------------------------------|--------------------|--------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| ANDAKANA (Parcelle d'expérimentation) | Tanety de défriche | 28,52 | 16,79 | 4,71 | 12,14 | 37,84 |
| | | 28,16 | 7,42 | 4,01 | 13,81 | 46,60 |
| TALATAMATY (Parcelle d'observation) | Tanety hortus | 20,01 | 15,66 | 5,76 | 14,64 | 43,93 |
| | | 20,24 | 9,56 | 6,12 | 17,30 | 46,78 |
| AMBOHIDRATRIMO | Tanety de défriche | 29,56 | 21,87 | 10,11 | 12,66 | 25,80 |

Les caractéristiques physiques sont exprimées en pourcentage en masse des particules sur l'échantillon considéré

D'après le tableau, il n'existe pas de grande variation texturale ni entre les différents terroirs ni entre le milieu d'étude et les régions voisines. D'une manière globale, il n'y a aucun excès dans les proportions particulières et les textures sont franches : limono - argilo - sableux à limono - sableux. Par rapport à cet équilibre, il est important de considérer l'importance de la matière organique dans ces sols pour évaluer la capacité de ces derniers de former des agrégats. Cette étude est incluse dans les résultats des tableaux ci-après.

Tableau n°9 : Caractéristiques chimiques des principaux types de sols rencontrés

1. Communes étudiées

| COMMUNE | TERROIR | MO | C O | pH | | P Olsen | N tot | CEC |
|-----------------|----------------------|------|------|------|------|---------|-------|----------|
| | | % | % | Eau | KCl | ppmP | %o | meq/100g |
| AMBOHIPIHAONANA | Bas versant à oignon | 2,89 | 1,68 | 6,13 | 4,72 | 15,72 | 0,83 | 8,0 |
| | Tanety à manioc | 1,83 | 1,06 | 5,40 | 4,13 | 2,49 | 0,58 | 4,2 |
| MERIMANDROSO | Tanety à manioc | 1,61 | 0,93 | 5,30 | 4,26 | 1,10 | 0,24 | 6,0 |
| | Tanety à manioc | 1,54 | 0,89 | 5,20 | 4,22 | 14,79 | 0,71 | 4,5 |
| | Bas versant à manioc | 2,25 | 1,31 | 5,12 | 4,43 | 4,89 | 0,71 | - |
| | Bas versant | 1,47 | 0,85 | 5,61 | 4,61 | 3,35 | 0,45 | 3,7 |
| ANTSAHAFILO | Bas versant à oignon | 2,55 | 1,48 | 6,00 | 4,90 | 5,45 | 0,93 | 4,8 |

2. Autres localités du fivondronana

| LOCALITE | TERROIR | MO | C O | pH | | P Olsen | N tot | CEC |
|---------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|---------|-------|-----|
| ANDAKANA (Parcelle d'expérimentation) | Tanety de défriche | 3,57 | 2,07 | 5,30 | 4,32 | 2,15 | 0,91 | 4,4 |
| | | 3,23 | 1,88 | 5,54 | 4,67 | 4,77 | 0,84 | - |
| TALATAMATY (Parcelle d'observation) | Tanety hortus | 2,77 | 1,61 | 6,06 | 5,01 | 25,24 | 0,83 | - |
| | | 2,57 | 1,49 | 6,07 | 5,65 | 31,92 | 0,80 | - |
| AMBOHIDRATRIMO | Tanety de défriche | 2,96 | 1,72 | 5,45 | 4,41 | 2,85 | 1,01 | 5,1 |

De ces résultats il ressort que :

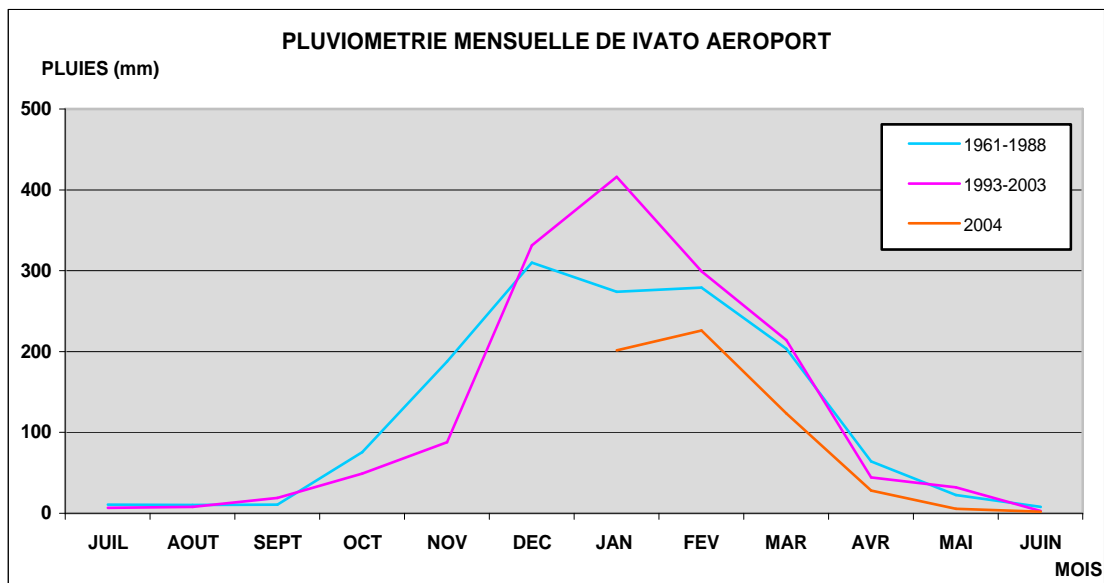
- ces sols sont pauvres en matières organiques, et à teneur moyenne en azote.
- cette teneur croit toutefois des tanety vers les bas - versants, les valeurs les plus intéressantes concernent les parcelles cultivées en oignon.
- la capacité d'échange cationique est faible à très faible (LANDON, 1984, cité par STEINER, 1990^[18]).
- les terrains sont acides, surtout en tanety, et moins en bas versants. Ceci suppose une exposition des tanety au lessivage, un taux de saturation faible et un besoin élevé d'apport organique. Cependant, les pH sont inclus dans les intervalles préférentiels de la plupart des cultures.

Un gradient de fertilité est évident de l'amont vers l'aval, différence qui justifierait l'affectation de chaque terroir à des cultures précises, à savoir les plantes sèches et robustes en hauteur et plus exigeantes dans les colluvions (voir partie « Utilisation et mise en valeur du terroir »).

4.3. Pluies

Le graphique suivant superpose les différentes données bibliographiques fournies dans le chapitre précédent.

Graphique 2 : Comparaison des pluviosités de Ivato Aéroport des périodes : 1961-1988, 1993 – 2003, janvier - juin 2004.



Source : Basé sur les données climatiques de la Direction de la météorologie.

Les pluies de 2004 (janvier à juin) sont nettement inférieures à la moyenne de la dernière décennie¹. Ceci a affecté d'une façon assez grave les essais mis en place et plantations commerciales.

4.4. Description du système agraire actuel

Ce chapitre a pour but d'exposer les grandes caractéristiques des zones d'interventions du projet pour la première campagne, à savoir les trois communes étudiées dans le présent mémoire.

4.4.1. Utilisation et mise en valeur du terroir

La mise en valeur du terroir est liée aux unités morphologiques suivantes :

- bas fonds à sol hydromorphe (appellation locale : tanimbary).
- les bas versants aménagés en terrasse qui correspondent à des zones de colluvionnement (tanin'anana).
- les pentes inférieures des versants (baiboho). L'appellation locale «baiboho» ne correspond pas à la définition pédologique (terrains d'alluvionnement) mais plutôt à une unité du terroir qui est en réalité la partie basse des tanety, dont la fertilité est assurée en partie par les colluvionnements.
- les versants proprement dits (tanety).

¹ Les dates de mise en place des essais et des parcelles paysannes ont tenu compte de la possibilité de semer en janvier.

4.4.1.1. Les terres cultivées

Chaque exploitation cultive plusieurs types de terrains. Le tableau qui suit indique les proportions de ces terrains par exploitation dans la région étudiée. Nous considérons comme surface disponible la surface que le planteur déclare posséder sans tenir compte de la tenure foncière.

Il n'a pas pu être possible d'obtenir une estimation de la surface cultivée dans l'année, celle-ci n'étant pas obligatoirement égale à la surface disponible.

Les parcelles sont souvent dispersées et éclatées en de petites surfaces. Un planteur d'Ambohipihaonana peut par exemple avoir ses champs à Antsahafilo.

Le tableau donne les résultats de l'enquête effectuée auprès des planteurs inscrits dans le Projet pilote pour la campagne 2003 - 2004. Ces planteurs peuvent être considérés comme échantillon représentatif de la région.

Tableau n°10 : Surface cultivée par exploitation agricole et typologie suivant la disponibilité en terrain

| COMMUNES ENQUETEES | BAS FONDS | BAS VERSANTS AMENAGES | TANETY | SURFACE TOTALE |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------------|
| 1. ANTSAHAFILO | | | | |
| Surface moyenne / EA* (ha) | 0.40 | 0.70 | 2.60 | 3.70 |
| Proportion des EA à ≤ 0.10 ha | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Proportion] 0.10 ha ; 0.25 ha] | 25% | 25% | 0% | 0% |
| Proportion] 0.25 ha; 2 ha] | 75% | 60% | 60% | 0% |
| Proportion des EA à >2 ha | 0% | 15% | 40% | 100% |
| 2. AMBOHIPIHAONANA | | | | |
| Surface moyenne (ha) / EA | 0.24 | 0.21 | 1.90 | 2.35 |
| Proportion des EA à ≤ 0.10 ha | 25% | 12.5% | 12.5% | 0% |
| Proportion] 0.10 ha ; 0.25 ha] | 37.5% | 62.5% | 12.5% | 37.5% |
| Proportion] 0.25 ha; 2 ha] | 37.5% | 25% | 37.5% | 12.5% |
| Proportion des EA à >2 ha | 0% | 0% | 37.5% | 50% |
| 3. MERIMANDROSO | | | | |
| Surface (ha) moyenne / EA | 0.36 | 0.14 | 0.22 | 0.72 |
| Proportion des EA à ≤ 0.10 ha | 0% | 44% | 33% | 0% |
| Proportion] 0.10 ha ; 0.25 ha] | 33% | 45% | 11% | 22% |
| Proportion] 0.25 ha; 2 ha] | 67% | 11% | 44% | 44% |
| Proportion des EA à >2 ha | 0% | 0% | 11% | 34% |

*exploitation agricole

Les exploitations d'Antsahafilo sont plus pourvues en terrains. La répartition est assez dispersée sur Ambohipihaonana.

a) Les rizières

Les bas fonds, quasiment cultivés en riz, ne sont pas les seuls terrains à riz. Nous adopterons toutefois la convention de les désigner par rizières par rapport à l'appellation locale (tanimbary).

La riziculture pratiquée sur les bas fonds est essentiellement du type « vaky ambiaty ». La date du repiquage dépend de celle de l'installation des pluies. Ce terroir est occupé par cette culture dès septembre (premiers labours) à mai (dernières récoltes).

Certaines parcelles étant plus engorgées que d'autres, la faisabilité d'une culture de contre - saison des pluies dépend de la possibilité de drainer ces rizières. La proportion des surfaces cultivées en contre saison, par rapport à la surface de rizières drainables par exploitation, est fonction de la capacité de cette dernière à louer de la main-d'œuvre pour le labour d'une superficie supérieure à celle correspondante à la force de travail familiale. Les variétés semées en contre saison sont surtout le petit pois, la tomate et l'ail.

b) Les bas de versants aménagés

Il s'agit en fait de tanety situés en bas des pentes des collines. L'aménagement qui consiste en des terrasses permet leur irrigation. Cette caractéristique ajoutée à une fertilité meilleure par rapport aux sommets et mi-pentes des collines, classe ce terroir dans la perception locale hors des tanety.

Partout où il est possible d'amener l'eau, ces bas de versants sont cultivés en riz pluvial. Ce cas est plus fréquent lorsque les parcelles sont situées dans des vallées à profil concave.

La date des premiers labours est décalée de celle de la riziculture des bas-fonds

En contre-saison des pluies, ce terroir accueille les petits pois avec un à deux cycles de cette légumineuse, de l'ail, puis de l'oignon. Chacune de ces cultures est irriguée. Les successions annuelles des cultures les plus courantes sont les suivantes :

- riz / petits pois / petits pois.
- riz / petits pois / oignons.
- riz / petits pois / ail / petits pois.
- riz / oignon.
- légumineuses / oignon.

c) Les bas de versants non irrigués

Il s'agit de tanety dénommés soit baiboho lorsque le sol est profond et le colluvionnement plus important, soit tanimboly, lorsque le sol est plus pauvre et à vocation de cultures sèches uniquement

Ce terroir est plus fréquent sur les tanety à profil convexe et il accueille :

- de l'arachide, du manioc, du taro là où le terrain est plus humide.
- du manioc uniquement, là où le sec domine.

4.4.1.2. Les terres non cultivées

Il s'agit des hauteurs des tanety où la végétation est soit un boisement artificiel à eucalyptus et pin, soit une prairie à graminées pérennes.

Le tableau suivant nous résume les proportions occupées par ces différents terroirs dans les régions étudiées. Nous avons groupé sous l'appellation de tanety les bas-versants non-aménagés en terrasses et non irrigués ainsi que les tanety proprement dits.

Tableau n°11 : Types de sols et répartition par commune

| COMMUNES | RIZIERES | BAS VERSANTS AMENAGES | TANETY |
|--------------------|----------|--------------------------|--------|
| 1. ANTSAHAFILO | 3.5% | 17.5% | 79% |
| 2. AMBOHIPIHAONANA | 10% | 15% | 75% |
| 3. MERIMANDROSO | 32% | 15% | 53% |
| MOYENNE | 17.75% | 16.30% | 65.95% |

Dans ce tableau nous n'avons pas mentionné l'occupation du sol correspondant à l'habitat.

La moyenne n'est pas celle des pourcentages mais plutôt une proportion globale observée, les trois communes confondues.

Voir également les deux cartes topographiques (n°1 et n°2) de la région.

4.4.2. Les productions végétales

Le paragraphe précédent nous a révélé surtout la situation des cultures dans le paysage. Ici, nous apporterons des éléments plus précis : calendrier des travaux, temps des travaux, rendements, les revenus et la productivité du travail.

4.4.2.1. Une faible variabilité des cultures

Entre et au sein même des trois communes, les cultures pratiquées et les techniques diffèrent très peu. Seule leur importance au sein des exploitations varie, ce qui sera évoqué dans le paragraphe suivant.

- Le riz

Comme il a été dit plus haut, il s'agit d'une riziculture de saison des pluies, le riz « précoce » (vary aloha) étant surtout pratiqué dans les communes du sud - est d'Ambohidratrimo. Il occupe la première place, en surface au sein des trois communes.

- Les cultures vivrières

L'oignon, second en terme de surface, premier en revenu, est très pratiqué. Ensuite vient l'ail. Ces deux spéculations demandent de coûts d'exploitation et une quantité de travail élevés. Ce sont des cultures de contre- saison.

Les cultures maraîchères plus présentes à Merimandroso peuvent constituer des cultures de rente pour les familles qui se spécialisent dedans. Les petits pois peuvent dans une certaine mesure être classés dans ce groupe.

4.4.2.2. Cycles cultureux




Le tableau qui suit donne des cycles des principales cultures rencontrées :

Tableau n°12 :

CYCLES DES PRINCIPALES CULTURES RENCONTREES PAR TERROIR

| CULTURES / TERROIRS | MOIS | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOÛT | SEPT | OCT | NOV | DEC |
| RIZIERES | | | | | | | | | | | | |
| RIZ | [-----] | | | | | ----- | | | | | | |
| PETITS POIS SUR RIZIERES | | | | | ----- | ----- | ----- | ----- | | | | |
| BAS VERSANTS | | | | | | | | | | | | |
| RIZ SUR TERRASSES | [-----] | | | | | ----- | | | | | | |
| PETITS POIS | | ----- | ----- | [-----] | | | ----- | | | | | |
| AIL | | ----- | ----- | [-----] | | | | ----- | | | | |
| OIGNON | | | | | | ----- | ----- | ----- | ----- | | | |
| TANETY | | | | | | | | | | | | |
| TARO | | | | | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| ARACHIDE | | | | | | ----- | ----- | ----- | | | | ----- |
| MANIOC | | | | | | | | | | | | |

Légende:

-  Activités précédant et/ou suivant la mise en terre de la culture
 Epoque favorable à la culture
 Epoque où la culture est en terre

4.4.2.3. Temps de travaux par culture et par terroir

Le tableau suivant nous indique le volume de temps investi dans chaque culture, selon le terroir, et par itinéraire technique pour un hectare planté.

Tableau n°13 : Temps de travaux par terroir et par culture

| TACHES | TERROIR | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | RIZIERES | | BAS VERSANTS | | | | TANETY | | |
| | RIZ | PETITS POIS | RIZ | PETITS POIS | AIL | OIGNON | ARACHIDE | TARO | MANIOC |
| 1.PREPARATION TERRAIN | | | | | | | | | |
| Labour (pépinière et champs) | 23 | 30 | 23 | 95 | 100 | 133 | 45 | 85 | 95 |
| Emottage | 29 | - | 29 | - | - | 8 | - | - | - |
| Traçage plates bandes | 1 | 25 | 1 | - | - | 20 | - | - | - |
| Nettoyage | - | - | - | - | - | 6 | - | - | - |
| Trouaison | - | - | - | - | - | - | - | 125 | - |
| Coupe et transport Herbes | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Brûlis herbes | - | - | - | - | 50 | 76 | - | - | - |
| | - | - | - | - | 33 | 19 | - | - | - |
| TOTAL 1. | 53 | 55 | 53 | 95 | 183 | 262 | 45 | 210 | 95 |
| 2.PLANTATION | | | | | | | | | |
| Application fumure | - | - | - | 25 | 33 | 42 | - | - | - |
| Application NPK | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Couverture avec la matière végétale | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Semis/ plantation | 1 | 30 | 1 | 6 | 33 | 1 | 23 | 91 | 36 |
| Sarclage | 30 | - | 30 | 72 | 117 | 6 | 30 | 91 | 24 |
| Effeuilage | | - | | - | - | | | 250 | |
| Repiquage | 30 | - | 30 | - | - | 39 | - | - | - |
| Application urée | - | 65 | - | - | 50 | - | - | - | - |
| Arrosage | - | 50 | - | - | 250 | - | - | - | - |
| Traitements | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL 2. | 61 | 145 | 61 | 103 | 483 | 88 | 53 | 432 | 60 |
| 3.RECOLTE | | | | | | | | | |
| Récolte | 15 | 50 | 15 | 50 | 33 | 24 | 91 | 182 | 40 |
| Post -récolte | 10 | - | 10 | - | - | 114 | 15 | - | - |
| Transport | 5 | - | 5 | - | - | - | 5 | - | - |
| TOTAL 3. | 30 | 50 | 30 | 50 | 33 | 138 | 111 | 182 | 40 |
| Total/ha | 144 | 250 | 144 | 248 | 699 | 488 | 209 | 824 | 195 |

4.4.2.4. Rendements, revenus et productivité du travail

Les tableaux suivants donnent les rendements par culture, les revenus par hectare et la productivité d'une journée de travail.

Les revenus les plus élevés sont constatés avec le manioc. Cette denrée est en majorité consommée dans l'exploitation et vendue au fur et à mesure des besoins, ce qui masque sa valeur.

C'est exactement le même cas pour le taro

Suivent ensuite l'ail et l'oignon. Le seul inconvénient de ces deux cultures est l'écart du prix à la récolte et au - delà de la récolte. Or, les paysans sont souvent contraints à vendre dès la récolte sauf ceux qui ont la capacité logistique et financière pour stocker, mais là encore le problème de conservation se pose.

Les petits pois fournissent un revenu élevé après les cultures sèches. Nous n'avons pas tenu compte des cultures maraîchères, les familles spécialisées dans ce domaine n'existant qu'à Merimandroso et dans une faible proportion. Les revenus procurés par cette activité sont cependant très élevés, de l'ordre de 14 000 fmg/j (chou de Chine et tissam) à 22 300 fmg/j (petsaï).

Tableau n°14 :

REVENUS AGRICOLES PAR TERROIR ET PAR SYSTEMES DE CULTURES
1.Bas versants aménagés

| | Ail | | Oignon | | Petits pois | |
|---|-----------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Quantité produite | (kg) | 4 167 | (kg) | 9 150 | (kap) | 8 000 |
| Prix moyen | (fmg/kg) | 4 500 | (fmg/kg) | 1 500 | (fmg/kap) | 1 000 |
| 1.Produit brut (fmg) | | 18 750 000 | | 13 725 000 | | 8 000 000 |
| 2.Consommations intermédiaires | | | | | | |
| - semences | 375 kg @ 7500 | 2 812 500 | 33 kap @ 15000 | 495 000 | 175 kap @ 4750 | 831 250 |
| - fertilisants | 85 kg @ 3500 | 297 500 | 225 kg NPK @ 3500 | 787 500 | 222 kg @ 3500 | 777 000 |
| | 120 kg @ 3500 | 420 000 | 150 kg UREE @ 3500 | 525 000 | 75 kg @ 3500 | 262 500 |
| - fumure | 60 ch @ 17500 | 1 050 000 | 85 ch @ 17500 | 1 487 500 | 30 ch @ 17500 | 525 000 |
| - traitements phytosanitaires | 4 traitements @ 230208 | 920 833 | 10 traitements @ 241000 | 2 410 000 | | |
| - transport | | | | 1 880 000 | | |
| Total 2. | | 5 500 833 | | 7 585 000 | | 2 395 750 |
| 3.Valeur ajoutée brute | | 13 249 167 | | 6 140 000 | | 5 604 250 |
| - amortissements | Pulvérisateur:360000/15 ans | 24 000 | Pulvérisateur: 360000/10 ans | 36 000 | | |
| - entretien matériel | | 15 000 | | 15 000 | | |
| 4.Valeur ajoutée nette | | 13 210 167 | | 6 089 000 | | 5 604 250 |
| - rente foncière | | | | | | |
| - impôts sur la production | Ristourne 15 fmg/kg | 62 500 | Ristourne 15 fmg/kg | 137 250 | Ristourne 15 fmg/kg | 120 000 |
| 5.Revenu agricole | | 13 147 667 | | 5 951 750 | | 5 484 250 |
| VAN / ha | | 13 147 667 | | 5 951 750 | | 5 484 250 |
| 6.Nombre de journées de travail | | | | | | |
| | Labour | 100 | Labour(pépinière+champs) | 133 | Labour | 95 |
| | Coupe et transport paille | 50 | Hersage | 8 | Semis+fumure | 31 |
| | Couverture et brûlis | 33 | Nettoyage | 6 | Sarclage | |
| | Epandage NPK et fumier | 33 | Coupe herbes | 76 | + application urée | 72 |
| | Semis | 33 | Transport herbes+ brûlis | 19 | Arrosages | 225 |
| | Sarclage 1 | 67 | Traçage plates bandes | 20 | Récolte | |
| | | | Semis | 1 | | |
| | | | Repiquage | 39 | | |
| | Sarclage 2 + apport urée | 50 | Fumures | 42 | + post récolte | 50 |
| | Sarclage 3 | 50 | Traitements | 178 | | |
| | | | Arrosages | 200 | | |
| | Arrosage | 200 | Sarclages | 6 | | |
| | Traitements | 50 | Récolte | 24 | | |
| | Récolte + post récolte | 33 | Post-récolte | 114 | | |
| Total 6. | | 700 | | 866 | | 473 |
| VAN / j | | 18 782 | | 6 873 | | 11 595 |
| Capital investi (2.)+ (6.)x10000 | | 12 500 833 | | 16 245 000 | | 7 125 750 |
| VAN /capital investi | | 1,05 | | 0,37 | | 0,77 |

REVENUS AGRICOLES PAR TERROIR ET PAR SYSTEMES DE CULTURES
2.Tanety cultivés

| | Taro(saonjo) | Arachide | Manioc |
|---------------------------------------|----------------------------------|--|---|
| Quantité produite | (nombre de poquets) 19 000 | (kg) 1 500 | (kg) 12 750 |
| Prix moyen | (fmg/pq) 2 000 | (fmg/kg) 1 500 | (fmg/kg) 500 |
| 1.Produit brut (fmg) | 38 000 000 | 2 250 000 | 6 375 000 |
| 2.Consommations intermédiaires | | | |
| - semences | 19000 boutures @100fmg 1 900 000 | 140 kap @ 2000 280 000 | 70 fagots de boutures @ 15000 1 050 000 |
| - fertilisants | 150kg NPK @ 3500 525 000 | | |
| - fumure | Fumier 45 ch @17500 787 500 | Fumier 10 ch @ 17500 175 000 | |
| - traitements phytosanitaires | | Poudrette de parc 6 ch @ 20000 120 000 | |
| - transport | | | |
| Total 2. | 3 212 500 | 575 000 | 1 050 000 |
| 3.Valeur ajoutée brute | 34 787 500 | 1 675 000 | 5 325 000 |
| - amortissements | | | |
| - entretien matériel | | | |
| 4.Valeur ajoutée nette | 34 787 500 | 1 675 000 | 5 325 000 |
| - rente foncière | | | |
| - impôts sur la production | | | |
| 5.Revenu agricole | 34 787 500 | 1 675 000 | 5 325 000 |
| VAN / ha | 34 787 500 | 1 675 000 | 5 325 000 |

| | S.C.4 Taro(saonjo) | S.C.5 Arachide | S.C.3 Manioc |
|---|---|---|---|
| 6.Nombre de journées de travail | Labour 85 Trouaison, plantation 125 Plantation+couverture 91 Sarclage 91 Effeillage,2,3,4è couv 250 Récolte 182 Total 6. 824 | Labour 45 Semis 23 Sarclage 30 Récolte 91 Post-récolte + transport 20 209 | Labour 95 Plantation 36 Sarclage 24 Récolte 40 195 |
| VAN / j | 42 218 | 8 014 | 27 308 |
| Capital investi (2.)+ (6.)x10000 | 2. + 6. x 10 000 11 452 500 | 3 765 000 | 3 000 000 |
| VAN /capital investi | 3,04 | 0,44 | 1,78 |

4.4.3. L'élevage

Le tableau suivant donne des chiffres sur le cheptel bovin et porcin des trois régions étudiées.

Tableau n°15 : Cheptel par commune

| COMMUNE | BOEUFs | VACHES | PORCS |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|
| 1.ANTSAHAFILO | 252 | 0 | 33 |
| 2.AMBOHIPIHAONANA | 1000 | 0 | 226 |
| 3.MERIMANDROSO | 3005 | 20 | 100 |
| PART SUR TOTAL AMBOHIDRATRIMO (%) | 13,20 | 3,66 | 3,94 |

Source : Enquête INSTAT/ILO 2001 (in Plan de développement régional d'Ambohidratrimo. Hermès conseils – NA, 2002).

Les communes d' Antsahafilo et d'Ambohipihaonana sont moins pourvues en zébus alors que ces deux communes sont très grosses utilisatrices de fumier, étant spécialisées en oignon, un système de culture exigeant en cet intrant.

Ceci suppose un transfert depuis les communes voisines, Ambato (2212 têtes) notamment

Nous pensons que le nombre de vache est le nombre de vaches laitières, autrement les chiffres nuls des deux communes seraient erronés

Le second tableau suivant est le résultat de l'enquête menée en stage et donne une idée de la répartition du cheptel bovin. Nous distinguerons trois classes d'exploitations :

- celles qui possèdent deux paires de zébus et produisent 25 à 40 charrettes de fumier par année
- celles qui en possèdent une seule et produisent 10 à 15 charrettes par an.
- celles qui n'en possèdent pas et donc sont contraintes à l'achat de fumier si besoin est. Nous n'étudierons pas ici les différentes possibilités concernant les deux classes productrices notamment si elles vendent l'excédent par rapport à leurs besoins ou si elles achètent , le stock étant éventuellement insuffisant.

Tableau n°16 : Typologie des exploitations agricoles suivant le cheptel bovin

| COMMUNES | Ni zébu ni production de fumier | 1 paires de zébus - 10 à 15 charrettes de fumier par an | 2 paires de zébus - 25 à 40 charrettes de fumier par an |
|-------------------|---------------------------------|---|---|
| 1.ANTSAHAFILO | 25% | 50% | 25% |
| 2.AMBOHIPIHAONANA | 25% | 50% | 25% |
| 3.MERIMANDROSO | 45% | 44% | 11% |
| MOYENNE | 32% | 48% | 20% |

L'élevage aviaire se limite à moins de dix têtes par exploitation et se fait sans enclos. C'est à Merimandroso que l'on observe quelques éleveurs intensifs de race pondeuse et à chair.

L'élevage de canard a une ampleur non négligeable (25 à 100 têtes dans les exploitations qui pratiquent ce type d'élevage) à Merimandroso entre novembre et juillet.

4.4.4. Structure des exploitations agricoles et typologie

La dotation en terrains et en cheptel étant ce qui a été développé plus haut, dans ce chapitre nous parlerons de la taille des exploitations en terme de force de travail puis il sera proposé des critères de typologie et enfin il sera donné une idée de la fréquence de chaque type.

4.4.4.1. Nombre d'actifs par exploitation agricole et appel à la main d'œuvre

L'enquête menée auprès des planteurs du Projet Pilote nous donne les résultats ci-après.

Tableau n°17 : Taille des exploitations agricoles et caractéristiques de la force de travail

| COMMUNES | Nombre d'enfant/EA | Nombre d'actifs /EA | ACHAT M.O. | ENTRAIDE | ACHAT + ENTRAIDE | VENTE M.O. |
|-------------------|--------------------|---------------------|------------|----------|------------------|------------|
| 1.MERIMANDROSO | 4,00 | 4,50 | 89% | 11% | 44% | 20% |
| 2.ANTSAHAFILO | 5,50 | 5,75 | 75% | 25% | 25% | 15% |
| 3.AMBOHIPIHAONANA | 6,13 | 4,50 | 50% | 20% | 80% | 25% |
| MOYENNE | 5,21 | 4,92 | 71% | 19% | 50% | 20% |

Légende:

E.A.:Exploitation agricole

M.O.: Main d'œuvre

ACHAT M.O.:Proportion d'EA pratiquant l'achat de force de travail

ENTRAIDE:Proportion d'EA pratiquant l'entraide

ACHAT+ENTRAIDE:Proportion d'EA pratiquant l'achat de force de travail et l'entraide

VENTE M.O.:Proportion d'EA pratiquant la vente de force de travail

La plupart des exploitations combine l'entraide avec l'achat ou la vente de main d'œuvre. En outre, Il est important d'apporter une précision sur les cas d'achat et de vente de force de travail. Nous n'avons pas constaté que de très rares cas où une exploitation vivait que du salariat agricole. Souvent un ouvrier se place dans la situation d'employeur à une certaine époque. C'est que toutes les exploitations n'arrivent pas à la même époque au point critique où elles doivent recourir à l'achat de force de travail. C'est ainsi que les familles non encore prêtes pour leurs travaux, les repiquages du riz ou de l'oignon par exemple, voient leurs actifs se placer en situation de main-d'œuvre.

Ces mêmes familles iront payer des ouvriers lors des pics de travail. Les rares cas des exploitations essentiellement ouvrières (s'agissant surtout de familles ne pouvant capitaliser et vivant

de la simple reproduction du capital), les familles font volontairement passer leurs calendriers culturels à la suite de ceux des patrons de façon à avoir assez d'épargne pour faire face aux dépenses liées aux travaux les concernant.

4.4.4.2. Typologie

Le but de la typologie est de donner une image fonctionnelle et utilisable de la réalité. Après analyse de moyennes de critères sur l'ensemble des exploitations, nécessaires pour comprendre globalement l'agriculture locale, il est indispensable de dessiner à l'aide d'une gamme de critères discriminants des types d'exploitations existants (SIBELET, 1988).

Plusieurs critères peuvent être consultés pour cette tâche. Citons par exemple :

- la tenure foncière
- la taille des exploitations : nombre d'actifs
- le capital total : foncier, cheptel, surface financière
- les bilans économiques
- etc.

Tous ces critères bien que très utiles ne sont pas les plus discriminants pour notre cas. Les types d'exploitations sont mieux cernés par l'ampleur de la pratique de la culture de rente qu'est l'oignon.

En effet, cette culture demande énormément en travail et en dépenses de facteurs. De la surface financière, de la capacité à produire du fumier (et donc de la taille du cheptel) et de la possession de bons terrains de bas versants aménagés dépend le pouvoir d'une famille à cultiver une superficie plus ou moins étendue de cette culture. La seule limite de ce critère est qu'il ignore les exploitations qui ne pratiquent pas cette culture. Aussi concerneront-elles un type à part.

L'unité d'appréciation locale de la capacité à cultiver l'oignon est le nombre de gobelets semés ; un hectare correspond à 33 kapoaka de graines environ. Le tableau suivant nous résume les différents cas rencontrés avec leur fréquence d'apparition par commune.

Tableau n°18 : Pratique de la culture d'oignon par commune

| TYPES D'EXPLOITATIONS | ANTSAHAFILO | AMBOHIPIHAONANA | MERIMANDROSO |
|--------------------------------------|---------------|-----------------|--------------|
| EA ne pratiquant pas l'oignon | 0.5 % | 4% | 45% |
| EA pratiquant l'oignon | 99.5 % | 96% | 55% |
| dont : | | | |
| < 3 kap | 3% | 4.2 % | 17% |
| [3 ; 6[| 67% | 51% | 70% |
| [6 ; 18[| 26% | 41.6 % | 12% |
| >18 | 4% | 4.2 % | 1% |

Merimandroso est la commune où l'on a le plus d'exploitations ne pratiquant pas la culture d'oignon.

Le deuxième tableau donne les caractéristiques de chaque type rencontré.

Tableau n°19 : Typologie suivant les caractéristiques des exploitations cultivant l'oignon

| Caractéristiques | Moins de 3 kapoaka semés | 3 à 6 kapoaka semés | 6 à 18 kapoaka semés | Plus de 18 kapoaka semés |
|---|--|---|---|--|
| Zébus | Aucun | 1 paire | 1 ou 2 paires | 2 paires ou plus |
| Fumier produit | Aucun | Moins de 15 charrettes par an | 15 à 30 charrettes par an | 40 charrettes par an |
| Achat fumier | Oui | Oui ou non | Oui | Non |
| Possession d'une charrette | | 1 | 1 ou 2 | 2-4 |
| Main d'œuvre | Familiale | Familiale + Entraide | 40 % familiale + 60 % achat | 5 % familiale + 98 % achat |
| Capacité de stockage de la production en oignon | Vente à la récolte | Vente à la récolte | Vente partielle à la récolte, stockage en attente du prix fort | Vente partielle à la récolte, stockage en attente du prix fort |
| Autres cultures : - riz - manioc - ail - légumineuses principales - maraîchères | < 35 ares 15 ares Petit pois 20 à 35 ares En saison sèche | 35 à 70 ares 15 ares 7,5 ares Petit pois 20 à 35 ares Non | 70 à 120 ares 35 ares 20 ares Petit pois 20 à 70 ares Non | 160 à 200 ares 35 ares 37,5 ares Petit pois 20 à 70 ares Non |

Les exploitations les plus nanties sont celles qui cultivent les plus grandes superficies en oignon. Il s'agit d'exploitation relativement du type patronal, leur main d'œuvre est surtout salariée.

4.4.5. Possibilités d'intégration de la maïsiculture

La première partie de cette étude nous ayant exposé les exigences écologiques et les techniques de production du maïs et la seconde nous ayant décrit les caractéristiques de production du milieu, celle qui suit donnera une analyse sommaire de choix techniques recommandables pour contribuer à intégrer la culture du maïs dans les régions pilotes du projet LFL. L'objectif de cette démarche est d'évaluer les faisabilités écologique, économique et sociale du nouveau système de culture.

La démarche de principe pour préparer l'introduction d'un végétal et en développer la production consiste à mener avant toute chose une enquête exploratoire. Cette étape vise à identifier les potentialités et /où les contraintes limitant la production, s'agissant de celles du milieu, ou de nature agronomique et économique.

Des domaines de recommandations préliminaires devraient en ressortir : choix des variétés, des pratiques culturales, des intrants, sélection des groupes cibles ou des paysans pilotes. Cet exercice prend une campagne au moins. La suite consiste au fil des campagnes à améliorer ou à apporter des remaniements dans les choix de vulgarisation sur les aspects cités précédemment (technique, économique, social).

Les impératifs de temps ont fait pencher le choix des initiateurs du Projet pilote à lancer la culture dès la première campagne et de tester d'emblée la viabilité du partenariat de production avec les planteurs d'Ambohidratrimo.

Dans ce contexte, nous orienterons cette partie vers l'analyse des résultats déjà obtenus aux champs et les propositions y relatives.

4.4.5.1. Itinéraires techniques testés pour la campagne 2003-2004

Une fiche technique a été vulgarisée auprès des planteurs du Projet pilote pour la première campagne. Cette fiche technique est inspirée des recommandations du FOFIFA-DRA dans le cadre de la convention de collaboration avec LFL Madagascar. En voici les grandes lignes :

- variété recommandée : MEVA, composite produit par le PMMO et convenable pour les Hautes Terres.
- modalités de semis et population :
 - Espacement des lignes : 0.80 m.
 - Distance entre les poquets dans la ligne : 0.50 m.
 - Deux plants par poquet, soit une population de 50000 plants par ha.
- fumure organique : 2.5 t de fumier à l'ha (8 charrettes environ).
- fertilisation :
 - NPK 11-22-16 : 125 kg par ha en épandage ou localisé
 - Urée 46% : 100 kg par ha le long d'une ligne décalée de 15 cm de la ligne de semis ou localisée à la même distance de 15 cm de chaque plant ; apport en 2 dates (35 à 50 JAL et 60 à 80 JAL)
- apport de dolomie : 200 kg par ha.

S'agissant d'une campagne d'essai, les coûts d'exploitation en milieu paysan et par la même les risques pour les planteurs ont été limités.

4.4.5.2. Résultats aux champs

Avant de donner un aperçu des résultats de la première campagne, il est nécessaire de rappeler le contexte lié aux contraintes de pluies . A l'insuffisance des pluies s'est ajouté un semis tardif par rapport aux recommandations de FOFIFA.

En effet, s'il a été conseillé de semer dès l'installation des pluies, soit en décembre au plus tard, la procédure de montage des groupements des paysans et la priorité accordée par ces derniers au repiquage des rizières ont contribué à décaler le semis vers la première quinzaine de janvier.

Le tableau suivant est le résultat d'un exercice d'estimation de rendement pratiqué sur le terrain (voir modèle de fiche d'estimation de surface en annexe 6).

Les parcelles anciennement cultivées en oignon ont été considérées à part, ce système de culture utilisant une quantité de fumure importante.

Le temps de travail moyen dépensé sur un ha de maïs, tous les terroirs confondus est comme suit :

- Labour : 90 Hj / ha
- Emottage : 12 Hj / ha
- Semis : 45 Hj / ha
- Resemis : 10 Hj / ha
- Démariage : 12 Hj / ha
- Premier sarclage et apport d'urée : 25 Hj / ha
- Deuxième sarclage et apport d'urée : 17 Hj / ha
- Récolte : 15 Hj / ha
- Post-récolte (despathage, séchage, égrenage) : 19 Hj / t

Total : 226 Hj + 19 Hj / t

Tableau n°20 : Estimation de rendement par terroir

| COMMUNE | ANTSAHAFILO | | | AMBOHIPIHAONANA | | | MERIMANDROSO | | |
|------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|-----------------|-----------------------------|
| TERROIR | TANETY | BAS VERSANTS | BAS VERSANTS A OIGNON | TANETY | BAS VERSANTS | BAS VERSANTS A OIGNON | TANETY | BAS VERSANTS | BAS VERSANTS A OIGNON |
| Nombre de parcelles estimées | 9,00 | 2,00 | 2,00 | 8,00 | 6,00 | 6,00 | 11,00 | 4,00 | - |
| Surface estimée totale (ha) | 1,56 | 0,07 | 0,16 | 1,39 | 0,86 | 0,36 | 0,99 | 0,40 | - |
| Quantité produite (kg) | 414,99 | 35,66 | 231,72 | 363,40 | 695,20 | 392,75 | 553,85 | 758,92 | - |
| Rendement estimatif (kg/ha) | 266,02 | 509,43 | 1 448,25 | 261,44 | 808,37 | 1 090,97 | 559,44 | 1 887,86 | - |

4.4.5.3. Résultats économiques

Le coût d'exploitation de l'ha de maïs, avec la technique proposée et au coût des intrants subventionnés, est le suivant :

- Semences : 30 kg @ 4250 fmg : 127 500 fmg
- Dolomie : 200 kg @ 650 fmg : 130 000 fmg
- NPK 11-22-16 : 125 kg @ 1750 fmg : 218 750 fmg
- Urée 46 % : 100 kg @ 2230 fmg : 223 000 fmg
- Fumier : 8 charrettes @ 22 500 fmg : 180 000 fmg

Total : 879 250 fmg par ha

Les revenus par terroir et par commune sont indiqués dans le tableau n°21.

4.4.6. Conclusion partielle

Des conditions exceptionnelles auront contribué à faire avoir des rendements et des revenus très faibles. En effet, en tant que, l'insuffisance la sécheresse liée à l'insuffisance de pluies aggravée par les retards de semis a frappé les plantations à la phase critique. Dans les bas versants, moins touchés par le sec, une pression plus forte de ravageurs, *Hétéronychus* principalement, a fait chuté la densité espérée, et donc, a généré de mauvaises productions.

Toujours est-il que dans le chapitre précédent il a pu être démontré que les conditions de la région pourraient se prêter à la maïsiculture. La partie qui suit, concernant les essais conduits durant la campagne, vont pouvoir nous donner des rendements justifiant cette hypothèse, les parcelles ayant bénéficié de traitements insecticides au semis et ayant été semés plus tôt que les plantations commerciales.

Tableau n°21 : Revenus par surface et journée de travail, par terroir et par commune

| COMMUNE | ANTSAHAFILO | | | AMBOHIPIHAONANA | | | MERIMANDROSO | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|-----------------|-----------------------------|
| TERROIR | TANETY | BAS VERSANTS | BAS VERSANTS A OIGNON | TANETY | BAS VERSANTS | BAS VERSANTS A OIGNON | TANETY | BAS VERSANTS | BAS VERSANTS A OIGNON |
| Rendement (kg/ha) | 266,01 | 504,00 | 1 409,49 | 261,85 | 808,14 | 1 090,97 | 555,24 | 1 887,00 | - |
| Prix proposé (fmg/kg) | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 |
| PRODUIT BRUT | 538 670 | 1 020 600 | 2 854 217 | 530 246 | 1 636 484 | 2 209 214 | 1 124 361 | 3 821 175 | - |
| Consommations intermédiaires | 879 250 | 879 250 | 879 250 | 879 250 | 879 250 | 879 250 | 879 250 | 879 250 | 879 250 |
| VALEUR AJOUTEE BRUTE | -340 580 | 141 350 | 1 974 967 | -349 004 | 757 234 | 1 329 964 | 245 111 | 2 941 925 | - |
| Nombre de journées de travail (Hj/ha) | 231 | 236 | 253 | 231 | 241 | 247 | 237 | 262 | - |
| Revenu par journée de travail | -1 474 | 600 | 7 813 | -1 511 | 3 137 | 5 390 | 1 036 | 11 172 | - |

5. EXPERIMENTATIONS AGRONOMIQUES

Cette partie comprend deux séries d'expérimentations :

- la première série contient les deux expérimentations menées par l'auteur et qui concernent :

- a) Un essai (dénommé expérimentation n°1) sur les associations maïs – soja, maïs – haricot, maïs – arachide en comparaison avec la culture pure de cette graminée.

- b) Un essai (dénommé expérimentation n°2) combinant la comparaison de la culture pure de maïs avec l'association maïs – haricot, et la comparaison dans les deux cas de trois dosages d'engrais complexe NPK 11.22.16.

- la deuxième série résume d'autres essais effectués avec LFL Madagascar et qui concernent :

- a) Un essai (dénommé expérimentation n°3) de comparaison d'une variété composite avec un hybride, et à deux dosages de fumure.

- b) Un essai (dénommé expérimentation n°4) d'espacement de poquets de maïs dans la ligne.

5.1. Expérimentation n°1: Association maïs - légumineuse : Essai de comparaison entre le maïs en culture pure et le maïs associé à une légumineuse.

5.1.1. Protocole de l'essai

5.1.1.1. Objectifs du test

Déterminer la meilleure légumineuse cultivée en association avec le maïs et si l'association entraîne une baisse significative des rendements en maïs.

5.1.1.2. Lieu de mise en place

Les essais sont conduits suivant un test multilocal en milieu paysan.

5.1.1.3. Dispositif expérimental

Les essais suivent une disposition « Blocs complètement randomisés » et chez chaque paysan collaborateur est installé un bloc.

Nombre de répétitions :

Quatre répétitions, ce qui correspond à quatre blocs dispersés chez quatre planteurs.

Parcelle élémentaire :

Parcelle de 5 lignes de maïs espacées de 0.80 m et de 5 m de longueur. La parcelle élémentaire mesure donc $5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 5 = 20 \text{ m}^2$ de surface, ou 25 mètres linéaires.

Les légumineuses sont disposées en interligne du maïs. Aux cinq lignes de maïs correspondent quatre lignes de légumineuses, les lignes étant également espacées de 0.80m. Ceci correspond à 20 mètres linéaires de légumineuses.

Parcelle utile :

On récolte les trois lignes du milieu sur les cinq lignes de chaque traitement moins un poquet à chaque extrémité de ligne. Les poquets étant distants de 0.50 m dans la ligne, la surface utile est de : $(5\text{ m} - 0.50\text{ m} - 0.50\text{ m}) \times (5-1-1) \times 0.8 = 9.6\text{ m}^2$ ou 12 mètres linéaires de maïs (correspondant à 9 m de légumineuses).

5.1.1.4. Traitements étudiés

Les quatre traitements suivants sont étudiés :

- maïs en culture pure
- maïs avec soja inoculé en interlignes
- maïs avec haricot en interlignes
- maïs avec arachide en interlignes

La répartition des traitements sur chaque bloc se fait au hasard sur un terrain aussi homogène que possible. L'architecture du bloc (les quatre traitements disposés en carré, soit 8 m x 10 m, ou en rectangle soit 4 m x 20 m) vise à obtenir un optimum d'homogénéité (pente, sol , exposition, etc.)

Le seul traitement étudié étant l'association, la fumure sur le maïs est uniforme.

- Fumier : sur maïs 2.5 t / ha
- NPK : sur maïs 200 kg / ha
- Dolomie : sur maïs 400kg / ha
- Urée : sur maïs 150kg / ha

Aucune fertilisation n'a été apportée sur les légumineuses.

Tous sauf l'urée sont apportés au semis et en localisation au niveau de chaque poquet. L'urée est apportée en deux dates : lorsque le maïs arrive à hauteur du genou et au début de la floraison mâle.

5.1.1.5. Itinéraire technique

Après les choix de l'emplacement et de la disposition de chaque bloc :

- labour à 25cm, émottage, piquetage des parcelles élémentaires.
- piquetage des lignes de semis des maïs et des légumineuses.
- semis.

Photo n°3 : Mise en place d'un essai



Photo n°4 : Sarclages



Photo n°5 : Application urée



a) Modalités du semis

- Le maïs est semé conformément aux recommandations adoptées en milieu paysan (espacements de 0.50m dans la ligne) pour une densité de 25 000 poquets à l'hectare.
- Les légumineuses sont semées avec des espacements voisins de ceux observés en milieu paysan 0.25 m, et à la même date que le maïs.
- Application d'insecticides terrioles (FURADAN 5 G) contre le ver blanc au semis du maïs.
- Dose de semis : 3 graines par poquet pour le maïs et quatre pour les légumineuses.
- Semences utilisés : variété MEVA (composite) pour le maïs, et des variétés locales pour les légumineuses.

b) Démariage

La densité après levée est ramenée à deux plants par poquet (soit 50 000 plants à l'hectare) pour le maïs et à 3 plants/poquets (soit 150 000 plants à l'hectare) pour les légumineuses.

c) Dose de fertilisant

Ramené au nombre de poquet on a :

- Fumier : 100 g/ poquet
- Dolomie : 16 g/ poquet
- NPK : 8g /poquet
- Urée : 6g par poquet en deux fois 3 grammes ou 12 grammes par mètre linéaire en deux fois 6 grammes.

d) Sarclage

Selon le pression des adventices, mais, en principe se fait avec l'apport d'urée et combiné avec le buttage.

5.1.1.6. Observations et mesures

- Comptage
 - Des plants après levée
 - Des plants après démariage
 - Des plants productifs et non productifs
 - Du nombre d'épis et de plants récoltés
- Pesées de la production en graines commerciales de maïs de chaque traitement.
- Prélèvements végétaux de maïs en deux dates :
 - peu avant la floraison mâle (70 JAS)

- à la récolte,

dans le but d'obtenir les rapports de biomasses suivants :

- ❖ En phase végétative
 - Foliaire / totale
 - Aérienne/totale
 - Racinaire /totale
- ❖ ▪ En phase de récolte
 - Graines /totales
 - Aérienne/totale
 - Souterraine/totale

Nombre de plants prélevés :

Quatre poquets par traitement et par date sont prélevés. Le choix se fait parmi les poquets des lignes du milieu par une fixation au hasard sur le plan de situation de chaque essai dès la levée.

Calcul des rapports de biomasse :

Le produit de chaque poquet est traité à part : séparation des parties des plants (tige, feuilles, racines, graines commerciales), séchage à l'étuve, pesée des poids secs.

Les résultats des pesées servent de base pour le calcul des rapports de biomasse, et le résultat final des rapports de chaque traitement est la moyenne arithmétique des quatre résultats (quatre prélèvements par date et par traitement) de ce traitement.

5.1.1.7. Analyse des résultats

L'analyse de résultats (pesées et biomasse) se fera au moyen du logiciel STAT-ITCF.

5.1.2. Résultats des expérimentations

5.1.2.1. Rapports de biomasses à 70 JAS

Tableau n°22 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure - Rapports des biomasses foliaires, aériennes et racinaires sur la biomasse totale à 70 JAS

| Répétitions | Traitements | % biomasse foliaire | biomasse aérienne | % biomasse racinaire |
|-------------|-------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| R1 | m+s | 39 | 70 | 30 |
| | m+a | 36 | 70 | 30 |
| | m+h | 34 | 56 | 44 |
| | m | 36 | 78 | 22 |
| R2 | m+s | 47 | 84 | 16 |
| | m+a | 41 | 78 | 22 |
| | m+h | 37 | 74 | 26 |
| | m | 46 | 86 | 14 |
| R3 | m+s | 37 | 73 | 27 |
| | m+a | 41 | 76 | 24 |
| | m+h | 36 | 70 | 30 |
| | m | 34 | 68 | 32 |
| R4 | m+s | 38 | 87 | 13 |
| | m+a | 22 | 86 | 14 |
| | m+h | 31 | 75 | 25 |
| | m | 29 | 87 | 13 |

Légende

m+s : maïs+soja

m+a: maïs+arachide

m+h: maïs+haricot

m: maïs

5.1.2.2. Rapports de biomasses à la récolte

Tableau n°23 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure - Rapports des biomasses, aériennes et racinaires sur la biomasse totale à la récolte

| Répétitions | Traitements | % biomasse graines | % biomasse aérienne | % biomasse souterraine |
|-------------|-------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| R1 | m+s | 36 | 85 | 15 |
| | m+a | 28 | 76 | 24 |
| | m+h | 36 | 85 | 15 |
| | m | 28 | 84 | 16 |
| R2 | m+s | 39 | 84 | 16 |
| | m+a | 13 | 75 | 26 |
| | m+h | 14 | 89 | 11 |
| | m | 24 | 79 | 21 |
| R3 | m+s | 23 | 81 | 19 |
| | m+a | 20 | 89 | 11 |
| | m+h | 35 | 83 | 17 |
| | m | 34 | 84 | 16 |
| R4 | m+s | 35 | 88 | 13 |
| | m+a | 21 | 86 | 14 |
| | m+h | 17 | 66 | 35 |
| | m | 35 | 82 | 18 |

5.1.2.3. Rendements obtenus à la récolte

Tableau n°24 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Rendements obtenus dans l'essai (kg/ha)

| TRAITEMENTS | MAÏS PUR | MAÏS ASSOCIE AU SOJA | | MAÏS ASSOCIE A L'ARACHIDE | | MAÏS ASSOCIE AU HARICOT | |
|-------------------|----------|----------------------|--------|---------------------------|----------|-------------------------|---------|
| CULTURES | MAÏS | MAÏS | SOJA | MAÏS | ARACHIDE | MAÏS | HARICOT |
| REPETITION 1 | 3732,87 | 2949,44 | 735,30 | 2499,17 | 304,15 | 3336,30 | 706,42 |
| REPETITION 2 | 818,26 | 605,50 | 136,61 | 719,90 | 158,25 | 929,75 | 76,30 |
| REPETITION 3 | 3899,67 | 1432,89 | 246,39 | 4854,20 | 111,81 | 3968,91 | 197,60 |
| REPETITION 4 | 1805,46 | 1633,41 | 667,82 | 930,57 | 484,05 | 2317,70 | 472,73 |
| RENDEMENT MINIMUM | 818,26 | 605,50 | 136,61 | 719,90 | 111,81 | 929,75 | 76,30 |
| RENDEMENT MAXIMUM | 3899,67 | 2949,44 | 735,30 | 4854,20 | 484,05 | 3968,91 | 706,42 |
| RENDEMENT MOYEN | 2564,07 | 1655,31 | 446,53 | 2250,96 | 264,57 | 2638,17 | 363,26 |

5.1.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations

N° et Noms des variables :

1. assoc 2. REPET 3. bio fl 4. bio ae 5. bio rac

Rappelons que :

- le dispositif choisi est le **dispositif randomisation totale**.
- chaque traitement est répété **quatre fois**.

FACTEUR 1 : 4 associations

1: maïs - soja (mso) 2: maïs -arachide (mar) 3: maïs - haricot (mha) 4: maïs (m)

FACTEUR 2 : 4 Répétitions

5.1.3.1. Effet des traitements sur la phase de croissance à 70 JAS

N° et Noms des variables :

1. assoc 2. REPET 3. bio fl 4. bio ae 5. bio ra

a) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse foliaire (biofl)

Analyse de variance de la variable biomasse foliaire

Tableau n°25 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse foliaire à 70 JAS

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V. (%) | Observations |
|-------------------|--------|-----|-------|-----------|------|--------|------|----------|--------------|
| Var. totale | 560.00 | 15 | 37.33 | | | | | | |
| Var. facteur 1 | 81.50 | 3 | 27.17 | 0.68 | 3.49 | 0.5830 | | | NS |
| Var. résiduelle 1 | 478.50 | 12 | 39.88 | | | | 6.31 | 17.3 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y a pas de différence significative entre les 4 traitements. La nature de l'association n'influencerait pas de façon significative le développement végétatif du maïs par rapport à la culture pure, du moins jusqu'à 70 jours après le semis.

b) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse aérienne (bio ae)

Analyse de variance de la variable biomasse aérienne

Tableau n°26 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse aérienne à 70 JAS

| Origine | SCE | ddl | C.M. | F calculé | F lu | PROBA | E.T. | C.V. (%) | Observations |
|-------------------|---------|-----|--------|-----------|------|--------|------|----------|--------------|
| Var. totale | 1099.75 | 15 | 73.32 | | | | | | |
| Var. facteur 1 | 300.25 | 3 | 100.08 | 1.50 | 3.49 | 0.2638 | | | NS |
| Var. résiduelle 1 | 799.50 | 12 | 66.63 | | | | 8.16 | 10.7 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements. La concurrence vis-à-vis de la lumière engendrée par l'association n'exercerait pas d'action significative sur le développement végétatif du maïs par rapport à la culture pure, du moins jusqu'à 70 jours après le semis.

c) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse racinaire (biora)

Analyse de variance de la variable biomasse racinaire

Tableau n°27 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure –Analyse de variance de la variable biomasse racinaire à 70 JAS

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V. (%) | Observations |
|-------------------|---------|-----|--------|-----------|------|--------|------|----------|--------------|
| Var. totale | 1099.75 | 15 | 73.32 | | | | | | |
| Var. facteur 1 | 300.25 | 3 | 100.08 | 1.50 | 3.49 | 0.2638 | | | NS |
| Var. résiduelle 1 | 799.50 | 12 | 66.63 | | | | 8.16 | 34.2 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements. La concurrence vis-à-vis de l'eau et des nutriments du sol engendrée par l'association n'exercerait pas une action significative sur le développement végétatif du maïs par rapport à la culture pure, du moins jusqu'à 70 jours après le semis.

5.1.3.2. Effet des traitements à la récolte

N° et Noms des variables :

1. assoc 2. REPET 3. rendt 4. biogr 5.bioae 6.bioso

a) Effet des traitements (associations) sur la variable rendement (rendt)

Analyse de variance de la variable rendement**Tableau n°28 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure –Analyse de variance de la variable rendement**

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V. (%) | Obs. |
|-------------------|-------------|-----|------------|-----------|------|--------|---------|----------|------|
| Var. totale | 28205874.00 | 15 | 1880391.63 | | | | | | |
| Var. facteur 1 | 2400092.00 | 3 | 800030.69 | 0.37 | 3.49 | 0.7768 | | | NS |
| Var. résiduelle 1 | 25805782.00 | 12 | 2150481.75 | | | | 1466.45 | 64.4 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements. La concurrence engendrée par l'association n'exercerait pas d'effet significatif sur les rendements en graines commerciales du maïs par rapport à la culture pure.

b) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse des grains (biogr)

Analyse de variance de la variable biomasse des grains**Tableau n°29 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse des grains à la récolte**

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V. (%) | Obs. |
|-------------------|---------|-----|--------|-----------|------|--------|------|----------|------|
| Var. totale | 1121.75 | 15 | 74.78 | | | | | | |
| Var. facteur 1 | 374.25 | 3 | 124.75 | 2.00 | 3.49 | 0.1667 | | | NS |
| Var. résiduelle 1 | 747.50 | 12 | 62.29 | | | | 7.89 | 28.8 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y a pas de différence significative entre les 4 traitements. L'association du maïs avec chacune des trois légumineuses n'aurait pas eu d'effet significatif sur la biomasse des grains.

- c) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse aérienne (bio ae)

Analyse de variance de la variable biomasse aérienne

Tableau n°30 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse aérienne à la récolte

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V. (%) | Observations |
|------------------|--------|-----|-------|-----------|------|--------|------|----------|--------------|
| Var. totale | 531.00 | 15 | 35.40 | | | | | | |
| Var. facteur1 | 31.50 | 3 | 10.50 | 0.25 | 3.49 | 0.8589 | | | NS |
| Var. résiduelle1 | 499.50 | 12 | 41.63 | | | | 6.45 | 7.8 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y a pas de différence significative entre les 4 traitements. Ce résultat (à la récolte) ajouté à l'interprétation avancée en 3.1.2. (à 70 JAS), l'association n'aurait donc exercé aucun effet significatif sur tout le développement végétatif du maïs.

- d) Effet des traitements (associations) sur la variable biomasse souterraine (bioso)

Analyse de variance de la variable biomasse souterraine

Tableau n°31 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Analyse de variance de la variable biomasse souterraine à la récolte

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V. (%) | Observations |
|-------------------|--------|-----|-------|-----------|------|--------|------|----------|--------------|
| Var. totale | 568.94 | 15 | 37.93 | | | | | | |
| Var. facteur 1 | 31.69 | 3 | 10.56 | 0.19 | 3.86 | 0.9000 | | | NS |
| Var. blocs | 38.19 | 3 | 12.73 | 0.23 | 3.86 | 0.8738 | | | NS |
| Var. résiduelle 1 | 499.06 | 9 | 55.45 | | | | 7.45 | 41.5 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y a de différence significative ni entre les blocs, ni entre les 4 traitements. L'association n'aurait pas influencé la biomasse souterraine, tout au long du cycle du maïs.

5.1.4. Significations économiques résultats

Cette partie se basera sur les rendements moyens obtenus dans cet essai, et sur des estimations des temps de travaux dans les essais.

Concernant le maïs :

- la fertilisation est identique dans tous les traitements. Le coût d'exploitation à l'hectare est comme suit :

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| Semences : 30 kg par ha @ 4250 fmg | : 127 500 fmg |
| Fumier : 8 charrettes @ 22500 fmg | : 180 000 fmg |
| Dolomie : 400 kg @ 650 fmg | : 260 000 fmg |
| NPK : 200 kg @ 1750 fmg | : 350 000 fmg |
| Urée : 150 kg @ 2230 fmg | : 334 500 fmg |
| Total | : 1 252 000 fmg |

- les temps de travaux, sont identiques dans tous les traitements sauf pour les travaux de sarclage (qui dépend de l'existence ou non d'une culture associée et de la nature de cette culture) et d'égrenage (qui dépend des rendements). Le temps de sarclage minimum a été observé sur l'association maïs – arachide ; vient ensuite l'association maïs – soja, puis maïs – haricot, et enfin la culture pure de maïs.

Concernant les légumineuses :

- aucune fertilisation n'ayant été apportée, la seule dépense concerne les semences.
- les temps de travaux sont de 30 Hj par ha pour le semis et 15 Hj par tonne pour la récolte.

Le tableau suivant résume le calcul des revenus réels dans chaque traitement (culture pure, culture associées).

Tableau n°32 : Essai de comparaison de trois associations maïs - légumineuses avec le maïs en culture pure – Résultats économiques : comparaison des revenus obtenus dans chaque conduite culturale

| TRAITEMENTS | MAÏS PUR | MAÏS ASSOCIE AU SOJA | | MAÏS ASSOCIE A L'ARACHIDE | | MAÏS ASSOCIE AU HARICOT | |
|---|-----------|----------------------|-----------|---------------------------|----------|-------------------------|-----------|
| CULTURES | MAÏS | MAÏS | SOJA | MAÏS | ARACHIDE | MAÏS | HARICOT |
| Rendement (kg/ha) | 2 564,06 | 1 655,31 | 446,31 | 2 250,96 | 264,56 | 2 638,16 | 363,26 |
| Prix (fmg/kg) | 2 025 | 2 025 | 2 500 | 2 025 | 1 250 | 2 025 | 3 000 |
| PRODUIT BRUT (fmg) | 5 192 222 | 3 352 003 | 1 115 775 | 4 558 194 | 330 700 | 5 342 274 | 1 089 780 |
| Consommations intermédiaires (fmg) | 1 252 000 | 1 252 000 | 480 000 | 1 252 000 | 270 000 | 1 252 000 | 280 000 |
| VALEUR AJOUTEE BRUTE(fmg) | 3 940 222 | 2 100 003 | 635 775 | 3 306 194 | 60 700 | 4 090 274 | 809 780 |
| Nombre de journées de travail (Hj/ha) | 275 | 230 | 37 | 239 | 34 | 254 | 35 |
| Revenu par journée de travail (fmg) | 14 343 | 9 113 | 17 326 | 13 847 | 1 787 | 16 096 | 22 844 |
| VALEUR AJOUTEE BRUTE TOTALE PAR CONDUITE DE CULTURE (fmg) | 3 940 222 | 2 735 778 | | 3 366 894 | | 4 900 054 | |

Le meilleur rendement en maïs est obtenu avec l'association maïs – haricot, et le plus faible avec le soja. Ces différences ne sont pas agronomiquement significatives, comme il a été développé plus haut. Cependant, les valeurs ajoutées calculées montrent une dominance de l'association maïs – haricot. Dans ce même traitement, le revenu par journée de travail, qui est la valeur ajoutée divisée par le nombre de journées de travail (dans l'hypothèse où toutes les tâches sont payées ou hypothèse capitaliste), peut se mesurer avec ceux des autres cultures présentes dans les terroirs concernés par le maïs (cf. partie « Recensements complémentaires sur la région d'étude »)

5.1.5. Conclusion partielle

Le maïs associé à des légumineuses à graines n'abaisse pas les rendements du maïs et donne une production supplémentaire (la légumineuse). L'avantage des cultures associées par rapport à la culture pure est :

- dans le revenu apporté par les premières.
- la sécurité de l'exploitation grâce l'espoir de deux récoltes au lieu d'une seule.
- dans la meilleure utilisation du terroir, sachant que les deux cultures n'ont pas forcément les mêmes besoins.
- un investissement probable en fertilité (hypothèse qui n'aura pu être vérifiée qu'avec un bilan de fertilité du sol dans chaque traitement), qui permettrait de refaire un ou deux cycles de maïs, pratique pourtant peu recommandée en culture pure. En effet, il serait possible de décaler la ligne de semis de maïs sur l'ancienne ligne de légumineuses. Toutefois, cette hypothèse mérite d'autres essais pour en évaluer la réponse dans les conditions de la région.

5.2. Expérimentation n°2: Association du maïs avec le haricot et variation de la dose de NPK

5.2.1. Protocole de l'essai

5.2.1.1. Objectifs du test

Déterminer quelle est la meilleure dose d'engrais complexe NPK 11-22-16 pour une culture en association maïs /haricot ?

Répondre à l'hypothèse « l'association ne permet pas d'atteindre le rendement maximum de chaque plante ».

5.2.1.2. Lieu de mise en place

L'essai est conduit en station.

5.2.1.3. Dispositif expérimental

Les essais suivent une disposition « Blocs ».

Nombre de répétitions : Quatre (04).

Parcelle élémentaire

Parcelle de 5 lignes de maïs espacées de 0.80 m et de 6 m de longueur. La parcelle élémentaire mesure donc $6 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 5 = 24 \text{ m}^2$ de surface, ou 30 mètres linéaires.

Le haricot est disposé en interligne du maïs. Aux cinq lignes de maïs correspondent quatre lignes de haricot, les lignes étant également espacées de 0.80m. Ceci correspond à 24 mètres linéaires de légumineuse.

Parcelle utile

On récolte les trois lignes du milieu sur les cinq lignes de chaque traitement moins un poquet à chaque extrémité de ligne. Les poquets étant distants de 0.50 m dans la ligne, la surface utile est de : $(6 \text{ m} - 0.50 \text{ m} - 0.50 \text{ m}) \times (5-1-1) \times 0.8 = 12 \text{ m}^2$ ou 15 mètres linéaires de maïs (correspondant à 11 m de légumineuses).

5.2.1.4. Traitements étudiés

Les traitements suivants sont étudiés :

- le maïs en culture pure et le maïs cultivé avec du haricot en interlignes
- trois doses (100, 200, 300 kg / ha) d'engrais complexe NPK 11-22-16 par pratique culturale (trois doses pour la culture pure et trois pour l'association).

Une culture pure de haricot par bloc sera implantée.

La répartition des traitements sur chaque bloc se fait au hasard sur un terrain aussi homogène que possible.

Le seul fertilisant étudié étant le NPK, le reste de la fumure est sur le maïs est uniforme.

- Fumier : 2.5 t / ha
- Dolomie : 400kg / ha
- Urée : 150kg / ha.

Le seul apport sur le haricot est le fumier, à raison de 2.5 tonnes à l'hectare.

Tous sauf l'urée sont apportés au semis et en localisation au niveau de chaque poquet. L'urée est apportée en deux dates : lorsque le maïs arrive à hauteur du genou et au début de la floraison mâle.

5.2.1.5. Itinéraire technique

Après les choix de l'emplacement et de la disposition de l'essai :

- Labour à 25cm, émottage, piquetage des parcelles élémentaires.
- Piquetage des lignes de semis des maïs et des légumineuses.
- Semis.

a) Modalités du semis

- Le maïs est semé conformément aux recommandations adoptées en milieu paysan (espacements de 0.50m dans la ligne) pour une densité de 25 000 poquets à l'hectare.
- Le haricot est semé avec des espacements voisins de ceux observés en milieu paysan 0.25 m, et à la même date que le maïs.
- Application d'insecticides terrioles (FURADAN 5 G) contre le ver blanc au semis du maïs
- Dose de semis : 3 graines par poquet pour le maïs et quatre pour les légumineuses
- Semences utilisés : variété MEVA (composite) pour le maïs, et lingot blanc pour le haricot.

b) Démariage

La densité après levée est ramenée à deux plants par poquet (soit 50 000 plants à l'hectare) pour le maïs et à 3 plants/poquets (soit 150 000plants à l'hectare) pour le haricot.

c) Dose de fertilisant

Ramené au nombre de poquet de maïs, on a :

- Fumier : 100 g / poquet
- Dolomie : 16 g / poquet
- NPK : 4, 8 et 12 g /poquet selon le traitement.
- Urée : 6g par poquet en deux fois 3 grammes ou 12 grammes par mètre linéaire en

deux fois 6 grammes.

Pour le haricot, le fumier s'appliquera à 50 g/ poquet

d) Sarclage

Selon le pression des adventices, maïs, en principe se fait avec l'apport d'urée et combiné avec le buttage.

5.2.1.6. Observations et mesures

- Comptage :
 - Des plants après levée
 - Des plants après démariage
 - Des plants productifs et non productifs
 - Du nombre d'épis et de plants récoltés
- Pesées de la production en graines commerciales de maïs et de haricot de chaque traitement.
- Mesure de l'élongation des plants de maïs par décade ou quinzaine au plus tard :
 - Mesure de la longueur à la dernière ligule au moyen d'un mètre ruban.
 - Mesure du diamètre de la tige à 1 centimètre du sol au moyen d'un pied à

coulisse.

Nombre de plants à mesurer

Quatre poquets par traitement sont fixés au hasard à la levée pour être mesurés durant la campagne. Au pied de chacun des deux plants de chaque poquet est planté une tige de bois, 0.50 centimètre de section tout au plus, pour servir de base fixe à chaque mesure. Un piquet peint en noir correspond au plant le plus avancé du poquet à la levée, et un autre en blanc pour le plus court des deux.

Calcul de l'élongation moyenne

La moyenne arithmétique des mesures des quatre poquets de chaque traitement à une date constitue l'élongation la longueur et le diamètre moyen de ce traitement à cette date. Il sera calculé une moyenne pour le plant avancé (noir), et une autre pour le plant retardé (blanc). Cette distinction peut contribuer à évaluer l'ampleur de la concurrence au sein d'un poquet à deux plants.

5.2.1.7. Analyse des résultats

L'analyse de résultats en maïs (pesées et mesures) se fera au moyen du logiciel STAT-ITCF.

Les pesées du maïs et du haricot serviront au calcul de la Surface Equivalente Relative ou Land Equivalent Ratio par dosage de NPK.

5.2.2. Résultats de l'expérimentation

Plusieurs causes ont contribué à affecter de façon considérable les rendements de l'essai :

- La mise en place du dispositif n'a pu se faire que le 05 février 2004, ce qui est déconseillé dans toutes les recommandations, sauf si un système d'irrigation de complément est mis en place. Des arrosages ont été appliqués durant les périodes de sec, mais dans une quantité très inférieure qui n'a pu combler le déficit.
- La station, située sur le replat sommital d'une colline déboisée, a été plus exposée à la sécheresse que les parcelles d'expérimentation en milieu paysan, généralement situées sur des bas versants.
- Il s'agit d'un sol de première culture, or, il est recommandé de ne pas placer le maïs en tête d'assolement.
- Une pullulation de chenilles mineuses des épis a été observée durant la fructification. Un traitement insecticide a cependant été appliqué dès constatation du problème.

La considération de ces contraintes fait qu'il sera extrêmement risqué, voire impossible, de tirer des conclusions d'aucune sorte sur l'essai concerné. Les calculs qui suivent doivent être pris avec toute la réserve indispensable et ne donneront plutôt qu'une idée des effets des traitements.

Par contre les mesures de croissance et d'élongation effectuées avant 90 JAS sont extrêmement intéressantes et peuvent donner une idée plus précise des effets des choix de fertilisation, et de technique culturale (culture pure, association culturale).

5.2.2.1. Calcul du SER par dosage de NPK

Formule du SER

$$\frac{\text{Rendement maïs culture associée}}{\text{Rendement maïs culture pure}} + \frac{\text{Rendement haricot culture associée}}{\text{Rendement haricot culture pure}}$$

Tableau n°33 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Calcul de la Surface Equivalente Relative (SER)

| Répétitions | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Maïs pur - NPK 100 kg/ha | 149,23 | 26,33 | 26,39 | 136,38 |
| Maïs pur - NPK 200 kg/ha | 129,94 | 75,97 | 29,23 | 19,43 |
| Maïs pur - NPK 300 kg/ha | 84,5 | 289,71 | 39,08 | 20,62 |
| Maïs associé - NPK 100 kg/ha | 20,76 | 31,28 | 63,49 | 82,42 |
| Maïs associé - NPK 200 kg/ha | 164,68 | 53,91 | 119,01 | 126,13 |
| Maïs associé - NPK 300 kg/ha | 98,67 | 62,48 | 35,54 | 4,92 |
| Maïs associé / Maïs pur à NPK 100 kg/ha | 0,14 | 1,19 | 2,41 | 0,60 |
| Maïs associé / Maïs pur à NPK 200 kg/ha | 1,27 | 0,71 | 4,07 | 6,49 |
| Maïs associé / Maïs pur à NPK 300 kg/ha | 1,17 | 0,22 | 0,91 | 0,24 |
| Haricot pur | 87,97 | 162,90 | 209,83 | 261,73 |
| Haricot associé au maïs - NPK 100 kg/ha | 279,73 | 255,73 | 176,08 | 162,15 |
| Haricot associé au maïs - NPK 200 kg/ha | 136,64 | 220,88 | 176,76 | 165,98 |
| Haricot associé au maïs - NPK 300 kg/ha | 86,61 | 179,10 | 218,99 | 299,92 |
| Haricot associé au maïs à 100 kg/ha NPK/haricot pur | 3,18 | 1,57 | 0,84 | 0,62 |
| Haricot associé au maïs à 200 kg/ha NPK/haricot pur | 1,55 | 1,36 | 0,84 | 0,63 |
| Haricot associé au maïs à 300 kg/ha NPK/haricot pur | 0,98 | 1,10 | 1,04 | 1,15 |
| SER à dosage de NPK 100 kg/ha | 3,32 | 2,76 | 3,24 | 1,22 |
| SER à dosage de NPK 200 kg/ha | 2,82 | 2,07 | 4,91 | 7,13 |
| SER à dosage de NPK 300 kg/ha | 2,15 | 1,32 | 1,95 | 1,38 |

Signification du SER:

Le SER donne la surface totale (culture principale et culture secondaire) en culture pure nécessaire pour avoir la même production que celle obtenue en cultures associées^[17]. Par exemple, un SER de 1.30 signifie que pour obtenir avec des cultures pures la même production totale que celle obtenue en culture associée, il faudrait 30% de surface en plus.

Par ailleurs, la SER est généralement comprise entre 1.20 et 1.70.

Les résultats du tableau ci-dessus confirment les conditions exceptionnellement mauvaises qui ont prévalu durant la campagne, ce qui n'a pas manqué d'affecter les rendements.

5.2.2.2. Rendements du maïs par technique culturale et par dosage de NPK

Tableau n°34 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Rendement en maïs grain obtenu dans l'essai

| BLOCS | TRAITEMENTS | DOSES | RENDEMENTS (kg/ha) |
|-----------|-------------|-------|--------------------|
| B1 | monoculture | 100 | 149,23 |
| | | 200 | 129,94 |
| | | 300 | 84,5 |
| | associé | 100 | 20,76 |
| | | 200 | 164,68 |
| | | 300 | 98,67 |
| B2 | monoculture | 100 | 26,33 |
| | | 200 | 75,97 |
| | | 300 | 289,71 |
| | associé | 100 | 31,28 |
| | | 200 | 53,91 |
| | | 300 | 62,48 |
| B3 | monoculture | 100 | 26,39 |
| | | 200 | 29,23 |
| | | 300 | 39,08 |
| | associé | 100 | 63,49 |
| | | 200 | 119,01 |
| | | 300 | 35,54 |
| B4 | monoculture | 100 | 136,38 |
| | | 200 | 19,43 |
| | | 300 | 20,62 |
| | associé | 100 | 82,43 |
| | | 200 | 126,13 |
| | | 300 | 4,92 |

5.2.2.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations

N° et Noms des variables

1. modec

2. dose

3. bloc

4. rendt

Les traitements ont été répartis dans 4 blocs.

Le dispositif de l'essai est **le factoriel 2 facteurs en bloc**.

FACTEUR 1= 2 modes de culture

1= monoculture (mon)

2= associations (ass)

FACTEUR 2= 3 doses d'engrais

1= 100 NPK (100)

2= 200 NPK (200)

3= 300 NPK (300)

FACTEUR 3= 4 blocs

1= Bloc 1 (B1)

2= Bloc 2 (B2)

3= Bloc 3 (B3)

4= Bloc 4 (B4)

Effet des traitements (associations+dose d'engrais) sur la variable **rendement (rendt)**

Analyse de variance de la variable rendement

Tableau n°35 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Analyse de variance de la variable rendement

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V. (%) | Observations |
|------------------|----------|-----|---------|-----------|------|--------|-------|----------|--------------|
| Var. totale | 97095.60 | 21 | 4221.55 | | | | | | |
| Var. facteur1 | 1047.59 | 1 | 1047.59 | 0.23 | 4.54 | 0.6447 | | | NS |
| Var. facteur 2 | 1968.80 | 2 | 984.40 | 0.21 | 3.68 | 0.8120 | | | NS |
| Var. inter F1*F2 | 13896.30 | 2 | 6948.15 | 1.51 | 3.68 | 0.2530 | | | NS |
| Var. blocs | 10976.46 | 3 | 3658.82 | 0.79 | 3.29 | 0.5190 | | | NS |
| Var. résiduelle1 | 69206.45 | 15 | 4613.76 | | | | 67.92 | 86.5 | |

Résultats de l'analyse de variance

Il n'y pas de différence significative entre les blocs.

Il n'y pas de différence significative entre les traitements. L'association avec le haricot et la variation de la dose de NPK n'influencent pas le rendement.

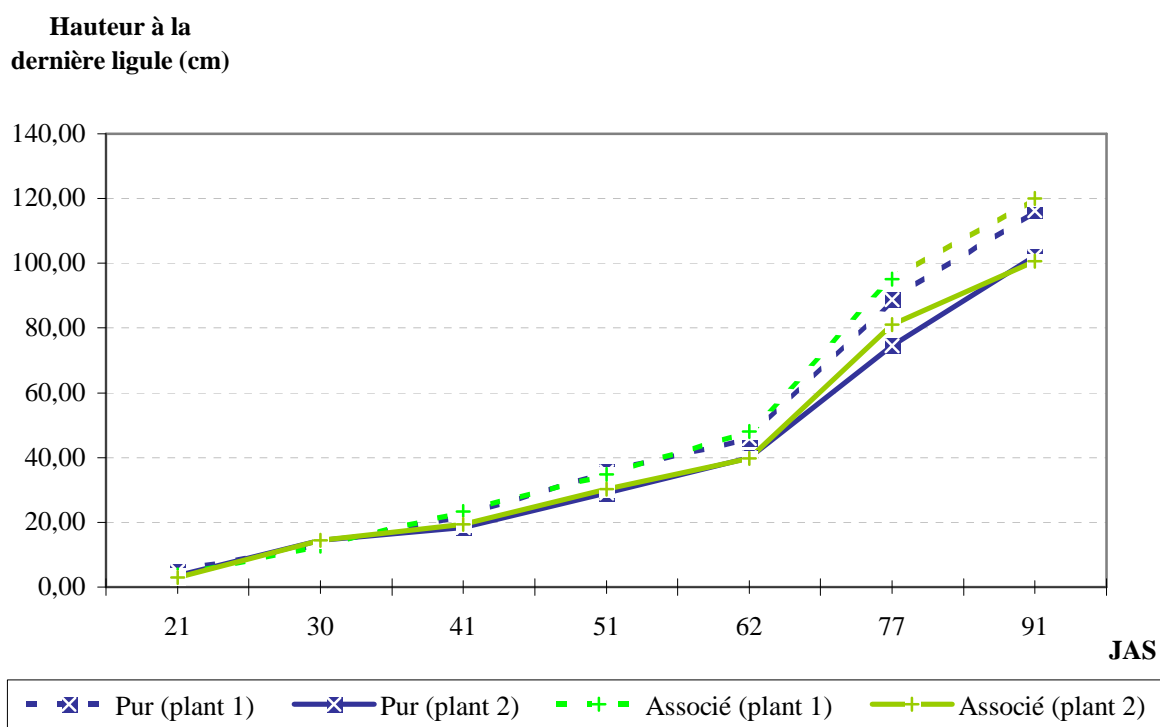
5.2.2.4. Croissance et élongation du maïs par technique de culture et par dosage de NPK

La série de courbes qui suit représente le comportement du maïs aux différentes doses d'engrais complexe NPK, en culture pure comme en association avec le haricot. Les deux plants de chaque poquet ont été représentés séparément pour apprécier l'ampleur de la concurrence entre eux.

a) Comparaison maïs associé – maïs en culture pure

- A la fertilisation de NPK 11.22.16 de 100 kg/ha
 - Hauteur à la dernière ligule

Graphique n°3 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des élongations du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 100 kg/ha de NPK 11.22.16.

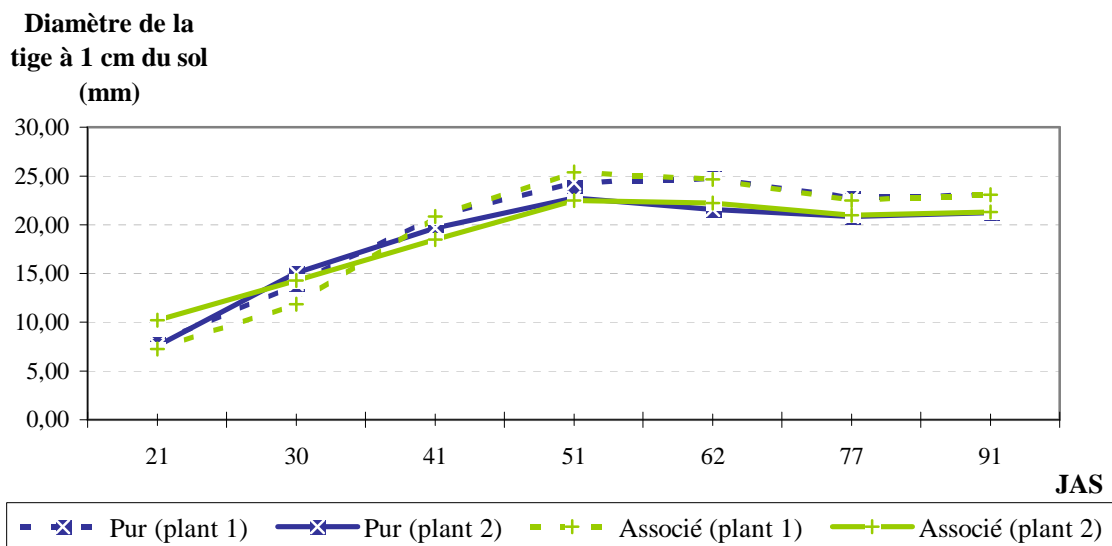


Aux premières phases de la croissance (premier mois après le semis), aucune des deux façons culturales ne se distingue de l'autre. Par contre, le maïs conduit en association devance progressivement la culture pure. A trois mois après le semis, pour le dosage de 100 kg/ha, les deux conduites de culture sont presque au même état végétatif.

La compétition entre les deux plants peut être observée en culture pure comme en association.

- Diamètre à 1 cm du collet

Graphique n°4 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 100 kg/ha de NPK 11.22.16.

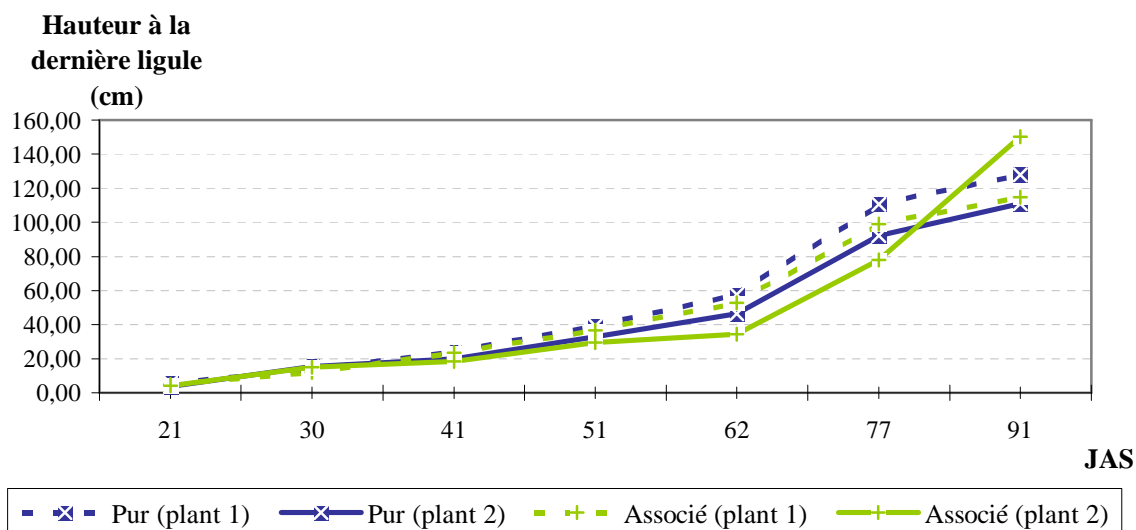


Au bout du premier mois après le semis, aucune des deux façons culturales ne se distingue de l'autre. Au deuxième mois, l'association supplante la culture pure, toujours est-il qu'à la fin des 90 jours, état végétatif. La compétition entre les deux plants peut être observée en culture pure comme en association.

- A la fertilisation de NPK 11.22.16 de 200 kg/ha

- Hauteur à la dernière ligule

Graphique n°5 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des élongations du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 200 kg/ha de NPK 11.22.16.

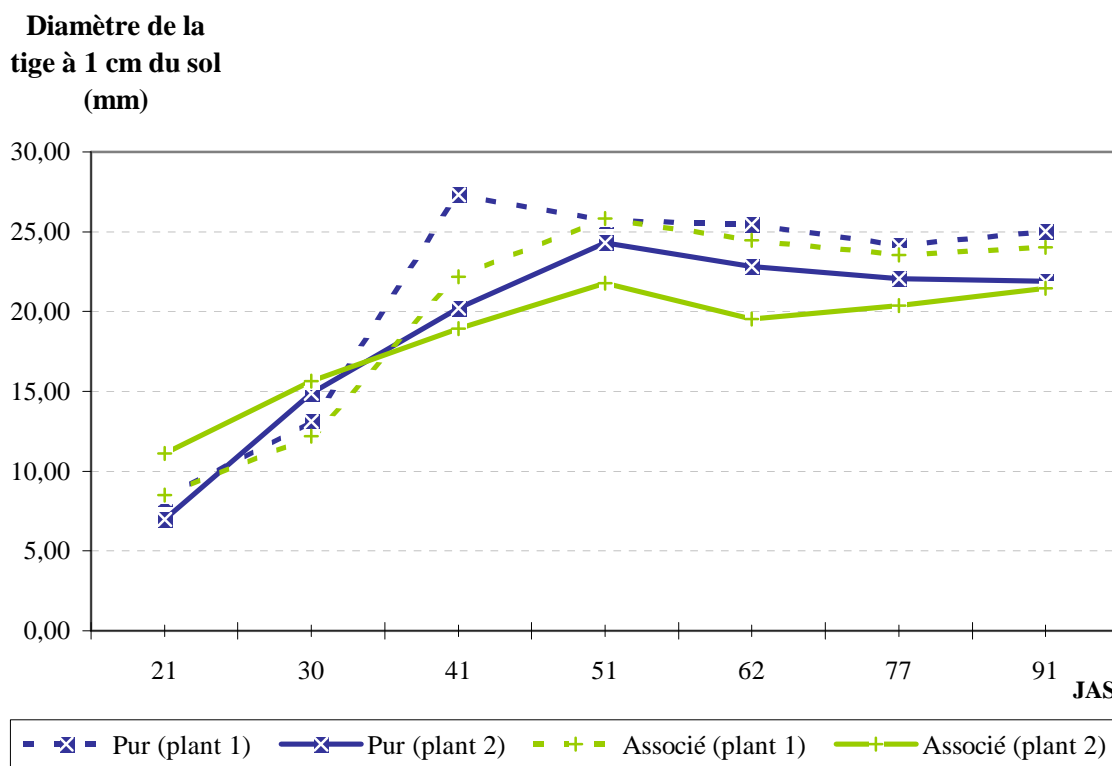


A la fertilisation de 200 kg/ha de NPK, le maïs cultivé seul semble se comporter mieux qu'en association culturale, quoique ce phénomène ne soit pas général.

Le degré de la compétition des deux plants d'un seul poquet semble s'accroître par rapport à la situation de la fertilisation de 100 kg/ha.

- Diamètre à 1 cm du collet

Graphique n°6 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 200 kg/ha de NPK 11.22.16.



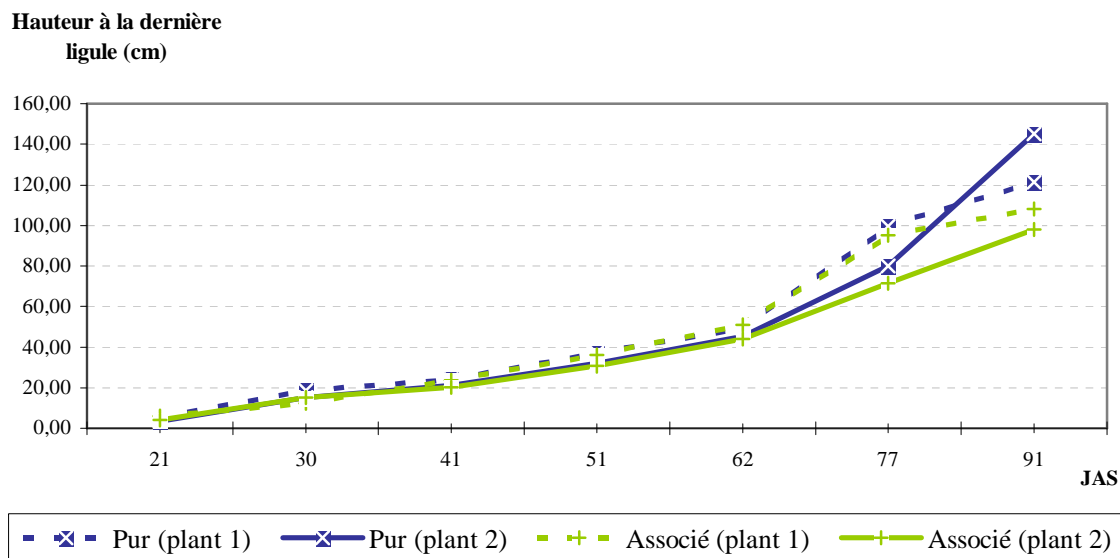
Les situations finales des deux façons culturales sont identiques bien que dans un premier temps le dosage de 200 kg/ha semble avoir favorisé la culture pure.

Le degré de la compétition des deux plants d'un seul poquet semble s'accroître par rapport à la situation de la fertilisation de 100 kg/ha.

- A la fertilisation de NPK 11.22.16 de 300 kg/ha

- Hauteur à la dernière ligule

Graphique n°7 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des élancements du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 300 kg/ha de NPK 11.22.16.

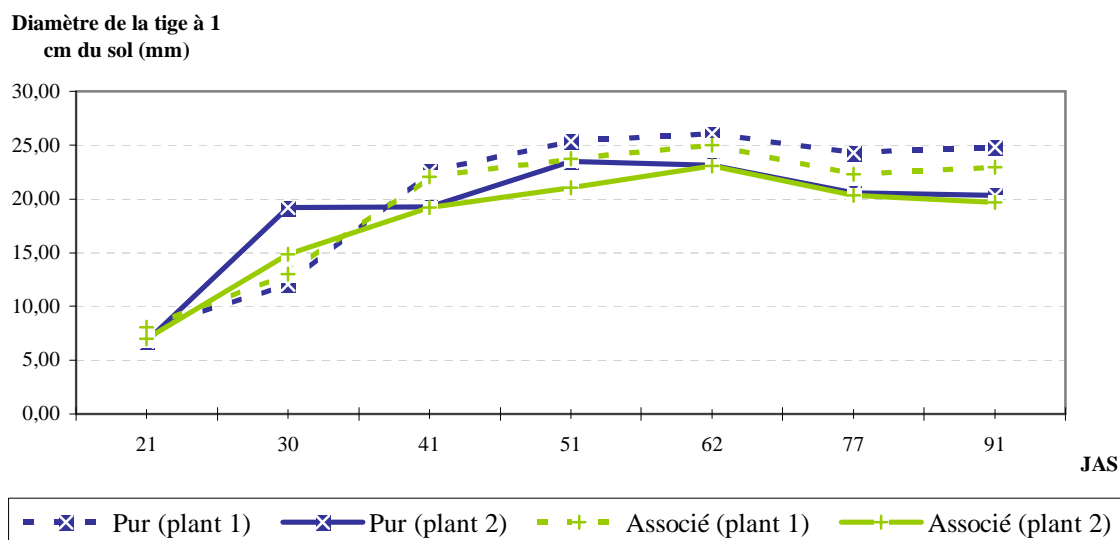


Les développements végétatifs des deux façons culturales se sont faits en parallèle, mais au bout des 90 jours après le semis, la culture pure se situe de beaucoup en avance sur l'association culturale.

La compétition est atténuée à 300 kg/ha de NPK.

- Diamètre à 1 cm du collet

Graphique n°8 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure et du maïs en culture associée à 300 kg/ha de NPK 11.22.16.



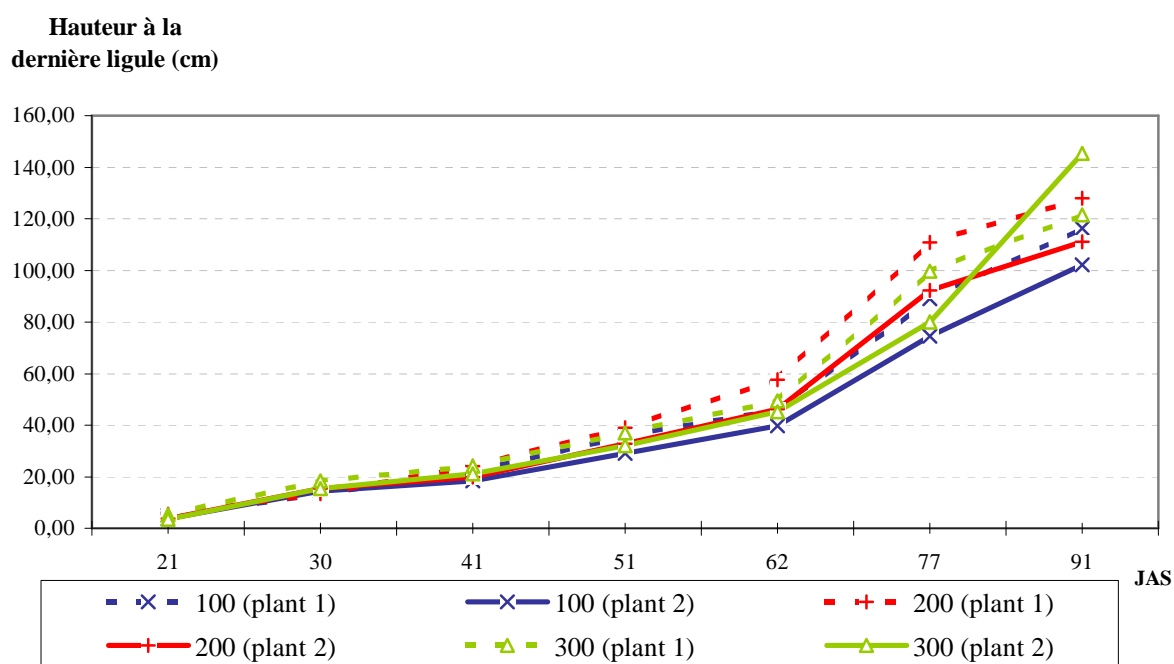
A 300 kg/ha de NPK, tout au long du cycle, le maïs cultivé seul supplante le maïs associé au haricot, ceci en terme de développement de la tige, élément essentiel pour l'édification d'une architecture destinée à supporter les futurs épis.

b) Comparaison des trois dosages d'engrais complexe NPK

- Hauteur à la dernière ligule

- En culture pure

Graphique n°9 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des elongations maïs en culture pure dans les trois dosages de NPK testés.

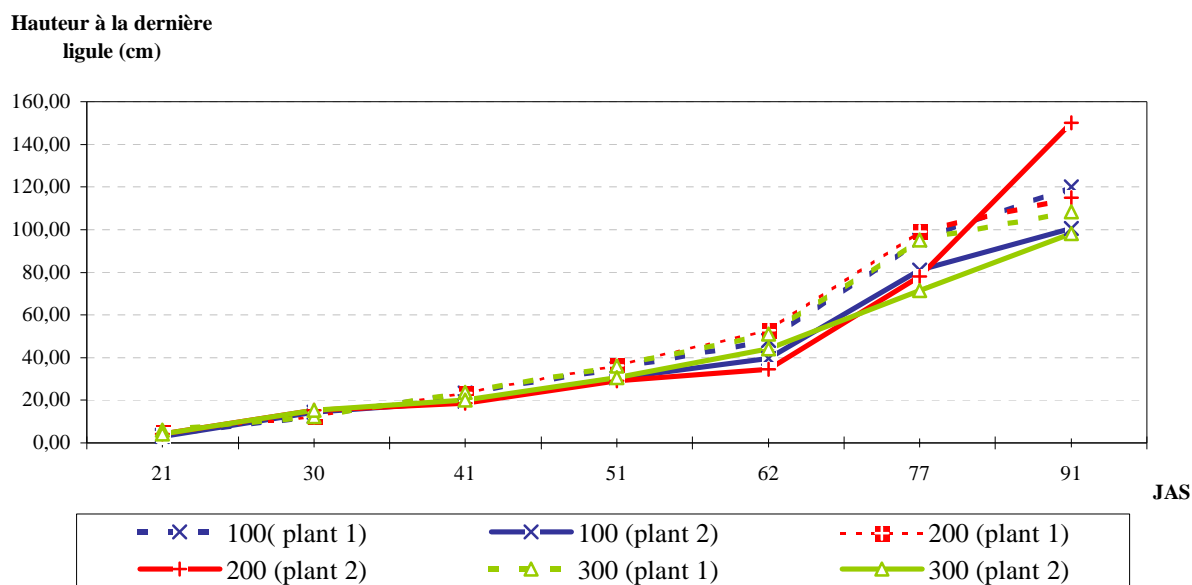


En culture pure, le dosage de 300 kg/ha de NPK semble être plus efficace, si l'on s'en tient au seul développement végétatif. Toujours est-il que cette constatation n'aura pu être confirmée par des chiffres de rendements, à cause des conditions ayant prévalu dans la station d'essai.

La compétition des deux plants d'un même poquet est la moins intense avec ce même dosage.

- En culture associée

Graphique n°10 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des elongations maïs en culture associée dans les trois dosages de NPK testés.

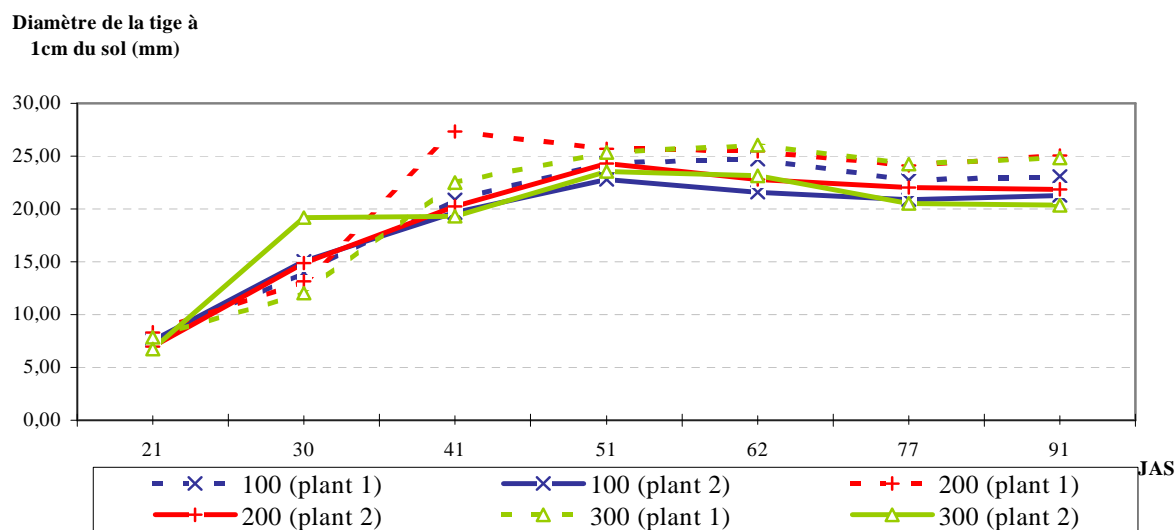


En culture associée, le dosage de 300 kg/ha semble être le plus inefficace car supplanté même par la fumure contenant 100 kg/ha de NPK.

La compétition s'exprime moins avec la fertilisation minimale.

- Diamètre à 1 cm du sol
 - En culture pure

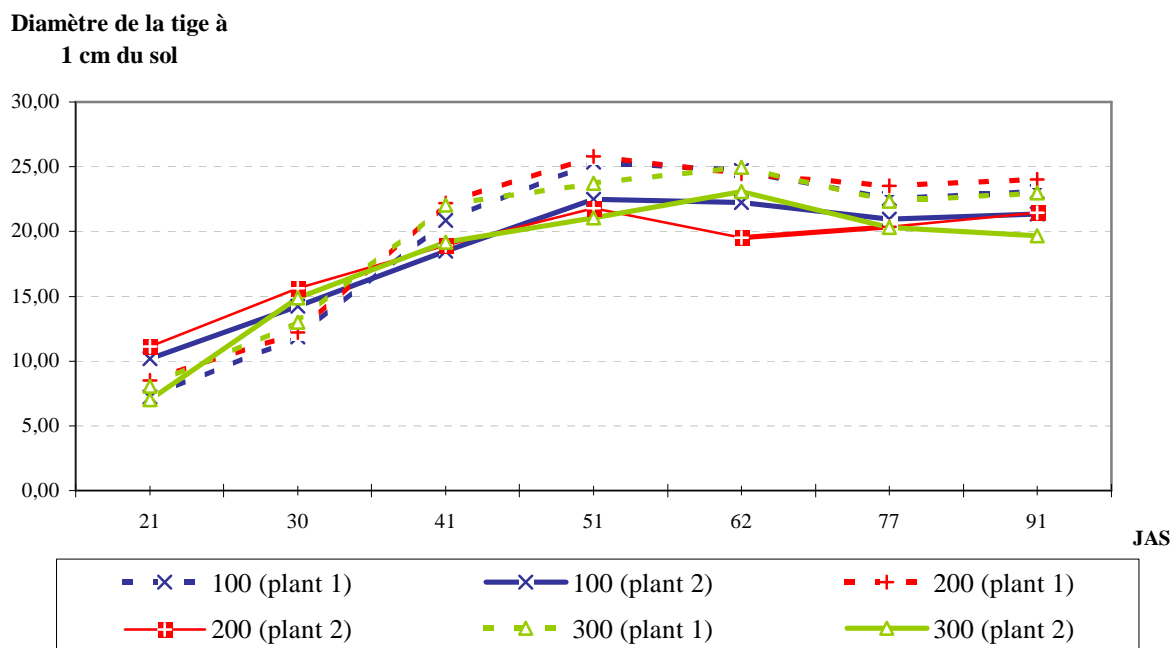
Graphique n°11 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture pure dans les trois dosages de NPK testés.



La fertilisation de 200 kg/ha, se distingue en culture pure. La compétition est la plus forte dans la fumure maximale.

- En culture associée

Graphique n°12 : Essai de comparaison de l'association maïs - haricot avec le maïs en culture pure à trois dosages d'engrais complexe NPK – Comparaison des diamètres des tiges du maïs en culture associée dans les trois dosages de NPK testés.



La fertilisation à 300 kg/ha se distingue par sa moindre efficacité au fur et à mesure que le cycle avance.

5.2.2.5. Conclusion partielle

Il semble ressortir de cette série de mesures que :

- l'association culturale ne cause pas d'effet significatif sur le développement végétatif du maïs à un dosage faible fumure, NPK notamment. Par contre, à des dosages plus forts, la culture pure est favorisée.
- la compétition entre deux plants d'un même poquet est plus forte là où la fumure est maximale.

Les résultats n'ayant pu être confirmés par des rendements fiables, il serait imprudent d'avancer des conclusions fermes. Tout semble porter cependant à faire reconnaître que plus le maïs est fertilisé, plus la culture qui lui est associée en profite, et plus il est défavorisé. Cependant, rien ne permet d'affirmer que cela est le cas sur le rendement en maïs grain.

Des essais portant sur la comparaison du semis à deux plants par poquet et un plant par poquet seraient intéressants pour savoir dans quelle mesure la compétition peut s'exprimer sur les rendements.

5.3. Expérimentation n°3: Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966, à deux dosages de fertilisants.

5.3.1. Protocoles des essais

5.3.1.1. Objectifs du test

Déterminer laquelle des deux variétés peut fournir le meilleur rendement dans les conditions de la région étudiée et aux mêmes doses de fertilisation.

Savoir si la réponse de cette première question est conservée dans deux niveaux de fertilisations différentes, l'une étant plus forte que l'autre.

5.3.1.2. Lieu de mise en place

L'essai est conduit en milieu paysans, mais avec toutes les répétitions chez un même paysan.

5.3.1.3. Dispositif expérimental

Les essais suivent une disposition « Blocs ».

Nombre de répétitions : Cinq (05).

Parcelle élémentaire

Parcelle de 5 lignes de maïs espacées de 0.80 m et de 4 m de longueur. La parcelle élémentaire mesure donc $4 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 5 = 16 \text{ m}^2$ de surface, ou 20 mètres linéaires.

Parcelle utile

On récolte les trois lignes du milieu sur les cinq lignes de chaque traitement moins un poquet à chaque extrémité de ligne. Les poquets étant distants de 0.25 m dans la ligne, la surface utile est de : $(4 \text{ m} - 0.25 \text{ m} - 0.25 \text{ m}) \times (5 - 1 - 1) \times 0.8 = 7.2 \text{ m}^2$ ou 9 mètres linéaires.

5.3.1.4. Traitements étudiés

Les traitements suivants sont étudiés :

- a) Deux variétés de maïs : un composite (MEVA), et un hybride (PANNAR 6966).
- b) Deux formules de fumures : un dosage faible et un dosage fort de fertilisants.

Le dosage faible se présente comme suit :

- Fumier : 2.5 t / ha
- NPK 11.22.16. : 200 kg/ha
- Dolomie : 250kg / ha
- Urée 46 % : 125kg / ha.

Le dosage fort est le suivant :

- Fumier : 5 t / ha
- NPK 11.22.16. : 300 kg/ha
- Dolomie : 400 kg / ha
- Urée 46 % : 125 kg / ha.

Tous sauf l'urée sont apportés au semis et en localisation au niveau de chaque poquet. L'urée est apportée en deux dates : lorsque le maïs arrive à hauteur du genou et au début de la floraison mâle.

5.3.1.5. Itinéraire technique

Après les choix de l'emplacement et de la disposition de l'essai :

- Labour à 25cm, émottage, piquetage des parcelles élémentaires.
- Piquetage des lignes de semis des maïs et des légumineuses.
- Semis.

a) Modalités du semis

- Lignes espacées de 0.80 m et poquets distants de 0.25 m dans la ligne pour une densité théorique de 50 000 poquets à l'hectare.
- Application d'insecticides terrioles (FURADAN 5 G) contre le ver blanc au semis du maïs.
- Dose de semis : 2 graines par poquet.
- Semences utilisés : variété MEVA (composite) et PANNAR 6966 (hybride).

b) Démariage

La densité après levée est ramenée à un plant par poquet (soit 50 000 plants à l'hectare).

c) Sarclage

Selon le pression des adventices, mais, en principe se fait avec l'apport d'urée et combiné avec le buttage.

d) Observations et mesures

- Comptage :
 - Des plants après levée
 - Des plants après démariage
 - Des plants productifs et non productifs
 - Du nombre d'épis et de plants récoltés
- Pesées de la production en graines commerciales de chaque traitement.

e) Analyse des résultats

L'analyse de résultats se fera au moyen du logiciel STAT-ITCF.

5.3.2. Résultats des expérimentations

Tableau n°36 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – rendements obtenus dans l'essai (kg/ha).

| VARIETE | MEVA | | PANNAR | |
|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| DOSAGE | DOSAGE FAIBLE | DOSAGE FORT | DOSAGE FAIBLE | DOSAGE FORT |
| REPETITION 1 | 1000,16 | 896,72 | 2302,95 | 2762,94 |
| REPETITION 2 | 887,57 | 580,35 | 2082,08 | 2502,02 |
| REPETITION 3 | 228,4 | 912,47 | 1541,26 | 789,24 |
| REPETITION 4 | 846,68 | 813,92 | 1822,83 | 1456,47 |
| REPETITION 5 | 492,42 | 927,08 | 1641,55 | 2274,42 |

5.3.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations

N° et Noms des variables :

1. var 2. dose 3. REPET 4. rendt

Le dispositif de l'essai choisi est le **dispositif factoriel 2 facteurs en randomisation totale**.

Chaque traitement est répété 5 fois.

FACTEUR 1 : 2 variétés

1. PANNAR (PAN) 2. MEVA (MEV)

FACTEUR 2 : 2 doses d'engrais

1: dosage fort (DFO) 2: dosage faible (DFA)

FACTEUR 3 : 5 Répétitions

*Effet des traitements sur la variable **rendement (rendt)**

Analyse de variance de la variable rendement

Tableau n°37 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966
– Analyse de variance de la variable rendement

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V (%) | Obs. |
|------------------|-------------|-----|------------|--------------|------|--------|--------|------------|------|
| Var. totale | 10328743.00 | 19 | 543618.06 | | | | | | |
| Var. facteur 1 | 6716395.50 | 1 | 6716395.50 | 30.26 | 4.50 | 0.0001 | | | S |
| Var. facteur 2 | 57218.00 | 1 | 57218.00 | 0.26 | 4.50 | 0.6236 | | | NS |
| Var. inter F1*2 | 3943.50 | 1 | 3943.50 | 0.02 | 4.50 | 0.8909 | | | NS |
| Var résiduelle 1 | 3551186.00 | 16 | 221949.13 | | | | 471.11 | 35.2 | |

Tableau n°38 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966
– Test de NEWMAN-KEULS- seuil 5%- variable : rendement

FACTEUR 1 : VARIETE

Nombre de moyennes 2
 Valeurs des ppas 446.89

| F1 | LIBELLES | MOYENNES | GROUPES HOMOGENES |
|----|----------|----------|----------------------|
| 1 | PAN | 1917.58 | A |
| 2 | MEV | 758.58 | B |

Résultats de l'analyse de variance :

- Il n'existe aucune différence significative entre les doses d'engrais.
- Il y a une différence significative entre les 2 variétés. La variété cultivée peut influencer le rendement. La variété PANNAR est ici nettement meilleure que la variété MEVA.

5.3.4. Significations économiques

Les tableaux ci-après donnent les significations économiques respectives des résultats de la comparaison du maïs composite MEVA et du maïs hybride PANNAR 6966.

Tableau n°39 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – rendements obtenus dans l'essai. Revenus obtenus avec la variété composite MEVA.

| Désignation | MEVA | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | DOSAGE FAIBLE | | | DOSAGE FORT | | |
| | Min. rdt | Max. rdt | Moy. rdt | Min. rdt | Max. rdt | Moy. rdt |
| Rendement (kg/ha) | 228,40 | 1 000,16 | 691,03 | 580,35 | 927,08 | 826,11 |
| Prix proposé (fmg/kg) | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 |
| PRODUIT BRUT (fmg) | 462 510 | 2 025 324 | 1 399 336 | 1 175 209 | 1 877 337 | 1 672 873 |
| Consommations intermédiaires (fmg) | 1 106 250 | 1 106 250 | 1 106 250 | 1 566 250 | 1 566 250 | 1 566 250 |
| VALEUR AJOUTEE BRUTE | -643 740 | 919 074 | 293 086 | -391 041 | 311 087 | 106 623 |
| Nombre de journées de travail (Hj/ha) | 230 | 245 | 239 | 237 | 244 | 242 |
| Revenu par journée de travail (fmg) | -2 795 | 3 751 | 1 226 | -1 650 | 1 277 | 441 |

Tableau n°40 : Essai de comparaison entre le maïs composite MEVA et l'hybride PANNAR 6966 – Revenus obtenus avec la variété hybride PANNAR 6966.

| Désignation | PANNAR | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | DOSAGE FAIBLE | | | DOSAGE FORT | | |
| | Min. rdt | Max. rdt | Moy. rdt | Min. rdt | Max. rdt | Moy. rdt |
| Rendement (kg/ha) | 1 541,26 | 2 302,95 | 1 878,13 | 789,24 | 2 762,87 | 1 957,02 |
| Prix proposé (fmg/kg) | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 | 2 025 |
| PRODUIT BRUT(fmg) | 3 121 052 | 4 663 474 | 3 803 221 | 1 598 211 | 5 594 812 | 3 962 961 |
| Consommations intermédiaires (fmg) | 1 578 750 | 1 578 750 | 1 578 750 | 2 038 750 | 2 038 750 | 2 038 750 |
| VALEUR AJOUTEE BRUTE | 1 542 302 | 3 084 724 | 2 224 471 | -440 539 | 3 556 062 | 1 924 211 |
| Nombre de journées de travail (Hj/ha) | 255 | 270 | 262 | 241 | 278 | 263 |
| Revenu par journée de travail (fmg) | 6 042 | 11 435 | 8 501 | -1 828 | 12 769 | 7 311 |

5.4. Expérimentation n°4: Essai de comparaison entre deux espacements (0.25 m et 0.50 m) des poquets dans la ligne de semis.

5.4.1. Protocoles des essais

5.4.1.1. Objectifs du test

Déterminer quelle est la meilleure disposition des poquets dans la ligne pour une même densité théorique de 50 000 plants / hectare et un même espace de 0.80 m entre les lignes, sachant que les choix possibles sont :

- des poquets distants de 0.50 m avec un démariage à deux plants par poquet.
- des poquets distants de 0.25 m avec un démariage à un plant par poquet.

5.4.1.2. Lieu de mise en place

L'essai est conduit en station.

5.4.1.3. Dispositif expérimental

Les essais suivent une disposition « Blocs ».

Nombre de répétitions : Quatre (04).

Parcelle élémentaire

Parcelle de six lignes de maïs espacées de 0.80 m et de 5 m de longueur. La parcelle élémentaire mesure donc $5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 6 = 24 \text{ m}^2$ de surface, ou 30 mètres linéaires.

Parcelle utile

On récolte les quatre lignes du milieu sur les six lignes de chaque traitement moins un poquet à chaque extrémité de ligne pour l'espacement de 0.50m, et deux poquets pour celui de 0.25 m. La surface utile est de : $(5 \text{ m} - 0.50 \text{ m} - 0.50 \text{ m}) \times (6-1-1) \times 0.8 = 16 \text{ m}^2$ ou 20 mètres linéaires.

5.4.1.4. Traitements étudiés

Les traitements étudiés sont les deux espacements de 0.25m et de 0.50 m.

La fertilisation est uniforme :

- NPK 11.22.16 : 200 kg/ha
- Fumier : 2.5 t / ha
- Dolomie : 400kg / ha
- Urée : 150kg / ha.

Tous sauf l'urée sont apportés au semis et en localisation au niveau de chaque poquet. L'urée est apportée en deux dates : lorsque le maïs arrive à hauteur du genou et au début de la floraison mâle.

5.4.1.5. Itinéraire technique

Après les choix de l'emplacement et de la disposition de l'essai :

- Labour à 25cm, émottage, piquetage des parcelles élémentaires.
- Piquetage des lignes de semis des maïs et des légumineuses.
- Semis.

a) Modalités du semis

- Le maïs est semé conformément aux deux traitements étudiés.
- Application d'insecticides terricoles (FURADAN 5 G) contre le ver blanc au semis du maïs.
- Dose de semis : trois3 graines par poquet pour le maïs à 0.50 m d'espacement et deux pour l'espacement de 0.25m.
- Semences utilisés : variété MEVA (composite).

b) Démariage

La densité après levée est ramenée à deux plants par poquet pour l'espacement de 0.50m, et à un seul plant pour l'espacement de 0.25 m.

c) Dose de fertilisant

Ramené au nombre de poquet de maïs, on a :

- Fumier : 100 g / poquet pour l'espacement de 0.50m et 50 g /poquet pour l'espacement de 0.25 m.
- Dolomie : 16 g / poquet pour l'espacement de 0.50m et 8 g /poquet pour l'espacement de 0.25 m.
- NPK : 8 g/poquet pour l'espacement de 0.50m et 4 g /poquet pour l'espacement de 0.25 m.
- Urée : 6 g/poquet pour l'espacement de 0.50m et 3 g /poquet pour l'espacement de 0.25 m.

d) Sarclage

Selon le pression des adventices, maïs, en principe se fait avec l'apport d'urée et combiné avec le buttage.

5.4.1.6. Observations et mesures

- Comptage
 - Des plants après levée
 - Des plants après démariage
 - Des plants productifs et non productifs
 - Du nombre d'épis et de plants récoltés.
- Pesées de la production en graines commerciales.

5.4.1.7. Analyse des résultats

L'analyse de résultats se fera au moyen du logiciel STAT-ITCF.

5.4.2. Résultats des expérimentations

La parcelle où l'essai a été mis en place est comprise dans le même périmètre de la station qui a hébergé l'expérimentation n°2. Les mêmes problèmes y sont survenus.

Par ailleurs, le démariage dans le traitement de 0.25 m n'a pu être exécuté de façon convenable, ce qui a affecté la densité attendue : 100 000 plants/ha au lieu de 50 000. Dans ces conditions, l'analyse des résultats exige une très grande réserve, et ne peut donner qu'une idée sommaire de ce qu'auraient pu être les conclusions.

**Tableau n°41 : Essai de comparaison entre deux espacements des poquets dans la ligne de semis
– Rendements obtenus.**

| BLOCS | ESPACEMENT | RDT(kg/ha) |
|-------|------------|------------|
| B1 | 25 | 649,96 |
| | 50 | 255,06 |
| B2 | 25 | 260,17 |
| | 50 | 240,08 |
| B3 | 25 | 206,59 |
| | 50 | 273,33 |
| B4 | 25 | 19,75 |
| | 50 | 19,1 |

5.4.3. Analyses et interprétations des résultats des expérimentations

N° et Noms des variables :

1. espct 2. bloc 3. rendt

Le dispositif de l'essai choisi est le **dispositif bloc**.

Les traitements ont été répartis dans 4 blocs différents.

FACTEUR 1 : 2 espacements

1. espacement 25 (25e) 2. espacement 50 (50e)

FACTEUR 2 : 4 Blocs

1: Bloc 1 (B1)

2: Bloc 2 (B2)

3: Bloc 3 (B3)

4: Bloc 4 (B4)

*Effet des traitements sur la variable **rendement (rendt)**

Analyse de variance de la variable rendement

**Tableau n°42 : Essai de comparaison entre deux espacements des poquets dans la ligne de semis
– Analyse de variance de la variable rendement**

| Origine | SCE | ddl | C.M | F calculé | F lu | PROBA | E.T | C.V (%) | Obs. |
|-------------------|-----------|-----|----------|--------------|-------|--------|--------|------------|------|
| Var. totale | 268232.78 | 7 | 38318.97 | | | | | | |
| Var. facteur1 | 15216.41 | 1 | 15216.41 | 0.70 | 10.10 | 0.4665 | | | NS |
| Var. blocs | 187830.64 | 3 | 62610.21 | 2.88 | 9.28 | 0.2037 | | | NS |
| Var. résiduelle 1 | 65185.73 | 3 | 21728.58 | | | | 147.41 | 61.3 | |

Résultats de l'analyse de variance

- Il n'existe aucune différence significative entre les blocs.
- Il n'y a également pas de différence significative entre les 4 traitements.

L'espacement n'influence pas le rendement.

5.5. Conclusion partielle

Les associations culturales devraient fournir un revenu supplémentaire et donc une plus grande sécurité aux producteurs. En outre, la reconduite de la culture de maïs sur la même parcelle devrait être rendue possible en décalant la ligne de semis sur celle des légumineuses. Des essais supplémentaires allant dans ce sens devraient être conduits.

Les conditions locales ont pu permettre la culture d'un hybride ; ce choix peut garantir des revenus encore supérieurs.

Les essais ont démontré une concurrence entre deux plants poussant dans un même poquet, mais il n'a pu être possible de confirmer cette hypothèse par des rendements.

Tout semble indiquer que la fertilisation à 200 kg/ha de complexe NPK 11.22.16 suffit dans les conditions locales. Toutefois, avec les conditions qui ont prévalu, aucune confirmation ferme ne peut être avancée et résultat reste hypothétique. Des essais conduits à la bonne date pourraient apporter les réponses exactes.

6. CONCLUSION GENERALE

La région étudiée présente les caractéristiques pédoclimatiques typiques des Hautes Terres. Les conditions des trois communes étudiées semblent répondre aux exigences du maïs, surtout dans les terroirs plus fertiles, les bas versants enrichis par le colluvionnement.

Malgré les semis tardifs ayant eu comme conséquence des conditions exceptionnelles d'insuffisance des pluies durant la phase végétative du maïs, il a pu être démontré que la culture de cette dernière est techniquement faisable sous les conditions qui prévalent. Les associations culturales permettent un revenu supplémentaire aux paysans sans pour autant pénaliser les rendements de la culture principale pour laquelle ils se sont engagés. Une tentative de cultiver un hybride a en outre démontré l'adaptabilité de ce choix technique aux conditions locales et les surplus de revenus envisageables.

Les semis réalisés le plus tôt possible dès l'installation de la saison pluvieuse pourraient contribuer à accroître les rendements en maïs. Les problèmes de ravageurs, très présents dans les parcelles les plus fertiles et les plus fumées, les bas versants cultivés en oignon surtout, devraient être pris en considération pour les campagnes à venir.

Sur le plan socio-économique, il semblerait que le développement de la maïsiculture dans le fivondronana d'Ambohidratrimo, du moins dans les trois communes étudiées, pourrait se faire sans venir concurrencer les cultures existantes qu'il s'agisse du terroir ou de la main d'œuvre. Ces premières constatations devraient toutefois être confirmées par des travaux plus poussés.

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ **ANDRIANASOLO Hanta**, Cours de cultures vivrières ESSA Département AGRICULTURE 2002, 45p (13)
- ❖ **APPERT J.** Les insectes nuisibles au maïs en Afrique et à Madagascar in Agronomie tropicale 1971 pages 176
- ❖ **BOURGEAT F.**, Sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire. ORSTOM Paris, coll. Mémoires, n°57, 1972.335p (16)
- ❖ **DONARIVelo Raherimandimby J.** Contribution à l'étude de l'étiologie bactérienne de la mammite des vaches laitières; cas de la région d'Ambohidratrimo. Mémoire Département Elevage 1996
- ❖ **DOVE J. Harold**, Rapport d'activités. LFL Madagascar, Tananarive. 2003 (15)
- ❖ **ESSA INA-PG**, Diagnostic régional : La bordure occidentale du lac Itasy Tananarive 1996 18p
- ❖ **FOFIFA / DRA Programme maïs AT**, Fiche technique pour la culture de maïs in Convention FOFIFA DRA- LFL Madagascar, 2003 Tananarive 10p (6)
- ❖ **FOOD TODAY**, Les origines du maïs, in Food Today n°30, Page 3, 2003 (10)
- ❖ **GINI Jean**, Les cultures de riz et de maïs irrigués : guide technique illustré à l'usage des encadreurs Dakar SODEFITEX 1981 163p
- ❖ **HERMES Conseils – NA**, Plan de développement régional d'Ambohidratrimo, Antananarivo 2002 25p
- ❖ **JOURCIN A.**, L'Histoire. Librairie Larousse Paris 1964.367p (12)
- ❖ **KURT G. Steiner**, Manuel d'expérimentation en milieu paysan pour les projets de développement rural. Recommandations pour le développement de messages de vulgarisation pour les petits exploitants dans les domaines de la socio- économie et de l'environnement. GTZ Eschborn 1990. 335p (18)
- ❖ **LIPS**, Le maïs et ses avenir, in Les cahiers du LIPS n°13, Pages 10 – 12,2003 (11)
- ❖ **MARQUETTE J**, L'amélioration de la culture du maïs : de la recherche au développement : cas de la région des plateaux de Togo in Agronomie tropicale. 1985 pages 211-216
- ❖ **MARTY Paul**, Le maïs. Ministère de la coopération et du développement - BDPA – SCETAGRI. 1992 . 22p (5)
- ❖ **Ministère de l'Agriculture, de l'expansion rurale, du ravitaillement**, Etude pour la mise en valeur des baiboho du Nord Ouest. Tome I : Rassemblement des données SCET Coopération Tananarive 1968. 178p

- ❖ **Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche –DRDR de Tananarive**, Fiche technique des variétés de maïs hybrides PANNAR 6480, 6966 et 6844. Tananarive 2003. 4p (7)
- ❖ **Ministère des affaires étrangères CIRAD GRET**, Mémento de l'Agronome. JOUVE Paris 2002. 1692p (17)
- ❖ **Ministère des relations extérieures Coopération et développement**, Cultures associées en milieu tropical. Eléments d'observation et d'analyse. GRET 1982. 66p
- ❖ **MSIRI**, Fiches techniques pour les cultures de maïs, de haricot, de soja légume et d'arachide. MSIRI Maurice 2003. 11p (9)
- ❖ **Muséum National d'histoire naturelle**, Les origines du maïs. CIMNTS MNHN 2004. 2p (3)
- ❖ **NICOU R**, Les techniques culturales du maïs en Afrique de l'ouest in Agronomie tropicale 1981. Pages 356- 363
- ❖ **PMMO**, Fiche technique maïs. Tananarive. 2002. 20p
- ❖ **RABEMANATSOA Samuel**, Cours de vulgarisation agricole. ESSA Département AGRICULTURE 2002, 39p
- ❖ **RABEZANDRINA René**, Cours de fertilisation. ESSA Département AGRICULTURE 2002, 42p
- ❖ **RABEZANDRINA René**, Cours de pédologie appliquée. ESSA Département AGRICULTURE 2002, 95p
- ❖ **RAISON Jean Pierre**, Note sur les sondages de rendements en maïs et riz de bas fonds dans la région de Sakay. ORSTOM Tananarive 1969 25p
- ❖ **RAKOTONDRAVELO Jean Chrysostôme**, Cours de système de culture. ESSA Département AGRICULTURE 2002, 52p
- ❖ **RAZAFIMBELO Jeanne Eulalie**, Analyse des méthodes d'amélioration variétale du maïs et de production de semence pratiquées à Madagascar. Mémoire Département Agriculture ESSA 1995. 103p (4)
- ❖ **ROBINSON J. B. D and TREHARNE K. J**, Exploited plants : Maize in Biologist n° 32 1985, BRISTOL Pages 199 – 270 (1)
- ❖ **SIBELET Nicole**, Les baiboho du Nord Ouest de Madagascar. Terre d'accueil : Diagnostic sur la possibilité d'extension dans les terres de décrue (baiboho). CFDT HASYMA 1988. Tananarive. 143p
- ❖ **SEMENT Gérard**, Le cotonnier en Afrique Tropicale. CTA Maisonneuve & Larose, Paris 1986 133p. (14)
- ❖ **SYSTEME D'INFORMATION ECONOMIQUE À MADAGASCAR**, La filière « maïs ». MALAGASIE CITE 2003. 7p (2)

ANNEXES

Annexe 1

BESOINS EN ELEMENTS FERTILISANT (N.P.K) DU MAÏS

Cas de l'hybride Pannar 6966

| Cycle végétatif | Semaine | Fertilisation | Besoin hebdomadaires (en %du besoin total) | | | |
|-------------------------|---------|---------------|---|------|------|--------|
| | | | N(%) | P(%) | K(%) | Eau(%) |
| Semis | | 1/3 N +1/2 K | | | | |
| Germination | 1 | | | | | 1 |
| | 2 | | | | 1 | 2 |
| | 3 | | 2 | 1 | 3 | 4 |
| | 4 | | 7 | 2 | 9 | 5 |
| Montaison | 5 | 2/3 +1/2K | 11 | 4 | 16 | 7 |
| | 6 | | 14 | 7 | 21 | 10 |
| | 7 | | 15 | 10 | 20 | 11 |
| Floraison / Epiaison | 8 | | 16 | 11 | 15 | 12 |
| | 9 | | 12 | 15 | 8 | 12 |
| Maturation | 10 | | 10 | 13 | 5 | 11 |
| | 11 | | 6 | 11 | 1 | 8 |
| | 12 | | 4 | 9 | | 6 |
| | 13 | | 2 | 8 | | 5 |
| | 14 | | | 5 | | 3 |
| | 15 | | | 2 | | 2 |
| | 16 | | | 1 | | 1 |
| | 17 | | | | | |
| Récolte | | | | | | |

EXPORTATION DE NPK PAR TONNE DE MAIS

Cas de l'hybride Pannar 6966

| Partie de la plante | N | P | K |
|---------------------|----|-----|-----|
| Grain | 15 | 3 | 3,5 |
| Plante entière | 27 | 1,5 | 20 |

CORRESPONDANCE RENDEMENT ET APPORT D'AZOTE

Cas de l'hybride Pannar 6966

| Rendement potentiel (t/Ha) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Apport d' Azote (kg/Ha) | 20 | 45 | 70 | 95 | 120 | 145 | 170 | 195 | 220 |

Source : Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche, novembre 2003.

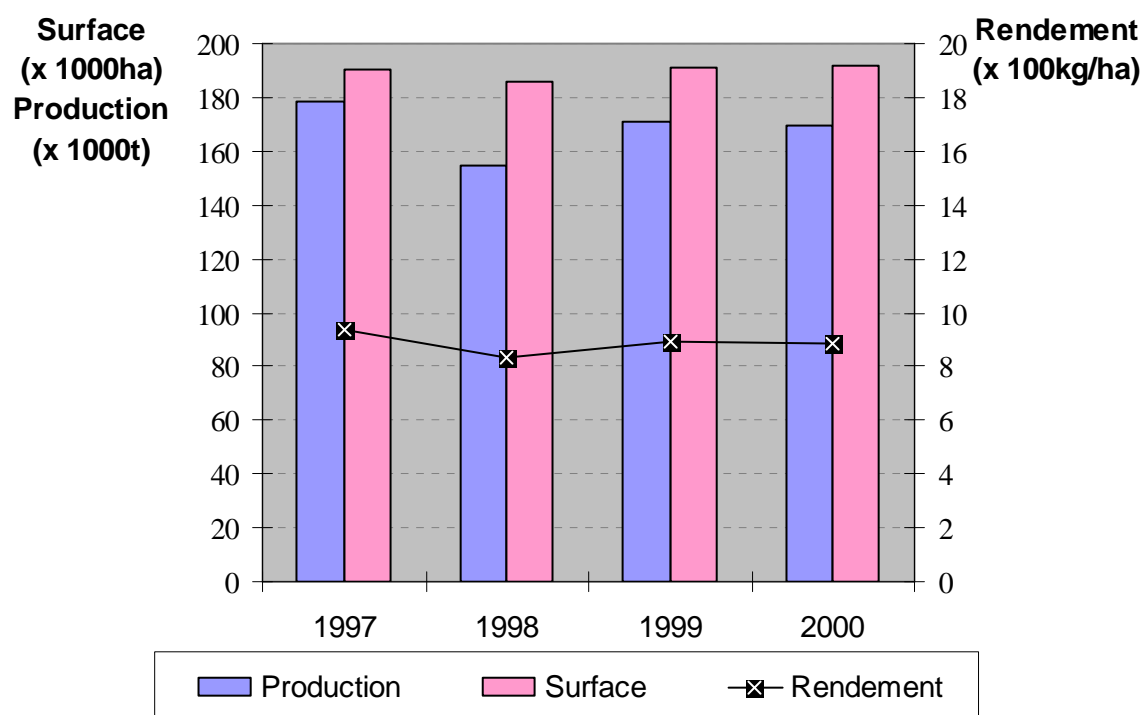
(i) Tableau sur les statistiques du maïs à Madagascar.

Productions et superficies par Faritany

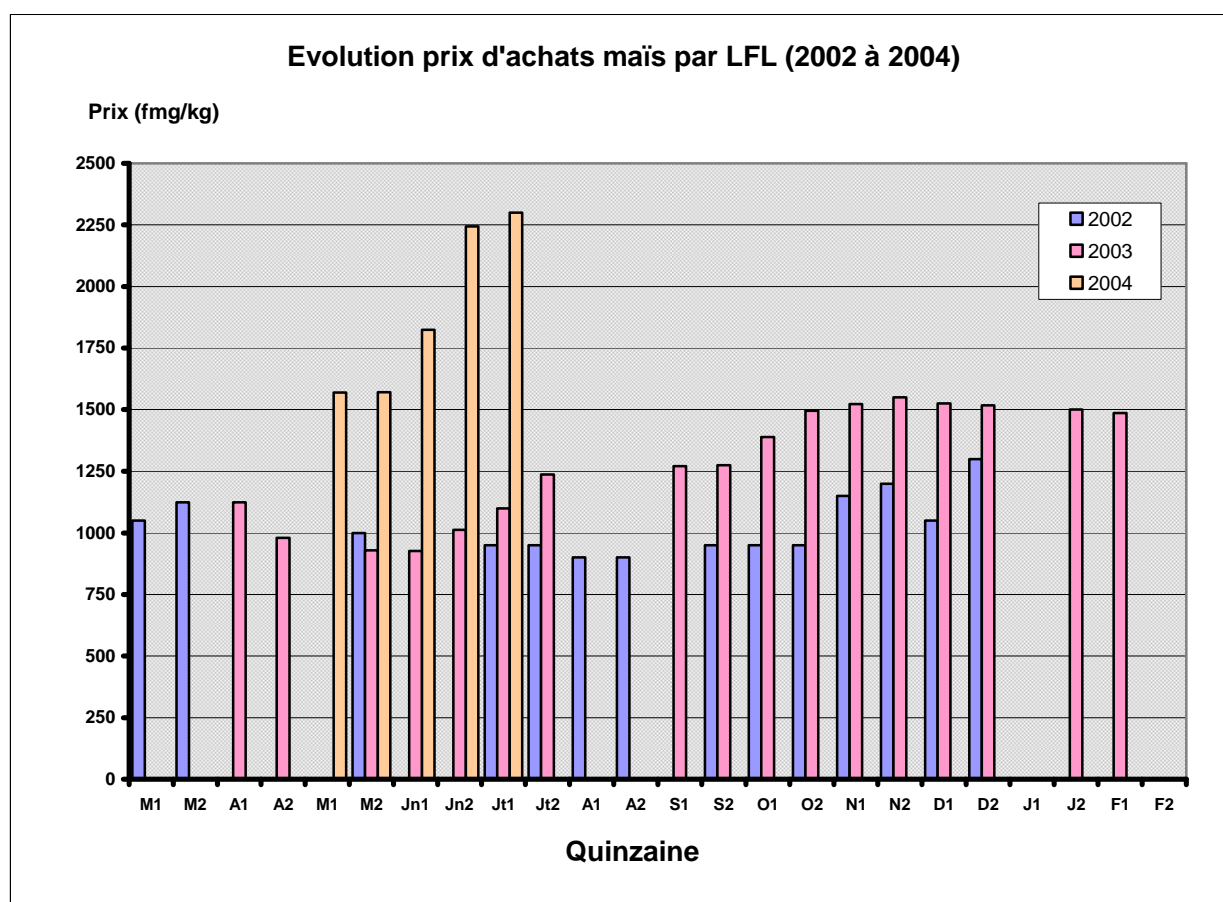
| Faritany | SUPERFICIE (ha) | | | | PRODUCTION (t) | | | | RENDEMENTS (t/ha) | | | |
|-----------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| Antananarivo dont : | 90080 | 94005 | 96750 | 96895 | 101030 | 87900 | 76935 | 79505 | 1,122 | 0,935 | 0,795 | 0,821 |
| Moyen-Ouest | | | | | | | | | | | | |
| Tsiranomandidy | 11680 | 11430 | 11670 | 11700 | 18270 | 15890 | 11150 | 11700 | 1,564 | 1,390 | 0,955 | 1,000 |
| Soavinandriana | 11125 | 10885 | 11250 | 11260 | 14365 | 12500 | 10900 | 11150 | 1,291 | 1,148 | 0,969 | 0,990 |
| Total Moyen-Ouest | 22805 | 22315 | 22920 | 22960 | 32635 | 28390 | 22050 | 22850 | 1,431 | 1,272 | 0,962 | 0,995 |
| Vakinankaratra | | | | | | | | | | | | |
| Antanifotsy | 13885 | 13585 | 13940 | 13945 | 12550 | 10915 | 10040 | 10250 | 0,904 | 0,803 | 0,720 | 0,735 |
| Antsirabe | 28005 | 27400 | 27970 | 28000 | 23115 | 20110 | 15760 | 17200 | 0,825 | 0,734 | 0,563 | 0,614 |
| Betafo | 7175 | 7020 | 7255 | 7270 | 7315 | 6365 | 6530 | 6350 | 1,020 | 0,907 | 0,900 | 0,873 |
| Ambatolampy | 6725 | 6580 | 6830 | 6830 | 5485 | 4775 | 5465 | 5490 | 0,816 | 0,726 | 0,800 | 0,804 |
| Faratsiho | 4915 | 4815 | 5000 | 5010 | 3200 | 2785 | 4750 | 4300 | 0,651 | 0,578 | 0,950 | 0,858 |
| Total Vakinankaratra | 60705 | 59400 | 60995 | 61055 | 51665 | 44950 | 42545 | 43590 | 0,851 | 0,757 | 0,698 | 0,714 |
| Autres | 6570 | 12290 | 12835 | 12880 | 16730 | 14560 | 12340 | 13065 | 2,546 | 1,185 | 0,961 | 1,014 |
| Toliary dont: | 30300 | 29650 | 30420 | 30750 | 24370 | 21205 | 30580 | 30170 | 0,804 | 0,715 | 1,005 | 0,981 |
| Tsihombe | 6695 | 6550 | 6750 | 6775 | 4800 | 4695 | 6885 | 6750 | 0,717 | 0,717 | 1,020 | 0,996 |
| Ampanihy | 3910 | 3825 | 3850 | 3875 | 2325 | 2025 | 3660 | 3590 | 0,595 | 0,529 | 0,951 | 0,926 |
| Ambovombe | 3760 | 3680 | 3800 | 3850 | 3955 | 2870 | 3880 | 3750 | 1,052 | 0,780 | 1,021 | 0,974 |
| Autres | 15935 | 15595 | 16020 | 16250 | 13290 | 11615 | 16155 | 16080 | 0,834 | 0,745 | 1,008 | 0,990 |
| Fianarantsoa dont : | 20435 | 19995 | 20550 | 20830 | 21910 | 19065 | 23195 | 23020 | 1,072 | 0,953 | 1,129 | 1,105 |
| Ambatofinandrahana | 5100 | 4990 | 5130 | 5185 | 5815 | 5060 | 5925 | 5990 | 1,140 | 1,014 | 1,155 | 1,155 |
| Ambositra/Manandriana | 3525 | 3455 | 3480 | 3505 | 4510 | 3925 | 3995 | 4020 | 1,279 | 1,136 | 1,148 | 1,147 |
| Fandriana | 3380 | 3300 | 3410 | 3450 | 3755 | 3265 | 4225 | 4275 | 1,111 | 0,989 | 1,239 | 1,239 |
| Autres | 8430 | 8250 | 8530 | 8690 | 7830 | 6815 | 9050 | 8735 | 0,929 | 0,826 | 1,061 | 1,005 |
| Mahajanga dont : | 20435 | 19995 | 20410 | 20550 | 16035 | 13950 | 20940 | 20705 | 0,785 | 0,698 | 1,026 | 1,008 |
| Mandritsara | 3945 | 3860 | 3925 | 3940 | 3075 | 2675 | 4320 | 4200 | 0,779 | 0,693 | 1,101 | 1,066 |
| Port Bergé | 2750 | 2685 | 2750 | 2745 | 3140 | 2730 | 3025 | 2980 | 1,142 | 1,017 | 1,100 | 1,086 |
| Befandriana nord | 2480 | 2425 | 2410 | 2415 | 1100 | 955 | 2405 | 2410 | 0,444 | 0,394 | 0,998 | 0,998 |
| Bealanana | 2750 | 2685 | 2730 | 2755 | 2100 | 1830 | 2285 | 2310 | 0,764 | 0,682 | 0,837 | 0,838 |
| Autres | 8510 | 8340 | 8595 | 8695 | 6620 | 5760 | 8905 | 8805 | 0,778 | 0,691 | 1,036 | 1,013 |
| Toamasina | 16235 | 15880 | 16150 | 16280 | 12470 | 10850 | 15085 | 12800 | 0,768 | 0,683 | 0,934 | 0,786 |
| Ambatondrazaka | 4755 | 4650 | 480 | 4820 | 3560 | 3100 | 4090 | 3500 | 0,749 | 0,667 | 8,521 | 0,726 |
| Autres | 11480 | 11230 | 15670 | 11460 | 8910 | 7750 | 10995 | 9300 | 0,776 | 0,690 | 0,702 | 0,812 |
| Antsiranana | 6615 | 6475 | 6720 | 6830 | 2335 | 2030 | 3985 | 3600 | 0,353 | 0,314 | 0,593 | 0,527 |
| Total des Faritany | 184100 | 186000 | 191000 | 192135 | 178150 | 155000 | 170720 | 169800 | 0,968 | 0,833 | 0,894 | 0,884 |

Source : Ministère de l'Agriculture, annuaire des statistiques agricoles 2000.

(ii) Graphique sur l'évolution des statistiques du maïs à Madagascar, période 1997-2000.



Basé sur les données de l'annuaire des statistiques agricoles 2000, Ministère de l'Agriculture.



Source : J.H. DOVE, LFL Madagascar, août 2004.

Fiche d'enquête rapide utilisée lors de l'étude

QUESTIONNAIRE - FANONTANIANA**1°** Nom de l'enquêté

Commune

Nombre d'enfants

Nombre d'enfants restant à charge de l'exploitation agricole

Age des enfants restant à charge de l'exploitation agricole

| Age | Travaille à plein temps | temps partiel | pas du tout |
|-----|-------------------------|---------------|-------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

2° Surface disponible tanimbary : ha. ketsa.
 baiboho : ha. asa.
 tanety : ha. asa.

Surface en propriété: ha. en fermage: ha. en location : ha.

Liste des cultures et surface correspondante:

Fambolena atao sy refi-tany mifanaraka

| Culture Voly | 2003 | | 2004 | |
|-----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | Fahavaratra | Contre-saison | Fahavaratra | Contre-saison |
| | | | | |

3° Main-d'œuvre

Entraide-Valin-tanana: Oui Non

Arakaraka: (antony)

Achat-Manakarama: Oui Non

Si oui, période (cultures et étape de culture concernées)

Isan'ny olona ilaina

4° Matériel

Type et prix actuel

Daty nividianana izany:

Loue un matériel? Si oui, à quelle période?

Peut mettre son matériel à louer? Si oui, à quelle période?

5° Elevage

Nombre de zébus en propriété

Si aucun, peut louer? Si oui, à quelles périodes?

Quantité de fumier produit annuellement:

6° Raisons de l'intérêt concernant la maïsiculture

(i) Liste des essais mis en place avec FOFIFA – DRA – Programme maïs dans le cadre de la Convention LFL – FOFIFA

TEST DE REPONSE AU COMPLEXE NPK 11 - 22 - 16 ET A L'UREE MIS EN PLACE AVEC FOFIFA
DATE, LIEU DE MISE EN PLACE ET PAYSANS COLLABORATEURS.

| | Essais NPK 0,100, 200,300kg/ha | Essais Urée 0, 75, 150, 250 kg/ha | Essai NPK 0,125, 250,375kg/ha | Essai Urée Dosage NPK 125 kg/ha | Epandage NPK et dolomie à la volée Essai NPK | Essai Urée |
|---------------------------|---|---|----------------------------------|------------------------------------|---|-------------------------|
| Merimandroso | Arsène 03/01/2004 | Arsène 03/01/2004 | Ralison A. 02/01/2004 | Ralison A. 02/01/2004 | | |
| Antsahafilo | Eric 05/01/2004 Fidy 08/01/2004 | Roger 16/01/2004 Fidy 08/01/2004 | | | Dieudonné 30/12/2003 | Dieudonné 30/12/2003 |
| Ambohimpihaonana | Alfred(Rakotomalala) 07/01/2004 J Marie 13/01/2004 Alfred(Randrianasolo) 17/01/2004 Edwin 15/01/2004 | Alfred(Rakotomalala) 07/01/2004 Alfred(Randrianasolo) 17/01/2004 Edwin 19/01/2004 Edwin 15/01/2004 | | | | |
| Andakana (station) | 3 répétitions 02/02/2004 | 3 répétitions 02/02/2004 | | | | |
| Total répétitions | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

(ii) Liste des essais cultures associées mis en place

ESSAIS CULTURES ASSOCIEES MIS EN PLACE
DATE, LIEU DE MISE EN PLACE ET PAYSANS COLLABORATEURS.

| | Comparaison maïs culture pure avec le maïs associé à trois légumineuses(haricot, soja, arachide) | Comparaison maïs culture pure avec le maïs associé au haricot sous trois dosages(100, 200, 300 kg/ha)de NPK |
|--|---|--|
| Merimandroso | Ralison A. 16/01/2004 Ralison A. 17/01/2004 | |
| Antsahafilo | Roger 15/01/2004 | |
| Ambohimpihaonana | | |
| Talatamaty (parcelle d'observation) | Jean Claude 05/02/2004 | |
| Andakana (station) | | parcelle LFL 03/02/2004 - 4 répétitions |
| Total répétitions | 4 | 4 |

(iii) Liste des essais mis en place avec LFL Madagascar

ESSAIS MIS EN PLACE AVEC LFL
DATE, LIEU DE MISE EN PLACE ET PAYSANS COLLABORATEURS.

| | Maïs hybride v/s maïs composite x 2 dosages de fert | Essai espacement dans la ligne 0,80m entre lignes x 0,50 entre les poquets x 2 plants/poquet v/s x 0,25m entre les poquetsx1 plant/poquet |
|--|--|--|
| Merimandroso | | |
| Antsahafilo | | |
| Ambohimpihaonana | | |
| Talatamaty (Parcelle d'observation) | Jean Claude 04/02/2004 - 5 répétitions | |
| Andakana (station) | | parcelle LFL 02/02/2004 - 4 répétitions |
| Total répétitions | 5 | 4 |

Fiche d'estimation de rendement utilisée dans les parcelles commerciales

ESTIMATION DES SURFACES CULTIVEES REELLES

Merimandroso

GROUPEMENT : AC 11 G1

| Planteur | Parcelle | Date semis | Déma-riage | Terroir | Nb lignes | Long.(m) | Mètres linéaires | Esp. lignes (m) | Surf. (ha) | Surf. (a) | Nb moyen de plants/l | Nb plants | Densité des plants | Nb d'épis/l | Nb épis | Prod. | Prod. /ha |
|----------------------|-----------------------------------|------------|------------|---------|-----------|----------|------------------|-----------------|------------|-----------|----------------------|-----------|--------------------|-------------|---------|-------|-----------|
| Arsène Raolijaona | A | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | E | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | F | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | G | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | H | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | I | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TOTAL PREVU REALISATION (%) | | | | | | | | | | | | | | | | |

RESUME

Dans un contexte de libéralisation, la mise en valeur des avantages comparatifs figure parmi les éléments clés pour le développement de chacune des régions de Madagascar.

Avec la création en 2004 d'une provenderie industrielle par la société LFL (Livestock Feed Limited) du groupe AVITECH dans une de ses communes rurales, celle d'Anosiala en l'occurrence, le Fivondronana d'Ambohidratrimo se trouve en présence d'une unité à fort potentiel d'absorption pour sa production locale de maïs. Cette céréale est en effet le composant principal de la provende qui sera formulée dans la future usine. Les agriculteurs d'Ambohidratrimo bénéficient de l'avantage de proximité par rapport à leurs voisins des principaux greniers à maïs du pays, les régions du Vakinankaratra et du Moyen - Ouest notamment.

Un partenariat entre LFL et les paysans d'Ambohidratrimo est initié par la société en août 2003 à travers le Projet Maïs d'Ambohidratrimo. LFL facilite l'accès au crédit sous forme d'intrants, fournit l'encadrement technique, et garantit l'achat de toute la production. Les planteurs, groupés, bénéficient de tout ce soutien et garantissent l'exclusivité de vente du maïs à l'usine. Les trois communes d'Antsahafilo, d'Ambohipihaonana et de Merimandroso ont été choisies comme zone pilote pour tester la viabilité du partenariat proposé durant la campagne 2003 – 2004.

Le maïs n'étant que très peu présent dans les systèmes de culture des régions pilotes, la société fait appel au FOFIFA et signe avec ce centre de recherche une convention de recherche portant sur deux essais de réponse à la fertilisation azotée et à l'engrais complexe NPK sur le maïs, sous les conditions locales.

L'intérêt de l'auteur a été retenu par le cadre général d'intervention du projet. Le présent ouvrage est le résultat de ses observations et des expérimentations qu'il a mis en place avec LFL et le FOFIFA ainsi que d'autres essais ayant trait aux associations culturales pour mieux adapter la nouvelle technicité apportée en milieu paysan aux pratiques locales.

Malgré les conditions d'insuffisance des pluies durant la campagne, l'étude a pu donner une idée du potentiel de rendements en maïs de la région, des revenus pouvant être espérés grâce à cette nouvelle culture, en culture pure comme en association avec des légumineuses. Il en est ressorti que le maïs pourrait s'insérer dans les systèmes de production existants sans venir concurrencer les cultures actuelles en termes de terroir et de main d'œuvre.

Mots-clés : Maïs, Ambohidratrimo, cultures associées, expérimentations agronomiques, LFL Madagascar, revenu agricole.