UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

FACULTE DES SCIENCES
MADAGASCAR

Département de Biologie et d'Ecologie Végétales

THESE DE DOCTORAT DE 3ème CYCLE

OPTION ECOLOGIE VEGETALE

CARACTERISATION DES COMMUNAUTES DES MAUVAISES HERBES DANS LES SYSTEMES DE CULTURE EN ZONE DE SAVANE DANS LE SUD-OUEST DE MADAGASCAR

Présentée par :

Jean Augustin RANDRIAMAMPIANINA

Soutenue le 28 Février 2001 devant la commission de jury :

Président	**Pr. RAKOTOVAO L. H.**	**Faculté des Sciences**
Rapporteurs	**Pr. RAJERIARISON C.**	**Faculté des Sciences**
	Dr. LE BOURGEOIS Th.	**CIRAD**
Examinateurs	**Pr. RAMAVOVOLOLONA**	**Faculté des Sciences**
	Pr. RAVELOMANANA D.	**Faculté des Sciences**
Invités	**Dr. RABENATOANDRO Y.**	**FOFIFA**
	Dr. ROGER E.	**Faculté des Sciences**

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

FACULTE DES SCIENCES
MADAGASCAR

Département de Biologie et d'Ecologie Végétales

THESE DE DOCTORAT DE 3ème CYCLE

OPTION ECOLOGIE VEGETALE

CARACTERISATION DES COMMUNAUTES DES MAUVAISES HERBES DANS LES SYSTEMES DE CULTURE EN ZONE DE SAVANE DANS LE SUD-OUEST DE MADAGASCAR

Présentée par :

Jean Augustin RANDRIAMAMPIANINA

Soutenue le 28 Février 2001 devant la commission de jury :

Président	**Pr. RAKOTOVAO L. H.**	**Faculté des Sciences**
Rapporteurs	**Pr. RAJERIARISON C.**	**Faculté des Sciences**
	Dr. LE BOURGEOIS Th.	**CIRAD**
Examinateurs	**Pr. RAMAVOVOLOLONA**	**Faculté des Sciences**
	Pr. RAVELOMANANA D.	**Faculté des Sciences**
Invités	**Dr. RABENATOANDRO Y.**	**FOFIFA**
	Dr. ROGER E.	**Faculté des Sciences**

REMERCIEMENT

Le présent travail a été réalisé dans le cadre d'une collaboration entre le FOFIFA (Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural), le PSO (Projet du Sud-Ouest), le CIRAD (Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement) et le Laboratoire d'Ecologie végétale de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. La préparation du terrain, les travaux d'Analyse des données, l'analyse et la synthèse des résultats ont été réalisés au Laboratoire d'Accueil de Malherbologie tropicale du CIRAD Montpellier France, sous la direction de Monsieur le Bourgeois Thomas, Responsable du volet Phytoécologie. Le travail de terrain pour la collecte des données et la saisie se sont déroulés dans le Sud-Ouest, dans le cadre d'une convention entre le Centre Régional du FOFIFA (FOFIFA/ CRR Sud-Ouest) à Tuléar et le Comité Régional d'Orientation et de Suivi du Projet Sud-Ouest. Aussi je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont encadré ce travail et apporté à titres divers leur aide, leur conseil et leur soutien logistique, financier et moral pour son bon déroulement.

Mes remerciements s'adressent d'abord à tous les membres du jury :

Madame Le Professeur RAKOTOVAO Lala Henriette, Professeur émérite à la Faculté des Sciences d'Antananarivo, qui nous a fait un grand honneur d'accepter la présidence du jury. Je tiens à lui exprimer ici ma profonde gratitude.

Madame Le Professeur RAJERIARISON Charlotte, Professeur titulaire à la Faculté des Sciences d'Antananarivo, Responsable du 3ème cycle en Sciences Biologiques Appliquées, Option Ecologie Végétale, qui m'a accueilli dans son laboratoire et qui a bien voulu accepter d'être le rapporteur de ce travail après en avoir assuré l'encadrement. Qu'elle veuille bien trouver ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

Docteur Le Bourgeois Thomas, Responsable du Volet Phytoécologie au Laboratoire d'Accueil de Malherbologie Tropicale du CIRAD-CA, qui m'a chaleureusement accueilli dans son laboratoire et assuré l'encadrement scientifique de cette étude avec beaucoup de compréhension. Il m'a fait bénéficier de ses connaissances, de ses aides et conseils précieux tout au long du cheminement de ce travail. Il fait partie du membre du jury. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance.

Madame Le Professeur RAMAVOVOLOLONA, Professeur titulaire à la Faculté des Sciences d'Antananarivo qui a bien voulu accepter d'être membre du jury en tant qu'examinateur. Qu'elle trouve ici I 'expression de mes sincères remerciements.

Monsieur Le Professeur RAVELOMANANA Didier, Professeur titulaire à la Faculté des Sciences d'Antananarivo qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail et de siéger parmi les membres du jury de cette soutenance. Je tiens à lui exprimer ici mes vifs remerciements.

Au Docteur Roger Edmond, Maître de conférences à la Faculté des Sciences d'Antananarivo, qui a bien voulu encadrer ce travail et accepter d'assurer la lecture du manuscrit. Il fait partie du jury. Qu'il trouve ici la marque de notre profonde reconnaissance,

Madame RABENANOANDRO Yvonne, Directeur Scientifique du FOFIFA, qui, par ses responsabilités, m'a accordé toutes les facilités matérielles et administratives indispensables à la réalisation de ce travail. Elle fait partie du jury de cette soutenance. Qu'elle trouve ici l'expression de ma gratitude et de ma respectueuse déférence.

Mes Remerciements vont aussi :

A la Direction générale du FOFIFA :

Je dois beaucoup à Monsieur RASOLO François, Directeur (général du FOFIFA, qui m'a permis et facilité la réalisation de ce travail. Je le prie de croire à ma profonde gratitude,

Je suis également très reconnaissant à Madame RAMILOSON Lucile, Directeur Administratif et Financier du FOFIFA, pour son soutien financier indispensable pour le bon déroulement de ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Au Service Formation du CIRAD :

Je tiens à exprimer ici mes vifs remerciements à Monsieur TEISSIER Jacques, Chef du Service Formation, pour l'organisation et sa contribution financière pour la réalisation du stage de finalisation de ce travail.

Je tiens aussi à remercier ici Monsieur ROLLIN Dominique, Chercheur au CIRAD-CA et ex. Assistant technique au Projet Sud-Ouest, pour ces fructueuses collaborations permettant le bon démarrage de cette étude et la réalisation de la collecte des données sur terrain.

J'exprime aussi mes plus vifs remerciements à Monsieur RAZAFIMANDIMBY Simon, Chef du Centre Régional FOFIFA à Tuléar pour son aide et sa gentillesse inappréciable pour le bon déroulement du travail de collecte de données sur terrain et les fréquents déplacements Tuléar - Antananarivo,

Enfin je ne saurais pas oublier le soutien matériel et moral de tous mes collègues du Centre Régional de Tuléar et de tout le personnel de la Direction Scientifique du FOFIFA.

Sommaire

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 5

LES MAUVAISES HERBES EN ZONE TROPICALE 5

1. NOTION DE MAUVAISE HERBE 5

2. PERTES OCCASIONNEES PAR LES MAUVAISES HERBES. 6

3. NOTION DE PERIODE CRITIQUE 7

4. CONTRAINTES IMPOSEES PAR LES MAUVAISES HERBES 8

5. AUTRES DEGATS INDIRECTS 10

6. COMPORTEMENTS DE QUELQUES ESPECES MAJEURES EN ZONE DE SAVANE. 10

6.1. Les *Commelina* spp. 10

6.2. Les *Striga* spp. 12

6.3. Les graminées annuelles. 13

6.4. Autres espèces. 15

7. LES ESPÈCES MAJEURES PAR SYSTÈME DE CULTURE. 16

8. LES MAUVAISES HERBES DES CULTURES À MADAGASCAR. 18

8.1. En riziculture de bas-fond. 18

8.2. Dans les systèmes de culture à base de riz pluvial. 19

8.3. Les mauvaises herbes : une contrainte principale de l'agriculture malgache - situation du problème sans le Sud-Ouest. 20

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE 21

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE. 21

2. GEOMORPHOLOGIE ET RELIEF. 21

3. LE CLIMAT. 24

3.1. La pluviométrie. 24

3.2. La température, le rayonnement global et l'humidité atmosphérique. 29

3.3. Expression du climat et sous région climatique. 29
4. GEOLOGIE. 31
5. LES SOLS 33
5.1 Les sols ferrugineux tropicaux 33
5.2. Les sols fersiallitiques 35
5.3. Les vertisols et paravertisols : 35
5.4. Les sols alluviaux et colluviaux : 36
5.5. Les sols hydromorphes : 36
5.6. Les autres types de sol : 36
6. LA VEGETATION NATURELLE. 37
6.1. Les forêts sclérophylles. 37
6.2. Les forêts denses sèches décidues ou semi-décidues. 37
6.3. Les forêts galeries. 39
6.4. Le fourré xérophile. 39
6.5. Les formations graminéennes. 41
7. LA POPULATION 44
8. L'AGRICULTURE DU SUD-OUEST. 45
8.1 L'agriculture du Sud-Ouest : une agriculture à haut risque. 45
8.2. Une agriculture récente et peu évoluée. 46
8.3. Relations agriculture-élevage : Emprise de la tradition. 47
8.4. Les principales cultures. 48
8.5. Conclusion. 54
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE 58
1. PRESENTATION. 58
2. COLLECTE DES DONNEES. 59
2.1. Échantillonnage. 59
2.2. Les relevés. 62

3. SAISIE ET ANALYSE DES DONNÉES 68
3.1. Saisies des données 68
CHAPITRE 4: RESULTATS ET INTERPRETATIONS 77
1. ETUDE FLORISTIQUE 77
1. 1. RICHESSE FLORISTIQUE. 78
1. 2. RICHESSE FLORISTIQUE PARCELLAIRE 79
1.3. SPECTRE BIOLOGIQUE 84
1.4. FRÉQUENCE DES ESPÈCES. 85
1.5. IMPORTANCE AGRONOMIQUE DES ESPÈCES 91
1.6. CONCLUSION 100
RESULTATS ET INTERPRETATION 101
2. ETUDE ECOLOGIQUE 101
2.1 . ANALYSE PRÉLIMINAIRE ET CHOIX DES VARIABLES 102
2.2. CORRELATION DES VARIABLES ANALYSEES AVEC LES AXES FACTORIELS 103
2.3. EFFET DES QUATRE VARIABLES ETUDIEES DANS LA CARACTERISATION DES COMMUNAUTES DES MAUVAISES HERBES 108
2. 3.1. EFFET DE LA NATURE DU SOL. 108
2.3.2. EFFET DE LA ZONE AGROECOLOGIQUE. 113
2.3.3. EFFET DE L'EPOQUE D'OBSERVATION 119
2.3.4. EFFET DE LA CULTURE 123
2.4. VARIATION INTERANNUELLE DE L'ENHERBEMENT 127
2.5. CONCLUSION 130
CHAPITRE 5 : DICUSSION GENERALE 136
1. Remarques méthodologiques. 139
2. Diversité floristique 141
3. Principales espèces et problèmes d'enherbement. 142

4. Groupements de mauvaises herbes en fonctions des facteurs agroécologiques, aspect de l'évolution et des problèmes d'enherbement. 143

5. Lutte contre les mauvaises herbes et différents types de problèmes. 146

6. Principales recommandations. 150

CONCLUSION GENERALE 152

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 156

ANNEXES 168

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE DE RELEVE PHYTOECOLOGIQUE.....I

ANNEXE 2 : FICHE DE RELEVE PHYTOECOLOGIQUE..... II

ANNEXE 3 : FICHE DE RELEVE PHYTOECOLOGIQUE IV

ANNEXE 4 : LA FLORE DE L'ETUDE (153 espèces)..... V

ANNEXE 5 : LA FLORE TRIEE PAR CODE..... X

ANNEXE 6 : RICHESSE FLORISTIQUE PARCELLAIRE EN FIN DE CYCLE (année 1) XIV

ANNEXE 7 : RICHESSE FLORISTIQUE PARCELLAIRE EN FIN DE CYCLe (année 2) XV

ANNEXE 8 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN DEBUT DE CYCLE (Année 1) XVI

ANNEXE 9 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN DEBUT DE CYCLE (Année 2) XVII

ANNEXE 10 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN FIN DE CYCLE (Année 1) XVIII

ANNEXE 11 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN FIN DE CYCLE (Année 2) XIX

ANNEXE 12 : CORRELATION DES VARIABLES ET DES ESPECES AVEC LES AXES 1, 2, et 1,3 (Année 1)..... XX

ANNEXE 13 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL (Année 1) XXI

ANNEXE 14 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL (Année 2) XXII

ANNEXE 15 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU FACTEUR « ZONE AGROECOLOGIQUE » (Année 1) XXIII

ANNEXE 16 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU FACTEUR « ZONE AGROECOLOGIQUE » (Année 2) XXIV

ANNEXE 17 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE L'EPOQUE D'OBSERVATION (Année1) XXV

ANNEXE 18 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE L'EPOQUE D'OBSERVATION (Année 2) XXVI

ANNEXE 19 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA CULTURE (Année 1) XXVII

ANNEXE 20 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA CULTURE (Année 2) XXVIII

ANNEXE 21 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU DEGRE D'INTENSIFICATION (Année 1) XXIX

ANNEXE 22 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU DEGRE D'INTENSIFICATION (Année 2) XXX

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1: Pourcentage de temps consacré au désherbage manuel par rapport au travail total de la culture (Le Bourgeois, 1993). 9

T**ableau 2 :** Les mauvaises herbes majeures dans les principaux systèmes de culture en zone de savane africaine. 16

Tableau 3 : Données climatologiques du Sud-Ouest malgache 26

Tableau 4 : Répartition des parcelles d'observation dans les 5 zones agro-écologiques..... 62

Tableau 5 : Echelles de quantification de l'enherbement (Maillet, 1981 ; Traoré, 1991 ; Le Bourgeois, 1993). 65

Tableau 6 : Les facteurs du milieu conservés pour l'analyse des données. 67

Tableau 7 : Richesse floristique des principales familles 78

Tableau 8 : Variation saisonnière du nombre moyen d'espèces par relevé au cours des deux années d'étude 79

Tableau 9: Distribution du nombre d'espèces selon les classes de fréquence. 85

Tableau 10 : Espèces de fréquence supérieure ou égale à 30 % pour l'une ou l'autre des deux années d'étude. 86

Tableau 11 : Groupes d'espèces en fonction de leur amplitude écologique 87

Tableau 12 : Groupe d'espèces selon leur préférence par rapport au cycle cultural 91

Tableau 13 : Groupes d'espèces selon leur importance agronomique 95

Tableau 14 : Signification des classes retenues et profil d'ensemble des variables analysées 103

Tableau 15 : Inertie des axes factoriels de l'ACPVI. 1997-98 et 1998-99. 106

Tableau 16 : Préférence des espèces en fonction des types de sol. 112

Tableau 17 : Préférence spatiale des espèces. 118

Tableau 18 : Groupes d'espèces en fonction de leur préférence saisonnière. 122

Tableau 19 : Groupes d'espèces en fonction de leur préférence pour les types de culture. .. 126

Tableau 20 : Principales espèces par type de sol et par culture…… 134

Tableau 21 : Contraintes d'utilisation de la lutte chimique et mécanique pour le contrôle des principales espèces de la culture cotonnière dans le Sud-Ouest. 147

Tableau 22 : Richesse floristique des blocs expérimentaux en fin de cycle (de 1996-97 à 1998-99). 148

Tableau 23 : Evolution de la fréquence relative des espèces majeures par site au cours de trois campagnes culturales successives (Nombre de parcelles élémentaires par site = 48). .. 149

Listes des figures

Figure 1 : La région d'étude : le Sud-Ouest de Madagascar 22
Figure 2 : Pluviométrie moyenne annuelle de Madagascar 25
Figure 3 : Pluviométrie mensuelle de trois stations du Sud-Ouest 27
Figure 4 : Pluviométrie décadaire de trois stations du Sud-Ouest 28
Figure 5 : Les régions climatiques de Madagascar (D'après Donque, 1975) 30
Figure 6 : Esquisse géologique du Sud-Ouest (Salomon, 1987)..... 32
Figure 7 : Les sables roux du Sud-Ouest 34
Figure 8 : Division phytogéographique de Madagascar (Humbert, 1955)..... 38
Figure 9 : Les principales formations végétales du Sud-Ouest (Salomon, 1987)..... 40
Figure 10 : Les grandes régions écologiques de Madagascar 43
Figure 11 : Les zones cotonnières du Sud-Ouest de Madagascar (1998-1999)..... 50
Figure 12 : Echantillonnage des parcelles en 1997-1998 et 1998-1999 60
Figure 13 : Collecte, gestion et analyse des données phytoécologiques..... 69
Figure 14 : Comportement des espèces selon leur fréquence relative et leur entropie 72
Figure 15 : Présentation de l'ACPVI (X,Y)..... 74
Figure 16 : Distribution de la richesse floristique parcellaire (analyse globale: 1ère année) . 80
Figure 17 : Distribution de la richesse floristique parcellaire (analyse globale 2ème année). 81
Figure 18 : Distribution de la richesse floristique parcellaire en début de cycle (1ère année) 82
Figure 19 : Distribution de la richesse floristique parcellaire en début de cycle (2ème année) 83
Figure 20 : Spectre biologique brut de la flore globale..... 84
Figure 21 : Entropie des espèces en fonction de leur fréquence relative (analyse globale 1ère année) 89
Figure 22 : Entropie des espèces en fonction de leur fréquence relative (analyse globale 2ème année) 90
Figure 23 : Diagramme d'infestation, analyse globale (1ère année)..... 92
Figure 24 : Diagramme d'infestation, analyse globale (2ème année)..... 93
Figure 25: Diagramme d'infestation en début de cycle (1ère année) 97
Figure 26 : Diagramme d'infestation en début de cycle (2ème année)..... 98
Figure 27 : Diagramme d'infestation en fin de cycle (2ème année) 99
Figure 28 : Corrélation des variables avec les axes (1,2) et (1,3) (1ère année) 104
Figure 29 : Corrélation des variables avec les axes (1,2) (année 2)..... 105
Figure 30 : Corrélation des variables avec les axes (1,3) (année 2)..... 105
Figure 31 : Corrélation des variables avec les axes (2,3) (année 2)..... 107

Figure 32 : Mise en évidence de l'effet « type de sol » 109
Figure 33 : Corrélation des variables et des espèces avec les axes (1,2) (année 2) 110
Figure 34 : Mise en évidence de l'effet zone agroécologique..... 114
Figure 35 : Mise en évidence de l'effet zone agroécologique..... 115
Figure 36 : Correlation des variables et des espèces avec les axes (1,2) (année 2) 117
Figure 37 : Mise en évidence de l'effet époque d'observation 120
Figure 38 : Corrélation des espèces et des variables avec les axes (1,3) (année 2) 121
Figure 39 : Mise en évidence de l'effet culture..... 124
Figure 40: Corrélation des espèces et des variables avec les axes (1,3) (année 2) 125
Figure 41: Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,2) (année 1)..... 128
Figure 42 : Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,3) (année 1)..... 129
Figure 43 : Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,2) (année 2)..... 131
Figure 44 : Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,3) (année 2)..... 132

Figure 45 : Répartition de la surface cotonnière en fonction des sols (HASYMA, 1998) ... 144

Photographies

Photo 1 : Savane à *Heteropogon contortus* et à *Stereospermum variabile* en début de saison sèche Ankazoabo 42
Photo 2 : Sarclage manuel tardif d'une parcelle de cotonnier infestée par le *Rottboellia* (Le rythme du sarclage ne suit pas le développement de la mauvaise herbe..... 49
Photo 3 : Déforestation massive de la forêt de Mikea pour la culture de maïs sur brûlis 52

Sigles et abreviatoins

ACPVI : Analyse en Composantes Principales avec Variables Instrumentales

A/D : Abondance – Dominance

AFNOR : Agence Française de Normalisation

AMATROP : laboratoire d'Accueil de Malherbologie Tropicale

CFDT : Compagnie Française des Textiles

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

- **CA :** département des Cultures Annuelles

FOFIFA : FOibe FIkarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra (Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural : CENRADERU)

HASYMA : HASY Malagasy (Société Cotonnière ayant pris la relève de CFDT à Madagascar)

I.R.A.M : Institut de Recherche Agronomique de Madagascar

I.R.C.T : Institut de Recherche pour le Coton et fibres Tropicales

O.E.P.P. : Organisation Européenne de la protection des Plantes

P.B.Z.T : Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza

P.S.O : Projet Sud-Ouest

SEDEFITA : Société d'Aménagement pour le Développement du Fiherenana et de la Taheza

SAMANGOKY : Société pour l'Aménagement du Bas Mangoky

W.S.S.A : Weed Science Society of America

W.S.S.J. : Weed Science Society of Japan

RESUME

Les mauvaises herbes constituent une contrainte principale de la production dans le Sud-Ouest de Madagascar, une région agricole à climat semi-aride. La maîtrise de l'enherbement de plus en plus difficile au cours des années est un facteur principal de productivité et de durabilité des systèmes de production. Elle repose sur la connaissance des communautés des mauvaises herbes. Une étude floristique et écologique a été entreprise au cours de deux saisons culturales. L'étude floristique a permis de recenser 153 espèces adventices dans la région, de caractériser la flore adventice et de quantifier l'importance agronomiques des espèces : 8 principales espèces fréquentes et abondantes, à la base des problèmes d'enherbement ont été identifiées. L'étude phytoécologique porte sur les 4 principales cultures pluviales, sur un échantillon d'une centaine de parcelles paysannes réparties dans 5 zones agroécologiques de la région, sur deux saisons culturales. L'approche globale par l'ACPVI a permis d'expliquer la distribution et le développement des espèces en fonction des facteurs agroécologiques. Les résultats montrent la prépondérance de la nature du sol sur la répartition et la prolifération des mauvaises herbes. Trois principaux groupes de mauvaises herbes ont été ainsi identifiés. Par rapport aux facteurs analysés et aux méthodes de lutte utilisées ou en cours d'expérimentation, les principales espèces à problème ont été identifiées : *Commelina diffusa, Rottboellia cochinchinensis, Tridax procumbens* et *Acanthospermum hispidum*.

Mots clés : mauvaises herbes, cultures pluviales, étude écologique, problème d'enherbement, Sud-Ouest de Madagascar.

ABSTRACT

Weeds are a major constraint on production in southwestern Madagascar, an agricultural region with a semi-arid climate. Controlling the difficult weed problem over the years is a main factor in the productivity and sustainability of production systems. It is based on knowledge of the weed communities. A floristic and ecological study was undertaken during two growing seasons. The floristic study made it possible to identify 153 weed species in the region, to characterize the weed flora and to quantify the agronomic importance of the major species: 8 very frequent and abundant species, at the base of the weed problems of rainfed crops have been identified. The phytoecological study covers the 4 main rainfed crops, on a sample of around one hundred peasant plots spread over 5 agroecological zones in the region, over two growing seasons. The global approach by CAPVI allowed to explain the distribution and development of species according to agroecological factors. The results show the preponderance of the nature of the soil on the distribution and proliferation of weeds. Three main groups of weeds were thus identified. In relation to the factors analyzed and the control methods used or under experimentation, the main problem species have been identified: *Commelina diffusa, Rottboellia cochinchinensis, Tridax procumbens and Acanthospermum hispidum*.

Key words: weeds, rainfed crops, ecological study, weed problem, South-West of Madagascar

INTRODUCTION

Madagascar est un pays agricole. Ce petit continent est aussi synonyme de diversité (Vérin, 1990) : une grande variété de productions tropicales et des possibilités des régions tempérées. Depuis 1945 l'agriculture a fait l'objet d'importants investissements publics à travers des projets et des opérations de développement dans différentes régions et des programmes nationaux de vulgarisation et de recherche. Cela a permis non seulement l'extension des superficies cultivées par l'aménagement ou la réhabilitation des réseaux hydroagricoles et le développement de la culture attelée, mais aussi la constitution des techniques permettant l'intensification des principales productions : amélioration variétale, formule de fertilisation et techniques culturales adaptées. Pourtant les niveaux de rendement restent très faibles pour la majorité des cultures. Ils sont limités par un certain nombre de facteurs qui n'ont pas été suffisamment pris en compte : les aléas climatiques, les pressions des ennemis des cultures et les contraintes d'ordre socio-économique. Ces facteurs interviennent avec une interaction complexe au sein des petites exploitations. Le développement de l'agriculture malgache se trouve actuellement confrontée à l'insuffisance de la production alimentaire et à des problèmes environnementaux qui s'aggravent au fil des années. En fait, l'agriculture et les exploitations agricoles évoluent beaucoup moins vite que leur environnement.

Dans toutes les régions les ennemis des cultures et en particulier les mauvaises herbes causent d'importantes pertes de rendement. Le sarclage des cultures représente une forte demande en main d'œuvre pendant la période de pointe relativement courte ou les opérations culturales se superposent: labour, semis et premiers sarclages des différentes cultures. Ce besoin en main d'œuvre constitue ainsi un goulot d'étranglement dans le processus de production très ressenti dans les régions à courte saison de pluie.

Les mauvaises herbes causent plus de dégâts dans les cultures des pays en développement que celles des pays développés (Parker & Fryer, 1975). Sous les Tropiques, les mauvaises herbes sont les plus sous-estimés des fléaux des cultures, alors que nulle part au monde elles ne causent autant de réduction de rendement et de travaux pénibles (Akobundu, 1987). Elles constituent également des réservoirs ou hôtes de divers insectes prédateurs et de maladies (de Gournay, 1977 ; Koch et al., 1982 ; Caussanel, 1989). L'enherbement constitue la principale contrainte de l'agriculture pluviale. Les problèmes liés à son contrôle expliquent en grande partie les dynamiques temporelles et spatiales de l'exploitation et l'abandon des terres de culture (Milleville et *al.*, 1999). A Madagascar, la maîtrise des mauvaises herbes apparaît comme une des principales conditions déterminant la transition vers une agriculture productive et respectueuse de l'environnement.

Le Sud-Ouest constitue une des principales régions agricoles de Madagascar : principale région productrice de pois du cap, deuxième région cotonnière. La richesse et la variété des productions agricoles de cette région encore à faible densité de population font qu'elle a été longtemps considérée comme une terre d'accueil (Hoerner, 1986). Toutefois la pression démographique se fait vite ressentir dans cette région à climat semi-aride ou les interactions entre les facteurs climatiques, les ennemis des cultures et les contraintes d'ordre socio-

économique sont les plus fortes et les plus limitantes de la production. L'évolution de l'agriculture de ces dernières années y est très significative :

- régression des productions commerciales (pois du cap, arachide, coton), extension spectaculaire des cultures de maïs sur brûlis forestier,
- extension de la culture cotonnière en paysannat.
- dégradation des réseaux hydroagricoles.

Pendant les années à pluviométrie importante ou simplement bien répartie, l'enherbement devient la contrainte la plus importante de la production (Randriamampianina, 1996 ; Rollin, 1997). Le contrôle de l'enherbement apparaît comme la principale justification à la préparation du sol et à la dynamique récente de l'agriculture, à l'origine d'une pression de plus en plus forte sur les zones forestières (Rollin, 1997 ; Milleville et *al*., 1999). Cette évolution est d'autant plus dommageable dans une région où le milieu environnemental est particulièrement fragile (Casablanca, 1966 ; Morat, 1973).

L'enquête diagnostic réalisée à la demande du Comité Régional d'Orientation et de Suivi du Projet Sud-Ouest a permis d'acquérir une connaissance descriptive des systèmes de culture pratiqués dans les différentes zones et de situer le problème d'enherbement dans le contexte agricole de la région. Les enquêtes et les observations au champ effectuées au milieu et en fin de cycle dans sept zones de production de la région ont mis en évidence l'importance des contraintes représentées par les mauvaises herbes pour toutes les principales cultures, à travers :

- les itinéraires culturaux choisis par les agriculteurs en fonction du milieu et de l'enherbement potentiel,
- les dépenses consacrées pour le sarclage des différentes cultures,
- l'état d'enherbement des parcelles pour certaines cultures dont le sarclage est délaissé.

L'année suivante, l'expérimentation mise en place en milieu réel dans quatre zones apporte quelques précisions montrant :

- les pertes de rendement causées par les mauvaises herbes en culture cotonnière : 66 à 73 % dans les parcelles à sols noirs.
- les difficultés de la mise en œuvre de la lutte chimique et les coûts très élevés du sarclage sur ces types de sol pouvant dépasser la valeur de la récolte des cultures vivrières (maïs, manioc).
- Le problème du contrôle d'un certain nombre d'espèces dans les conditions pédo-climatiques de la région (lutte chimique et sarclage).

Ces constats constituent les raisons pour lesquelles cette étude au niveau régional a été entreprise. Elle a été réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le FOFIFA (Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural), le PSO (Projet Sud-Ouest) et le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. Elle se propose d'apporter des connaissances plus approfondies sur les caractéristiques de la flore, son évolution et son développement en relation avec la gestion des systèmes de culture et les facteurs du milieu naturel permettant de préciser la nature des problèmes. Ces connaissances constituent une condition préalable à la mise au point de méthodes de lutte raisonnées et durables.

Pour cela, cette étude a été réalisée en milieu réel, dans cinq zones de production importante de la région. Elle a été focalisée sur les quatre principales cultures pluviales : le cotonnier, le manioc, le maïs, l'arachide. Elle vise les objectifs principaux suivants :

- En premier lieu, il s'agit d'établir la liste floristique régionale et d'étudier la diversité floristique des parcelles cultivées à différentes époques d'observation, puis d'identifier les principales mauvaises herbes.

- Une deuxième approche consiste à analyser l'importance agronomique des espèces et à identifier les espèces à la base des problèmes d'enherbement de la région.

- L'approche phytoécologique cherche à comprendre quels sont les facteurs écologiques naturels et les facteurs agronomiques responsables du développement et de la répartition des mauvaises herbes et d'identifier les différents groupements de mauvaise herbe.

- Enfin les résultats seront discutés dans leur ensemble et seront confrontés aux techniques existantes, en cours d'expérimentation afin de mieux cerner la nature des problèmes. Nous essaierons également d'évaluer la façon dont les connaissances acquises pourraient être utilisées pour l'amélioration de la productivité et de la durabilité des systèmes de culture de la région en mettant l'accent sur le contrôle des principales espèces responsables des problèmes majeurs.

La réalisation de cette étude a nécessité des observations en milieu réel, à partir d'un échantillon d'une centaine de parcelles paysannes, à deux époques du cycle cultural, pendant deux saisons culturales successives : 1997-98 et 1998-99. Ce travail a été rendu possible grâce à l'existence d'une collaboration étroite entre le Comité Régional d'Orientation et de Suivi du Projet Sud-Ouest et le Centre Régional du FOFIFA à Tuléar. Les connaissances acquises lors de l'étude diagnostic ont servi de référence pour orienter la collecte des données sur terrain.

L'analyse des données et le travail de documentation bibliographique ont été réalisés au Laboratoire d'Accueil de Malherbologie Tropicale du CIRAD à Montpellier. Ils ont été effectués au cours d'une série de stages d'un mois et demi à trois mois organisés dans le cadre d'une collaboration entre le CIRAD-CA et le FOFIFA. Cette étude s'appuie également sur les références acquises en zone de savane tropicale africaine essentiellement en zone soudano-sahélienne. Cette étude comprend ainsi six chapitres :

- Le premier chapitre fait le point sur la notion de mauvaise herbe et présente les principales références des zones de savane concernant les mauvaises herbes majeures. Une approche par système de culture sera faite pour mettre en relief les principaux types de problème en agriculture de savane. Il se termine avec la présentation de quelques références existant par système de culture à Madagascar.

- Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation de la région d'étude : le milieu physique et humain, les activités agricoles et en particulier les caractéristiques de l'agriculture. Les principaux systèmes de culture et les cultures importantes de lé région sont brièvement présentés avec les itinéraires techniques pratiqués en relation avec la lutte contre les adventices.

- Le troisième chapitre présente la méthodologie utilisée : les méthodes de collecte et d'analyse des données pour parvenir aux objectifs de l'étude.

- Le quatrième chapitre expose les résultats et interprétations ; il comprend deux parties :

  - La première partie concerne les résultats de l'étude floristique montrant les caractéristiques de la flore adventice de la région d'étude.

  - La deuxième présente les principaux résultats de l'étude phytoécologique. Les effets des principaux facteurs naturels et agronomiques sur la flore adventice sont analysés successivement et pour les deux années d'étude pour l'identification des principaux groupes de mauvaises herbes.

- Le cinquième et dernier chapitre sera consacré à une discussion générale de l'ensemble des résultats obtenus, l'identification de la nature des problèmes et les perspectives.

*CHAPITRE **1***

LES MAUVAISES HERBES EN ZONE TROPICALE

1. NOTION DE MAUVAISE HERBE

Par définition, une mauvaise herbe est une plante qui est indésirable à l'endroit où elle se trouve (Longchamp, 1977). Pour l'agronome ce caractère indésirable se précise par rapport au préjudice qui résulte de l'interaction entre ces plantes et la plante cultivée (Longchamp, 1977; Caussanel, 1989) et aux inconvénients de nature variable qu'elles présentent pour l'homme. Cette définition est donc relative car toute plante indésirable n'est pas mauvaise en soi. Certaines mauvaises herbes ont des effets bénéfiques (Akobundu, 1987).

Maillet (1981) fait remarquer que les mauvaises herbes ne constituent pas une entité définissable dans l'absolu. Le Bourgeois (1993) précise que le terme général "mauvaises herbes" utilisé en France est peu adéquat pour nommer ces espèces végétales croissant dans les parcelles cultivées, sans avoir y été intentionnellement plantées. Aymonin (1973) cité par Le Bourgeois (1993) qualifie ces plantes d'éléments "commensaux" du cultivar. Face à cette ambiguïté Holzner (1982 in Ahanchédé, 1994) préfère une définition dans un contexte objectif : chaque chercheur doit définir une mauvaise herbe selon son terrain d'action. En agronomie le terme adventice est souvent admis comme synonyme de mauvaise herbe bien qu'il désigne, au sens écologique "une plante introduite accidentellement dans les milieux modifiés par l'homme" (AFNOR[1], 1977 in Le Bourgeois, 1993).

Pour Koch *et al*. (1982) les mauvaises herbes sont des plantes qui sont plus nuisibles qu'utiles, bien que leur effet bénéfique soit à prendre en compte. La concurrence pour l'eau, les éléments nutritifs et la lumière figure parmi les premiers éléments de nuisibilité qui se traduit par la diminution de la production. C'est la nuisibilité directe (Longchamp & Barralis, 1977 ; Caussanel ; 1989). Mais les effets nuisibles des mauvaises herbes ne se limitent pas aux pertes de rendement. La qualité de la récolte peut être altérée ; les travaux de récolte sont rendus plus difficiles et plus coûteux. Certaines espèces sont toxiques et d'autres constituent des hôtes secondaires des virus, des bactéries, des champignons parasites et des insectes prédateurs. Les mauvaises herbes imposent surtout un travail pénible et coûteux à l'homme. Il s'agit de la nuisibilité indirecte (Longchamp & de Goumay, 1977). En effet ce sont en majeure partie des inconvénients différés parfois assez difficiles à saisir.

A l'échelle d'une parcelle, la présence de mauvaises herbes implique ainsi l'existence de risques de nuisibilité. Tout programme de désherbage devrait être envisagé en fonction de ces risques ; d'où la notion de "seuil de nuisibilité" (Longchamp & Barralis, 1977 ; Caussanel, 1989). Dans la pratique, elle traduit l'existence d'une "densité critique " ou d'une "période critique" dans la relation entre la densité ou la durée de concurrence des mauvaises herbes et les pertes de rendement d'une culture. Ces paramètres sont pourtant modulés par les conditions environnementales (Barralis, 1977 ; Akobundu, 1987 ; Caussanel, 1989).

Dans la majorité des cas les mauvaises herbes ont un pouvoir compétitif et colonisateur qui facilite leur adaptation à divers environnements et rend difficile leur éradication (Traoré, 1991). Parfois elles sont définies comme des plantes à comportement agressif (Radosevich & Holt, 1984 in Ahanchédé, 1994). Akobundu (1987) souligne ce caractère des mauvaises herbes à pousser avec une forte densité, avec une croissance très rapide, leur pouvoir de compétition sur les cultures ne serait-ce que par leur supériorité numérique ainsi que leur capacité à se développer dans une large gamme d'environnement.

[1] Agence Française de Normalisation

2. PERTES OCCASIONNEES PAR LES MAUVAISES HERBES.

La réduction des rendements des cultures infestées constitue l'effet négatif direct et le plus évident de la concurrence des mauvaises herbes. Cette concurrence comprend surtout la compétition pour les éléments nécessaires à la croissance dont la disponibilité constitue le facteur limitant (eau, éléments nutritifs du sol et la lumière) et parfois l'existence d'une interaction chimique par l'émission de substances toxiques (allélopathie) (Longchamp & Barralis, 1977 ; Koch *et al.,* 1982 ; Akobundu, 1987 ; Caussanel, 1989). Toutefois les phénomènes d'allélopathie entre les mauvaises herbes et les cultures sont rarement différenciés des phénomènes de compétition (Rice, 1984 in Le Bourgeois, 1993).

Cette compétition est la plus importante au cours du premier stade de développement des cultures. L'ampleur de cette compétition et par conséquent les dégâts sur le rendement dépendent d'une part de la culture (espèce, variété, densité et date de semis, vigueur des plants) et d'autre part de la densité et de la composition de la flore des mauvaises herbes, de la durée de la compétition et sont modulées par les conditions environnementales (préparation du sol, fertilité du milieu, prédateurs et des facteurs climatiques) (Gumah, 1974 ; Koch *et al.,* 1982 ; Akobundu, 1989). Les variétés améliorées sont souvent plus sensibles à la compétition des mauvaises herbes que les variétés traditionnelles. Les pertes de production en valeur absolue sont plus importantes dans les cultures intensives en milieu à haut potentiel de rendement bien que la flore adventice s'adapte bien aux caractéristiques du milieu (Koch *et al.,* 1982).

L'estimation des pertes occasionnées par les mauvaises herbes sur les rendements est très élevée en zone tropicale où les systèmes de cultures sont les moins évolués, avec 25 % de la production contre 5 % dans les pays développés (Parker & Fryer, 1975). Une première estimation des pertes mondiales de production dues aux mauvaises herbes par Cramer (1967) montrait 10 à 56 % de pertes de production pour l'Afrique. D'après Akobundu (1987) les mauvaises herbes sont les plus sous-estimées des fléaux des cultures sous les Tropiques ; alors que nulle part au monde elles ne causent autant de réduction des rendements et de travaux pénibles. Différentes estimations de perte de production ont été réalisées dans différents pays en Afrique tropicale concernant les principales cultures.

Pour les céréales, Akobundu (1980 ; 1987) rapporte une réduction de rendement de 40 à 55 % sur le maïs dans 3 pays[1] contre 48 à 90 % voire 100 % sur le riz pluvial selon une estimation effectuée dans 6 pays[2] et 28 à 54 % sur le riz de bas fond dans 3 pays[3]. Unamma et al. (1986 in Traoré, 1991) ont enregistré une réduction de rendement allant de 51 à 73 % sur le maïs en absence de sarclages par rapport à deux sarclages effectués à 3 et 8 semaines après semis. Au Soudan, Koch et al. (1982) rapportent une diminution de rendement de 35 à 46 % sur le sorgho et 69 % sur le riz en absence de désherbage. Cramer (1967) rapporté par Parker & Fryer (1975) estime que les pertes attribuables aux mauvaises herbes pour les cultures de sorgho et de mil en Afrique atteindraient 25 % du rendement potentiel.

[1] Ghana, Kenya, Nigeria.
[2] Ghana, Libéria, Nigéria, Sénégal, Bourkina Faso, La Gambie.
[3] Ghana, Kenya, Nigeria.

Une réduction de rendement de 54 % a été trouvée sur l'arachide au Ghana (Akobundu, 1980, 1987) alors qu'elle a été estimée de 63 à 88 % en culture pluviale au Soudan (Hamdoun & El Tigani, 1977).

De même pour le cotonnier, en absence de sarclage la diminution du rendement est estimée entre 65 et 76 % au Soudan (Koch et al. 1982) alors que le manque de contrôle des mauvaises herbes pendant le premier mois après le semis cause des pertes évaluées à 35 % (Déat, 1977 in Le Bourgeois, 1993). Au Togo, Douti *et al*. (1995) trouvent qu'en absence de désherbage le rendement tombe au dixième du potentiel. En l'absence de contrôle des mauvaises herbes les pertes de rendement montent jusqu'à 80 % (Akobundu, 1987).

Parmi les plantes à tubercules, la réduction de rendement due aux mauvaises herbes a été évaluée au Nigeria à 65 % sur le manioc et 73 % sur l'igname (Akobundu, 1980, 1987).

Les dégâts occasionnés par les mauvaises herbes parasites sur certaines cultures constituent un cas particulier mais aussi très important en Afrique tropicale. Trois espèces du genre *Striga (S. asiatica, S. hermonthica et S. gesnerioides)* sont responsables des plus importantes pertes sur les céréales et les cultures de légumineuses (Sauerborn, 1991). D'après Mboob (1989) cité par Sauerbom (1991) le genre *Striga* est présent dans plus de 40 % des terres arables au sud du Sahara et cause des pertes de rendement moyen de 24 %, qui peuvent varier de 10 à 30 % parfois jusqu'à 91 %. Sur le maïs, les pertes de récolte dues à l'infestation du S. asiatica sont estimées de 15 à 65 % (Agbobli & Huguenin, 1987 in Le Bourgeois, 1993). Au Togo et au Ghana les pertes de rendement dans les champs infestés par ces plantes parasites sont estimées à 55 %, pour 27 % des surfaces cultivées des régions de savane. Globalement les pertes de revenu sur le maïs, le mil et le sorgho dues aux attaques de ces mauvaises herbes parasites sont estimées à 2,9 milliards $US (Sauerborn 1991).

Ces valeurs ne sont qu'indicatrices, car une même culture peut réagir différemment à la compétition des mauvaises herbes en fonction des conditions écologiques du site (Koch *et al.*, 1982). Le désherbage tardif se traduit également par des pertes dissimulées de rendement dans les petites exploitations traditionnelles.

En plus de ces valeurs potentielles, la connaissance de l'effet de la durée de la compétition constitue aussi une référence de grande importance pour la détermination des dates de désherbage.

3. NOTION DE PERIODE CRITIQUE

Il n'est pas toujours nécessaire d'éliminer totalement ces plantes indésirables et de maintenir les parcelles de culture toujours propres ; car il est bien connu que la présence de ces plantes entraîne une perte de rendement mesurable pour une période déterminée de développement pendant laquelle la culture est la plus sensible à la compétition : c'est la période critique (Gumah, 1974 ; Longchamp & Barralis, 1977 ; Akobundu, 1987 ; Caussanel, 1989). Decoin (1992) cité par Douti (1995) précise que la présence d'une adventice n'a pas toujours les conséquences aussi graves que son aspect visuel le fait craindre. Cette période critique est théoriquement celle pendant laquelle les mauvaises herbes doivent être éliminées (Nieto, 1968 in Douti, 1995). Elle est affectée par tous les facteurs qui influencent la compétition. Kasasian & Seeyave (1969) cité par Gurnah (1974) estiment que cette période critique couvre les premiers 25 à 33 % de la vie de nombreuses cultures. Akobundu (1987) rapporte que sous les

Tropiques la première intervention de désherbage ne doit pas dépasser le stade 6 feuilles des mauvaises herbes ou 3 semaines après le semis pour la majorité des cultures en zones humides et subhumides.

La connaissance du stade de développement le plus sensible des cultures doit permettre de mieux organiser les travaux de désherbage et par conséquent de minimiser les pertes. Pour les céréales comme le maïs, le sorgho et le mil, cette période couvre les 8 premières semaines après le semis. Akobundu (1987) montre que généralement deux interventions bien programmées dans cette période donnent des rendements comparables aux cultures maintenues propres. Dans les cultures de légumineuses à graine, l'auteur prouve que cette période couvre les 6 premières semaines après le semis. Pour l'arachide, la période critique intervient entre 4 à 8 semaines après le semis (Bhan *et al.*, 1971 ; Carson, 1979 ; Hammerton, 1976 in Akobundu, 1987).

La lenteur du développement initial du manioc fait que la période de sensibilité à la compétition des mauvaises herbes de cette culture est relativement longue de 10 à 12 semaines après la plantation et que 3 interventions de sarclages sont nécessaires pour éliminer la concurrence des mauvaises herbes (Akobundu, 1987).

En culture cotonnière, au Togo, la période critique a été étudiée par Douti et al. (1995) en culture pluviale : elle se situe entre 28 et 42 jours après le semis. L'auteur précise que cette période est variable selon les pays ; il rapporte les résultats obtenus par Schwerzel & Thomas (1971) au Zimbabwe, sur trois ans, qui montrent que la période critique de l'enherbement en culture cotonnière irriguée de contre saison se situe entre 2 et 4 semaines après la levée. En culture pluviale ces mêmes auteurs trouvent que cette période critique intervient 6 à 8 semaines après la levée. En Tanzanie, la période critique du cotonnier s'étend entre 30 et 75 jours après le semis (Sakira in Gumah, 1974). D'après Shaban *et al*. (1983) ; Shelke *et al.* (1985) et Zeman (1983) cités par Akobundu la période critique de compétition des mauvaises herbes en culture cotonnière s'étend de 20 à 60 jours après le semis ; cette période varie légèrement selon l'intensité de l'infestation des mauvaises herbes.

4. CONTRAINTES IMPOSEES PAR LES MAUVAISES HERBES

Parmi les pertes indirectes causées par les mauvaises herbes, les contraintes et les coûts imposés pour les travaux de sarclage constituent les plus évidents et les plus importants. Les travaux de sarclage sont très pénibles et coûteux. Cependant cette méthode traditionnelle est utilisée par la majorité des agriculteurs en Afrique tropicale (Akobundu, 1987). Le Bourgeois (1993) rapporte que dans les systèmes traditionnels d'Afrique soudano-sahélienne, les surfaces cultivées sont fonction du potentiel de main d'œuvre nécessaire à la maîtrise de l'enherbement. La mise en culture d'une surface plus grande constitue un risque sérieux pour les agriculteurs (Akobundu, 1987). Le désherbage manuel absorbe 20 à 50 % du travail total, de la préparation du sol, à la récolte (Scalla, 1991 in Le Bourgeois 1993).

Au Togo, Faure (1990) cité par Le Bourgeois (1993) montre que le sarclage et le buttage représentent 18 à 42 % du temps de travail. Comme dans le cas des pertes de récoltes, le temps de travail pour assurer le contrôle de l'enherbement varie selon la tolérance de la culture, le système de culture et les mauvaises herbes dans les conditions environnementales du site (Koch *et al.*, 1982). Selon les observations de Moody dans trois villages du Nigeria, rapportées par Koch *et al*. (1982), les agriculteurs passent 56 à 74 % de leur temps au sarclage, tandis qu'en Ethiopie, 30 à 40 % de la main d'œuvre total nécessaire à la culture du maïs seraient consacrés au sarclage.

Le pic maximum de l'investissement en travail a lieu en période de sarclage. Chabrier (1986) rapporté par Traoré (1991) montre que les besoins en main d'œuvre pour le sarclage dans les exploitations dans la zone soudano-sahélienne du Nord-Cameroun, sont de l'ordre de 30 % en juin-juillet en culture de cotonnier, de mil et de sorgho tandis qu'ils atteignent 100 % des besoins en culture d'arachide durant la même période. Les premiers sarclages des cultures précoces peuvent entrer en concurrence avec les travaux de préparation du sol et de semis des cultures tardives (Raymond *et al.*, 1990 ; Le Bourgeois, 1992 in Le bourgeois, 1993). Gill (1982) rapporté par Traoré (1991) estime que les temps de sarclage représentent 200 à 400 Heures Hommes de travail par hectare, soit 25 à 50 jours de travail de 8 heures. Le sarclage est d'autant plus long qu'il est effectué tardivement (Ducros, 1983 in Le Bourgeois 1993). Les tableaux suivants montrent les temps de travail consacrés au sarclage pour les principales cultures en Afrique de l'Ouest.

CULTURE	**TEMPS EN %**	**REFERENCE**	
COTONNIER	23-32 % 29%	Togo Mali	Faure 1982 Raymond *et al. 1990*
MAIS	6% 19-46 % 13 %	Togo Nigeria Mali	Faure 1982 Orkwor 1983 Raymond *et al.* 1990
SORGHO	20-30 % 37% 41 %	Togo Nigeria Mali	Faure 1982 Orkwor 1983 Raymond *et al*. 1990
ARACHIDE	23 % 15%	Togo Mali	Faure 1982 Raymond *et al.* 1990

Tableau 1: Pourcentage de temps consacré au désherbage manuel par rapport au travail total de la culture (Le Bourgeois, 1993).

En culture attelée, l'utilisation de matériel de sarclage permet de réduire considérablement les temps de travaux (Faure, 1982 in Le Bourgeois, 1993) : 1,5 j/ha et 3 à 6 j/ha pour le sarclage manuel sur la ligne. Alors que cette technique est utilisée essentiellement pour le premier sarclage et le buttage (Sigrist 1992, in Le Bourgeois, 1993) ; par la suite le développement de la culture ne permet plus le passage des outils. La mécanisation permet d'augmenter les surfaces cultivées.

Le coût du désherbage dans les petites exploitations traditionnelles est difficile à évaluer dans la mesure où la main d'œuvre est essentiellement familiale (Akobundu, 1987 ; Le "Bourgeois 1993). Par contre le coût est très élevé dès qu'il s'agit de la main d'œuvre extérieure, de 280 $FF.ha^{-1}$ (Sigrist, 1992) à 580 $FF.ha^{-1}$ (Gérardeaux, 1991 in Le Bourgeois (1993). Ces mêmes auteurs montrent qu'en culture attelée ou motorisée la location du matériel revient à 240 $FF.ha^{-1}$ pour l'attelage et 360 $FF.ha^{-1}$ en petite motorisation. Tandis que l'utilisation d'herbicide coûte 200 à 280 $FF.ha^{-1}$ auquel il convient d'ajouter le prix des sarclages complémentaires.

5. AUTRES DEGATS INDIRECTS

Les mauvaises herbes causent de nombreux autres dégâts indirects différés dans le temps ou dissimulés. Parmi ces dégâts, la complication des travaux de récolte, la présence des graines de mauvaises herbes dans les récoltes peuvent en détériorer la qualité et en diminuer la valeur commerciale (Orkwor,1983 in Le Bourgeois, 1993 ; Akobundu, 1987). Beaucoup d'espèces de mauvaises herbes sont connues comme réservoirs ou hôtes secondaires de divers insectes ravageurs ou maladies (Akobundu, 1987). A Madagascar, les espèces suivantes constituent des hôtes secondaires des poux (*Trichispa sericea* Guérin et *Hispa gestroi* Chap.), insectes les plus nuisibles du riz (Ravelojaona, 1982) : *Leersia hexandra, Digitaria debilis, Cynodon dactylon, Brachiara sp, Setaria pallide-fusca, Panicum maximum, Pycreus mundtii. Abutilon asiaticum* est aussi un réservoir permanent d*'Earias insulana*, un des principaux prédateurs du cotonnier dans le Sud-Ouest de Madagascar (Peyrelongue & Boumier, 1974).

6. COMPORTEMENTS DE QUELQUES ESPECES MAJEURES EN ZONE DE SAVANE.

Il est établi qu'un petit nombre d'espèces est responsable de l'essentiel des dégâts. Koch et al. (1982) précisent que quelques 200 espèces de mauvaises herbes sont impliquées dans tous les problèmes d'enherbement dont souffre l'homme et 12 familles botaniques causent 70 % des principaux problèmes d'enherbement. Les mêmes auteurs montrent que les mauvaises herbes sont adaptées à certaines caractéristiques de leur environnement et le changement de certains facteurs des systèmes de culture entraîne nécessairement un changement de la flore des mauvaises herbes. Certains problèmes sont aussi la conséquence des méthodes classiques de lutte qui sélectionnent un petit nombre d'espèces devenant très envahissantes (Ahanchédé, 1994).

Dans le contexte des zones de savane africaines, la variabilité des facteurs pédologiques, le gradient climatique et les facteurs sociaux, démographiques et économiques, en particulier l'évolution récente des cultures commerciales dominantes, déterminent les types de systèmes de culture. En dehors des périmètres irrigués, on peut distinguer deux grands types de systèmes de culture : les systèmes de cultures à base de céréales ; les systèmes de culture à base de cotonnier. Dans ces types de milieu quelques groupes d'espèces ont pris une importance majeure et se trouvent à la base des problèmes d'enherbement de différents pays (Traoré, 1991 ; Le Bourgeois, 1993 ; Ahanchédé, 1994).

6.1. Les *Commelina* spp.

Plusieurs espèces du genre ***Commelina*** sont des adventices des cultures dans les régions tropicales ou subtropicales. Holm *et al*. (1977) mentionnent trois espèces parmi les plus importantes à travers le monde :

- *Commelina benghalensis* L.
- *Commelina diffusa* Burm. ou *Commelina nudiflora* sensu Merr non L.
- *Murdannia nudiflora* (L.) Brenan ou *Commelina nudiflora* L.

Mais d'autres espèces sont également très nuisibles aux cultures tropicales dans différentes régions :

- *Commelina communis* : en Afrique et aux États-Unis,

- *Commelina forskalaei* Vahl. : En Inde, en Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale, (Diallo, 1979 ; Le Bourgeois, 1993).

Ces plantes sont particulièrement envahissantes. Leurs caractéristiques biologiques font aussi qu'elles sont très difficiles à contrôler par les moyens mécaniques ou chimiques. Parmi ces caractéristiques biologiques citons : croissance très rapide, développement et cycle biologique variables selon le milieu (annuelles en zones sèches ou tempérées et vivaces dans les conditions tropicales humides), dimorphisme des fleurs et polymorphisme des graines, forte capacité à se multiplier par voie végétative (Holm *et al*., 1977 ; Trochain, 1932 in Diallo, 1979). *Commelina benghalensis* est l'espèce la mieux connue.

Commelina benghalensis L.

Cette espèce originaire d'Asie du Sud-Est ou Inde (Moody *et al*, 1999) est parmi les adventices les plus répandue sous les Tropiques. C'est l'adventice mondialement la mieux représentée de la famille des Commelinaceae (Holm *et al.*, 1977). Elle a fait l'objet de suivis et d'études approfondis dans certains pays africains : Afrique Centrale, Bénin, Cameroun (Gounifio, 1986 ; Le Bourgeois, 1992, 1993 ; Ahanchédé, 1994).

Au Centrafrique, *Commelina benghalensis* est le principal problème tant en zone de forêt qu'en savane et a fait l'objet d'une étude approfondie au laboratoire et en plein champ (Gounifio, 1986). L'auteur met en exergue les structures et les modes de reproduction permettant d'expliquer l'adaptation et l'agressivité de cette adventice. Cette plante peut se multiplier aussi bien par voie sexuée que végétative. Ses graines de différentes dimensions sont toutes viables et lèvent à des dates variables ; tous les fragments ou portions d'axe de *Commelina benghalensis* cassés survivent plusieurs semaines et peuvent bouturer (Budd et al 1979 in Gounifio, 1986). L'auteur montre l'adaptation particulière de cette espèce aux systèmes de culture intensive mécanisée.

Au Bénin, Ahanchédé (1994) montre que *Commelina benghalensis* constitue la mauvaise herbe de première importance agronomique. C'est la seule espèce dans le groupe des « espèces départementales majeures » : espèce indifférente au milieu et ayant un niveau d'infestation très important. Dans les zones de savane du nord, sa fréquence moyenne est parmi les plus élevées 70 % : 75 % en culture cotonnière, 84 % dans le sorgho et 31 % dans l'igname. Son abondance (pieds.m^{-2}) est la plus élevée : 14 plantes.m^{-2}. Dans cette région à climat sec, cet adventice entraîne une perte de rendement du coton jusqu'à 35 %. L'âge de mise en culture des parcelles est identifié comme le principal facteur agronomique d'infestation de cette mauvaise herbe. Son développement est favorisé par les façons culturales : labour, sarclage, fumure. L'auteur indique que cette espèce n'apparaît pas dans les jachères.

Dans les rotations cotonnières du Nord-Cameroun, *C. benghalensis* avec *Digitaria horizontalis* représentent groupe des espèces d'importance agronomique majeure : « mauvaises herbes majeures générales » (Le Bourgeois, 1993). L'auteur rapporte que cette espèce ubiquiste est capable de coloniser pratiquement tous les milieux de cette région et reste abondante durant toute la saison. Elle apparaît après 2 à 3 ans de culture, devient une contrainte agronomique à partir de 5 ans et un problème important après 10 ans de cultures successives (Le Bourgeois, 1992, 1993). L'auteur montre que la nuisibilité de cet adventice est d'autant plus forte que l'on se trouve en zone de culture intensive.

6.2. Les *Striga* spp.

Ces mauvaises herbes parasites envahissent de plus en plus les cultures vivrières des zones de savane à faible pluviométrie, notamment en Afrique. Le continent africain est considéré comme le berceau originel du *Striga* (Raynal-Roques, 1993 in Hoffmann, 1994). L'extension croissante des surfaces contaminées est préoccupante car il est presque impossible pour des populations agricoles aux moyens techniques souvent rudimentaires d'éradiquer ces plantes une fois installées (Hoffmann *et al.,* 1997). Musselmann *et al*. (1991) établissent la répartition mondiale des trois espèces les plus importantes *: S. asiatica, S. gesnerioides et S. hermonthica*

Ces trois espèces sont très répandues sur le continent africain et affectent les moyens d'existence de 300 millions d'habitants en Afrique (Ramaiah, 1984 ; Mboob, 1986 in Hoffmann *et al.,* 1997).

Striga hermonthica. (Del.) Benth.

Au Mali, *S. hermonthica* est l'espèce la plus fréquente et la plus nuisible des 3 espèces parasites du genre *Striga*. (Hoffmann, 1994 ; Hoffmann *et al.,* 1997). Les auteurs rapportent leurs observations sur la relation entre la prolifération des parasites avec la pauvreté et la dégradation des sols liées à la réduction de la jachère (due à la pression démographique). Hoffmann, (1994) montre que les zones les plus touchées par cette espèce sont les plus anciennement cultivées en céréales : 39 % des surfaces cultivées du territoire étudié.

Au Burkina Faso, sur les 7 espèces de *Striga* rencontrées *S. hermonthica* est l'espèce la plus importante, parasitant le sorgho, le mil et le maïs (Reneaud, 1981). Mais sa fréquence globale se situe à un niveau relativement faible. Cette espèce parasite est parmi les espèces indicatrices du domaine sud-soudanien (Traoré, 1991).

Striga asiatica (L.) O. Kuntze.

C'est l'espèce la plus répandue dans le monde et qui cause les plus importants dégâts en agriculture (Holm *et al.,* 1977). Cette mauvaise herbe parasite prolifère dans les régions sèches à faible précipitation: En Afrique du Sud, elle infeste les zones recevant une pluviométrie annuelle variant de 450 à 500 mm. Au Nigeria, elle pousse dans les zones ayant une précipitation annuelle de 650 à 750 mm (Holm *et al.,* 1977). C'est sur cette espèce que de nombreuses actions de recherche ont été conduites pour la connaissance des comportements longtemps mystérieux de ces plantes parasites : la dormance des graines, le processus de germination, relation hôte parasite, cycle de développement.

Au Malawi, 63 % des champs de maïs sont infestés par ce parasite avec une intensité moyenne de 25 % (Sauerborn *et al.,* 1996). Ces auteurs observent une réduction de rendement variant de 10,5 à 58,8 %.

A Madagascar, le parasite continue à infester les cultures pluviales des régions nord- ouest, ouest, moyen-ouest et sud-ouest. Mais le niveau d'infestation le plus élevé s'observe dans le Moyen-Ouest où les cultures pluviales sont les plus développées. Dans cette région à climat subhumide, l'infestation de ce parasite a pris un caractère explosif depuis le milieu des années 80, à la suite de l'extension de la riziculture pluviale (Clerget, 1990 ; Randriamampianina, 1995). Sa fréquence est la plus élevée dans les parcelles de riz : à 73 % contre 35 % dans les parcelles de maïs (Randriamampianina, 1995). La forte pression de cette espèce parasite provoque l'abandon des champs de culture dans certaines zones très infestées. Geiger (1994) rapporté par Kroschel *et al.* (1996) estime les pertes occasionnées par ce parasite sur les cultures de céréale de cette région de 15 à 87 % des rendements, soit 46 % en moyenne.

6.3. Les graminées annuelles.

Quelques espèces de la famille des Poaceae ont également une importance majeure dans les systèmes de culture en zone de savane de faible précipitation. Ce sont essentiellement des espèces précoces qui sont des plantes de type C4 très efficientes au point de vue photosynthétique.

Dans les zones de savane d'Afrique les espèces suivantes ont été relevées comme les plus fréquentes : *Digitaria horizontalis, Dactyloctenium aegyptium, Pennisetum pedicellatum et Rottboellia cochinchinensis* (Fontanel, 1987 ; Traoré, 1991 ; Le Bourgeois, 1993 ; Ahanchédé, 1994). Ce sont des espèces héliophiles qui infestent presque toutes les cultures annuelles des zones de savane : cotonnier, céréales, légumineuses à graines. Ces graminées annuelles sont aussi des hôtes alternatifs de certaines maladies, de nématodes et surtout des *Striga : Striga asiatica* et *S. hermonthica* (Hoffmann, 1994 ; Moody *et al*., 1999).

Dactyloctenium aegyptium (L.) P.Beauv.

Au Burkina Faso, *Dactyloctenium aegyptium* est une des espèces les plus fréquentes dans les cultures céréalières (Traoré, 1991) : fréquence de 49 à 80 % selon les années. L'auteur indique que cette graminée annuelle se rencontre de préférence sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés. Mais les fortes infestations sont liées aux sols riches ou faisant l'objet d'une fertilisation forte (Fontanel, 1987 & Traoré, 1991). Cette espèce appartient au groupe des espèces caractéristiques des relevés en milieu de cycle qui lèvent après les premiers sarclages (Traoré, 1991). Elle constitue des peuplements très importants et est reconnue, avec *Digitaria horizontalis,* comme une mauvaise herbe très dangereuse.

Au Nord-Cameroun, *Dactyloctenium aegyptium* figure dans le groupe des « mauvaises herbes potentielles générales », avec une fréquence de 85 % des parcelles cultivées en région sahélo-soudanienne et de 50 % des parcelles des régions plus humides (Le Bourgeois, 1993 ; Le Bourgeois & Merlier, 1995). Cette graminée annuelle a une préférence sahélienne et affecte toutes les cultures.

Au Bénin, Ahanchédé (1994) observe une fréquence variant de moins de 10 % dans le sud assez humide à 85 % dans le secteur soudano-sahélien du nord. L'auteur confirme la préférence sahélienne de cet adventice.

Au Sénégal au Siné Saloum, *Dactyloctenium aegyptium* est aussi l'espèce de première importance agronomique dans les cultures pluviales avec une fréquence de 82 %. (Fontanel, 1987).

Digitaria horizontalis Wild.

Au Nord-Cameroun, *Digitaria horizontalis* est la deuxième espèce la plus importante après *Commelina benghalensis* (Le Bourgeois, 1993). Sa fréquence varie de 65 % en région sahélo-soudanienne (pluviométrie de 600 à 800 mm) à plus de 90 % en région soudanienne (Le Bourgeois & Merlier, 1995). Cette graminée est très abondante en début de cycle, sa levée est déclenchée par les premières pluies. Toutefois elle figure parmi les espèces qui sont présentes pendant toute la durée du cycle cultural. Pendant la saison des pluies, elle peut se multiplier par bouturage à partir des fragments de tige qui s'enracinent au niveau des nœuds (Le Bourgeois, 1993).

Au Burkina Faso, *Digitaria horizontalis* est l'espèce la plus fréquente : fréquence moyenne de 80% sur deux saisons culturales (Traoré, 1991). L'auteur rapporte que cette espèce montre le recouvrement moyen le plus important dans le sud soudanien.

Au Bénin, la fréquence moyenne de cet adventice varie de 71 à 95 % selon les régions. C'est l'espèce numéro un en zone soudano-sahélienne (Ahanchédé, 1994). Dans le Centre de la Côte d'ivoire sa fréquence est de 80 % (Hoffmann, 1986).

Au Togo, Pocanam *et al*. (2000) rapportent que *Digitaria horizontalis* est l'adventice cosmopolite rencontré dans tous les sites. Ces auteurs précisent que cette mauvaise herbe est difficilement contrôlée par les entretiens manuels surtout en condition d'humidité importante.

Au Mali, *Digitaria horizontalis* est la principale graminée adventice de la culture cotonnière toutes zones confondues, à laquelle s'ajoute *Rottboellia exaltata* au nord et *Dactyloctenium aegyptium* au centre.

Rottboellia cochinchinensis (Lour) W.CIayton (syn : Rottboellia exaltata L.)

Cette graminée annuelle de grande taille, d'origine indienne, est très répandue sous les Tropiques. Elle forme souvent une population homogène très dense, particulièrement gênante par ses poils raides piquants sur les gaines des feuilles et les tiges. Cette plante de type C4 très vigoureuse concurrence les cultures pluviales en début de cycle notamment le maïs, le riz pluvial, la canne à sucre et le cotonnier (Holm. *et al.*, 1977 ; Le Bourgeois & Merlier, 1995 ; Moody *et al.*, 1999). C'est aussi une espèce nitrophile caractéristique des sols profonds fertiles et humides : sols alluviaux, vertisols et ferrugineux bien structurés, (Le Bourgeois & Merlier, 1995). D'après ces auteurs la dormance des graines est très variable selon le milieu. Une bonne partie des semences peut germer dès les premières pluies et les graines non dormantes sont capables de germer à partir d'une profondeur allant jusqu'à 15 cm. Ce qui permet à cette mauvaise herbe de résister à différentes méthodes de lutte et à de nombreux herbicides.

Au Bénin dans le secteur soudanien, cette espèce atteint une fréquence de 64,5 % et figure parmi les espèces les plus abondantes dans les trois principales cultures de la région.

Au Mali, *Rottboellia exaltata* est aussi une des principales adventices du cotonnier (Kone *et al.*, 2000). Elle fait partie des adventices précoces qui germent dès les premières pluies de l'hivernage.

Au Nord-Cameroun, cette graminée appartient au groupe des « mauvaises herbes potentielles régionales» (Le Bourgeois, 1993) : fréquence située entre 20 et 50 %, abondance moyenne assez élevée mais pouvant être ponctuellement très abondante. L'auteur indique la préférence soudanienne de cette espèce adventice.

6.4. Autres espèces.

Les espèces suivantes figurent également parmi les espèces les plus fréquentes et abondantes en zone de savane :

- *Leucas martinicensis* (Jacq.) R.Br. (Lamiaceae) est la deuxième espèce la plus fréquente au Burkina Faso : 70 à 76 % (Traoré, 1991). Elle appartient, avec *Digitaria horizontalis* et *Dactyloctenium aegyptium*, au groupe des espèces de milieu de cycle dont la levée est stimulée par les premières interventions de sarclage. Dans les rotations cotonnières du Nord-Cameroun, cet adventice appartient au groupe des « mauvaises herbes potentielles générales » (Le Bourgeois, 1993) : fréquence très élevée et abondance moyenne. L'auteur indique que cette espèce a un degré d'infestation plus important en fin de saison et montre une préférence soudanienne. Au Bénin, cette mauvaise herbe figure parmi les huit espèces les plus importantes, avec une fréquence de 58 à 62,5 % en zone centrale et sud.

- *Tridax procumbens* L. (Asteraceae) : cette espèce se situe aussi dans le groupe des «mauvaises herbes potentielles générales» dans les rotations cotonnières du Nord-Cameroun (Le Bourgeois, 1993) : fréquence moyenne de plus de 50%. Elle montre une préférence soudanienne. Au Bénin *Tridax procumbens* est parmi les espèces les plus dominantes dans les secteurs soudaniens et soudano-guinéens, avec une fréquence de 75 et 76,5 %. Au Togo, *Tridax procumbens* est aussi une mauvaise herbe fréquente en culture cotonnière (Picanam et al. 2000).

- *Mitracarpus villosus* (Sw.) DC. constitue, avec *D. horizontalis*, l'espèce de première importance agronomique dans les cultures céréalières du Burkina Faso (Traoré, 1991) : fréquence de 56 à 72 %, recouvrement parmi le plus élevé dans le centre et le sud du pays. Son importance est relativement faible dans les rotations cotonnières du Nord-Cameroun (fréquence inférieure à 50 %).

- *Ipomoea eriocarpa* R.Br. de fréquence moyenne de 71 % figure aussi parmi les huit espèces d'importance agronomique au Burkina Faso. Au Bénin cette espèce volubile montre une préférence sahélienne : fréquence décroissante du nord au sud : 75 % au nord, 58,8% au centre et 25 % au sud. Au Nord-Cameroun cet adventice est dans le groupe des « mauvaises herbes potentielles générales » où elle présente la fréquence la plus élevée (Le Bourgeois, 1993). L'auteur montre que cet adventice à photopériodisme positif est parmi le groupe ayant une durée germinative très longue.

7. LES ESPÈCES MAJEURES PAR SYSTÈME DE CULTURE.

Le tableau 2 donne un aperçu des espèces majeures par système de culture en zone de savane africaine : espèces ayant une fréquence relative de 50 % au moins sur une année. D'après ce tableau, une dizaine d'espèces sont à la base des problèmes d'enherbement dans les pays en zone de savane.

ESPECES	SYSTEME DE CULTURE	PAYS	REFERENCE
Commelina benghalensis	Rotations cotonnières	Cameroun Bénin Mali	Le Bourgeois, 1993 Ahanchédé, 1994 Kone et *al.* 2000
Digitaria horizontalis	Rotations cotonnières & céréales	Cameroun Bénin Burkina Faso Mali	Le Bourgeois, 1993 Ahanchédé. 1994 Traoré, 1991 Kone *et al.* 2000
Dactyloctenium aegyptium	Rotations cotonnières & céréales	Cameroun Bénin Burkina Faso, Sénégal Mali	Le Bourgeois, 1993 Ahanchédé, 1994, Traoré, 1991, Fontanel, 1987 Kone *et al*. 2000
Pennisetum pedicellatum	Rotations cotonnières & céréales	Cameroun Burkina Faso Mali	Le Bourgeois, 1993, Traoré, 1991 Kone *et al.* 2000
Leucas martinicensis	Rotations cotonnières céréales	Cameroun Bénin Burkina Faso	Le Bourgeois, 1993 Ahanchédé, 1994, Traoré, 1991
Ipomoea eriocarpa	Rotations cotonnières céréales	Cameroun, Bénin Burkina Faso Mali	Le Bourgeois, 1993 Ahanchédé, 1994 Traoré, 1991 Kone *et al.* 2000
Tridax procumbens	Rotations cotonnières	Cameroun, Bénin,	Le Bourgeois, 1993 Ahanchédé, 1994
Mitracarpus villosus	A base de céréales	Burkina Faso Mali	Traoré, 1991 Kone *et al*. 2000
Spermacoce stachydea	Rotations cotonnières	Bénin	Ahanchédé, 1994
Kyllinga squamulata	A base de céréales Rotations cotonnières	Burkina Faso Mali	Traoré, 1991 Kone *et al.* 2000
Hyptis spicigera	A base de céréales	Burkina Faso	Traoré, 1991

Tableau 2 : Les mauvaises herbes majeures dans les principaux systèmes de culture en zone de savane africaine.

Dans les systèmes de culture à base de céréales, Traoré (1991) montre l'importance de la famille des Poaceae dans toutes les zones agricoles du Burkina Faso dont les deux principales espèces sont : *Digitaria horizontalis* et *Dactyloctenium aegyptium*, suivi de près par *Setaria pallide-fusca* et *Pennisetum pedicellatum*. Les fumures minérales augmentent fortement l'enherbement et favorisent les espèces les plus nocives (Fontanel, 1987 ; Traoré, 1991).

D'après Akobundu (1987), l'importance de l'enherbement est déterminée en premier lieu par la fertilité des sols et le nombre d'années de culture. L'auteur montre que le "désherbage optimal" des céréales consiste à faire deux sarclages intervenant à 3 et 6 semaines après le semis. En riziculture cet auteur fait remarquer que le problème d'enherbement est beaucoup plus important sur le riz pluvial que dans d'autres situations écologiques. Les espèces dominantes sont variées et nombreuses ; les plus courantes appartiennent aux familles des Poaceae et des Cyperaceae. Les graminées pérennes (*Oryza longistaminata, Imperata cylindrica, Cynodon dactylon*) et les espèces du genre *Commelina* sont notées parmi les espèces les plus difficiles à contrôler même avec le désherbage manuel.

En zone de savane nord guinéenne du Nigeria où les systèmes de production à dominantes céréales sont en cours d'intensification, Weber *et al*. (1997) montrent l'importance des facteurs liés à la fertilité des sols, ainsi que certaines traditions de gestion des cultures dans les communautés d'adventices. Les espèces suivantes y ont été identifiées comme les plus importantes à cause des difficultés et des coûts de leur contrôle : *Rottboellia cochinchinensis, Digitaria spp., Commelina spp., Cyperus spp., Kyllinga squamulata*. Ces auteurs montrent que la pression des adventices devient plus faible lorsque davantage de cultures non céréalières sont intégrées dans les systèmes de production à dominantes céréales.

Les systèmes de culture à base de cotonnier :

Le cotonnier, culture commerciale de première importance en zone de savane en particulier en Afrique de l'Ouest, constitue la base des systèmes de culture dans les zones bien encadrées par les sociétés de développement. Avant que les problèmes de fertilité n'apparaissent, les mauvaises herbes constituent l'écueil majeur à de bons résultats agricoles (Mamotte, 1995).

Au Nord-Cameroun, Le Bourgeois (1993) montre que deux espèces ont été identifiées comme les plus dommageables dans les systèmes de cultures à base de cotonnier parmi les 17 principales adventices :

- *Commelina benghalensis* principalement dans le cotonnier intensif, favorisé par l'apport de fumure et l'utilisation d'herbicide de prélevée du cotonnier.
- *Striga hermonthica* dans les céréales.

Les herbicides vulgarisés ont une faible efficacité sur les espèces annuelles suivantes : *Rottboellia cochinchinensis, Tridax procumbens et Ipomoea eriocarpa* et 4 espèces vivaces à organes de réserve : *Cyperus rotundus, Cyperus esculentus, Imperata cylindrica et Launaea chevaleri* (Le Bourgeois, 1992 ; Le Bourgeois *et al.*, 1992).

Au Bénin, dans les zones de *savane* du Nord-Est, une dizaine d'adventices importantes sont communes aux cultures de cotonnier, de sorgho et d'igname (Ahanchédé, 1988, 1994 ; Ahanchédé & Gasquez, 1995) : 10 espèces importantes associées à *Commelina benghalensis* qui se présente comme le problème malherbologique principal. *Commelina benghalensis* est favorisée par les pratiques liées à la culture cotonnière (Ahanchédé, 1994). Les trois espèces les plus importantes communes aux différentes cultures sont : *Digitaria horizontalis, Commelina benghalensis* et *Ipomoea eriocarpa.*

8. LES MAUVAISES HERBES DES CULTURES À MADAGASCAR.

A Madagascar, très peu d'études ont été entreprises dans le domaine de la malherbologie. Les quelques rares connaissances disponibles jusqu'en 1985 sont limitées à quelques relevés ponctuels effectués dans le cadre des expérimentations herbicides ou des inventaires rapides, dans certaines régions de production (Randriamampianina, 1985). Depuis 1986, quelques études au niveau régional ont été menées dans deux grandes régions rizicoles : plaine du Lac Alaotra et le Moyen Ouest, (Randriamampianina, 1988, 1991, 1995 ; Anomyne, 1987, 1988, Geiger *et al.,* 1996).

Dans les différentes régions, l'importance agronomique des mauvaises herbes a été peu considérée et insuffisamment prise en compte dans les programmes de recherche et de développement. Dans un contexte de petites exploitations, cas de toutes les régions de Madagascar, l'importance des contraintes de l'enherbement reste toujours sous-estimée ou dissimulée derrière les problèmes d'ordre socio-économique et conjoncturel : difficultés de la vie en période de soudure, prix des produits agricoles, organisation de l'encadrement, de l'approvisionnement et de la commercialisation ....

Les connaissances acquises concernent essentiellement la riziculture : riziculture irriguée avec différentes situations de maîtrise d'eau dans la plaine du Lac Alaotra et quelques inventaires ponctuels dans les Hautes Terres, systèmes de culture à base de riz pluvial dans le Moyen Ouest.

8.1. En riziculture de bas-fond.

Le riz est de loin la culture la plus importante à Madagascar. C'est l'activité de base de la population dans les différentes régions : Hautes Terres Centrales, Nord-Ouest, Moyen Ouest, l'Ouest et la Région du Lac Alaotra. Le riz est cultivé à la fois pour l'alimentation de la famille et pour la vente.

La riziculture est une activité fortement consommatrice en travail. Malgré les différents projets de développement visant l'intensification de cette culture, les méthodes traditionnelles restent prédominantes dans toutes les régions productrices : techniques traditionnelles ou peu évoluées, moyen de production rudimentaire. En matière de désherbage, la lutte chimique a été développée seulement dans la région du Lac Alaotra ; mais elle reste limitée à l'utilisation des phytohormones de synthèse en riziculture assez bien irriguée (Randriamampianina, 1991). Les rendements stagnent à un niveau faible d'environ 2t ha $'^{1}$ et ont tendance à diminuer.

L'insuffisance de la maîtrise de l'eau et l'enherbement constituent les facteurs limitants l'amélioration des techniques culturales et les rendements (Randriamampianina, 1987, 1990). Les pertes occasionnées par les mauvaises herbes ont été estimées au Lac Alaotra, en milieu paysan, sur deux saisons culturales (Anonyme, 1987, 1988 ; Randriamampianina, 1988, 1991) de 10 à près de 50 % des rendements.

Dans toutes les régions rizicoles étudiées, la flore des mauvaises herbes en riziculture irriguée est largement dominée par les **Cypéracées.** Les autres espèces ont une importance très variable selon les régions en fonction de la maîtrise de l'eau et des conditions pédologiques.

- **Les Cypéracées**

  - Deux espèces de Cypéracées sont les plus largement répandues et les plus importantes : *Scirpus juncoides* et *Cyperus difformis* ; ces deux espèces ont une fréquence très élevée dans la plaine du Lac Alaotra et dans les périmètres irrigués du Sud-Ouest (Randriamampianina, 1990, 1996).
  - *Courtoisia cyperoides, Scirpus perrieri, Pycreus tremulus* sont des espèces adventices répandues et abondantes mais de fréquence moyenne.
  - *Fimbristylis littoralis, Cyperus iria* et *Fuirena* spp. sont aussi des espèces fréquentes et abondantes dans les zones rizicoles de basse ou à moyenne altitude.
  - *Pycreus mundtii*, espèce pérenne, est assez fréquente et souvent dominante dans les rizières de bas-fonds à sols organiques tourbeux.
  - *Eleocharis* spp. colonisent avec une forte densité les rizières inondées à problème de drainage.

- **Les graminées** des rizières ont généralement une fréquence moyenne avec une abondance moyenne à élevée. Elles sont représentées par trois principales espèces : *Echinochloa colona*, *Echinochloa crus-galli* et *Ischaemum rugosum*. Cette dernière espèce envahit les rizières à irrigation déficiente en moyenne altitude ; elle devient le problème principal de la riziculture au Lac Alaotra (Randriamampianina, 1988, 1991).

- **Les autres espèces** les plus largement répandues sont : *Jussiaea repens* (Onagraceae) et *Marsilea diffusa* (Marsileaceae) ; elles sont très adaptées aux conditions de la riziculture irriguée ou de bas-fond. Cette dernière espèce particulièrement abondante dans les périmètres rizicoles du Sud-Ouest.

Les cypéracées annuelles sont facilement contrôlables avec des herbicides à faible coût comme le 2,4-D. Alors que les graminées et les autres espèces pérennes restent des adventices à problèmes en riziculture. Leur importance relative varie en fonction des facteurs pédologiques, hydriques et des techniques culturales dominantes.

8.2. Dans les systèmes de culture à base de riz pluvial.

La pratique de la riziculture pluviale est relativement récente à Madagascar. Elle est essentiellement développée sur le plateau du Moyen-Ouest à 700-900 m d'altitude et de climat subhumide (1 500 mm de précipitation), surtout depuis la vulgarisation des variétés hâtives au début des années 80. Mais l'extension rapide de cette culture a provoqué en même temps l'explosion de l'infestation de *Striga asiatica* devenu le fléau principal des cultures céréalières dans la région (Fusisaka& FOFIFA, 1990 ; Clerget, 1990 ; Randriamampianina, 1995 ; Geiger *et al*, 1996).

Les espèces les plus fréquentes et abondantes ou présentant un recouvrement fort (Randriamampianina, 1995), sont : *Borreria verticillata, Urena lobata, Digitaria horizontalis, Tridax procumbens, Rottboellia cochinchinensis, Acanthospermum hispidum* et *Striga asiatica.*

8.3. Les mauvaises herbes : une contrainte principale de l'agriculture malgache - situation du problème sans le Sud-Ouest.

Dans toutes les régions de Madagascar, l'agriculture est basée sur quelques cultures fortement consommatrices en travail comme le riz, la cotonnière ou autre culture de rente. Les techniques les plus exigeantes sont celles qui sont destinées à contrôler l'enherbement : préparation du sol, repiquage, sarclages. Le développement de la culture attelée dans les différentes régions a permis de desserrer les contraintes de la préparation des sols mais les problèmes du désherbage restent entiers ou s'amplifient avec le temps. On peut dire qu'ils sont au centre des problèmes du développement de l'agriculture malgache en raison d'une forte interaction les facteurs naturels et socio-économiques à ce niveau surtout dans les petites exploitations :

- Le sarclage intervient pendant la période de pointe en travail qui est aussi la période de soudure durement ressentie dans toutes les régions : concurrence entre la mise en place de la riziculture de bas-fond et les premiers sarclages des cultures pluviales précoces, moyens financiers limités et partagés entre les dépenses alimentaires et celles des entretiens des cultures.
- Le sarclage a lieu en pleine saison des pluies où le temps chaud et l'humidité du sol rendent les travaux très pénibles. Dans le cas de la riziculture, l'intervention se fait tardivement car les mauvaises herbes sont arrachées à la main donc suffisamment développées pour faciliter le travail.
- Le manque de crédit agricole conjugué à la faible valeur commerciale de la majorité des produits au moment de la récolte et l'importance des prélèvements pour les dépenses improductives non seulement limitent les investissements de production nécessaires à l'adoption des nouvelles techniques plus efficaces et productives mais aussi entraîne l'endettement des petites exploitations. Cette situation crée un cercle vicieux de plus en plus serré au fil des années.

Ces interactions sont particulièrement fortes dans le Sud-Ouest à climat semi-aride : risques climatiques élevés, période des pluies très courte, température élevée en saison des pluies, forte fluctuation des productions et des prix, forte emprise de la tradition. La mise en place des cultures doit être faite rapidement pendant une courte période suivie tout de suite après par le sarclage selon le rythme de la pluviométrie. Selon la nature du sol et la pluviosité, le temps de travail et les coûts du sarclage peuvent varier dans une large proportion d'une année à l'autre : facilement du simple au double. Une forte pluviosité au mois de janvier cause souvent l'abandon d'une proportion non négligeable des parcelles cotonnières dans les zones à sols vertiques. Le sarclage est la principale contrainte des cultures pluviales (Randriamampianina, 1996,1997 ; Rollin, 1997).

CHAPITRE 2

PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.

Madagascar, île continent de l'Océan indien, s'allonge entre 11°57' et 25°32' de latitude sud, sur près de 1500 Km. Elle est constituée pour deux tiers de sa superficie par un socle cristallin d'âge précambrien qui forme l'ossature des Hautes Terres d'altitude moyenne de 900 à 1500 m et présente une nette dissymétrie Est - Ouest. A l'Est le socle présente des falaises abruptes qui se terminent par une étroite plaine côtière. A l'Ouest les reliefs sont beaucoup moins accusés ; le socle plonge en pente douce vers le canal de Mozambique sous les dépôts sédimentaires assez vastes et réguliers.
Cette étude concerne la partie méridionale du terrain sédimentaire du versant occidental, comprise entre 22° et 23° de latitude sud : ce que nous appelons la région du Sud-Ouest de Madagascar (Figure 1). Elle est limitée :

- au Nord par le fleuve du Mangoky
- au Sud par le fleuve de l'Onilahy
- à l'Ouest par la mer (le canal de Mozambique)
- à l'Est par le massif gréseux de l'Isalo.

La ligne du tropique du Capricorne passe tout près de la limite sud de notre région d'étude.
Cette délimitation géographique correspond également à des caractéristiques socio-économiques et agricoles qui font du Sud-Ouest une région assez bien individualisée par rapport à l'ensemble du versant occidental. C'est l'une des régions cotonnières de Madagascar.

La région occupe une superficie estimée à 31 600 Km² repartie entre quatre Sous-préfectures (Figure.1) : Morombe, Tuléar II, Ankazoabo et Sakaraha. Elle est desservie par quatre axes routiers en grande partie difficilement accessibles en période de pluie :

- la **RN 7** route bitumée reliant Tuléar et Antananarivo la capitale
- la **RN9** route secondaire assurant la liaison nord – sud, Morombe – Tuléar, à travers la plaine côtière
- la **RN 10** route secondaire faisant la liaison avec la région sud de l'île
- la **route d'Ankazoabo** permettant la communication nord-sud dans la zone intérieure.

A l'intérieur de ce vaste bassin sédimentaire, les facteurs du milieu liés à la forme des reliefs, à la géologie et au climat permettent de comprendre l'existence d'un certain nombre de micro-régions de spécialités agricoles variables renforcées par des différences d'ordre ethnique.

2. GEOMORPHOLOGIE ET RELIEF.

La forme des reliefs suit à peu près les dépôts sédimentaires présentant des affleurements assez réguliers de direction sub-méridienne entrecoupés par endroit par des épandages basaltiques qui renforcent la diversité des paysages.
Schématiquement d'Est en Ouest trois domaines organisés en bandes de largeur différente se distinguent (Sourdat, 1977) :

- un domaine gréseux s'étendant sur une largeur de 100 Km constitué essentiellement de plateaux de large ondulation, surmontés de reliefs caractéristiques : massif gréseux de l'Isalo, reliefs de la table ;

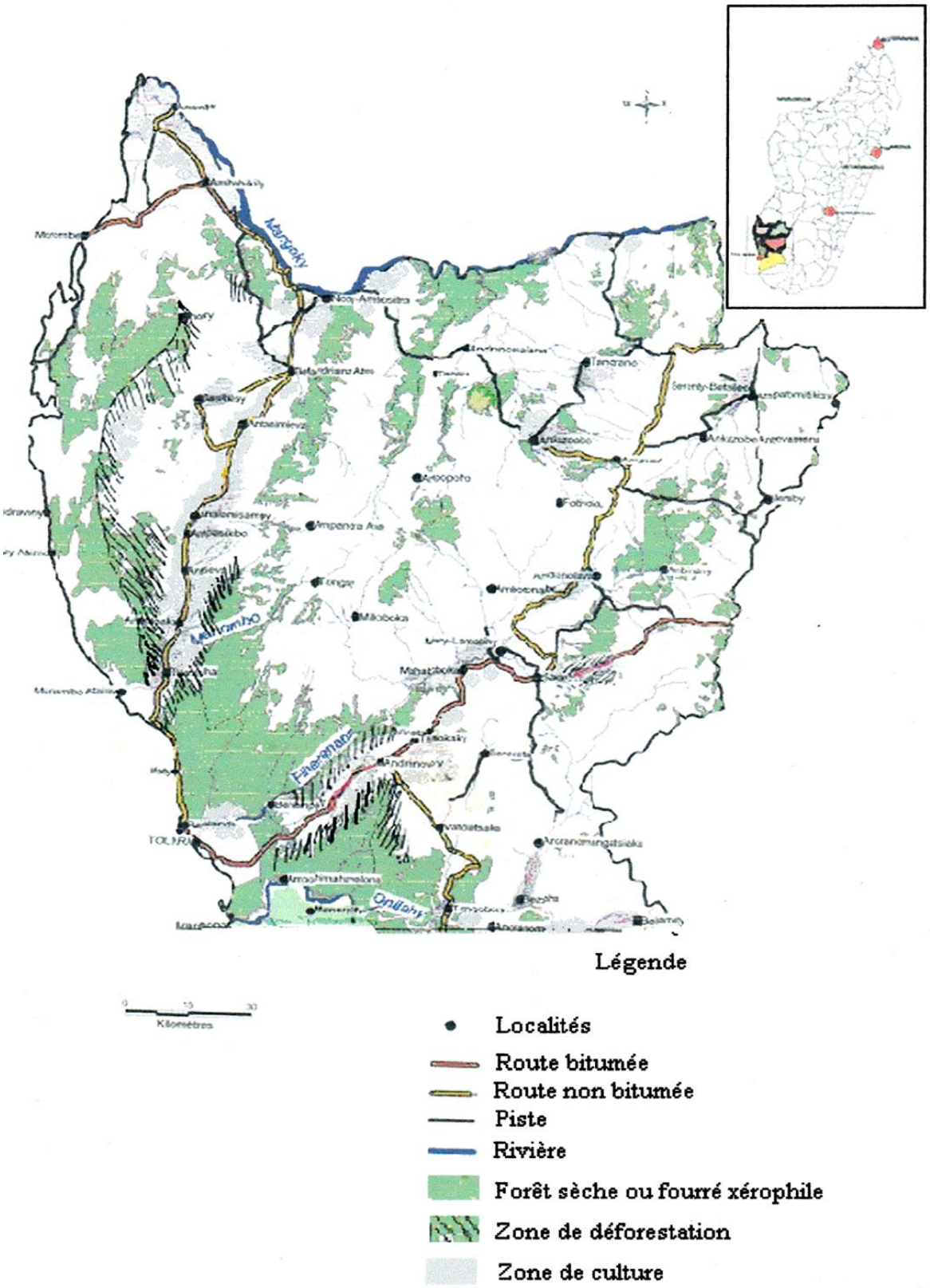


Figure 1 : La région d'étude : le Sud-Ouest de Madagascar
(Extrait de la carte forestière DEF, 1960 modifié selon Image Spot XS 1986-1987)

- un domaine calcaro-basaltique intermédiaire marqué surtout par des plateaux calcaires et des reliefs volcaniques importants : reliefs d'Analavelona et de Mikoboka ;

- un domaine côtier formé d'un système dunaire envahissant un glacis d'épandage sableux : la région de Mikea

Deux principales unités de relief forment les paysages du Sud-Ouest :

- **Les massifs et les plateaux structuraux de l'intérieur** :
  Deux grands reliefs marquent les paysages du Sud-Ouest :

  - le **relief d'Analavelona - Mikoboka**, le plus haut sommet de la région culminant à 1341 m, prolongé vers le nord par le Sikily (800m) et vers le nord-est par le Manamana (941m).

  - le **massif gréseux ruiniforme de l'Isalo**, véritable chaîne montagneuse très découpée marquant la limite orientale de la région ; le sommet atteint une altitude de 1304 m. Vers l'ouest les reliefs appelés " buttes témoins tabulaires" (Morat, 1973) puis les dômes sableux montent à 1000 m de hauteur.

Une série de plateaux étagés entre 100 et 800 m déterminent la géomorphologie de la région:

  - à l'est, les plateaux sableux de 600 à 800 m d'altitude présentent de molles ondulations à très grands rayons de courbure ;

  - vers l'ouest les côtes de Lambosina, plateau jurassique formé de calcaire et de marne, marquent le passage vers le domaine intermédiaire, d'une altitude comparable mais d'une topographie légèrement plus mouvementée ;

  - les plateaux basaltiques d'âge crétacé sont marqués par des escarpements surtout d'origine tectonique (Salomon 1987) ;

  - enfin les plateaux karstiques de l'Eocène présentent une structure assez monotone, entre 100 et 600 m d'altitude et marquent la limite occidentale du domaine : plateau de Belomotra, plateau de Magetaheta.

- **Les plaines, les vallées et dépressions** :

  - A l'intérieur, les zones basses sont relativement réduites et de superficie variable : elles sont réparties selon les réseaux hydrographiques et constituent la partie apte à une mise en valeur facile. Elles constituent les points de concentration de la population, en particulier les riziculteurs. La plaine d'Ankazoabo fait une exception en raison de son étendue et de la diversité de sa mise en valeur.

  - Par contre, la plaine côtière correspond à un épandage sableux plio-quaternaire prenant l'aspect d'un "glacis" à sables roux continentaux (Sourdat, 1977). La plaine plus étendue vers le Nord, s'étend de la falaise occidentale du plateau calcaire à la mer et forme un ensemble monotone ou faiblement ondulé. Seules les plaines deltaïques et quelques pointements volcaniques marquent la rupture de cette

monotonie. La partie basse de cette plaine forme l'essentiel des zones riches de la région.

3. LE CLIMAT.

Madagascar présente une grande variété de climats attribuée :

- d'une part à son extension en latitude avec une orientation sub-méridienne
- d'autre part, à sa double façade maritime avec une influence dissymétrique est-ouest due aux reliefs des Hautes Terres et à la direction du vent dominant en provenance de l'Océan indien.

L'Anticyclone du Sud-Est de l'Afrique joue aussi un rôle prépondérant sur le climat de la Grande île.

La dissymétrie est-ouest est responsable d'une opposition climatique entre les deux versants. La façade orientale est humide et chaude, tandis que sur le versant occidental on distingue deux saisons contrastées avec un gradient pluviométrique nord-sud. La sécheresse s'accentue ainsi du nord-ouest vers le sud.

Du fait de sa position géographique le Sud-Ouest constitue une zone de transition entre le climat de l'Ouest: sub-humide et de l'extrême Sud, sub-aride (Figure 5). A l'intérieur de la région le gradient climatique se manifeste dans le sens nord-est sud-ouest, c'est-à-dire une aridité croissante de l'intérieur vers la côte : (Donque, 1975 et Sourdat, 1977). A l'effet de la latitude s'ajoute celui de la continentalité et de l'altitude.

Schématiquement le climat du Sud-Ouest malgache peut se résumer comme un climat sec, semi-aride avec une courte saison des pluies en été, de décembre à mars.

3.1. La pluviométrie.

Limitée au sud par le tropique du Capricorne, la région étudiée jouit d'un climat de type tropical sec. Elle appartient au domaine de la sécheresse. Le pôle de la sécheresse malgache se situe dans "l'extrême sud-ouest " de l'autre côté de la limite sud : (Sourdat, 1977), (Figure 2).

Pour l'ensemble de la région étudiée, les précipitations annuelles sont comprises entre 300 et 800 mm. La pluviosité augmente régulièrement de l'ouest vers l'intérieur. Les isohyètes annuelles de 400 et 500 mm suivent à peu près la direction des rivages et forment une bande étroite impropre à une agriculture pluviale. A partir de 600 mm les lignes deviennent capricieuses dues à l'influence des accidents du relief : (Donque, 1975 et Salomon, 1987), (Figure 2).

La plupart des zones de culture de la région présente une pluviométrie moyenne comprise entre 600 et 800 mm. Les pluies orageuses sont apportées par la mousson, vent humide provenant du secteur nord-ouest qui arrive tardivement dans la région et voit sa capacité pluviale affaiblie. Par rapport au reste du versant occidental les pluies y sont moins abondantes et moins continues. Ces pluies d'été sont constituées par des gros orages très violents provoquant l'érosion des sols fragiles pratiquement mis à nu après une longue saison sèche de 8 mois. En pleine saison des pluies, la dépression du canal de Mozambique se creuse

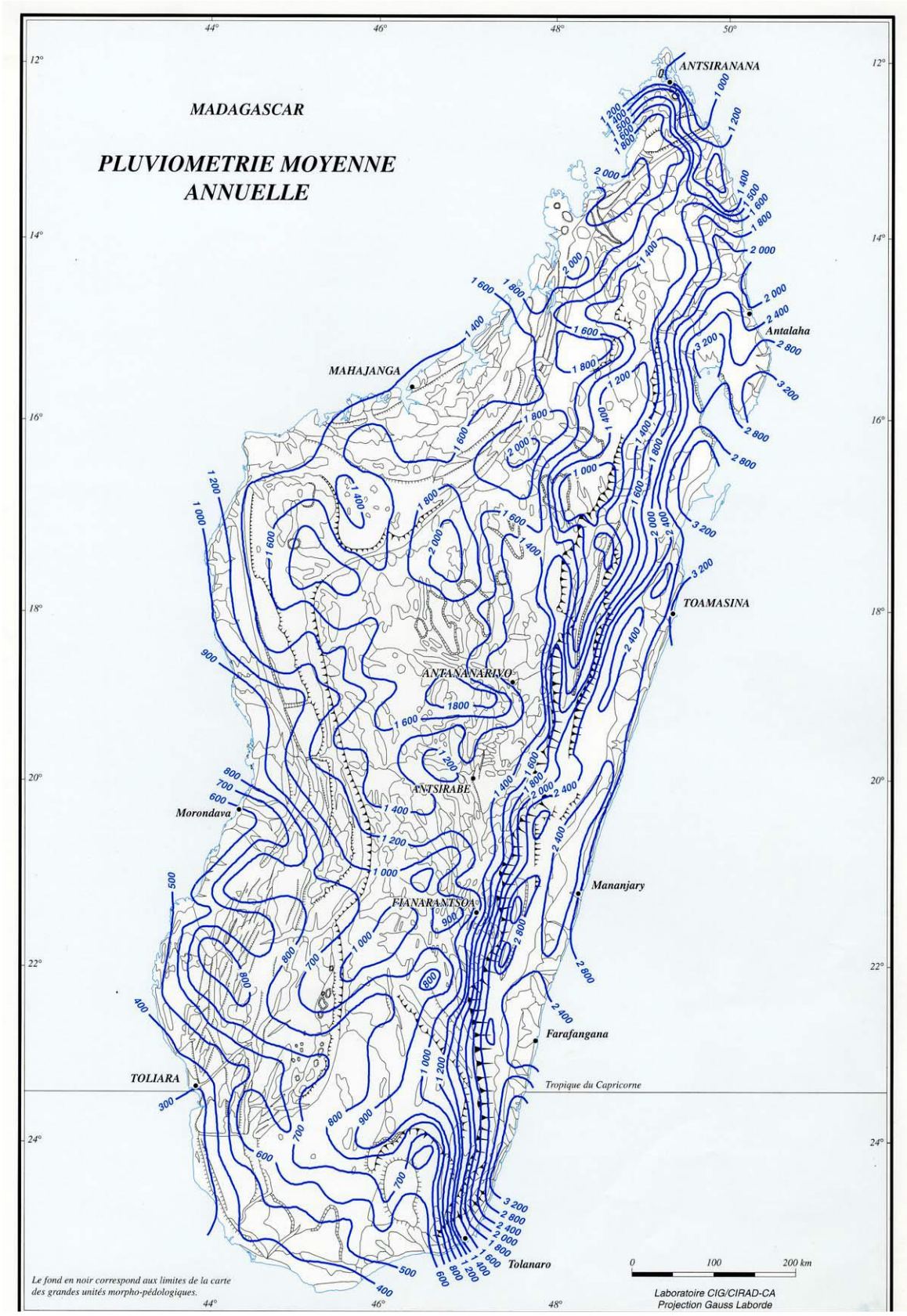


Figure 2 : Pluviométrie moyenne annuelle de Madagascar
(D'après CIRAD-CA, 1998)

et dirige vers la côte ouest malgache une masse d'air chargée d'humidité et instable (Donque, 1975). Ce phénomène est à l'origine de fortes précipitations dans la région, aux mois de janvier et de février. Mais son intensité et sa fréquence sont imprévisibles et irrégulières (Donque, 1975).

Dès le début du mois de mars, l'influence de la mousson et de la dépression dans le canal s'affaiblit rapidement et les pluies de moins en moins fréquentes. La saison sèche commence dès le mois d'avril. Le climat du Sud-Ouest se caractérise donc par une courte saison des pluies de 3 à 4 mois avec une forte concentration des précipitations en deux mois et une forte variation de la pluviométrie d'une année à l'autre (Figures 3 et 4).

En saison fraîche, d'autres mécanismes pluviogènes liés à des perturbations frontales au sud de l'île affectent les bandes côtières. Mais ces précipitations sont peu abondantes, aléatoires et très variables selon les années (Donque, 1975). Elles n'ont aucune importance agronomique. La région a une saison sèche longue de 8 à 9 mois. Pendant cette période le déficit pluviométrique est aggravé par l'existence des vents forts.

Station	**Latitude**	**Altitude (m)**	**Température moyenne (°C)**	**Précipitation moyenne (mm)**	**ETP (mm) Thornwaite**
ANKAZOABO	22°17 ' S	428	24,3	721	1374
BEZAHA	23°30 ' S	100	24,9	517	1535
MOROMBE	21°45 ' S	5	-	453,7	-
SAKARAHA	22°55' S	460	23	733	1216
TULEAR	23°21' S	9	23,8	341	1297

Tableau 3 : Données climatologiques du Sud-Ouest malgache

Source : Service météorologique nationale in Donque (1975), Salomon (1987).

Les figures 3 a, b et c présentent les variations mensuelles de la pluviométrie des deux saisons d'étude comparée à la moyenne des 11 dernières années dans les stations situées à l'intérieur de trois principales zones de production de la région : (HASYMA, 2000). Pour les mêmes stations, la répartition décadaire de la pluviométrie au cours de la saison pluvieuse est représentée par la figure 4. Ces graphiques illustrent la grande variabilité de la répartition des pluies dans l'espace, au cours de la saison et d'une année à l'autre. Plus de 80 % des pluies tombent entre décembre et mars. La variabilité dans le temps est plus importante pour la zone côtière que pour les zones intérieures. Pour la station d'Ampasikibo le total annuel passe de 651 mm en 1997-98 à 1494,7 mm en 1998-99 contre 742,5 et 827 mm pour la station d'Ankazoabo. D'après Carbonnel et Hubert (1992), la répartition des pluies est le principal facteur limitant de l'agriculture intertropicale, encore plus que la hauteur totale annuelle des précipitations. Une variabilité élevée de pluviométrie est un facteur

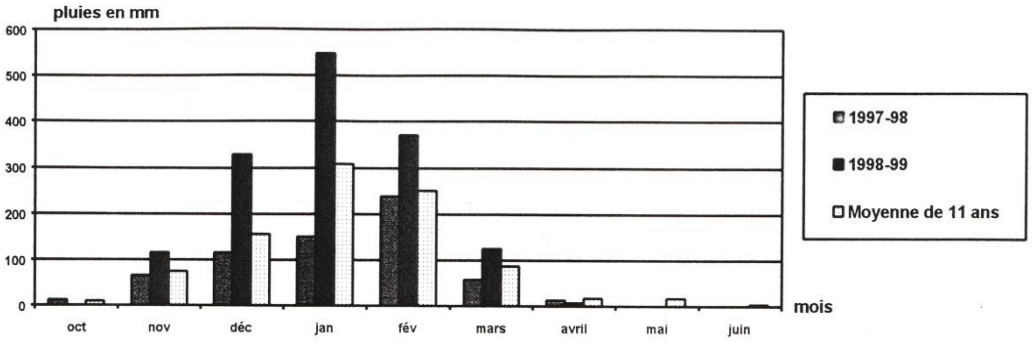


Figure 3 a : Pluviométrie mensuelle de la Station d'Ampasikibo (couloir d'Antseva).

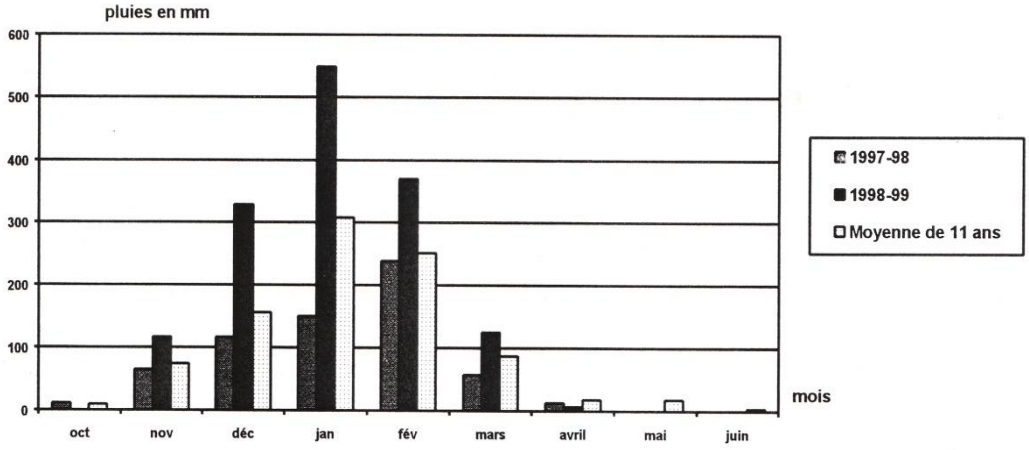


Figure 3 b : Pluviométrie mensuelle de la station de Bemenaraha (plateau de Vineta).

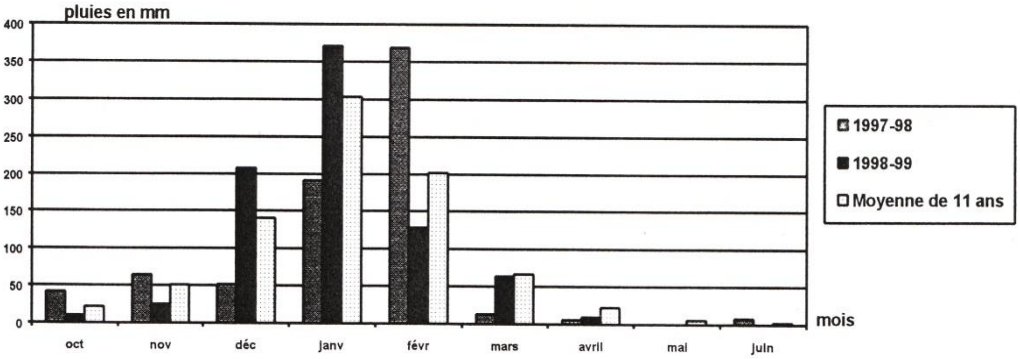


Figure 3 c : Pluviométrie mensuelle de la Station d'Ankazoabo.

Figure 3 : Pluviométrie mensuelle de trois stations du Sud-Ouest

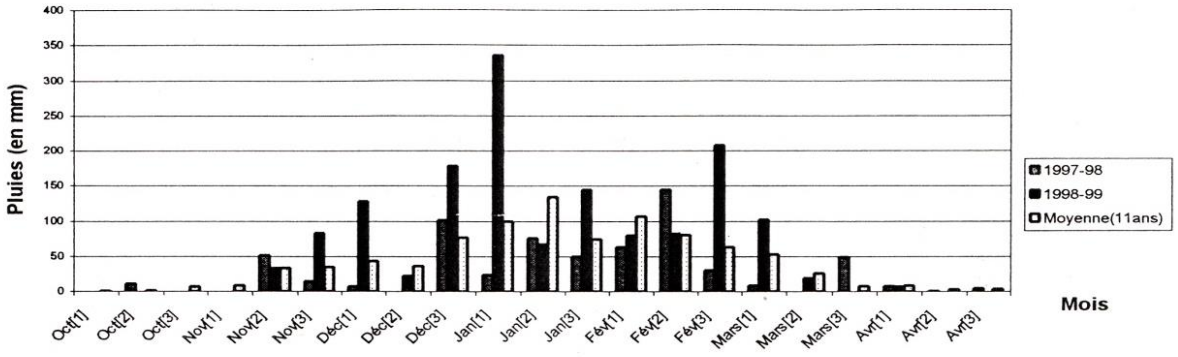


Figure 3A : Pluviométrie décadaire de la Station d'Ampasikibo

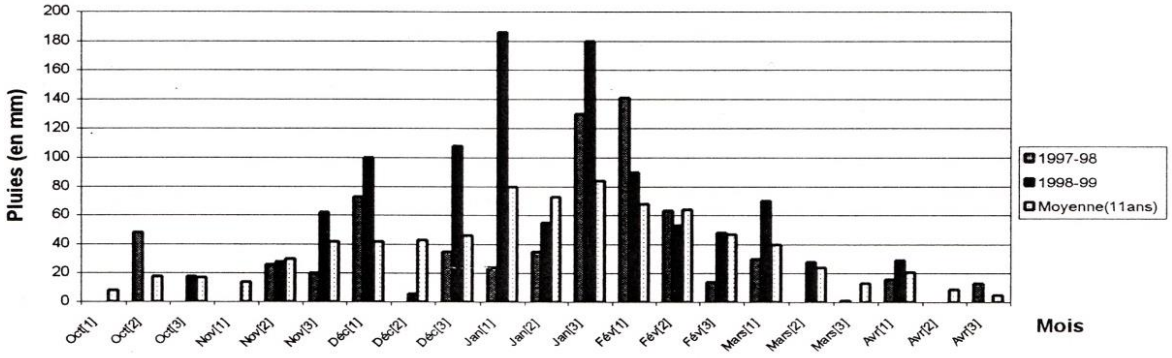


Figure 3B : Pluviométrie décadaire de la Station Bemenaraha

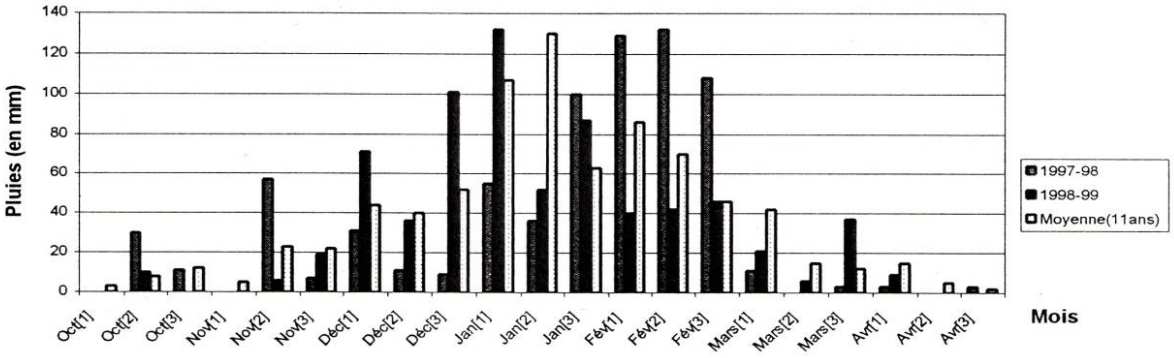


Figure 3C : Pluviométrie décadaire de la Station d'Ankazoabo

Figure 4 : Pluviométrie décadaire de trois stations du Sud-Ouest

supplémentaire aggravant l'aridité induite par les faibles moyennes et par une répartition saisonnière défavorable.

Dans le Sud-Ouest l'aridité du climat se trouve amplifiée par des températures élevées et des vents constants, en particulier le « Tsiokatsimo » (vents venant du sud). D'après les données extraites de Grouzis et Roucheteau (1998), de la station automatisée d'Ampasikibo, cité par Raherison (2000), la vitesse du vent est la plus élevée dans la période d'octobre à janvier (fin de la saison sèche et début de la saison des pluies).

3.2. La température, le rayonnement global et l'humidité atmosphérique.

Par rapport au reste du versant occidental, le climat du Sud-Ouest se caractérise aussi par les basses températures hivernales. Pour toute la région les moyennes annuelles oscillent entre 23 et 24 °C. Les minima peuvent être très faibles à l'intérieur, parfois en dessous de 10 °C au mois de juillet, le mois le plus frais. A Sakaraha par exemple, la température minimum pour le mois de juillet est de 8,4°C (Oldeman, 1990).

Pendant la saison chaude les températures restent élevées, avec un minimum qui descend assez rarement en dessous de 22°C. On distingue ainsi :
- un été chaud et lourd, d'octobre à avril,
- un hiver frais voire froid, de mai à septembre.

Le rayonnement global montre aussi une grande variation saisonnière. Les données concernant ce facteur sont rares. Dans la station d'Ampasikibo, la valeur maximale se situe entre les mois de novembre et de février, 5200 à 7869 $w.m^{-2}$. Son minimum est observé au mois de mai avec 3474 wm^{-2} : (Grouzis & Roucheteau, 1998 in Raherison, 2000).

L'humidité atmosphérique est maximale en saison chaude et minimale à la fin de la saison sèche. La moyenne de l'humidité relative croît selon un gradient d'axe nord-est sud-ouest, de sorte que l'augmentation de l'humidité atmosphérique pourrait compenser légèrement la diminution parallèle des précipitations (Sourdat, 1977).

3.3. Expression du climat et sous région climatique.

La synthèse de ces différents éléments du climat permet de définir deux aires climatiques à l'intérieur de la région (Dufournet, 1972 ; Morat, 1969 et 1973 ; Donque, 1975, Hoerner, 1986 ; Salomon, 1987 ; Razanaka, 1995), (Figure 5) :

- un étage à climat **semi-aride,** caractérisé par des précipitations entre 500 et 750 mm et très irrégulièrement réparties, une température relativement modérée par rapport à celle de la zone sub-aride. Le déficit pluviométrique par rapport à la moyenne d'une année à l'autre peut atteindre 50 % et les excédents peuvent dépasser 60 % (Koechlin *et al.* 1974). Cet étage correspond à la région étudiée où se situe l'essentiel des zones de culture. L'aridité est toujours marquée avec huit mois édaphiquement secs, mais les pluies sont suffisantes pour les cultures pluviales. Le climax est celui d'une forêt dense sèche caducifoliée.

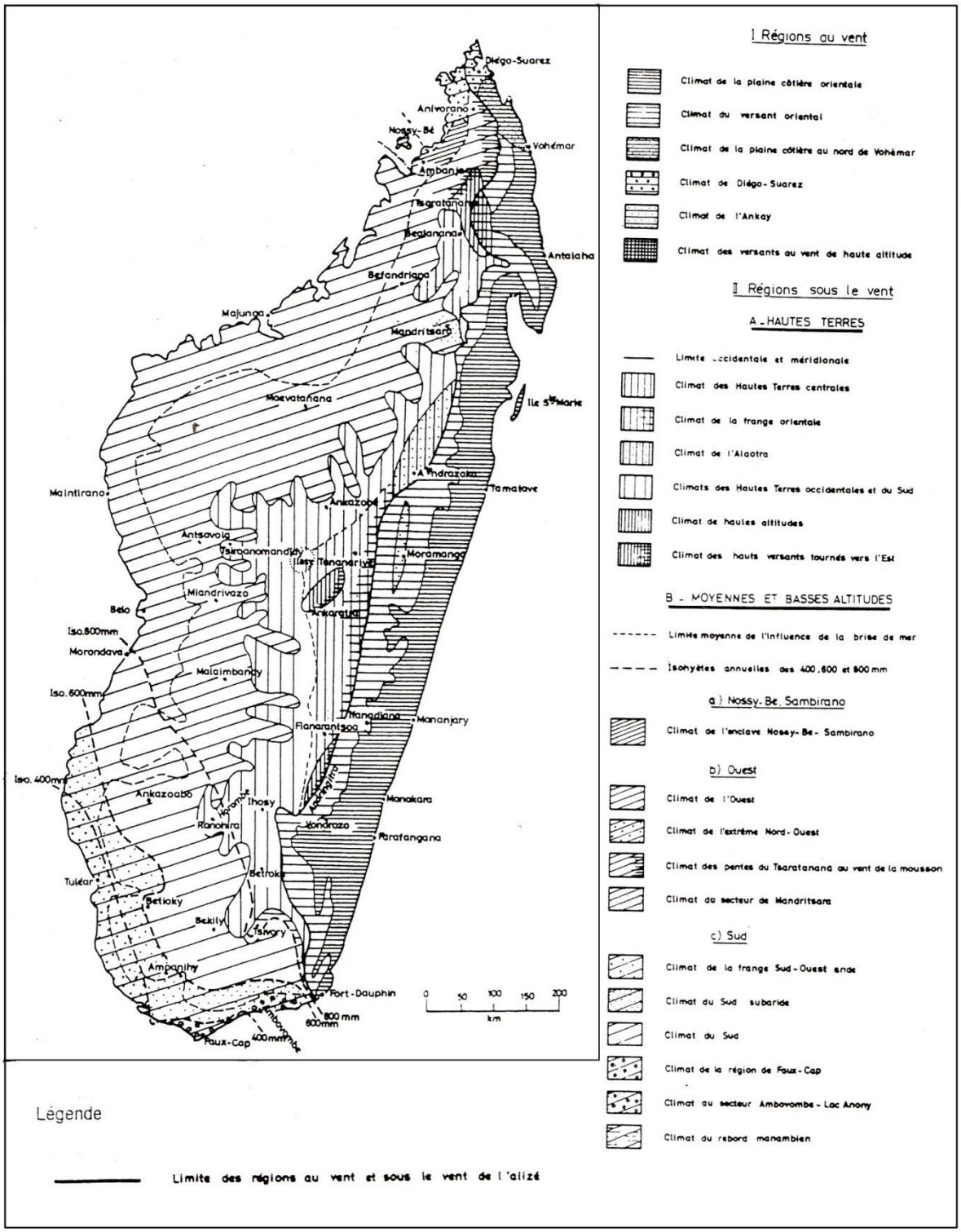


Figure 5 : Les régions climatiques de Madagascar (D'après Donque, 1975)

- une bande littorale à climat **sub-aride** et chaud, à précipitations très faibles (autour de 350 mm) et aléatoires avec au moins 9 mois édaphiquement secs, parfois jusqu'à 12 mois. La variation d'une année à l'autre est considérable et peut atteindre près de 100 % en excès et de 70 % en déficit (Koechlin *et al.*, 1974). La température moyenne annuelle oscille autour de 24°C. Le taux d'humidité relative assez élevé compense dans une certaine mesure le déficit hydrique : c'est le domaine du bush ou fourré xérophile, une végétation très caractéristique de la zone.

4. GEOLOGIE.

Le Sud-Ouest constitue une partie du vaste bassin sédimentaire du versant occidental. Dans l'ensemble, les affleurements rocheux sont réguliers et allongés dans le sens sub-méridien. Ils sont constitués d'est en ouest (Figure 6), par :

- Le Karroo représenté, dans la région d'étude par le groupe de l'Isalo, formation essentiellement continentale (grès) occupant une large superficie située entre 100 et 200 km de la côte ; son érosion a été la source d'épandages détritiques considérables dans les zones basses jusqu'à la côte (Sourdat, 1977) ;

- Le post-Karroo marqué essentiellement par des transgressions marines comprenant successivement :

    - les formations jurassiques représentées par des dépôts calcaires et des glacis marneux sur une bande de faible étendue, de Sakaraha vers Ankazoabo.

    - les formations crétacées : un ensemble de grès et de calcaires intercalés par des coulées basaltiques ou des accidents tectoniques ; elles sont très remarquables par l'extension en surface des affleurements et les phénomènes morphopédologiques qui les affectent (Sourdat, 1977).

    - les formations tertiaires représentées essentiellement par les calcaires marins de l'éocène formant les plateaux calcaires karstiques de la région et les dépôts gréseux continentaux du pliocène.

- Les formations plio-quaternaires marquées par une importante régression marine et des dépôts de sables grossiers et de sables dunaires ; elles se distinguent de l'ensemble du post-Karroo : (Razanaka, 1995) et constituent l'essentiel du domaine côtier.

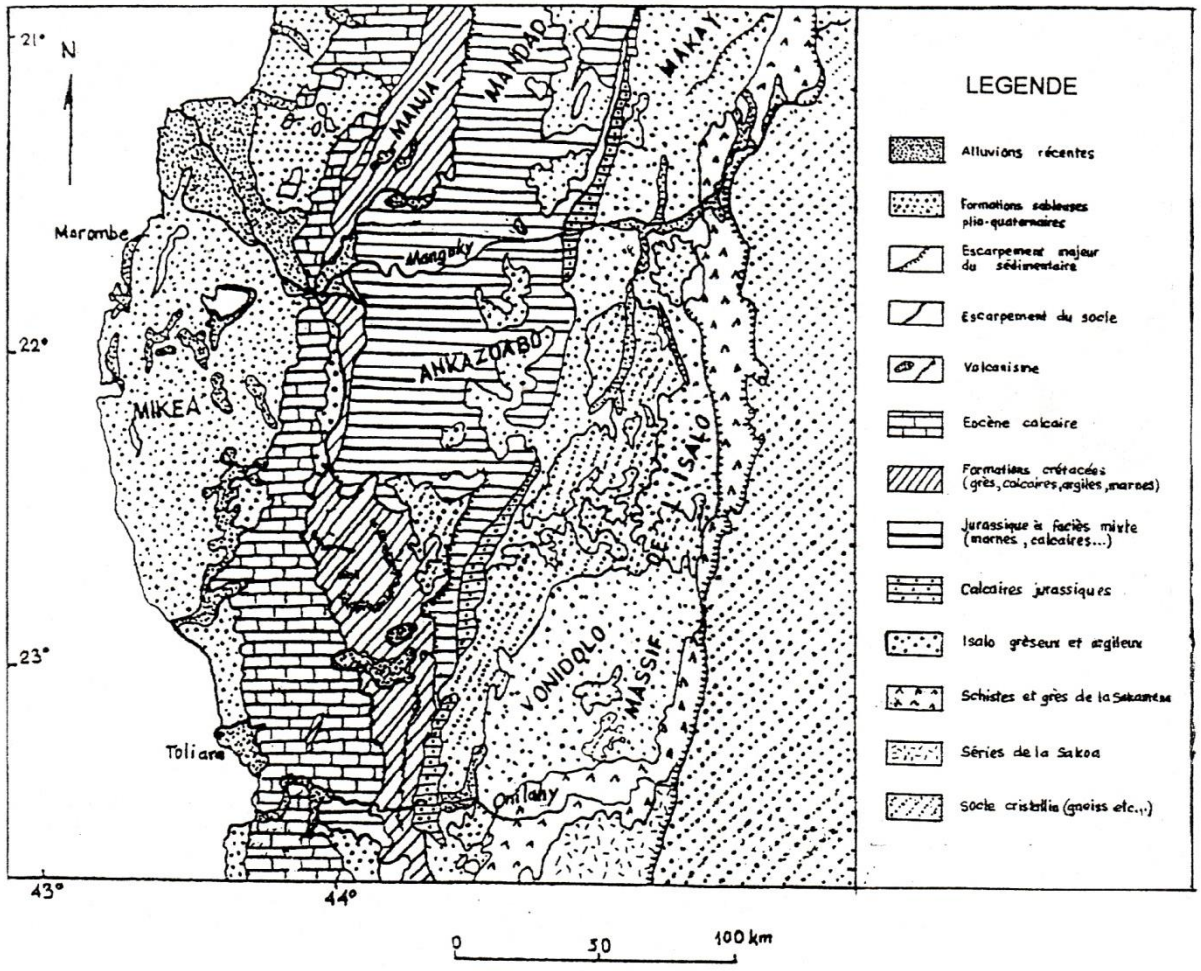


Figure 6 : Esquisse géologique du Sud-Ouest (Salomon, 1987)

5. LES SOLS

Dans un contexte climatique semi-aride, la lithologie commande dans une large mesure les grandes subdivisions de la région (Salomon, 1987). Les sols sont tributaires de la nature de la roche mère représentée essentiellement par des sédiments continentaux (grès et épandages sableux), des sédiments marins (calcaires et marnes) et des alluvions. On remarque l'étendue de la couverture sableuse des zones basses à relief nivelé : plaines et plateaux. Ces épandages sableux résultent de l'altération, après transport par ruissellement, des matériaux issus du démantèlement des grès de l'Isalo (Morat, 1973 et Sourdat, 1977). L'altération de ces formations aboutit à des types de sols sableux désignés sous le terme "**sables roux**" qui couvrent une superficie importante des terrains à faible pente (de Casabianca, 1966). Ce sont des sols sableux riches en sesquioxydes, par ordre d'importance :

- les sols ferrugineux tropicaux,
- les sols fersiallitiques.

Ces sols ont une structure très fragile et peu de réserves en matière organique et en éléments minéraux.

En plus de ces deux grands groupes le Sud-Ouest recèle une grande variété de sol. Ils proviennent de multiples interactions locales des facteurs de pédogenèse : roche mère, topographie... Ils ont ainsi une importance faible et une répartition très variable. Les sols fertiles et peu fragiles sont très limités ; ils représentent seulement 1% de la superficie (Salomon, 1987). Ce sont :
- les vertisols,
- les sols alluviaux et colluviaux dits «baiboho».

5.1. Les sols ferrugineux tropicaux

Ce sont les sols les plus répandus et les plus utilisés en agriculture. Ils sont caractérisés par l'importance de la fraction sableuse, en moyenne de 60 à 85 % (de Casabianca, 1966), leur faible teneur en matière organique, leur fertilité médiocre et leur couleur assez variable mais généralement très vive. D'où la diversité de la dénomination locale : « tany mena » (sol rouge), « tany mavo » (sol jaune), « tany barea » (sol brun rouge). Leur pH est également très variable : de 5,5 à 6,8 parfois neutre (7 à 7,3) (Roche, 1958 ; Sourdat, 1972). Ces sols de structure très fragile sont très sensibles aux phénomènes d'érosion, de battance ou de compaction.

Ces sols portent naturellement une végétation secondaire : la savane arborée assez homogène. La hauteur du tapis graminéen est remarquablement faible (inférieure à 80 cm) et le taux de couverture du sol s'affaiblit en raison de la fréquence des feux de brousse et de la pression des zébus sur le milieu, suite à l'extension des surfaces cultivées. La dégradation de ces sols se poursuit de proche en proche et le processus amène à la steppisation (de Casabianca-Larcena, 1972). Généralement on distingue :

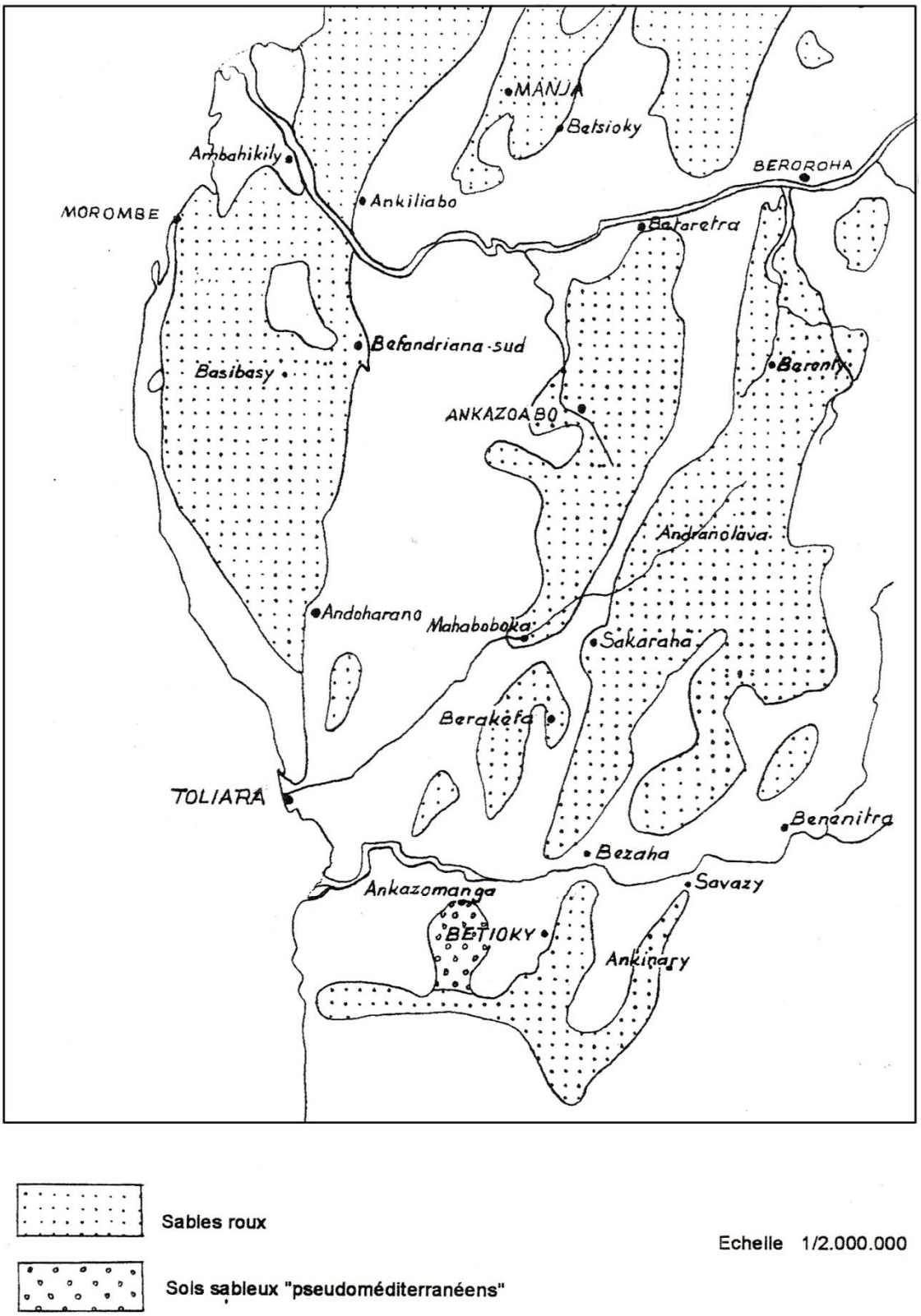


Figure 7 : Les sables roux du Sud-Ouest

(D'après F. de CASABIANCA, 1966)

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés : de structure massive et de consistance ferme portant une savane herbeuse très dégradée (de Casabianca, 1966 ; Morat, 1973 ; Sourdat, 1977 ; Salomon, 1987).

- Les sols ferrugineux tropicaux typiques, rencontrés sur les terrains de pente faible ou en zone basse, on note une faible différentiation dans le profile (de Casabianca, 1966 ; Morat, 1973).

- Les sols ferrugineux tropicaux à hydromorphie en profondeur désignés couramment sous le terme "sables roux hydromorphes", encore riches en matière organique et aptes à une agriculture pluviale notamment la culture cotonnière (IRAM, 1962 ; de Casabianca, 1966 ; Morat, 1973). Ils montrent en profondeur des traces d'hydromorphie dues à la présence d'une nappe phréatique battante.

5.2. Les sols fersiallitiques

Il s'agit de sols rouges riches en sesquioxydes caractérisés par une teneur en argile assez élevée et un pH légèrement acide parfois neutre : 5,9 à 6,6. La fraction argileuse peut atteindre 70%. Ces sols ont une consistance compacte avec une structure et une couleur assez homogène. Ils ont une teneur en matière organique relativement plus élevée que les sols ferrugineux (Sourdat, 1973). Ces sols pourraient être appelés "sols rouges méditerranéens" (Riquier, 1968 in Sourdat, 1977). Dans le Sud-Ouest les sols fersiallitiques se développent sur les grands épandages sableux des terrains plats comme les plateaux de Vineta et d'Antanimieva. Ils représentent une partie assez importante des "**sables roux**": En fonction du niveau de dégradation lié à la topographie du terrain, on peut distinguer:

- les sols fersiallitiques dégradés,

- les sols fersiallitiques peu ou faiblement dégradés.

5.3. Les vertisols et paravertisols :

Ils sont caractérisés par une teinte sombre, une forte teneur en argile (texture argileuse à argilo-sableuse) et un pH élevé (7,7 à 8,5), (Morat, 1973 ; Sourdat, 1972 ; 1973). Ils présentent généralement de larges fentes de retrait en surface et ont une structure polyédrique caractéristique. Leur état physique est lié à leur richesse en argiles gonflantes responsables d'une importante variation saisonnière. La répartition locale de ces sols est déterminée par la topographie, l'hydromorphie et la nature de la roche mère : dépression mal drainée, replats sommitaux ou gradin des reliefs calcaires, roches mères riches en bases, alluvions et colluvions. Ce sont des sols riches et fertiles bien que difficiles à travailler et assez peu aérés. Ils ont une capacité d'échange et de rétention d’eau élevée. Ils sont utilisés essentiellement pour la culture cotonnière et de pois du cap : ce sont les bonnes terres à cotonnier.

5.4. Les sols alluviaux et colluviaux :

Ils se forment dans les bas-fonds et dépressions, le long des cours d'eau et dans les plaines deltaïques. Ainsi, ils sont souvent associés à des sols hydromorphes ou vertiques et sont connus sous le nom de "baiboho". Ce sont des sols très fertiles et équilibrés : texture limono-sableuse à sablo-argileuse avec des sables fins ou moyens, pH variant de 6,6 à 7,8 (Sourdat, 1972 ; FOFIFA, 1978). Naturellement occupés par des forêts galeries, les zones de bas-fond à «baiboho» ont été la cible des premiers défrichements et ont constitué les premières zones de concentration de l'agriculture et de la population dans le Sud-Ouest (Poisson, 1921 in Rollin, 1997). Actuellement ces zones sont essentiellement réservées aux cultures riches comme : le pois du cap, le coton et la canne à sucre.

5.5. Les sols hydromorphes :

Ils ont évolué dans des conditions particulières d'hydromorphie et de roche mère, dans les vallées et dépressions. L'hydromorphie se traduit par la présence à faible profondeur d'un horizon à gley ou pseudo-gley d'une couleur gris-foncé. Ils ont une teneur en matière organique assez élevée et variable en fonction des conditions d'hydromorphie. Cette teneur en matière organique confère à ces types de sols une très bonne fertilité. La réaction est légèrement acide ou neutre : pH de 6,3 à 7,5 (Sourdat, 1972). Ils ont été aménagés essentiellement pour la riziculture irriguée.

5.6. Les autres types de sol :

Bien que représentés dans la région, les autres types de sols n'ont aucune importance agronomique. Ils sont répartis soit sur les reliefs et une partie des plateaux structuraux de l'intérieur soit dans les plaines proches de la mer (sols salés) :

- Les sols ferralitiques d'extension limitée sur certains reliefs et plateaux structuraux : ayant une fertilité médiocre ils sont naturellement couverts d'un tapis graminéen assez maigre (Morat, 1973 ; Salomon, 1987).

- Les sols à minéraux bruts d'érosion répartis dans les zones d'affleurement des roches ayant une topographie accidentée ; ils sont très liés au substrat d'origine.

- Les sols calcomagnésiques : sols peu profonds formés sur roches calcaires renfermant une certaine proportion d'argiles gonflantes ; ces sols sont riches du point de vue chimique.

- Les sols sodiques dits "tany sirasira": assez fréquents dans les plaines côtières en raison de la proximité de la mer et du climat sec.

6. LA VEGETATION NATURELLE.

Perrier de la Bathie (1921) puis Humbert (1927 et 1955) précisèrent les grandes subdivisions phytogéographiques de Madagascar et les limites de la subdivision de la région de l'Ouest (Figure 8). Les connaissances sur la flore et la végétation de la grande île a fait l'objet d'un travail de synthèse par Koechlin *et al.* (1974). Cependant la connaissance des formations végétales du Sud-Ouest est encore peu avancée. Le domaine phytogéographique du Sud-Ouest constitue un ensemble surprenant tant par la grande spécificité de sa flore que par la vivacité et la netteté de ses associations végétales (Salomon, 1987). La variété de paysages et de flore est ainsi marquée par la diversité des formes d'adaptation à la sécheresse et des groupements végétaux ainsi que la richesse de la flore avec un degré d'endémisme très élevé. La sécheresse étant de plus en plus accusée vers l'ouest, la végétation climacique de la région d'étude comprend d'est en ouest trois principales formations selon la subdivision de Humbert (1955), Koechlin, Guillaumet et Morat (1974), voir Figure 9.

6.1. Les forêts sclérophylles.

Les forêts sclérophylles sempervirentes ou "bois des pentes occidentales" (Perrier de la Bathie, 1921) appartiennent au domaine du centre (versant occidental). Il s'agit de forêts basses sclérophylles qui représentent le faciès le plus xérophile de la végétation à feuilles persistantes de l'île (Morat, 1973 ; Koechlin *et al*., 1974). Dans la région d'étude cette formation est localisée en îlots plus ou moins isolés dans des endroits privilégiés des pentes et contreforts des reliefs de l'intérieur : les «bois de Tapia » (Perrier de la Bathie, 1921 et Humbert, 1927) sur les pentes des reliefs tabulaires, et les «bois d'*Asteropeia* » en bordure du relief gréseux de l'Isalo et des pentes du relief d'Analavelona (Koechlin *et al*., 1974). Ce sont en fait des témoins dégradés et floristiquement appauvris par les feux d'une formation ancienne plus vaste et plus riche (Morat, 1973). Dans son faciès le moins dégradé, elle présente une homogénéité physionomique due à un ensemble de caractères biologiques communs : l'abondance d'espèces de faible taille, tortueuses, sclérophylles et sempervirentes, la rareté ou l'absence de certains types biologiques (Koechlin *et al*., 1974 ; Salomon, 1987).

6.2. Les forêts denses sèches décidues ou semi-décidues.

Elles constituent le climax du domaine phytogéographique de l'Ouest malgache et couvre une vaste étendue mais discontinue allant du Nord-Ouest jusqu'à la région Sud (Koechlin *et al*., 1974). Dans le Sud-Ouest elles occupent :

- la plus grande partie des affleurements rocheux calcaires (plateaux de Belomotra et de Mangetaheta) : forêts denses sèches karstiques (Razanaka, 1995).
- une bonne partie des étendues sableuses : forêts denses sèches sur sols arénacés (Koechlin *et al*., 1974) : forêts de Zombitse - Vohibasia, forêts des Mikea.
- une partie des épandages basaltiques (forêt du relief d'Analavelona) : c'est le faciès le plus altitudinal de la forêt dense sèche.
- les alluvions le long des cours d'eau sous forme de galeries forestières de très faible étendue et déjà très dégradées : Mangoky et ses affluents.

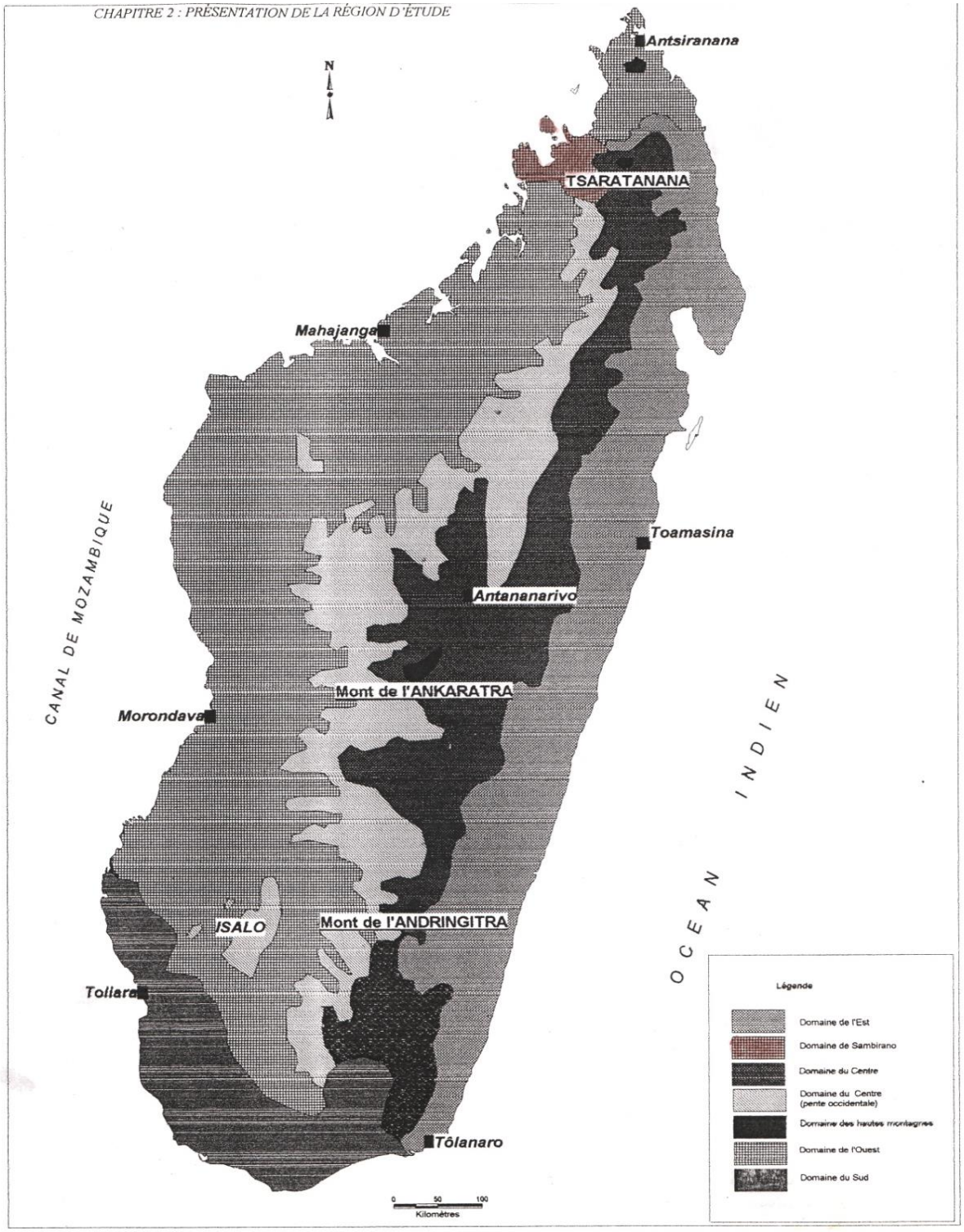


Figure 8 : Division phytogéographique de Madagascar (Humbert, 1955)

Ces forêts pluristrates présentent des particularités physionomiques marquées par la chute périodique des feuilles comme le principal moyen d'adaptation à la sécheresse mais aussi par la présence de nombreuses formes biologiques particulières comme la crassulescence, la succulence foliaire, la pachycaulie et le géophytisme. Elles sont sensibles aux conditions édaphiques qui sont susceptibles d'aggraver ou de compenser l'aridité. La strate supérieure atteint en moyenne 15 à 20 m et plus de hauteur ; elle est constituée par des espèces très variées dont les principaux représentants sont : *Adansonia za, Adansonia grandidieri, Euphorbia enterophora, Gyrocarpus americanus, Cordyla madagascariensis, Commiphora* spp ; ...

6.3. Les forêts galeries.

Les forêts des alluvions et des bords de cours d'eau (Perrier de la Bathie, 1921 ; Humbert 1965 in Koechlin. *et al.,*1974) ou forêts galeries sont des formations tributaires de la présence d'un cours d'eau permanent. Elles ne peuvent être assimilées à des forêts denses sèches (Koechlin *et al.,*1974). Elles se distinguent par leur abondance en espèces à feuilles persistantes. Les principaux représentants sont : *Adina microcephala, Eugenia sakalavarum, Pandanus ambongensis, Ficus cocculifera*. Les manguiers et les tamariniers y jouent aussi un rôle important (Koechlin *et al.,*1974). Mais ce type de forêt qui a fait l'objet d'un défrichement massif pour le développement des cultures de décrues est pratiquement disparu. Les cultures de décrues constituent les premières formes d'agriculture développée dans la région : (Poisson, 1921 in Rollin, 1997).

6.4. Le fourré xérophile.

Le fourré ou bush selon les auteurs désigne une formation végétale d'arbustes et d'arbrisseaux épineux dense sans stratification. Il appartient au domaine du Sud et a son maximum d'extension sur la frange littorale du Sud-Ouest. Il correspond donc à l'**étage sub-aride** de la région (Morat, 1969 ; 1973). Mais le passage des formations caducifoliées au fourré xérophile dans les Sud-Ouest est très progressif. Les forêts sèches diminuent de hauteur et s'enrichissent en espèces marquées par le xérophytisme. Ainsi Koechlin *et al* .(1974) et Razanaka, (1995) ont défini plusieurs types de fourrés :

- le haut fourré xérophile arboré de futaie, haut de 8 à 10 m, marqué par l'abondance des espèces xérophiles et épineuses associées avec certaines espèces caractéristiques des forêts denses sèches ;

- le fourré xérophile arbustif : végétation basse et dense de 4 à 8 m, formée d'espèces arbustives de diverses tailles et marquée par l'absence de stratification.

- le bas fourré xérophile arbustif situé dans la zone côtière : il est formé d'une strate buissonnante unique très basse de 1 à 3 m de haut et très riche en espèces présentant des caractères extrêmes d'adaptation à la sécheresse.

Le fourré xérophile constitue un des types les plus remarquables de la végétation xérophile qui soit au monde tant par la richesse de ses espèces que par la diversité des modes d'adaptation des végétaux au climat sec de cette contrée (Humbert, 1927). Il est surtout remarquable par son abondance en Euphorbe d'espèces très variées et la présence des

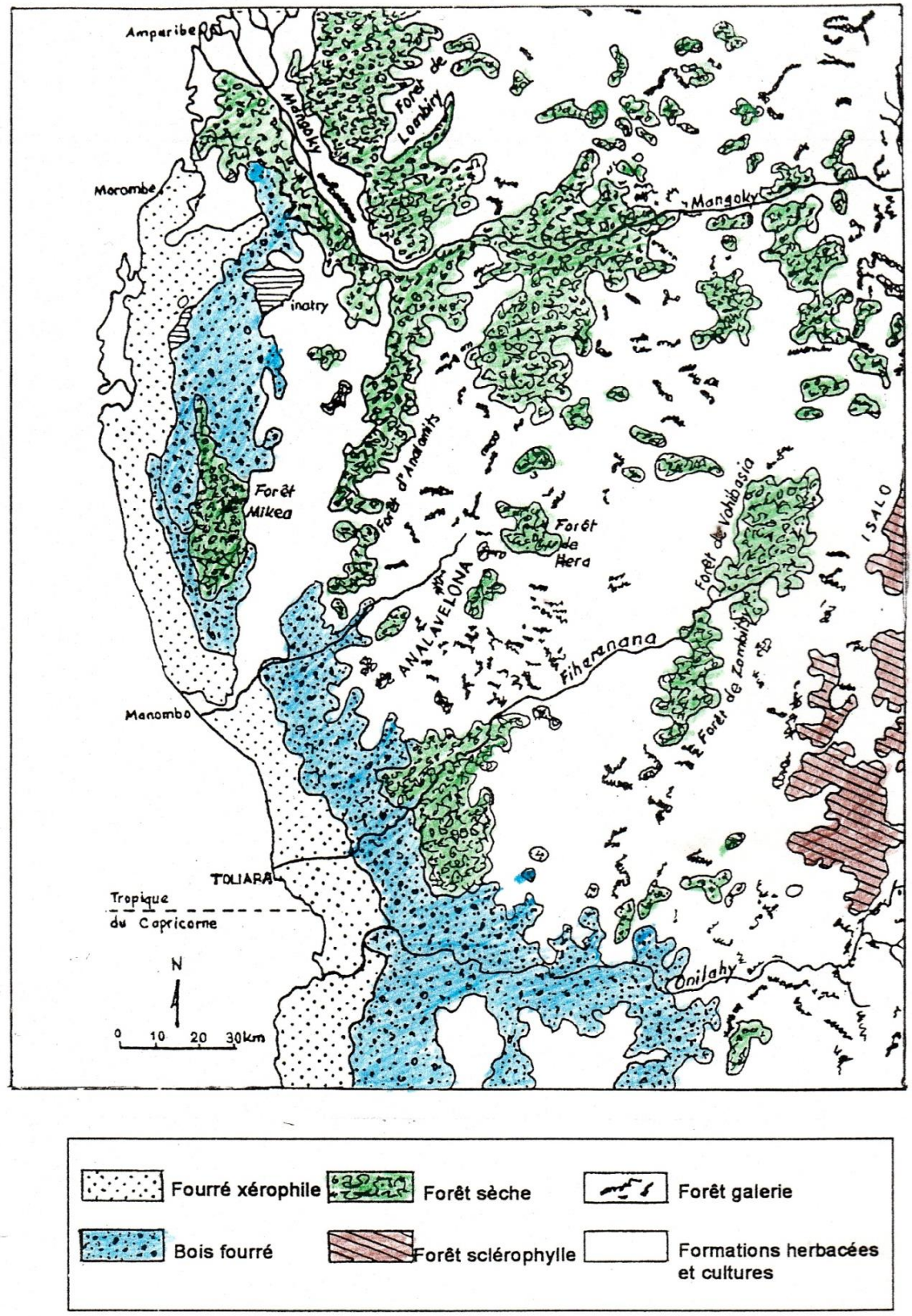


Figure 9 : Les principales formations végétales du Sud-Ouest (Salomon, 1987)

Didiéreacées, famille endémique la plus curieuse de l'île : *Euphorbia stenoclada*, *Euphorbia fiherenensis*, *Euphorbia intsi*, *Didierea madagascariensis*.

6.5. Les formations graminéennes.

Dans le Sud-Ouest les formations ouvertes graminéennes sont représentées par des savanes parsemées d'arbres ou exclusivement herbeuses. Il s'agit d'un "pseudoclimax", ces formations résultant de la dégradation du climax forestier. En effet il est bien prouvé que partout à Madagascar et dans le Sud-Ouest le climax est forestier ou au moins ligneux (Morat, 1973 ; Koechlin *et al.*,1974). Le facteur humain, par ses activités agricoles et pastorales, est le premier responsable de la suppression massive de ce couvert primitif. La fragilité du milieu et de la flore entre aussi en jeu.

Les savanes du Sud-Ouest malgache sont des savanes basses tendant vers une pseudosteppe. La pauvreté floristique et la grande homogénéité physionomique des ces savanes ont été soulignées par Morat (1973). Les espèces dominantes qui les composent sont de petite taille : *Heteropogon contortus*, *Aristida congesta*, *Loudetia filifolia*. Toutefois la composition floristique varie légèrement en fonction de la qualité du sol. Morat (1973) a distingué :

- Les savanes à *Loudetia filifolia* subsp. *Humbertiana* : formation herbeuse très dégradée de faible hauteur et à faible recouvrement du sol qui se développe sur les sols sableux appauvris, érodés et compacts des reliefs structuraux de l'intérieur, entre 500 et 900 m.

- Les savanes à *Heteropogon contortus* : il s'agit de savanes très homogènes parsemées d'arbres occupant les surfaces d'altitude inférieure à 600 m et recevant des précipitations supérieures à 600 mm. Les arbres les plus fréquents sont : *Pourpatia caffra*, *Stereospermum euphorioides*, *Stereospermum variabile*, *Tamarindus indica*. Pour les arbustes les principaux représentants sont: *Gymnosporia linearis*, *Zyziphus mauritiana*, *Fernandoa madagascariensis*, *Dicoma incana* et le palmier nain *Hyphaene shatan*.

- Les savanes à *Aristida congesta* se trouvent dans les conditions plus sèches de précipitations voisines de 500 mm sur les sables roux les plus dégradés ou pierreux.

- Les savanes marécageuses des milieux humides.

Duranton (1975) a identifié les associations phytosociologiques des savanes de l'ensemble de la région Sud et Sud-Ouest. Il précise la liaison des groupements herbeux avec la nature du support pédologique, en relation avec les grands ensembles de reliefs et de substrats géologiques. Dans le Sud-Ouest il a identifié :

- Les groupements herbeux extensifs du piémont ouest de l'Isalo.

- Les groupements herbeux extensifs des sommets du massif d'Analavelona.
- Les groupements herbeux extensifs à *Aristida congesta* des plaines et plateaux du sud du Mangoky.
- Les groupements hygrophiles des basses terres caractériés par la présence de *Hyparrhenia rufa*.
- Les faciès à *Heteropogon contortus* caractéristiques des milieux xérotrophes.
- Les faciès à *Heteropogon contortus* et à *Hyparrhenia rufa* des milieux mésotrophes.

Ces savanes continuent à évoluer sous la pression des feux saisonniers et de l'élevage extensif (Granier, 1967). L'élevage bovin extensif reste toujours à la base de la vie économique et socio-culturelle de l'ensemble de la population rurale de la région. Le Sud-Ouest de Madagascar est un espace pastoral en lui même car aucun élément de ces composants naturels n'est étranger à l'élevage (Rakotomalala, 1987). Avec la poussée démographique et l'extension de l'agriculture, le surpâturage est devenu un phénomène général surtout dans les zones de concentration de la population. Ce qui contribue à la dégradation continuelle de ces formations et par conséquent à l'aggravation des phénomènes d'érosion et d'ensablement.

Photo 1 : Savane à *Heteropogon contortus* et à *Stereospermum variabile* en début de saison sèche, Ankazoabo (RANDRIAMAMPIANINA J.A.)

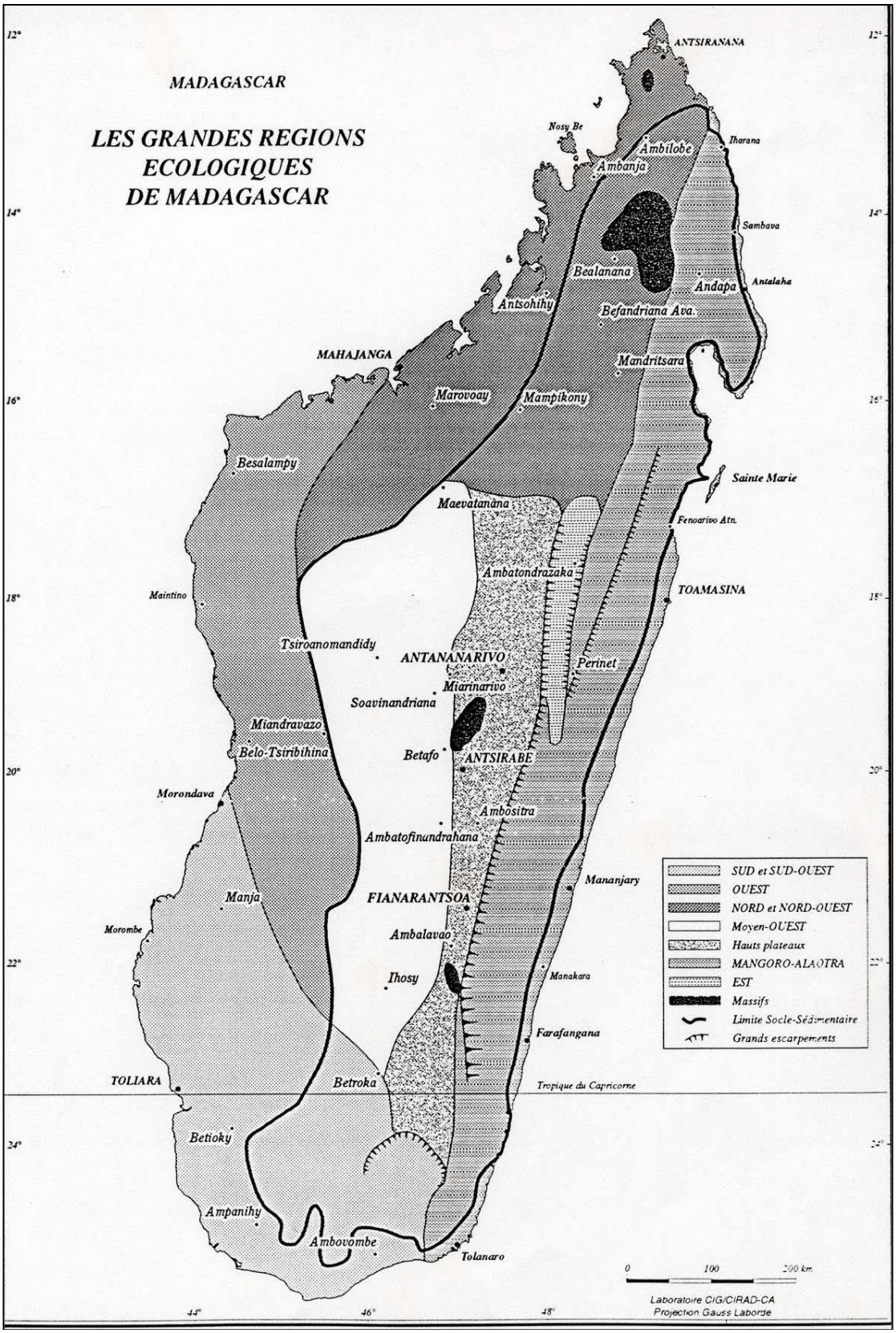


Figure 10 : Les grandes régions écologiques de Madagascar

(D'après CIRAD-CA, 1998)

7. LA POPULATION

Les quatre sous-préfectures qui se partagent la région étudiée comptaient 320 000 habitants en 1994. Cette population correspond à une densité moyenne de 12 hab/ km² contre 22 hab / km² de la moyenne nationale. Le Sud-Ouest connaît donc un peuplement relativement moins dense et moins ancien que les autres régions. Il s'agit essentiellement d'une population rurale qui vit de l'agriculture et parfois de la pêche maritime. Toutefois cette densité moyenne masque une grande disparité dans la répartition locale de la population. En raison de l'aridité climatique qui caractérise cette région, l'implantation de la population est avant tout déterminée par l'accès plus ou moins facile à la ressource en eau. Ainsi la majorité de la population se concentre dans les plaines et dépressions humides généralement desservies par les axes routiers ou dans les vallées le long des cours d'eau. Ces zones se présentent comme des poches de concentration plus ou moins isolées avec des densités parfois très élevées comme dans le cas de la plaine du bas Manombo. Alors que de grands espaces de savanes à sables roux sont pratiquement vides d'hommes.

La densité moyenne varie selon les sous-préfectures. Celles situées à l'ouest, dans le domaine côtier sont plus habitées : Morombe dans le nord 12,7 hab.km-² et Tuléar II 19,4 hab.km-². Dans l'arrière pays la densité est faible : pour Ankazoabo, une zone plus ou moins isolée dans la partie nord la population a une densité moyenne de 4 hab.km-² *;* elle est de 6,6 hab.km-² pour la sous-préfecture de Sakaraha. La population du Sud-Ouest a un taux de croissance fort, parmi le plus élevé de la grande île. Hoerner (1986 ; 1990) parlait d'une explosion démographique. Le mouvement migratoire reste également important dans la région. Longtemps cette région a été considérée comme une terre d'accueil pour les régions environnantes (Hoerner, 1986 ; de Saint Sauveur, 1998).

La population actuelle du Sud-Ouest se répartit entre des ethnies à vocations différentes.
Les groupes ethniques originaires ou «Tompontany» sont :

- les Vezo, pêcheurs de mer occupant toute la bande littorale de la région ;
- les Masikoro, d'origine Sakalava sont des agro-éleveurs occupant la plaine du domaine côtier ;
- les Bara de vocation traditionnellement pastorale, aussi des guerriers redoutés dominant l'arrière pays ; mais leur territoire déborde largement le cadre de cette région ; l'élevage extensif du zébu constitue leur activité essentielle ; l'agriculture reste pour eux une activité secondaire.

Les «Tompontany» sont majoritaires et représentent au moins le deux tiers de la population globale (Hoerner, 1986). Les migrants anciens ou récents sont reconnus comme des «Mpiavy» (nouveaux arrivants) ; ce sont essentiellement :

- Les Antanosy, riziculteurs traditionnels originaires de la côte Est implantés dans la région depuis le milieu du 19ème siècle, particulièrement dans la partie sud de l'arrière pays (Moyen Onilahy) ; ils ont développé également l'élevage extensif et sont devenus très attachés au bétail comme leurs voisins Bara.

- Les Antandroy, à vocation traditionnellement pastorale venant de la région sud, ils sont disséminés dans tout le pays Bara ; outre les zébus habituels, leurs troupeaux comprennent des petits ruminants ; ainsi l'impact environnemental de leurs activités pastorales et agricoles est particulièrement remarquable (De Casabianca-Larcena, 1972 ; de Saint Sauveur, 1998).

- Les Betsileo, remarquables riziculteurs originaires des Hautes Terres (région de Fianarantsoa) sont implantés dans les dépressions rizicoles et les périmètres aménagés ; ils ont apporté leurs techniques de riziculture, un des éléments qui ont fait évoluer les systèmes de production dans la région *;* leur migration se poursuit encore de nos jours.

Les migrants sont minoritaires mais ils peuvent atteindre une forte proportion dans certaines zones aménagées, parfois plus de 50% (Hoerner, 1986 ; Randrianaivo *et al*., 1992). Partout ils essaient de s'intégrer au mieux dans les sociétés locales et assimilent progressivement les coutumes des Tompotany à partir des liens de parentés ou de types d'alliance divers.

8. L'AGRICULTURE DU SUD-OUEST

Le Sud-Ouest est une région agricole. La vie économique et sociale est fondée sur l'agriculture et l'élevage qui sont fortement conditionnés par des facteurs naturels contraignants. Les systèmes agricoles restent fortement traditionnels et peu diversifiés. A part les zones cotonnières, les moyens et les techniques utilisés restent rudimentaires. Les pratiques agricoles ont un impact environnemental très important malgré la faible densité de la population.

La figure 10b présente les principales régions agricole de Madagascar définies selon les critères de potentialités naturelles (climat, sols, hydrologie…) et humaines ainsi que les principales productions.
Le Sud-Ouest est une zone cotonnière. L'importance des cultures vivrières varient selon les micro-zones (manioc, riz, maïs, vigna, patate douce).

Malgré son climat semi-aride, le Sud-Ouest constitue une des principales régions agricoles de Madagascar. Elle présente des potentialités élevées pour les cultures commerciales comme le cotonnier, le tabac, le pois du cap et l'arachide. C'est aussi une région d'élevage assez importante. En bref c'est une région qui présente des possibilités agricoles importantes mais qui connaît également un lourd handicap naturel et socio-économique.

8.1 L'agriculture du Sud-Ouest : une agriculture à haut risque.

L'agriculture du Sud-Ouest est une agriculture à haut risque en raison de la sécheresse de la région. La contrainte climatique s'avère la contrainte la plus importante pour les systèmes de culture rencontrés en dehors des bas fonds (Rollin, 1997). Elle détermine les itinéraires techniques et le niveau de productivité des systèmes actuels. Globalement ces derniers sont caractérisés par la prépondérance des pratiques extensives, anti-aléatoires et consommatrices d'environnement.

Les sols à dominance sableuse représentent un facteur aggravant du fait de leur faible fertilité chimique, de leur susceptibilité à la sécheresse, à la dégradation physique et à l'érosion (de Casabianca, 1966). Leur mise en valeur demande le respect d'une certaine norme technique

dont la mise en œuvre exige un minimum d'investissement hors de portée de la majorité des agriculteurs. Le souci de calage du cycle cultural oblige les agriculteurs à mettre leur culture en place le plus tôt et le plus rapidement possible, avec un minimum de travail du sol et de soins : c'est une pratique traditionnelle, le « katray ». Les cultures associées sont très fréquentes surtout dans les milieux ou dans les exploitations à haut risque (les petites exploitations).

Pendant les années de pluviométrie assez importante ou à bonne répartition, l'enherbement devient la contrainte la plus importante (Randriamampianina, 1996 ; Rollin, 1997). C'est à ce niveau que la calage du calendrier cultural trouve toute sa justification. Les travaux de sarclage deviennent extrêmement difficiles en pleine période de pluies. Les coûts de la main d'œuvre atteignent des niveaux extrêmement élevés. Il n'est pas rare que les paysans abandonnent les parcelles dont le premier sarclage n'a pas pu être réalisé dans la période favorable : mauvaises herbes encore assez peu développées, humidité du sol permettant le sarclage. C'est également la raison pour laquelle le besoin en matériels agricoles adéquats est ressenti comme le plus pressant : charrue et matériel de sarclage. De même l'invasion des sauterelles et la prolifération de certains insectes prédateurs liées aux conditions climatiques peuvent parfois devenir un fléau important, comme c'est le cas de ces dernières années.

Aux risques climatiques s'ajoutent aussi les risques économiques liés aux fluctuations des prix, déterminés par l'accessibilité des routes et des pistes pour les zones éloignées, le niveau de production de la saison, ainsi que les variations d'origine conjoncturelle (fluctuation des cours internationaux ou de la monnaie). Pour les produits autres que le coton, une bonne production au niveau régional fait généralement baisser les prix et profite peu aux producteurs. Par contre une année de production maigre fait monter les prix des produits vivriers et cause l'endettement de beaucoup de producteurs, les obligeant à hypothéquer les productions des prochaines années. Les conséquences peuvent durer plusieurs années.

La prédominance des mesures anti-risques dans les pratiques culturales constitue aussi un facteur de blocage dans l'évolution des systèmes de production actuels.

8.2. Une agriculture récente et peu évoluée.

Les populations originaires du Sud-Ouest ne sont pas composées d'agriculteurs à l'origine. Pendant longtemps l'agriculture est restée une activité secondaire pour les populations autochtones (De Casabianca-Larcena, 1972 ; Randrianaivo *et al.*, 1992). Avec la poussée démographique, la venue des migrants et le développement des cultures commerciales, elles évoluent progressivement en agro-éleveurs ou agriculteurs. A l'exception de la culture cotonnière les techniques utilisées sont peu évoluées. Elles sont connues depuis très longtemps. Les pratiques qui respectent l'environnement sont rares ou inexistantes. Les plus largement utilisées sont les plus dévastatrices : feux de brousse, culture sur abattis-brûlis, culture en continue sans rotation ni restitution de la matière organique du sol, pâturage en « toetsaombe » (espace pastoral) sans aucun souci de gestion de la couverture herbeuse en place.

- Jusqu'à nos jours la cueillette continue à jouer un rôle important dans l'alimentation de la population riveraine des zones forestières, surtout en période de soudure : essentiellement les tubercules (*Dioscorea* spp. et *Tacca pinnatifida*) et divers fruits sauvages.

- Différents auteurs ont souligné l'importance et l'extension des cultures itinérantes sur brûlis forestier dit « hatsake » dans la région, notamment pour la culture du maïs : (Razanaka, 1995 ; Jallais, 1996 in Rollin, 1997 ; Pristchepa, 1996 ; Milleville *et al.*, 1999). La surface
  défrichée est abandonnée après quelques années de mise en culture en raison de la baisse sensible de la fertilité et de la pression trop importante des adventices (Milleville *et al.*, 1999). C'est la cause de la réduction importante de la couverture forestière dans la région.

- En agriculture fixée (Milleville *et al.*, 1999), c'est l'attitude des agriculteurs à l'égard de la fertilité qui paraît le plus significatif. En effet la pratique de la fertilisation est très rare en dehors de la culture cotonnière où la société HASYMA fournit de l'engrais à crédit et incite les producteurs à en utiliser. L'utilisation du fumier est quasiment inconnue sauf en maraîchage. Cette pratique est même tabou pour les groupes « Tompontany » qui conservent leur tradition pastorale. En général les agriculteurs considèrent que leurs sols sont encore assez fertiles pour les rendements espérés.

- L'absence générale des rotations de culture constitue aussi un des caractéristiques des systèmes de culture de l'ensemble de la région (Schilling, 1985 ; Randriamampianina, 1996 ; Rollin, 1997 ; Bayala *et al.* 1998). Les cultures sont choisies en fonction des types de sols. Les sols noirs de bonne fertilité sont affectés aux cultures de rente, notamment le cotonnier. La seule méthode utilisée est la mise en jachère pour deux ou trois ans après des années de culture variables selon les types de sol : 3 ou 4 années sur les sables roux plus ou moins dégradés, plusieurs années dans les sols noirs ou les sols alluvionnaires.

- Les terrains de culture servent de pâturage pendant les saisons mortes et les résidus de récoltes sont donnés aux zébus surtout les bœufs de trait. Il n'y a donc aucune restitution de la matière organique sur les parcelles.

C'est ainsi que le niveau des rendements déjà très faible tend à baisser pour la majorité des cultures, de même que la qualité de la production (cas du pois du cap et de l'arachide).

8.3. Relations agriculture-élevage : Emprise de la tradition.

Le Sud-Ouest est une des régions de Madagascar où la possession d'un bœuf est le plus synonyme de pouvoir (Rollin, 1997). Le bétail constitue le moyen de capitalisation. La grande partie de la vente de produits agricoles est immédiatement investie dans l'achat de bétail pour constituer le troupeau : (De Casabianca-Larcena, 1972 ; Tessier, 1997 in Rasolohery, 2000 ; Bayala *et al.*, 1998).

Les revenus faibles des petites exploitations sont utilisés pour couvrir les achats alimentaires de première nécessité alors que les revenus plus importants sont affectés aux achats de bœufs ou aux dons. De Casabianca-Larcena (1972) a souligné que le secteur traditionnellement improductif du troupeau bovin engloutit les profits des cultures industrielles destinés à enrichir et à développer la région. D'après cet auteur, plus ces profits sont élevés, plus le secteur improductif s'accroît. Randrianaivo *et al.*, (1993) rapportent que les dépenses socioculturelles et les transferts sociaux, généralement en nature et difficiles à comptabiliser, représentent de grosses valeurs. Elles sont très élevées chez les autochtones (Tompontany).

Cependant on observe un très faible rapport entre l'agriculture et l'élevage. C'est plutôt une concurrence qui s'établit entre les deux par l'extension des cultures et le manque d'évolution dans les conduites de l'élevage et l'attachement aux troupeaux traditionnels. Dans la zone du couloir d'Antseva, Rakotomala (1987) a montré que l'élevage n'a aucun rapport avec l'agriculture. Mais l'agriculture et particulièrement la culture cotonnière, s'est étendue au détriment des terrains de parcours (toetsaombe) et tend à devenir l'activité dominante.

8.4. Les principales cultures

8.4.1. Le cotonnier

La contrainte parasitaire a toujours été une des contraintes majeures de la culture cotonnière dans la région du Sud-Ouest. Au début, le coût des traitements phytosanitaires a imposé le recours à une culture intensive, essentiellement dans les plantations privées mécanisées, avec un encadrement concentré. Progressivement avec l'évolution des conditions de production, le paysannat se trouve de plus en plus impliqué dans le développement de cette culture. Jusqu'au milieu des années 70, les surfaces et les rendements ont augmenté assez régulièrement. La culture cotonnière a joué un rôle important dans le processus de transfert de technologie, d'amélioration de la technicité des agriculteurs ainsi que la vie économique de l'ensemble de la région. C'est la culture commerciale la plus importante de la région. Elle constitue la principale source de revenus des agriculteurs.

L'encadrement, assuré par l'IRCT[1] - CFDT[2] puis les sociétés d'aménagements (SEDEFITA[3], SAMANGOKY[4]) a été finalement pris par HASYMA[5] depuis 1978. Cette société a dû revoir et adapter son programme d'encadrement pour la relance de la culture en paysannat. Depuis 1990 l'encadrement est basé sur l'organisation paysanne. L'essentiel de la production est assuré par le paysannat (Bocchino, 1996). La superficie varie largement selon les années : de 13 000 ha à 27 000 ha.

Ayant un débouché sûr avec un prix fixé à l'avance, la culture du cotonnier reçoit plus d'investissement et plus de soins que toutes les autres cultures. Les techniques culturales sont plus ou moins homogénéisées par les recommandations de HASYMA : labour à la charrue au mois de novembre ou décembre, semis en ligne en poquet à plat ou sur billons de 80 cm x 25 cm, premier sarclage entre 10 et 15 jours après le semis, suivi du démariage, puis d'un deuxième sarclage environ 10 jours après. Les traitements insecticides commencent vers le 30ème jours après le semis, en fonction de la présence des larves ; 6 à 9 traitements sont nécessaires selon la virulence du parasitisme.

La période la plus chargée du calendrier cultural correspond à celle du labour et du semis qui coïncide avec le premier sarclage des premiers semis, la levée étant déterminée par le rythme de la pluviométrie. En année de pluviométrie abondante l'enherbement constitue la contrainte la plus importante (Randriamampianina, 1996 ; Rollin, 1997 ; HASYMA, 1999).

[1] Institut de Recherche pour le Coton et Fibres Troipcales
[2] Compagnie Française des Textiles
[3] Société d'Aménagement pour le Développement du Fiherenana et de la Taheza
[4] Société pour l'Aménagement du Bas Mangoky
[5] Hasy Malagasy

Photo 2 : Sarclage manuel tardif d'une parcelle de cotonnier infestée par le *Rottboellia* (Le rythme du sarclage ne suit pas le développement de la mauvaise herbe (RANDRIAMAMPIANINA J.A).

Les coûts moyens des deux premiers sarclages représentent 250 000 à près de 400 000 Fmg.ha $^{-1}$ soit l'équivalent de 120 à 200 kg de coton graine : soit 15 à 30 % des coûts de production. Le sarclage de la culture cotonnière crée une importante demande de main d'œuvre saisonnière. C'est une des causes de l'afflux des migrants dans le Sud-Ouest.

La pratique de fertilisation est assez rare malgré la fourniture des engrais à crédit par HASYMA. Mais c'est le niveau d'entretien de la culture qui permet de différencier les itinéraires techniques et le niveau de rendement dans les différentes zones de production. Il dépend de la fertilité naturelle des sols et de l'importance relative de cette culture dans les systèmes de culture.

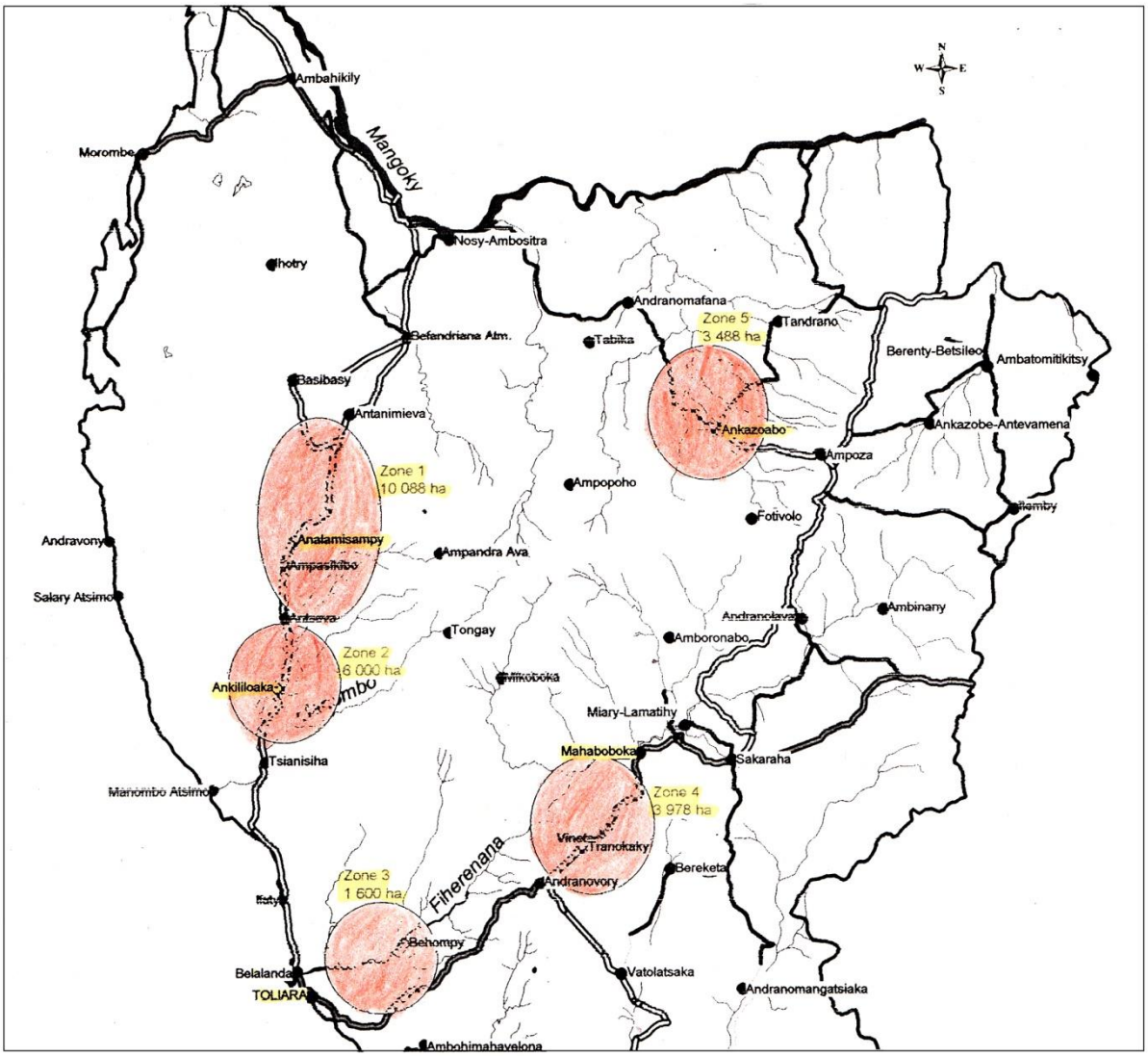


Figure 11 : Les zones cotonnières du Sud-Ouest de Madagascar (1998-1999)
(Surface cultivée en paysannat : 25 154 ha, d'après HASYMA, 1999)

8.4.2. Les cultures vivrières.

En fait toutes les autres cultures sont utilisées à la fois pour la satisfaction des besoins alimentaires de la famille et pour la vente (Rollin, 1997). Après le cotonnier, les cultures les plus importantes de la région sont : le manioc, le maïs, le riz, le pois du cap et l'arachide. Le riz, le maïs et le manioc constituent les cultures alimentaires de premier ordre et sont devenues aussi des cultures spéculatives et une source de revenus agricoles (Randrianaivo *et al.*, 1993). Le pois du cap et l'arachide sont des cultures commerciales qui ont perdu leur importance depuis une vingtaine d'années.

8.4.2.1. Le manioc.

Le manioc est la culture vivrière traditionnelle de première importance dans les régions sèches de Madagascar. Dans le Sud-Ouest la surface cultivée en manioc est estimée à 10.300 ha. Le rendement moyen de 4 à 6 $T.ha^{-1}$ (moyenne globale 5,1 $T.ha^{-1}$) est encore très loin des

potentialités. C'est une plante alimentaire qui s'adapte bien à la sécheresse climatique de la région : par son enracinement profond et sa capacité photosynthétique élevée, elle peut bien supporter des longues périodes sèches et se conserver en terre en continuant sa végétation ; cela permet à la population de se soustraire à d'éventuelles disettes en cas de sécheresse climatique prolongée (Dulong, 1969 ; Arrivets, 1996).

La plante est également réputée pour sa faculté d'adaptation à des sols pauvres et la souplesse de son calendrier cultural. Elle se cultive essentiellement sur les sables roux de fertilité médiocre à moyenne dits "tany mena" ou «tany fasimena ». Son adaptation à la culture en association avec les plantes à cycle court comme le maïs, l'arachide et le vouandzou est reconnue : complémentarité dans l'occupation de l'espace au cours du cycle cultural, réduction des risques par rapport à la culture pure.

Les dépenses de production sont essentiellement les dépenses de main d'œuvre pour la préparation du sol, le sarclage, la récolte et sa préparation. La mosaïque constitue la plus importante maladie de la culture.

Au point de vue entretien, les cultures de manioc sont sarclées deux fois en moyenne. La souplesse du calendrier cultural permet d'organiser les sarclages pendant les périodes relativement moins chargées de la saison. Les coûts sont relativement faibles par rapport à ceux de la culture cotonnière, du riz et de l'arachide : de 100 000 à près de 300 000 Fmg.ha $^{-1}$ selon la pluviosité et le type de sol.

Dans le Sud-Ouest, on peut distinguer trois systèmes de culture :

- la culture irriguée, dans les plaines alluviales irriguées des deltas, utilisant les variétés de manioc doux ;

- la culture sèche à une saison de pluie, avec un cycle de 8 à 10 mois et des variétés de manioc doux ; c'est le système le plus répandu dans la région ;

- la culture sèche à deux saisons de pluie, avec recépage des tiges au début de la deuxième saison, pratiquée sur les plateaux à sables roux de qualité médiocre. Les variétés utilisées sont du type amer.

En général le manioc est cultivé en association avec le maïs dans les trois systèmes. Partout la culture est installée après une préparation sommaire du sol, avec une densité assez faible : de 2.000 à 11.000 pieds par hectare (Rollin, 1997). La récolte peut se faire à partir de la fin de la saison des pluies.

8.4.2.2. Le maïs.

Le maïs, culture vivrière traditionnelle peut être cultivée sous trois formes différentes dans le Sud-Ouest (Ratsimbazafy, 1995 in Rollin, 1997) :

- culture pluviale, pendant la saison des pluies, soit sur défriche-brûlis de forêts (hatsake), soit sur champ permanent ;
- culture de décrue sur les sols alluviaux (baiboho), en contre saison ; culture irriguée dans les plaines alluviales irriguées.

Photo 3 : Déforestation massive de la forêt de Mikea pour la culture de maïs sur brûlis

Comme dans le cas du manioc, la culture est conduite selon les techniques traditionnelles adaptées aux conditions physiques et socio-économiques du milieu. Après un labour à la charrue ou un nettoyage manuel rapide, le semis est effectué avec une densité faible : un écartement de 1 à 1,5 m avec 4 ou 5 graines par poquet. En culture pluviale le semis très précoce en sol sec dit en "katray" est adopté pour profiter des premières pluies plus ou moins aléatoires des mois de novembre et décembre. Mais la levée peut être très hétérogène. Le risque de ravage par les criquets impose une mise en place assez précoce.

La culture du maïs sur brûlis forestier s'étend de façon spectaculaire dans le Sud-Ouest. C'est la culture qui occasionne d'importantes destructions de la forêt (Razanaka, 1995 et Milleville, 1997 in Randriambanona, 2000). Randrianaivo *et al.* (1993) et Milleville *et al.* (1999) soulignent le caractère spéculatif de la culture de maïs sur défriche-brûlis dans le Sud-Ouest.

Les rendements sont très variables, facilement du simple au triple, en fonction du milieu et des techniques culturales. Ratsimbazafy (1995 in Rollin, 1997) dans son enquête sur les itinéraires techniques a trouvé une moyenne de 900 kg ha $^{-1}$ variant de 300 kg à 3.200 kg ha $^{-1}$, sur 66 exploitations. Les rendements élevés ont été observés sur des bons sols bien entretenus et dans les cultures sur brûlis, avec un semis précoce. Dans les cultures sur brûlis les rendements sont affectés d'une forte variabilité : en moyenne aux environs de 2 000 kg ha^{-1} dans les premières années. Les rendements moyens décroissent régulièrement avec l'âge de la mise en culture et peuvent être très faibles au delà de 4 à 5 ans (Milleville *et al.*,1999).

8.4.2.3. L'arachide.

L'arachide est conduite en culture pluviale et essentiellement en culture pure. C'est une culture qui s'adapte bien aux conditions socio-économiques de production en paysannat. La culture d'arachide dans le Sud-Ouest a perdu son importance industrielle et commerciale suite aux problèmes semenciers de la période de sécheresse de 1979-81. Jusqu'à présent, la relance de cette culture reste problématique. L'arachide occupe une superficie estimée à 5 400 ha.
Comme le manioc, la culture est conduite de façon extensive, selon le système traditionnel qui consiste à respecter la date de semis (au mois de décembre), après un labour très sommaire du sol et à réaliser un ou deux sarclages en guise d'entretien. La variété rustique H 33 résistante à la sécheresse et vulgarisée depuis les années 60 reste toujours la variété la plus utilisée. Il n'y a pas de fertilisation, ni rotation de culture (Schilling, 1985 ; Rakotoroa, 1995 in Rollin, 1997). Quand le sol est trop épuisé on laisse en jachère pendant deux à trois ans.

Le sarclage de l'arachide est une opération particulièrement contraignante dans les plaines et plateaux à sols relativement favorables. Le coût de deux sarclages par hectare varie autour de 150 000 à 200 000 Fmg.ha^{-1}.

Les rendements dépendent de la pluviométrie de la saison, mais globalement ils se situent à un niveau très bas de 600 à 900 kg.ha^{-1} en moyenne : de 1000 kg à 1 500 kg.ha^{-1} en milieu favorable et 500 kg.ha^{-1} et moins dans des conditions peu favorables (Rakotoroa, 1995 in Rollin, 1997).

8.4.2.4. Le pois du cap.

L'intérêt du pois du cap dans le Sud-Ouest est dû à son adaptation à la culture de décrue en contre saison, sur les terres libérées par le retrait des eaux. Il pousse durant la période fraîche des climats tropicaux : minima de 13 à 18 °C. Au début du siècle, cette culture occupait déjà une superficie importante de plus de 11.000 ha (Poisson, 1921 in Rollin, 1997). C'était un produit d'exportation de la région jusqu'au début des années 1980. Dans les années 1970, la production atteignait un niveau le plus élevé : de 15.000 à 28.000 T.an^{-1}. Mais l'exportation de ce produit a chuté à partir de 1977 pour devenir un produit essentiellement autoconsommé ou commercialisé localement. Il constitue ainsi une source de protéine à faible coût pour l'alimentation humaine. Les fanes constituent également un fourrage vert à la fin de la saison sèche pour les bœufs de trait.

La culture du pois du cap est développée essentiellement dans les plaines du domaine côtier, en dehors des zones cotonnières : plaines de Befandriana, du Bas Manombo et le delta du Mangoky. La superficie cultivée actuelle est estimée à 4 000 à 5000 ha. La culture est également de type extensif : un nettoyage rapide ou un labour léger du sol est effectué vers la fin de la saison des pluies, au mois de mars, pour permettre un semis à faible densité d'environ 2000 poquets par hectare avec 3 à 5 graines par poquet (Rajery, 1995). Cette culture occupe surtout les bons sols des plaines inondables et bas-fonds du Sud-ouest. Aucune fertilisation n'est pratiquée.

Le pois du cap est souvent associé avec le manioc, le maïs de contre saison ou le haricot, en mélange ou en intercalaire. Les rendements sont très variables en fonction du sol, de la densité de plantation et du degré d'entretien. En 1995, un rendement moyen de 389 kg.ha^{-1} et un rendement maximum de 950 kg.ha^{-1} ont ét observés dans la région (Rajery, 1995).

8.4.2.5. Le riz.

Le riz est la deuxième culture la plus importante dans la région après le cotonnier. Il est cultivé à la fois pour l'autoconsommation et la vente, bien que la surface par exploitation soit réduite : de 1 à 2 ha en moyenne. La riziculture s'est développée dans les bas-fonds et plaines irriguées depuis la colonisation avec les différents projets d'aménagement hydroagricole de 1945 à 1970 et les opérations de développement qui les ont accompagnés. C'est ainsi que l'essentiel des surfaces de bas fond, des dépressions et des plaines deltaïques irrigables est occupé par la riziculture : une dizaine de petits périmètres modernes ou traditionnels. La superficie rizicultivée dans la région est estimée à près de 14 000 ha.

Dans le Sud-Ouest, deux saisons culturales sont pratiquées. La saison normale dit « Tsipala » qui débute avec la saison des pluies, en léger décalage avec les cultures pluviales : repiquage au mois de janvier. La culture de contre saison dite « Godra » : repiquage aux mois de juillet - août. Les techniques culturales restent rudimentaires malgré les efforts d'encadrement déployés depuis les années 60 et les potentialités du milieu (qualité des sols de bas-fonds, ressources en eau et forte insolation). Les rendements, globalement assez homogènes, restent très bas : en moyenne aux environs de 2 $t.ha^{-1}$ par cycle.

Les plants de riz sont repiqués dans les parcelles généralement assez bien préparées après un séjour en pépinière de un à deux mois et demi. Trois modes de préparation des sols de rizière sont rencontrés :

- labour à la charrue suivi d'un ou deux hersages, puis d'un planage, après la mise en eau ; pratique observée dans les périmètres assez équipés ;

- roulage à l'aide d'un rouleau piétineur de fabrication locale tiré par une paire de zébu ; pratique réservée pour les sols lourds ou inondables, difficiles à travailler ;

- piétinage par les zébus, pratique traditionnelle rencontrée dans certains périmètres isolés les "moins développés".

La technique du repiquage en foule reste la plus utilisée, par 93% des riziculteurs, avec une forte densité (Razafindratsima, 1995). Le choix des variétés dépend de la saison de culture, de la situation hydrique des parcelles et des contraintes socio-économiques des exploitations. L'entretien est réduit à un ou deux sarclages manuels. L'enherbement constitue un des facteurs les plus limitants de la production rizicole de la région : (Razafindratsima, 1995 et Randriamampianina, 1996). Dans la majorité des cas, un sarclage manuel plus ou moins tardif est effectué en guise d'entretien. Le coût est évalué à 1 500 $Fmg.are^{-1}$ soit 150 000 Fmg (ou 30 000 Ar).ha^{-1}.

8.5. Conclusion.

Dans le Sud-Ouest, l'agriculture a évolué sous les contraintes du milieu naturel fragile, de potentialités variables, dans un contexte socio-économique peu favorable en changement très rapide. Son évolution a connu une période relativement favorable correspondant à la période de prospérité des principales productions commerciales et des services d'encadrement de l'État puis une phase de déclin relatif, depuis les années 1980, consécutif à la dégradation de son environnement socio-économique. Parmi ses grandes cultures seule celle du cotonnier

continue à jouer un rôle économique important comme principale source de revenu. Pourtant la production dépend fortement des conditions pluviométriques. Le sarclage et les traitements phytosanitaires constituent les plus gros postes de dépenses de production. Le sarclage seul représente 15 à 30 % des coûts de production et crée une forte demande en main d'œuvre saisonnière dans la région.

En dehors du cotonnier, l'agriculture reste traditionnelle à caractère largement extensif. La préparation du sol et le sarclage représentent l'essentiel des dépenses de production. Le sarclage intervient pendant la période de pointe en travail pour l'exploitation. Pour les cultures pluviales, il apparaît comme la contrainte la plus importante et crée une forte demande en main d'œuvre suscitant l'afflux des migrants provenant de la région Sud. La venue de ces migrants déstabilise les systèmes de production en place, car après les travaux saisonniers, les salariés cherchent des moyens pour s'installer dans la région. C'est une des principales causes de l'extension des cultures sur brûlis forestier.

L'absence générale de la fertilisation, de la restitution de la matière organique et de la rotation dans les systèmes de culture constitue également un point faible compromettant la durabilité de l'agriculture de la région. Avec la pression démographique, la réduction de la période de jachère, l'épuisement du sol et l'enherbement excessif des cultures vont entraîner la diminution des rendements déjà à un niveau bas et accentuer encore la situation de pauvreté de la population. Ainsi le développement agricole de la région du Sud-Ouest constitue un enjeu social et environnemental sérieux.

Pour toutes les cultures, le contrôle de l'enherbement absorbe l'essentiel du temps de travail et des moyens financiers déjà limités des agriculteurs. La maîtrise des mauvaises herbes est au centre des problèmes de la gestion et de la durabilité des systèmes agricoles de la région.

CHAPITRE 3

METHODOLOGIE

1. PRESENTATION

Dans le chapitre précédent, nous avons montré l'importance des contraintes représentées par les mauvaises herbes en culture de saison des pluies, dans le Sud-ouest. Cependant le degré d'infestation et la composition floristique de la communauté des mauvaises herbes varient suivant les conditions écologiques et le passé cultural des parcelles. Ce chapitre présente la démarche méthodologique adoptée pour la connaissance du fonctionnement de la communauté des mauvaises herbes au niveau de la région du Sud-ouest. Notre analyse comprend deux étapes:

- La première est une approche floristique; elle tente de répondre aux questions suivantes:

  - Quelle est la richesse floristique de la région?
  - Comment évolue la diversité floristique parcellaire?
  - Quelles sont les principales mauvaises herbes de la région?
  - Comment évolue l'infestation des parcelles au cours du cycle cultural?

- La deuxième vise une analyse. phytoécologique et essaie de répondre aux questions suivantes:

  - Quels sont les principaux facteurs écologiques naturels et agronomiques permettant d'expliquer le développement des mauvaises herbes et l'évolution de la flore?

  - Quels sont les principaux groupes de mauvaises herbes en fonction de l'état des principaux facteurs identifiés?

Il s'agit donc de dégager les traits essentiels du fonctionnement d'un écosystème dynamique en perpétuelle évolution suivant les conditions écologiques et l'intensité culturale (Le Bourgeois, 1993 ; Chicouène, 1999). Notre analyse porte sur les situations des principales cultures pluviales de la région et sur deux saisons culturales assez contrastées du point de vue pluviométrie. Elle nécessite le choix d'une méthode d'échantillonnage et d'observation permettant l'acquisition de données représentatives et d'une méthode d'analyse adéquate. Toutefois, ce genre d'étude comporte des faiblesses et des risques dont il faut être tenir compte (Maillet, 1992 ; Le Bourgeois, 1993) ; ils sont liés:

- Aux problèmes de représentativité des données;
- A la relativité des informations collectées à chaque station qui sont limitées dans l'espace et dans le temps;
- Au nombre important de paramètres explicatifs à prendre en compte;
- Au problème de comparer des situations différentes.

L'échantillonnage est particulièrement difficile pour l'étude de la végétation adventice qui n'est pas en équilibre (Chicouène, 1999).

2. COLLECTE DES DONNEES.

2.1. Échantillonnage.

Les méthodes d'échantillonnage utilisées en phytosociologie sont décrites par Gounot (1969), Guinochet (1973), Godron & Daget (1982). Le choix d'une méthode dépend de plusieurs facteurs qu'il faut considérer objectifs de l'étude, le souci de l'acquisition de données représentatives, la disponibilité en moyens matériels et humains tenant compte des diverses contraintes rencontrées sur le terrain : accessibilité des pistes en saison des pluies, contraintes à effectuer les observations dans une période limitée du calendrier cultural imposée par le rythme de la pluviométrie de la région.

Dans le domaine de la malherbologie, Le Bourgeois (1993) montre l'intérêt de travailler en milieu réel en parcelles paysannes, pour avoir une représentativité suffisante des conditions agricoles du milieu. Nous avons choisi d'adopter la même démarche malgré les contraintes matérielles que cela impose. La région d'étude étant aussi la région d'intervention prioritaire du Centre de recherche dans lequel nous travaillons, les connaissances acquises lors de l'enquête diagnostic préliminaire (en 1996) concernant le milieu physique, les systèmes de culture dominants et la population nous ont permis d'orienter notre échantillonnage: choix des zones de culture, échantillonnage des parcelles d'observation dans chaque zone.

En effet, le Sud-ouest est formé d'une juxtaposition de petites zones de concentration des activités agricoles, liée à l'historique de l'implantation humaine dans la région, largement conditionnée par l'accès aux ressources en eau et l'existence de plaines fertiles facilement exploitables. Parmi les 7 zones étudiées lors de l'enquête diagnostic (Randriamampianina, 1996), nous en avons retenu cinq (Figure 12). Elles ont été choisies pour les principales raisons suivantes:

- Ce sont les zones agricoles assez bien étudiées et les mieux connues de la région;
- Elles regroupent les principaux types de sol et systèmes de cultures pluviaux rencontrés dans la région;
- Elles sont traversées par les principaux axes routiers donc plus ou moins accessibles en saison des pluies;
- Leur répartition géographique dans la région donne une chance de rencontrer différentes situations quant à la variabilité spatiale de la pluviométrie donc du calendrier et des itinéraires culturaux.

- **Zone** 1: **la plaine du couloir d'Antseva:** zone cotonnière de première importance et sans doute la plus riche de la région. La pluviométrie, la qualité des sols, la topographie et l'étendue de la plaine ont permis le développement de cette culture commerciale importante, conduite en pluvial, en remplacement du pois du cap traditionnel de décrue, sous l'encadrement de HASYMA. Le cotonnier occupe les basses terres fertiles formées de sols gris noirs de types alluviaux ou à tendance hydromorphe tandis que les cultures vivrières sont reléguées sur les sables roux de qualité variable, situées à la périphérie ou autour des habitations. C'est dans cette région que la progression de la culture cotonnière a provoqué un bouleversement des systèmes de production, à savoir la concurrence les autres activités (cultures vivrières et élevage), entraînant un changement significatif des paysages agricoles (Rakotomalala, 1987 ; Hoerner, 1986 ; Randrianaivo *et al.*, 1992). La

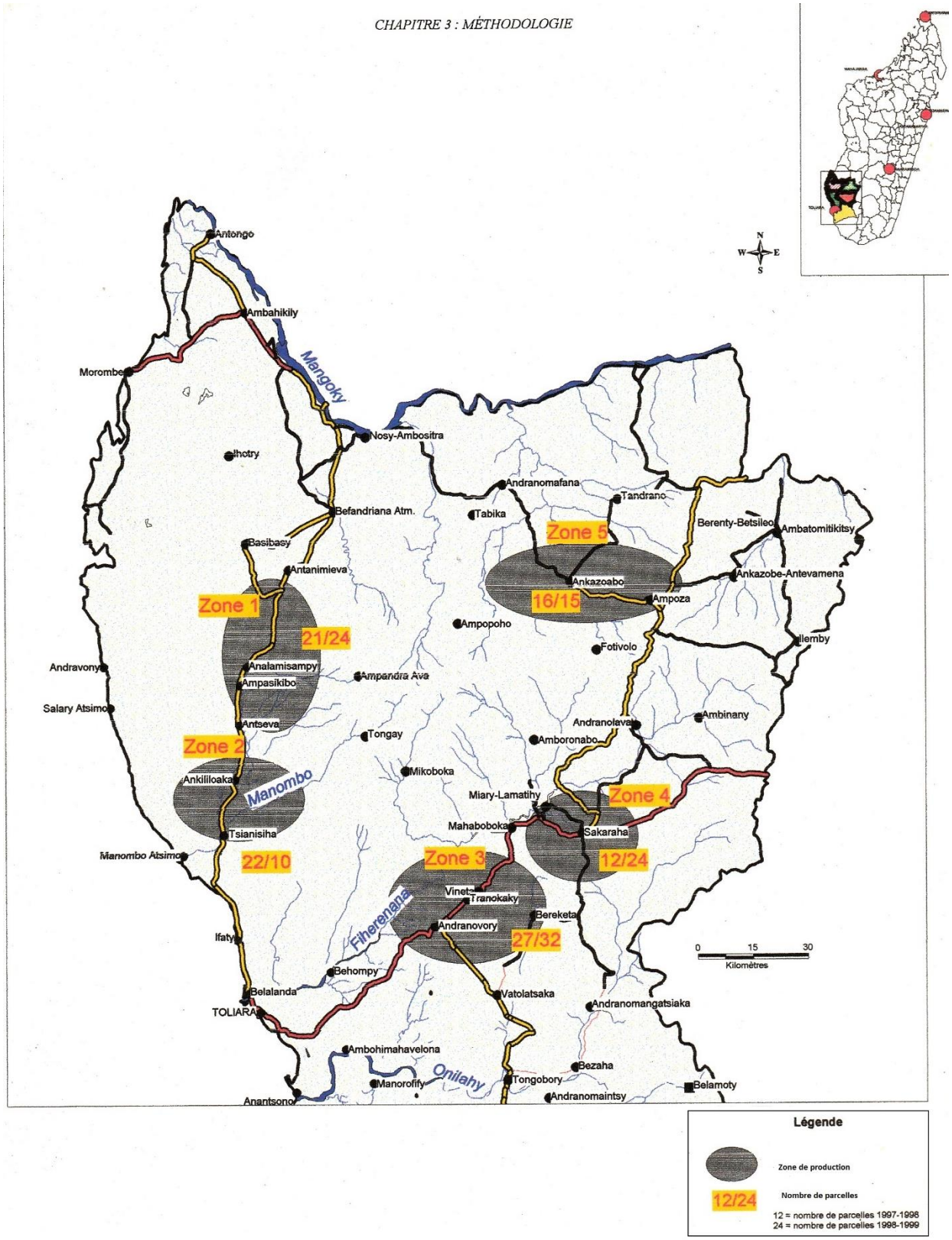


Figure 12 : Echantillonnage des parcelles en 1997-1998 et 1998-1999

déforestation massive de la forêt de Mikea à côté en est une des manifestations récentes les plus significatives en relation avec l'afflux des migrants vers cette zone.

- **Zone 2: la plaine du bas Manombo**: ancienne zone agricole importante ayant une densité démographique parmi la plus élevée de la région. C'est une plaine alluviale parmi les plus riches de la région au point de vue sol, mais défavorisée par l'aridité du climat : précipitations annuelles d'environ 500 mm, avec une répartition très aléatoire en début de cycle. Cette plaine était un périmètre irrigué (Manombo–Andoharano) mais les réseaux ne cessent de se dégrader ces derniers temps, jusqu'à la rupture totale du barrage en janvier 1999. Actuellement toutes les cultures deviennent tributaires de la pluviométrie. Leur mise en place accuse un retard notable par rapport à celle des autres zones. Comme dans la zone précédente, la culture commerciale traditionnelle du pois du cap a été remplacée par le cotonnier, culture exigeante et à haut risque. Le cotonnier et les cultures vivrières (maïs et manioc associés) se trouvent côte à côte par manque d'espace mais c'est toujours le cotonnier qui occupe les surfaces les plus importantes.

- **Zone 3: le plateau de Vineta:** C'est un plateau de large étendue assez bien délimité au point de vue physique. L'occupation humaine y est relativement récente car l'accès en eau est parmi le plus difficile dans la région. La partie relativement haute bien dégagée est formée de sols fersiallitiques dits «tany mena» de qualité variable. Les replats et terres basses donnent lieu à la formation de sols vertiques de couleur foncée appelés «tany mainty» très propices à la culture cotonnière. Au point de vue pluviométrie, ce plateau constitue la limite sud de la culture cotonnière de la région: moyenne autour de 600 mm avec une répartition très variable, aléatoire en début du cycle. Les sols noirs sont toujours réservés à la culture cotonnière, tandis que les sols fersiallitiques sont partagés entre le cotonnier et les autres cultures. Les rotations de cultures et la pratique de fertilisation sont rares (Bayala et *al.,* 1998). Les populations sont formées de migrants installés à différentes époques.

- **Zone 4: le plateau de Sakaraha:** zone de plateau limitrophe des affleurements gréseux de l'arrière pays présentant des sols sableux de faible aptitude agricole. La faible qualité des sols ne permet pas la culture cotonnière; l'arachide prend la place d'une culture commerciale qui connaît un problème de débouché de plus en plus sérieux. Le maïs et le manioc occupent les terrasses ayant un certain niveau de fertilité. Dans les terrains de défriche forestière le manioc est cultivé après le maïs, lorsque le sol devient assez fatigué. La population comprend une large proportion de migrants venant des régions sud et du sud-est en plus des autochtones (Bara). Les techniques agricoles sont parmi les moins développées de la région.

- **Zone 5: la plaine d'Ankazoabo:** la plaine fait partie du territoire du peuple Bara, éleveurs traditionnels reconnus par leur attachement aux zébus. La culture cotonnière y a été développée **à** côté des systèmes traditionnels basés sur le manioc et l'arachide. Les sols noirs hydromorphes relativement fertiles sont réservés au cotonnier et les sables roux moins favorables, aux cultures vivrières et à l'arachide. La culture d'arachide a perdu son importance commerciale et connaît une forte régression. Les systèmes de culture sont aussi très simples : rotation jachère/culture vivrière sans fertilisation, monoculture de cotonnier ou alternance avec d'autres cultures ou jachère après un certain nombre d'années. La densité démographique reste encore faible et l'élevage extensif continue à conserver son importance.

Dans chaque zone, l'échantillonnage des parcelles a été défini en fonction de notre connaissance du milieu et des références acquises sur le terrain, au cours des deux campagnes d'étude préliminaire en milieu réel (enquête diagnostic, expérimentation herbicide) : répartition des types de sol et des cultures, systèmes de culture dominants, groupe social des exploitants et accessibilité des pistes. Quant au choix de la parcelle, il est effectué une fois sur le terrain faute de cartes d'occupation du sol (Traoré, 1991), en fonction des situations rencontrées : stade développement de la culture et avancement de la réalisation du sarclage ou non et de l'accessibilité aux informations concernant la parcelle.

La collecte des données sur le terrain a été faite sur deux saisons culturales successives 97-98 et 98-99, de caractère très contrasté du point de vue pluviométrique, dont l'influence sur le déroulement du calendrier cultural est évidente dans cette région. Elle a concerné les quatre principales cultures pluviales de la région : le cotonnier, le manioc, le maïs et l'arachide. Pour chaque saison, deux observations ont été faites au cours du cycle cultural :

- une observation en début de cycle, avant toute opération de sarclage.
- une observation en fin de cycle, après la période de désherbage.

Les contraintes de déplacement pour effectuer les premières observations ont été parmi le premier facteur limitant dans la réalisation de cette collecte de données, en raison de l'influence de la pluviométrie sur le déroulement de la campagne. Ces contraintes ne nous ont pas permis de faire un échantillonnage plus grand et équilibré pour chaque zone. Pour la saison 1997-98 il est limité à 99 parcelles pour les observations phytoécologiques, avec des répartitions assez variables dans l'espace. En deuxième saison (1998-99), cette répartition a été améliorée; le nombre de parcelles est porté à 105. La répartition des parcelles d'observation par zone est donnée dans le tableau 4 et la figure 12.

SAISON	**ZONE 1**	**ZONE 2**	**ZONE 3**	**ZONE 4**	**ZONE 5**	**TOTAL**
1997-1998	21	22	27	12	16	**99**
1998-1999	24	10	32	24	15	**105**

Tableau 4 : Répartition des parcelles d'observation dans les 5 zones agro-écologiques.

2.2. Les relevés.

Un relevé est un ensemble d'observations écologiques et phytosociologiques qui concerne un lieu donné (Godron *et al*, 1968; Daget & Godron, 1982). Son emplacement est choisi subjectivement de manière à ce qu'il soit homogène (Gounot, 1969). Étant donné le nombre de facteurs qui pourraient influencer le développement des communautés adventices, des formulaires ont été mis au point avant le déplacement sur terrain en s'inspirant du travail de Le Bourgeois (1993). Ils tiennent compte du processus de gestion et des analyses dont ces données font l'objet. Chaque observation consiste eu un relevé floristique et un relevé de facteurs du milieu.

2.2.1. Surface de relevé.

La définition d'une communauté floristique n'est possible sans un choix arbitraire de l'échelle d'observation (Gounot, 1969).

En milieu naturel, l'investigation est souvent liée à la notion d'aire minimale car une communauté végétale homogène est de dimension extrêmement variable (Gounot, 1969). En milieu cultivé, dans le cas des cultures annuelles, Le Bourgeois (1993) montre qu'en dehors des discontinuités d'ordre édaphique, une parcelle pas trop grande représente une unité relativement homogène quant aux facteurs du milieu, notamment d'ordre agronomique, pouvant influer sur le développement des espèces. Dans les études agronomiques, en culture annuelle en zone tempérée, Barralis (1976) préconise des surfaces d'observation de 1000 à 2000 m^2, tandis que Maillet (1981) montre qu'une surface de 100 m^2 est suffisante dans les cultures de céréales contre 1000 à 2000 m^2 dans le cas des cultures pérennes dont le milieu est plus hétérogène. En zone tropicale, dans ces types d'étude, Hoffmann (1986) définit des aires minimales de 100 m^2. Pour Traoré (1991), la surface des parcelles élémentaires d'observation varie de 300 à 1500 m^2 en ferme expérimentale, de 150 m^2 à 1/2 ha dans les parcelles en milieu paysan.

Cependant Maillet (1981) a montré que le tour de champ donne un relevé floristique plus exhaustif, tandis que l'aire minimale ne représente que 60 % de la flore de la parcelle. Ainsi le souci d'assurer un relevé le plus exhaustif possible, en malherbologie, amène à utiliser la technique du tour de champ qui consiste à parcourir la parcelle dans différentes directions jusqu'à ce que la découverte d'une espèce nouvelle nécessite un parcours important (Maillet, 1981 ; Le Bourgeois, 1993). Cette méthode permet de prendre en compte certaines espèces assez rares mais qui peuvent avoir une importance agronomique capitale (Maillet, 1981). C'est le cas de la détection des espèces parasites en voie d'extension rapide, comme le cas du *Striga,* ou d'espèces indicatrices de milieu de faible abondance, mais à forte signification écologique.

Or cette technique n'est pas tout à fait applicable dans le contexte de notre région. Les parcelles de cultures pluviales dans le Sud-ouest sont généralement faites en grands blocs de quelques hectares sans discontinuité, sauf quelques pieds d'arbres épars de manguier ou de tamarinier. L'unité de mesure pour la répartition des travaux à la tâche est la ligne de 100 m. Tenant compte de l'intérêt de cette technique, nous avons défini une surface d'observation homogène variant de 1/5 à 1/4 ha par parcelle. La culture en ligne du cotonnier et la faible densité des cultures de manioc et de maïs facilitent la délimitation de la surface d'observation donc la réalisation des relevés. Les parcelles présentant une discontinuité évidente ont été évitées (Le Bourgeois, 1993).

2.2.2. Relevés floristiques.

Guinochet (1973) souligne l'importance de l'établissement de la liste de toutes les espèces rencontrées lors du relevé. Ainsi un inventaire aussi exhaustif que possible des espèces présentes dans l'aire d'observation est d'abord effectué. Ensuite, un deuxième passage plus rapide permet d'attribuer à chaque espèce une note correspondant à l'estimation de la nuisibilité. Cette note doit refléter un même degré de nuisibilité, quelles que soient les espèces, vis à vis de la culture (Le Bourgeois, 1993). Différentes mesures sont utilisées habituellement:

- La phytomasse produite sur une surface donnée (Gounot, 1969 ; Grouzis, 1988 *in* Le Bourgeois, 1993, Milleville *et al.*, 1999).
- La densité de peuplement de l'espèce (Barralis, 1976).
- Le taux de recouvrement (Marnotte, 1984 ; Hoffmann, 1986 ; Fontanel, 1987 **;** Traoré, 1991).
- L'indice d'abondance-dominance (Braun-Blanquet, 1932 **;** Guinochet, 1973 **;** Le Bourgeois, 1993).

Les différentes échelles utilisées pour quantifier l'enherbement sont présentées dans le tableau 5. Dans notre étude, nous avons choisi d'utiliser, **l'indice d'abondance-dominance** qui exprime l'espace relatif occupé par l'ensemble des individus de chaque espèce. Par une notation visuelle, cet indice intègre les notions de densité et de recouvrement. Il apparaît comme un bon critère pour comparer les espèces qui n'ont pas les mêmes types de comportement (Le Bourgeois, 1993). Tandis que l'abondance représente la densité, c'est-à-dire le nombre d'individus par unité de surface, le recouvrement correspond au pourcentage de la surface du sol recouverte par les individus d'une espèce donnée ou de l'ensemble des espèces.

Pour chaque relevé, le recouvrement global de tous les adventices est noté selon l'échelle de la Commission des Essais Biologiques revue par Marnotte (1984), tableau *5*. Les espèces inconnues lors de l'inventaire ont été récoltées, étiquetées et identifiées au laboratoire de Botanique du PBZT[1] à Antananarivo. Les noms scientifiques sont ensuite vérifiés au niveau du Laboratoire d'Accueil de Malherbologie Tropicale (AMATROP) du CIRAD-CA[2] à Montpellier. Dans certains cas nous avons été contraints de réaliser le relevé de début de cycle à une date très précoce et avons rencontré un problème de ressemblance de certaines espèces très proches au stade plantule. Ces plantules ont été récoltées et mises en herbier pour faciliter les reconnaissances dans la suite du travail.

2.2.3. Relevé des facteurs du milieu.

La distribution des espèces végétales et les groupements locaux de végétaux dépendent des conditions édaphiques, micro climatiques et biotiques du milieu (Guinochet, 1973). Pour chaque relevé les variables ou facteurs (ou descripteur) du milieu sont notés. Les observations portent sur les principales variables susceptibles d'expliquer la présence et l'abondance des mauvaises herbes dans la parcelle observée. Maillet (1992) cité par Le Bourgeois (1993) souligne que le nombre de descripteur est généralement important et tous les descripteurs à prendre en compte ne sont pas toujours connus à priori. Nous avons pris en compte 33 variables ou descripteurs dont 16 ont été conservés pour l'analyse des données (tableau 6). Ils sont subdivisés en un certain nombre de classes ou modalités, selon la variabilité rencontrée sur le terrain.

2.2.3-1. Les variables naturelles

Plusieurs auteurs soulignent l'influence des facteurs climatiques et édaphiques sur la composition floristique de la communauté végétale (Braun-Blanquet, Lemée, Guinochet, 1973). Il y a une bonne concordance entre associations végétales et conditions édaphiques (Guinochet, 1973). Le facteur édaphique intervient par les différents paramètres qui

[1] Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza
[2] Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement Département des Cultures Annuelles

Indice d'abondance-dominance (Braun-Blanquet, 1932)

+	Individus rares ou très rares, recouvrement très faible
1	Individus assez abondants, mais recouvrement faible
2	Individus très abondants ou recouvrement de 1/20 de la surface
3	Individus recouvrant ¼ à ·/2 de la surface
4	Individus recouvrant ½ à ~ de la surface
5	Individus recouvrant plus des % de la surface

Échelle CEPE-CNRS (Godron et *al.*, 1968)

O	I seul individu présent dans le relevé
i	2 à 4 individus présents dans le relevé
2	5 à 9
3	10 à 19
4	20 à 49
5	50 à 99
6	100 à 199
7	200 à 499
8	500 à 999
9	>à l000

Indice d'abondance (Montégut S.D. in Maillet, 1981)

+	très rare
1	rare, densité faible
2	peu abondant, densité moyenne
3	assez abondant, densité forte
4	abondant, densité forte
5	très abondant, densité forte

Indice d'abondance (Barralis, 1976)

i	< à individu/m^2
2	1 à 2
3	3 à20
4	21 à 50
5	> à 50

Échelle de la Commission des Essais Biologiques revue par Marnotte (1984)

1	1% de recouvrement (rare)
2	7 % de recouvrement (< à 1 individu/ m^2)
3	15 % de recouvrement (> à 1 individu/m^2)
4	30 % de recouvrement
5	50% de recouvrement
6	70% de recouvrement
7	85% de recouvrement
8	93% de recouvrement
9	100% de recouvrement

Tableau 5 : Echelles de quantification de l'enherbement (Maillet, 1981 ; Traoré, 1991 ; Le Bourgeois, 1993).

caractérisent la fertilité : la texture, la structure et les propriétés chimiques des sols. Dans notre étude, les cartes pédologiques établies au cours des années 60 et 70 existent pour trois zones (Roche, 1959 ; IRAM[1], 1962 Sourdat, 1972, 1973 ; FOFIFA[2], 1978) : zone 1 (couloir d'Antseva, zone 3 (Vineta) et zone 5 (plaine d'Ankazoabo). Ces cartes ont été utilisées pour orienter l'échantillonnage des parcelles et le choix des variables à observer ainsi que l'établissement des modalités pour la notation des types de sol. Pour les autres zones, notre observation est orientée selon les données géologiques et la connaissance du terrain (topographie, drainage etc.). Dans cette étude, l'impossibilité d'accéder à des mesures quantitatives couvrant l'ensemble de l'échantillon fait que les variables observées sont de type qualitative (tableau 6, annexe 3).

Les facteurs climatiques (précipitations annuelles et températures moyennes) n'ont pas été pris en compte comme descripteur dans notre observation pour deux raisons. Les zones prospectées sont situées dans l'étage semi-aride (Morat, 1969, 1973). Les variations de ces facteurs climatiques entre les zones échantillonnées sont faibles. A l'exception de la zone 2 pour laquelle il n'y a aucune donnée disponible, les moyennes pluviométriques de plusieurs années sont situées entre 600 mm et 800 mm.

Les facteurs orographiques ont été également notés : altitude, pente, exposition (Annexe 3).

2.2.3-2. Les variables agrotechniques

Ces facteurs représentent l'action directe ou indirecte de l'homme sur la végétation (Gounot, 1969 ; Guinochet, 1973). Ce sont la culture, l'ensemble des pratiques culturales effectuées, les précédents culturaux et les variables représentant la structure et de la physionomie de l'enherbement. Ils ont été observés ou enregistrés selon les informations fournies par les agriculteurs ou les agents de vulgarisation.
Les modalités des variables «type de sol» et «recouvrement des mauvaises herbes» ont été regroupées avant les traitements des données afin d'équilibrer l'échantillonnage et de ne pas perdre trop de degré de liberté. Les modalités utilisées au moment des observations sont présentées en annexe (Annexe 3).

2.2.4. Le facteur «temps ».

Les cultures et les itinéraires techniques peuvent changer d'une année à l'autre. Les différentes interventions sur les parcelles influent sur la composition floristique et l'abondance de chacune des espèces (Maillet, 1992 ; Le Bourgeois, 1993). Pour que le relevé soit complet dans une culture ou dans une parcelle, il convient de passer à différentes saisons (Chicouène, 2000). Ainsi le facteur "temps" a été pris en compte afin de suivre l'évolution de la flore au cours d'une saison culturale et d'une année à l'autre. Pour chaque parcelle, deux observations ont été effectuées au cours d'une saison:

- une observation en début de cycle, avant toute intervention de désherbage.
- une observation en fin de cycle.

De plus les observations ont été menées sur deux saisons culturales successives en essayant de garder le maximum de parcelle de la première année.

[1] Institut de Recherche Agronomique de Madagascar.

[2] Foibe Fikarohana Ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra (Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural).

Age de la parcelle après la dernière jachère
Age1 1 à 3 ans
Age2 4 à 6 ans
Age3 7 et plus

Altitude
Alt1 < à 200 m
A1t2 200 à 400 m
Alt3 > à 400 m

Assolement
Ass l pas d'assolement
Ass 2 culture/ jachère
Ass 3 même culture sur 3-4 ans
Ass 4 monoculture

Culture
Cult l cotonnier
Cult 2 maïs-manioc
Cult 3 arachide

Date de semis
Date 1 précoce
Date 2 tardive

Époque d'observation
Obs 1 début de cycle
Obs 2 fin de cycle

Fumure
F1 aucune fertilisation
F2 fumure minérale

Degré d'intensification
Int 1 culture vivrière sans labour
Int 2 culture vivrière avec labour
Int 3 cotonnier sans engrais
Int 4 cotonnier avec engrais

Intensité de sarclage
Sarc 1 minimum (1 sarclage)
Sarc 2 2 sarclages
Sarc 3 3 sarclages
Sarc 4 4 sarclages

Labour
Lab 1 zéro labour
Lab 2 labour à la charrue attelée
Lab 3 labour au tracteur

Précédent cultural
Prd1 cotonnier
Prd2 manioc
Prd3 manioc-mais
Prd4 maïs
Prd5 arachide et autres
Prd6 jachère

Recouvrement des mauvaises herbes
Rec l 1 à 10%
Rec 2 15 à 30%
Rec 3 50 à 70%
Rec 4 >70%

Structure du sol
Str1 pulvérulent
Str2 sableux
Str3 sableux granuleux
Str4 granuleux compact

Type de sol
Sol 1 sables roux dégradés / arénacés
Sol 2 sables roux typiques (tany mena)
Sol 3 sables roux hydromorphes
Sol 4 sols fersiallitiques
So1 5 vertisols et sols alluviaux

Texture du sol
Text1 fine
Text2 moyenne
Text3 grossière
Text4 très grossière

Localisation
A zone l
B zone 2
C zone 3
D zone 4
E. zone 5

Tableau 6 : Les facteurs du milieu conservés pour l'analyse des données.

3. SAISIE ET ANALYSE DES DONNÉES

3.1. Saisies des données

Les données obtenues sont saisies et gérées à l'aide du logiciel de traitement informatique BASEFLORE (Le Bourgeois *et al.*, 1988, 1998) adapté pour la gestion des données phytoécologiques. Ce logiciel est interfacé avec différents logiciels d'analyse de données (Figure 13). Tous les taxons sont codés à 5 lettres (BAYER 1986, 1992 in Le Bourgeois, 1988 ; 1993) afin de faciliter la saisie et l'interprétation des représentations graphiques. Il s'agit d'une codification internationale reconnue par la W.S.S.A[1] et la W.S.S.J[2] et mise à jour par I'O.E.P.P[3]. Un code provisoire a été attribué aux espèces non encore codées ou non identifiées. La liste des espèces avec leur code respectif est présentée en annexe (Annexe 1).

Les variables du milieu ont été saisies avec les modalités établies lors des observations. Des regroupements ont été opérés ensuite après les premières analyses pour mieux équilibrer les échantillons et la pertinence des analyses. La saisie correspond donc à 198 relevés (99 parcelles) en première année et 210 relevés en deuxième année (105 parcelles).

3.2. Analyse des données.

L'analyse des données aborde en premier lieu la description de la flore, par une étude qualitative et quantitative des données floristiques. Ensuite les relations entre les données floristiques et les facteurs agroécologiques sont analysées selon deux approches complémentaires:

- approche globale par les analyses multivariées
- approche analytique par la méthode des profils écologiques.

La figure 13 représente le schéma général de l'analyse. L'analyse qualitative est réalisée avec les sorties de BASEFLORE.

3.2.1. Analyse des données floristiques.

Approche qualitative il s'agit d'abord de caractériser la richesse de la flore de la région qui peut changer d'une année à l'autre, puis d'étudier la diversité des types biologiques rencontres:

- **L'étude systématique** vise la connaissance de la flore : identification des espèces, richesse floristique et représentativité des principales familles ;

- **L'étude du spectre biologique** de cette flore régionale aborde l'analyse de la diversité des types biologiques **;** c'est un des premiers éléments de caractérisation de la fore adventice régionale. Les types biologiques selon Raunkiaer (1905, 1933) se fondent sur le degré de protection de bourgeons en période défavorable à la vie végétative.

[1] WSSA : Weed Science Society of America
[2] WSSJ : Weed Science Society of Japan
[3] OEPP : Organisation Européenne de la Protection des Plantes

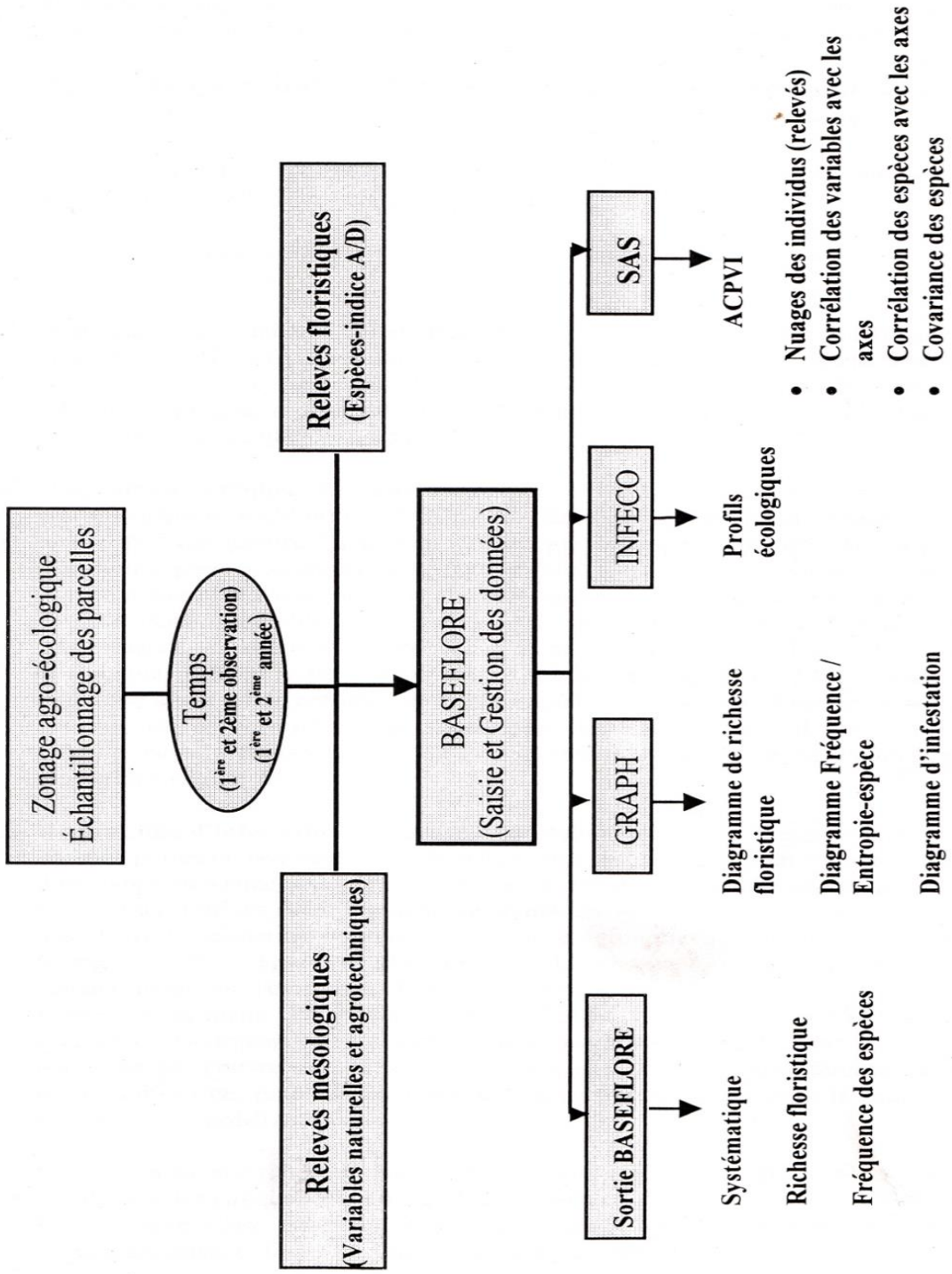


Figure 13 : Collecte, gestion et analyse des données phytoécologiques

Chaque type traduit un équilibre adaptatif avec les conditions du milieu. En zone intertropicale, «l'hiver écologique» est représenté par la saison sèche (Lebrun, 1966 *in* Le Bourgeois, 1993). Dans le Sud-ouest malgache, la longueur de la saison sèche est de 8 à 9 mois.

Approche quantitative: l'objectif est de faire une description quantitative du peuplement d'adventices. Elle concerne les différents paramètres suivants :

- la richesse floristique parcellaire et ses variations au cours de la saison;
- l'amplitude d'habitat et le degré d'infestation des espèces.

L'analyse fractionnée et comparative pour les deux années d'étude permet de caractériser les variations de la situation.

- **Diagramme de richesse floristique** : La variation de la richesse floristique parcellaire peut être représentée dans un diagramme. Ces diagrammes donnent une description quantitative de la richesse floristique et permettent de faire une étude comparative entre différentes époques d'observation ou différentes situations du milieu. Elle traduit le degré de diversité biologique de ces parcelles.

- **Diagramme Fréquence / Entropie-espèce** : La relation entre fréquence relative et entropie-espèce (Guillerm, 1978 in Le Bourgeois, 1993) est représentée dans un diagramme qui montre l'amplitude écologique des espèces (figure 14). La lecture de ce diagramme permet de connaître le degré d'ubiquité ou de spécificité écologique de chaque espèce. L'entropie d'une espèce H (E) est fonction du nombre de présence et d'absence de l'espèce dans l'ensemble des relevés. Cette notion est utilisée pour évaluer la quantité d'information apportée par la fréquence d'une espèce (Godron, 1968) et la signification écologique de cette espèce (Guillerm, 1969 in Le Bourgeois, 1993). Une espèce très fréquente a une faible entropie, de même qu'une espèce rare. L'observation de ces espèces apporte peu d'information pour l'écologiste (Godron, 1968). Au contraire une espèce présente dans la moitié des relevés est susceptible d'apporter le maximum d'information écologique (figure 14).

- **Diagramme d'infestation** : Le degré d'infestation peut être représenté dans un graphique où sont portés en abscisse la fréquence relative des espèces et en ordonnée l'abondance - dominance moyenne, calculée par rapport au nombre de relevés présentant la plante. La position des espèces dans ce graphique permet de différencier des groupes d'espèces selon leur degré d'infestation donc leur importance agronomique (Guillerm *et al.* 1989 in Le Bourgeois, 1993 ; Traoré & Maillet, 1992; Le Bourgeois et Guillerm, *1995).* Différents auteurs montrent l'existence d'une corrélation entre la fréquence et l'abondance des espèces, (Hoffmann, 1986, Traoré, 1991, Maillet, 1992; Ahanchédé et Gasquez, 1995). D'après Le Bourgeois (1993), cette corrélation est moins fiable dans le cas d'une étude régionale qui couvre des milieux diversifiés. L'auteur définit différentes catégories de groupes d'espèces pour tenir compte de la diversité du milieu, dans le cadre d'une étude régionale au Nord-Cameroun:

  - « les mauvaises herbes majeures générales » groupe des espèces fréquentes et abondantes (fréquence > à 0,5 et A/D moyenne > 1,5);

  - « les mauvaises herbes potentielles générales » groupe des espèces fréquentes avec une abondance-dominance moyenne comprise entre 1,25 et 1,5.

- « les mauvaise herbes générales » constituées d'espèces fréquentes et ubiquistes mais ne posant pas de problème;
- « les mauvaises herbes majeures régionales » groupe d'espèces de fréquence comprise entre 0,2 et 0,5 dont la présence est liée à un facteur écologique d'ordre régional (culture, sol, climat) et abondantes;
- les espèces peu fréquentes mais localement très abondantes ayant une amplitude écologique étroite sont appelées « mauvaises herbes majeures locales ».
- les espèces peu fréquentes et peu abondantes sont des espèces rares ou pionnières; elles sont qualifiées de « mauvaises herbes mineures»..

Entre les « espèces mineures » et les groupes d'espèces « majeures » ou « régionales » l'auteur définit différents niveaux intermédiaires en fonction de la fréquence et de l'abondance moyenne : « potentielles régionales », « potentielles locale »…

3.2.2. Analyse des données phytoécologiques.

De nombreuses méthodes peuvent être utilisées pour analyser les relations entre les espèces et les facteurs du milieu. Actuellement elles se rattachent à deux grandes démarches (Gauthier *et al.* 1977, 1986 ; Le Bourgeois, 1993) :

- La première est une méthode analytique qui met en évidence les relations entre un facteur de l'environnement et les différentes espèces de la flore (Godron, 1968, Guillerm 1969, 1971 in Le Bourgeois, 1993) la plus utilisée est la méthode des profils écologiques.
- La deuxième est une approche globale réalisée à partir d'analyses multivariées permettant de montrer simultanément les relations interspécifiques et les relations entre les espèces et les facteurs du milieu.

Dans cette étude, nous avons utilisé d'abord l'analyse multivariée permettant d'avoir une vue globale de la structure de l'ensemble. Ensuite, les résultats obtenus ont été affinés par la méthode analytique : l'analyse des profils écologiques. Ces deux approches sont complémentaires et utilisées simultanément pour l'analyse des données phytoécologiques (Traoré 1991 ; Le Bourgeois, 1991; 1993)

3.2.2-1. Les profils écologiques et l'information mutuelle.

Dans un ensemble de relevé, la distribution des espèces en fonction des états des différentes variables constitue "les profils écologiques" (Godron, 1968; Gounot, 1969; Daget *et al.*, 1970; Gauthier *et al.*, 1977). Pour les mêmes facteurs, les espèces présentant les mêmes profils écologiques constituent "les groupes écologiques" (Daget et Godron, 1972, 1982). L'application de la théorie de l'information à partir de la notion de fréquence (Godron, 1966, 1968) permet de calculer l'information mutuelle existant entre les espèces et les facteurs du milieu, dans un ensemble de relevés phytoécologiques (Daget *et al.*, 1970, 1982). Cette information mutuelle correspond à la quantité d'information apportée par l'observation de la présence d'une espèce relativement à l'état d'un facteur. Elle permet d'estimer la liaison entre cette espèce et ce facteur.

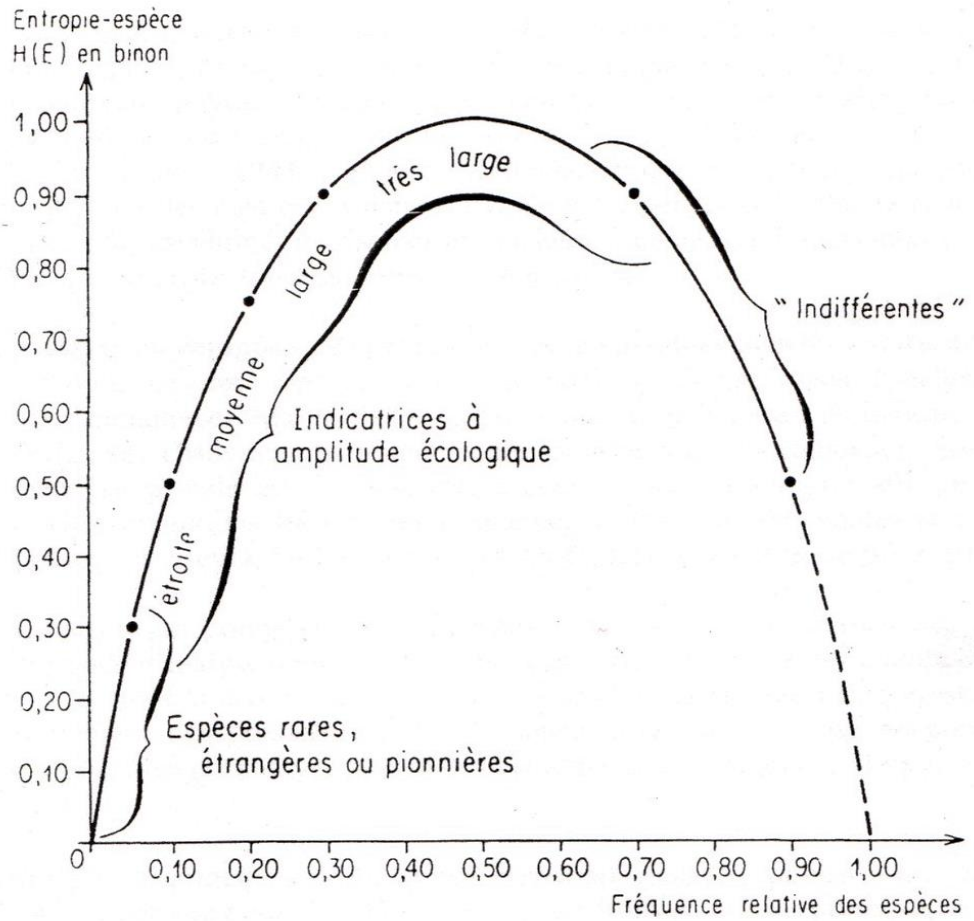


Figure 14 : Comportement des espèces selon leur fréquence relative et leur entropie (Guillerm, 1978 in Le Bourgeois, 1993)

Pour chaque facteur étudié, l'information mutuelle est établie pour toutes les espèces rencontrées dans les relevés. Les espèces sont rangées par valeur d'information mutuelle décroissante, le rang de chaque espèce caractérisant sa valeur indicatrice.

La méthode des profils écologiques permet d'affiner les résultats obtenus avec les analyses multivariées et d'aboutir à l'individualisation des groupes d'espèces ayant un comportement semblable vis à vis des facteurs du milieu les groupes écologiques (Daget *et al.,* l972 ; 1982). Les profils écologiques et l'information mutuelle ont été réalisés avec le logiciel INFECO (David *et al.,* 1988).

3.2.2-2. Les analyses multivariables.

- Analyse factorielle des correspondances Parmi les principales techniques de traitement des données, l'analyse factorielle des correspondances est, de loin la mieux adaptée aux problèmes phytoécologiques (Guinochet, 1973). Elle permet d'obtenir une vision synthétique des liaisons entre les espèces ou entre les espèces et les variables du milieu (Le Bourgeois, 1993). Le principe mathématique de cette analyse revient à Benzencri (1963, 1973), il est décrit dans l'ouvrage de Legendre & Legendre (1984). Cette méthode donne la possibilité de résumer en quelques dimensions importantes la grande variabilité de la matrice de données *à* plusieurs dimensions.

- Analyse en composantes principales avec variables instrumentales **(ACPVI)** L'indice d'abondance des espèces n'est pas pris en compte dans l'analyse factorielle des correspondances. Maillet (1992) montre que l'abondance est un indicateur plus sensible de l'effet des changements de techniques culturales que la fréquence. Son intégration dans l'analyse globale est très importante pour les malherbologues afin de comprendre dans quelles conditions les espèces fréquentes se trouvent abondantes et par conséquent, de prédire les risques d'infestation (Forcella & Harvey, 1983 in Le Bourgeois, 1993).

  L'analyse en composantes principales avec variables instrumentales (ACPVI) est une méthode d'analyse qui permet de dépasser certaines limites des méthodes d'analyse basées sur les profils écologiques associés à l'analyse factorielle des correspondances, dans le traitement des données phytoécologiques, telles que la prise en compte de la notion d'abondance et l'analyse directe des variables quantitatives (Le Bourgeois, 1993 ; Stévoux, 2000).

Principe: le principe de l'ACPVI est développé dans les publications de Sabatier *et al.* (1989) et Lebreton *et al* (1991). Nous ne présentons ici que les principes de base de cette méthode:

Deux matrices de données: **Y** (n,p) et **X** (n,q) où :

n est le nombre de relevés
p est le nombre d'espèces
q est le nombre de descripteurs ou variables

La matrice Y contient les variables d'intérêt direct (les espèces) en indice d'abondance - dominance. La matrice X contient les variables qui caractérisent la structure (les descripteurs du milieu) et qui sont supposées influencer les variables de Y, c'est à dire la répartition des

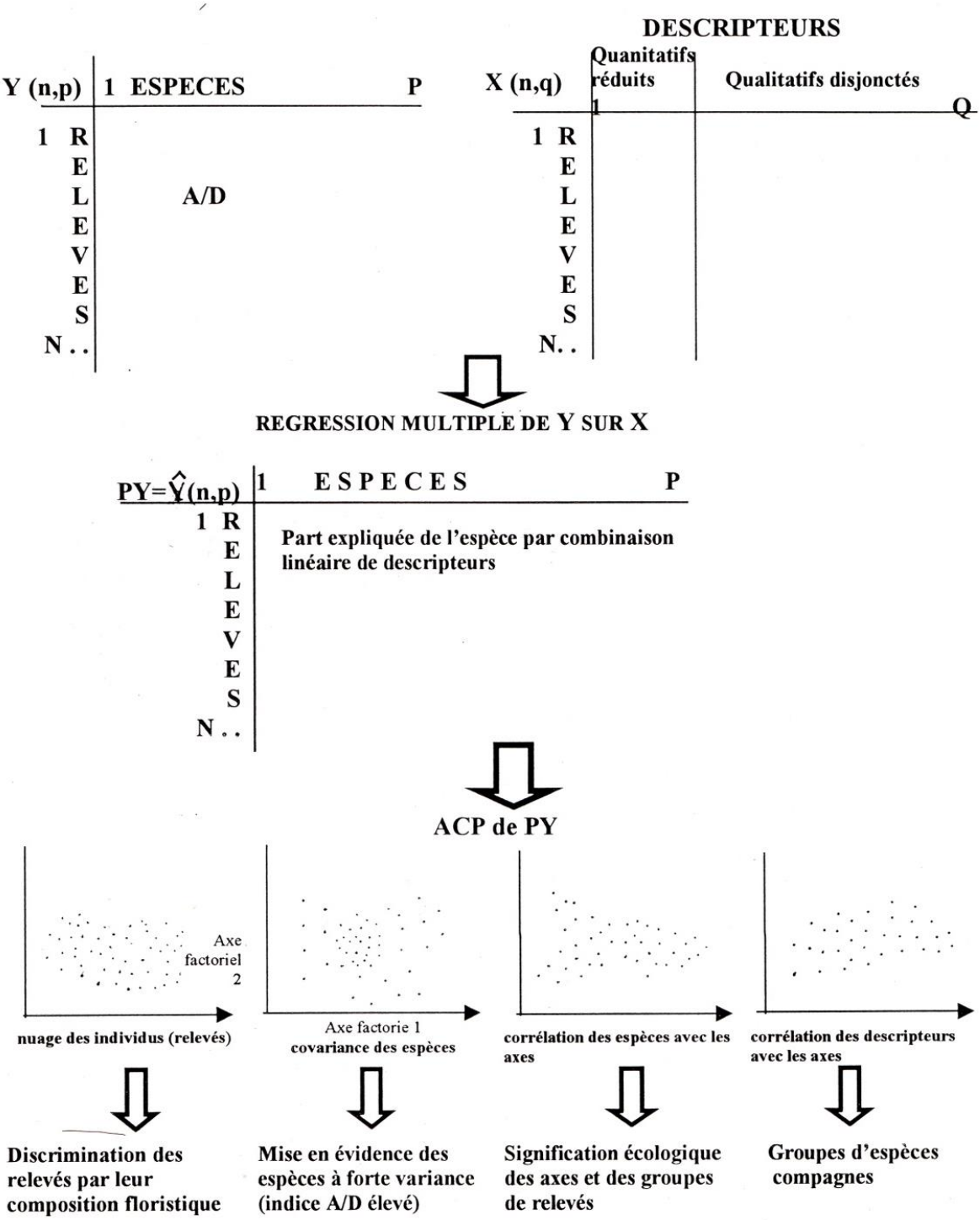


Figure 15 : Présentation de l'ACPVI (X,Y)

espèces. L'ACPVI vise à dégager les principales variables explicatives de la répartition des espèces. La démarche de calcul comprend deux étapes (figure 15):

- **La première étape** consiste à calculer **p** régressions multiples simultanées dans une métrique D (D = 1/nln) de la matrice Y des espèces sur la matrice X des descripteurs. Ainsi toute espèce yi peut s'exprimer comme une combinaison linéaire des descripteurs xs.

  $yi = cte + \alpha x1 + \beta x2 + ... + \delta xs + \varepsilon i$

  C'est à dire:

  $Yi = y\hat{i} + \varepsilon i$

  Où $y\hat{i}$ représente une estimation de yi et εi le résidu.

On peut ainsi constituer une nouvelle matrice PY (des estimations $y\hat{i}$ des yi) correspondant à la part expliquée de Y par X (P = X(XDX) - tXD)

- **La deuxième étape**: elle revient à faire une ACP sur la matrice PY des estimations des yi.

En ACPVI, les axes factoriels étant des combinaisons linéaires des estimations des espèces et donc des descripteurs, les covariances sont maximisées.

Analyse des données de l'étude, interprétation.

L'ACPVI a été effectuée au Laboratoire d'Accueil de Malherbologie Tropicale (AMATROP) du CIRAD à Montpellier, à l'aide d'une routine d'analyse développée sous un environnement SAS (SAS Institut Inc., 1990). Les données phytoécologiques des deux années d'étude ont été analysées séparément parce que les observations ne sont pas indépendantes les unes des autres vue la modification apportée dans l'échantillonnage des parcelles en deuxième année.

En première année (1997-1998) :

La matrice Y(n, p) des espèces comprend :

n = 198 relevés (99 parcelles avec 2 observations / parcelle)
p = 77 espèces

Les espèces ayant une fréquence relative inférieure à 3% ont été éliminées. Les espèces rares n'apportent pas d'information.

La matrice X(n, q) des descripteurs comprend:

n = 198 relevés
q = 31 modalités de variables disjonctées

Sur les 16 variables retenues pour l'analyse (tableau 6), 7 variables peu actives ont été encore écartées après des analyses préliminaires (ACPVI et profils écologiques) pour ne garder que 9 variables avec 31 modalités.

En deuxième année (1998-1999) :

- La matrice Y(n,p) des espèces comprend:

  n = 210 relevés (105 parcelles avec 2 observations / parcelle)
  p = 88 espèces

- Les espèces rares de fréquence relative inférieure à 3% ont été également éliminées.

- La matrice X(n,q) des descripteurs comprend:

  n = 210 relevés
  q = 31 modalités de variables disjonctées

L'analyse a été effectuée sur les valeurs brutes d'abondance-dominance des espèces (sur la matrice Y des espèces non réduite) ; ce qui permet de maximiser la covariance des espèces. Ainsi les espèces majeures de la région ont un poids plus fort que les autres et sont mieux représentées sur les plans factoriels. Les espèces ayant un indice faible se trouvent regroupées autour de l'origine des axes. Toutefois, la corrélation des espèces avec les axes donne une meilleure représentation de la corrélation de ces espèces avec les espèces majeures et les variables auxquelles elles sont liées.

Nous avons interprété successivement les différents graphiques obtenus, ceux de la deuxième année après ceux de la première année :

- ✓ distribution des relevés sur les principaux plans factoriels ;
- ✓ plans factoriels montrant la corrélation des espèces et des descripteurs avec les axes ;
- ✓ plans factoriels montrant la covariance des espèces avec les axes.

Nous avons accordé plus de poids aux analyses des données de la deuxième année qui sont plus complètes et relativement plus équilibrées par rapport à celles de la première année. L'interprétation des ces différents graphiques aboutit à la constitution de groupes d'espèces indicatrices des modalités de facteurs de milieu les plus discriminants, qui sont ensuite affinés par les profils écologiques correspondant à ces facteurs.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. ETUDE FLORISTIQUE

1. 1. RICHESSE FLORISTIQUE.

Les deux saisons d'observation ont permis de recenser, dans la région d'étude, 153 espèces appartenant à 33 familles (annexe 4). Les familles les mieux représentées sont les **Poaceae** avec 38 espèces et les **Fabaceae** avec 24 espèces. Ces deux familles regroupent 40% des espèces inventoriées suivies par les Malvaceae (10 espèces), les Asteraceae et les Amaranthaceae (9 espèces). Au cours de la première année, 137 espèces ont été observées dans 198 relevés tandis que les 210 relevés de l'année suivante a permis de recenser 145 espèces. Cette richesse floristique plus élevée peut être mise en relation avec la pluviométrie plus abondante de la deuxième année d'étude. La flore commune aux deux années d'étude comprend 124 espèces soit 81% de l'ensemble. Les variations entre les deux saisons concernent uniquement les espèces rares présentes dans moins de 2% des relevés. L'influence de la saison sur la richesse floristique globale est donc assez faible. Elle concerne les principales familles de la flore.

Le tableau 7 présente le nombre d'espèces dans les principales familles au cours des deux années d'étude. Treize familles botaniques regroupent 110 espèces sur 137 soit 80% des espèces inventoriées en première année. Au cours de la deuxième année, les mêmes familles totalisent 120 espèces sur 145, soit 83% des espèces rencontrées.

FAMILLE BOTANIQUE	**NOMBRE DE GENRES**	**NOMBRE D'ESPECES**		
		Deux saisons (1997-98) et (1998-99)	**Saison 1997-98**	**Saison 1998-99**
Poaceae	**24 genres**	**38 espèces**	**31 espèces**	**36 espèces**
Fabaceae	**14**	**24**	**22**	**21**
Malvaceae	**4**	**10**	**8**	**10**
Amaranthaceae	**6**	**9**	**7**	**9**
Asteraceae	**8**	**9**	**9**	**8**
Convolvulaceae	**4**	**7**	**5**	**7**
Euphorbiaceae	**3**	**6**	**5**	**5**
Aizoaceae	**3**	**5**	**5**	**5**
Rubiaceae	**2**	**4**	**4**	**4**
Lamiaceae	**3**	**4**	**3**	**4**
Caesalpinaceae	**1**	**4**	**4**	**4**
Tiliaceae	**1**	**4**	**4**	**4**
Cyperaceae	**2**	**3**	**3**	**3**
ENSEMBLE (13 familles)	**75 genres**	**127 espèces**	**110 espèces**	**120 espèces**
Flore de l'étude (33 familles)	**98 genres**	**153 espèces**	**137 espèces**	**145 espèces**

Tableau 7 : Richesse floristique des principales familles

Les variations observées d'une année à l'autre concernent les espèces les moins représentées des six familles importantes. Les familles moins représentées gardent les mêmes espèces au cours des eux années d'étude.

1. 2. RICHESSE FLORISTIQUE PARCELLAIRE

Les figures 16 et 17 représentent les diagrammes de la variation du nombre d'espèces par relevé, pour les deux années d'études. Le nombre d'espèces par relevé varie de 6 à 28 au cours de la première année, avec une moyenne de 16,52. La courbe de distribution montre que la plupart des relevés a une diversité floristique variant de 9 à 25. L'allure de la courbe montre également une distribution assez déséquilibrée de la diversité floristique parcellaire avec un pic central correspondant à 16 espèces par relevé et plusieurs pics moins élevés.

Au cours de la deuxième année diversité floristique fluctue entre 8 et 33, avec une moyenne de 18,67. Cette augmentation de la richesse floristique parcellaire, somme toute faible, est à mettre en relation avec la pluviométrie plus abondante de la deuxième saison d'observation. La courbe de distribution présente une allure comprimée par rapport à celle de la première année. Elle montre que la diversité floristique varie entre 13 et 26 pour la plupart des parcelles d'observation. On remarque également une distribution assez déséquilibrée de cette diversité floristique parcellaire.

Ces distributions irrégulières semblent refléter l'existence d'une hétérogénéité entre les parcelles d'observation. Cette hétérogénéité apparaît plus accentuée pendant l'année de faible pluviométrie (1ère année). L'année suivante, une pluviométrie plus abondante entraîne une distribution plus régulière de la diversité floristique entre les parcelles.

	Début de cycle	**Fin de cycle**	**Analyse globale**
Saison 1997-1998 (1ère année)	18,43	14,61	16,52
Saison 1998-1999 (2ème année)	19,94	17,39	18,67

Tableau 8 : Variation saisonnière du nombre moyen d'espèces par relevé au cours des deux années d'étude

Le tableau 8 montre la variation de la richesse floristique parcellaire moyenne du début à la fin de cycle cultural. Elle diminue vers la fin de cycle cultural. Cette diminution de la richesse floristique est plus forte en première année.

Les figures 18 et 19 représentent les courbes de distribution de la richesse floristique en début de cycle pour les deux années d'étude. Ces graphiques confirment bien une plus grande richesse floristique parcellaire en début de cycle. En première année, la richesse floristique en début de cycle fluctue entre 14 et 25 pour la grande majorité des parcelles d'observation, alors qu'elle varie de 11 à 28 pour la deuxième année. L'existence de deux pics sur les courbes de distribution en début de cycle laisse entrevoir deux types de milieu cultural assez différents : un premier groupe de relevés avec un pic correspondant à 16 espèces par relevé et un deuxième groupe avec un pic de 19 espèces par relevé au cours de la première année et de 22 espèces par relevé en deuxième année.

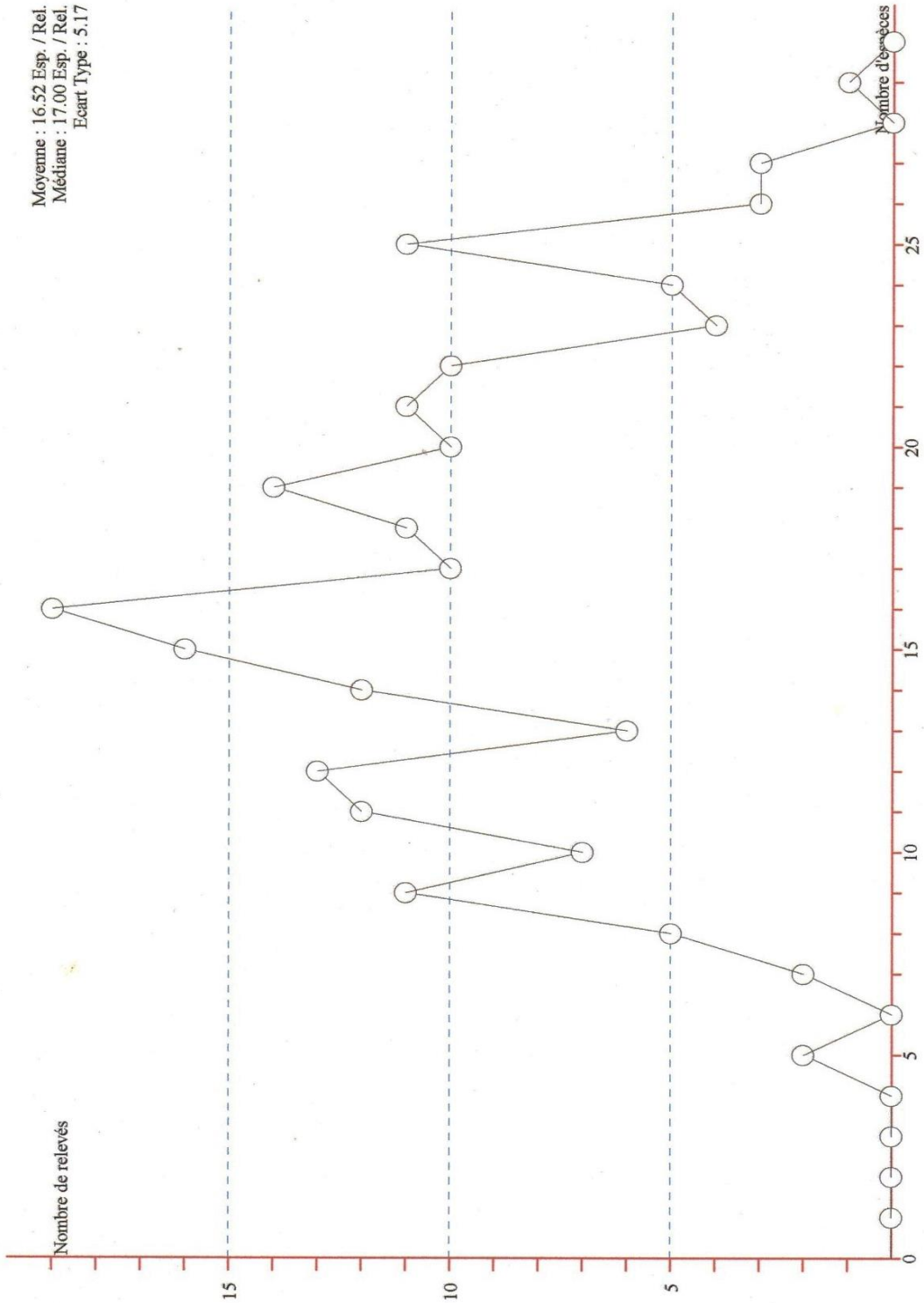


Figure 16 : Distribution de la richesse floristique parcellaire (analyse globale, 1ère année)

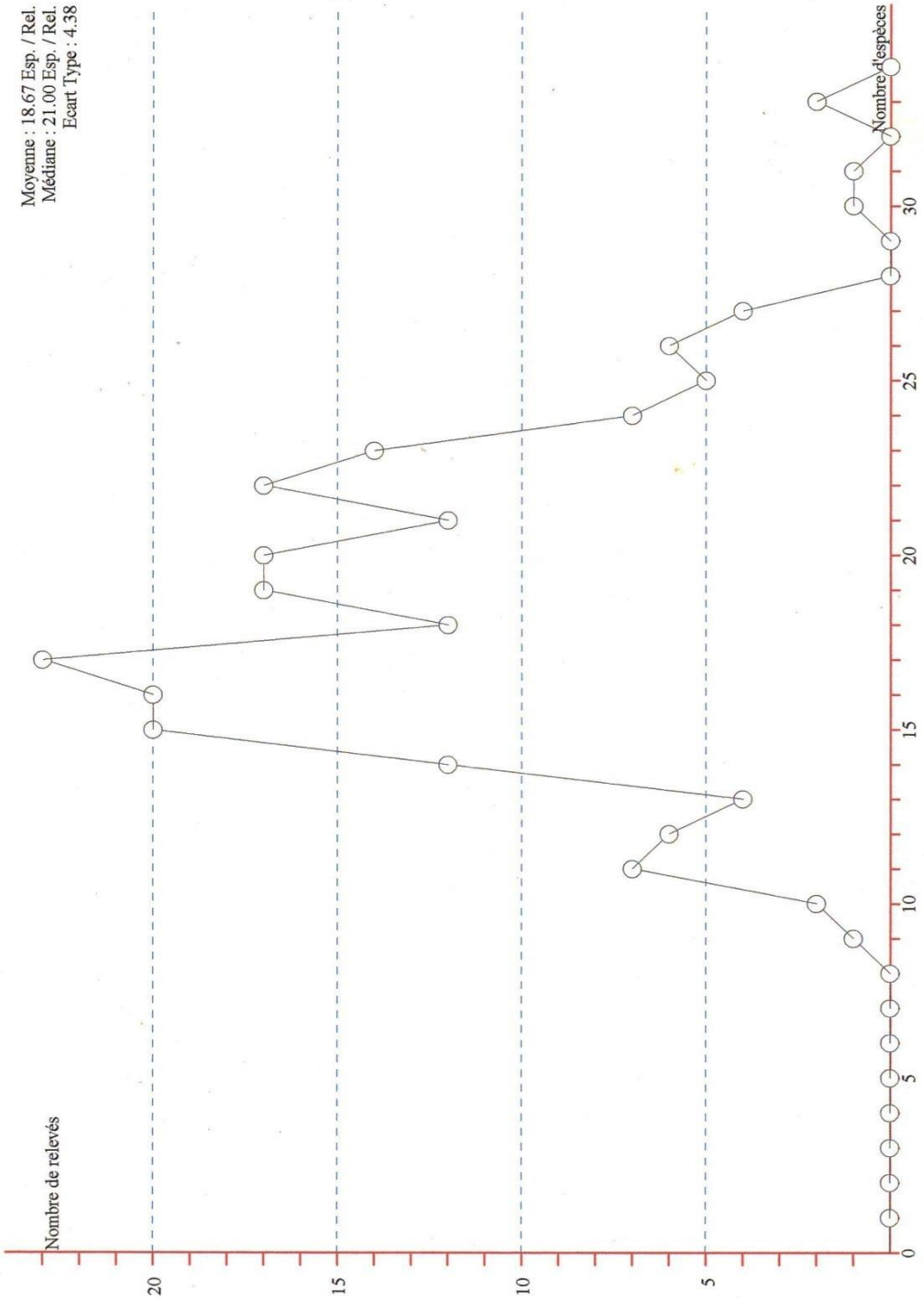


Figure 17 : Distribution de la richesse floristique parcellaire (analyse globale 2ème année)

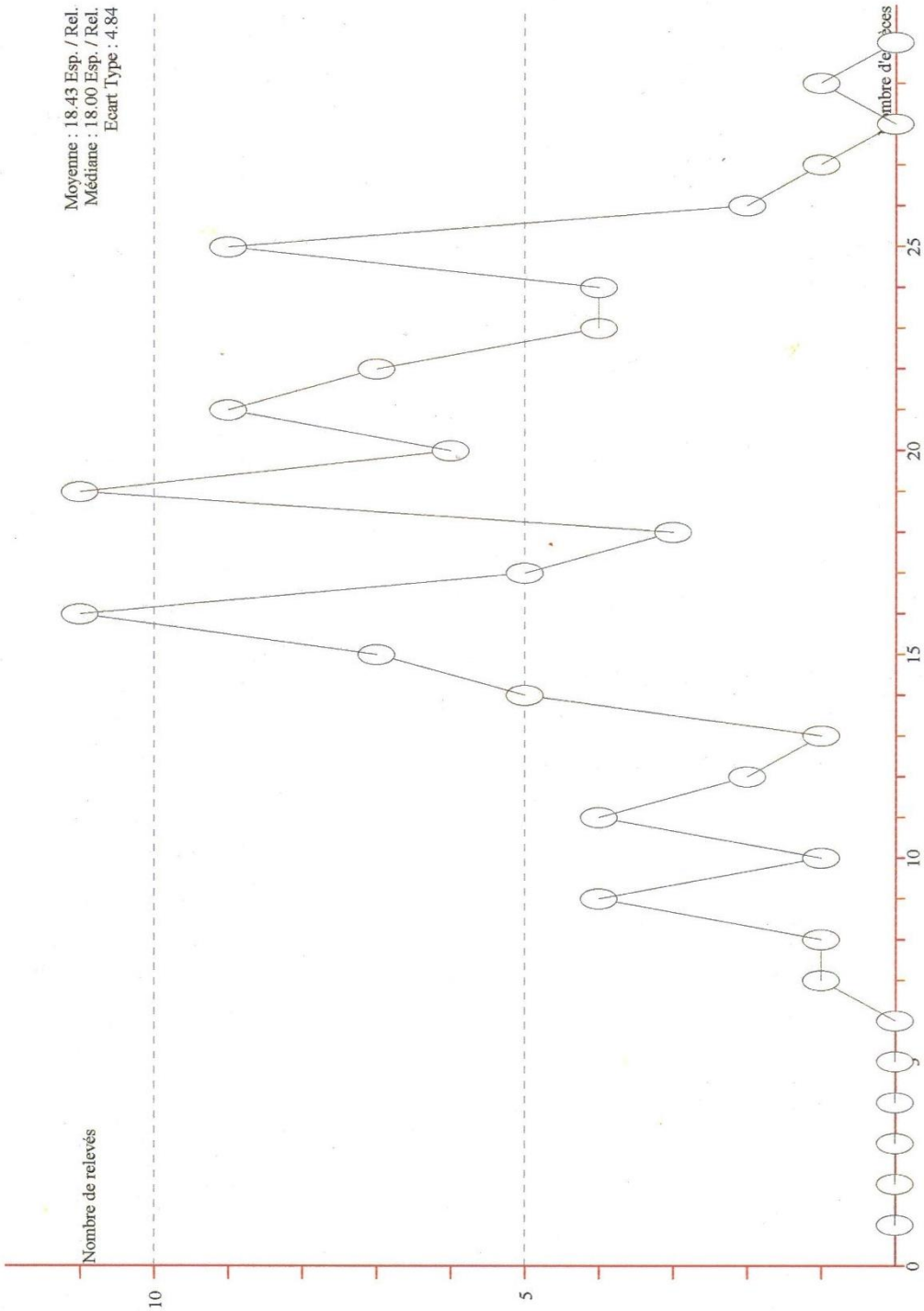


Figure 18 : Distribution de la richesse floristique parcellaire en début de cycle (1ère année)

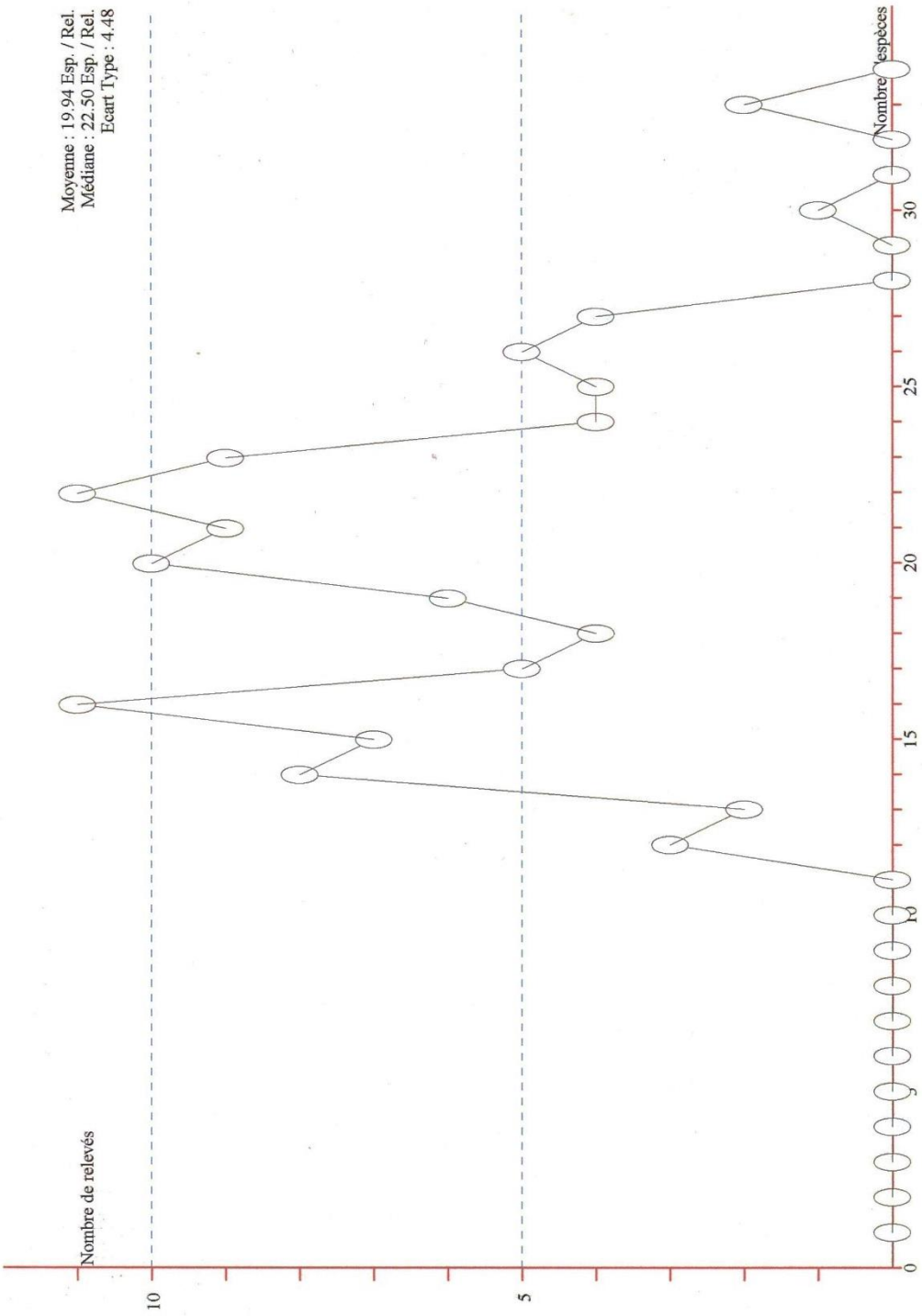


Figure 19 : Distribution de la richesse floristique parcellaire en début de cycle (2ème année)

A la fin de cycle, la richesse floristique parcellaire diminue et les courbes de distribution du nombre moyen d'espèces par relevé sont relativement homogènes (annexes 6a et 6b).

La réduction de la diversité floristique en fin de cycle peut s'expliquer par le stress hydrique causé par l'arrêt brusque et précoce des pluies au cours des deux années d'étude (figures 3A, 3B et 3C). La sécheresse en fin de cycle est vite aggravée par le facteur édaphique : faible capacité de rétention en eau des sables roux et faible disponibilité des réserves en eau des vertisols. Ce qui empêche la levée tardive des adventices.

1.3. SPECTRE BIOLOGIQUE

Parmi les espèces adventices recensées 87,5% sont des thérophytes (figure 21). Le reste est constitué par les hémicryptophyte (4%), les géophytes (4%) et les chaméphytes (4,5%). Cette prédominance des thérophytes dans la flore adventice s'explique d'abord par la longueur de la saison sèche dans la région d'étude. D'après Nègre (1966 in Le Bourgeois 1993) le pourcentage d'espèces thérophytes en zone intertropicale, croît dans le même sens que la durée de la saison sèche. Dans le Moyen-ouest, sur le plateau de savane dans la sous-préfecture de Tsiroanomandidy sous un climat subhumide de 1500 mm de pluviométrie moyenne annuelle, la flore adventice est composée 56% d'espèces thérophytes, 14% de hémicryptophytes, 5,4% de géophytes et 22,6% de chaméphytes (Randriamampianina, 1995). La perturbation causée par le travail annuel du sol tend également à éliminer les espèces pérennes au profit des thérophytes (Maillet, 1981 ; 1992).

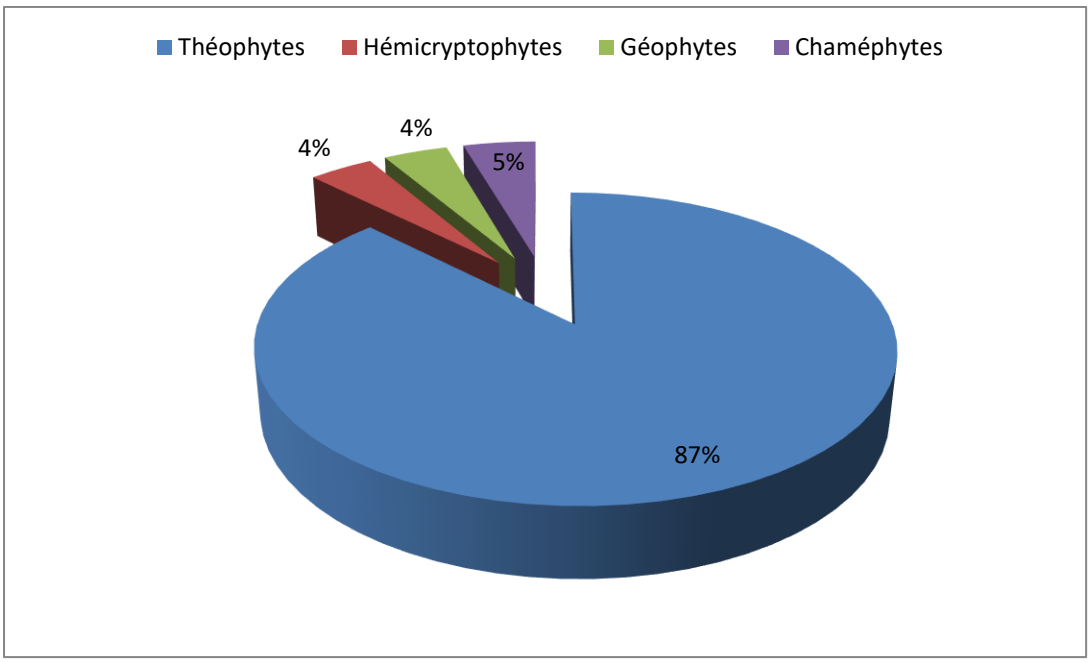


Figure 20 : Spectre biologique brut de la flore globale

1.4. FRÉQUENCE DES ESPÈCES.

Le tableau 9 montre la répartition du nombre d'espèces dans les différentes classes de fréquence pour les deux années d'observation. La distribution (I>II>II>IV>V) est pratiquement identique. Le nombre d'espèces ayant une fréquence élevée est faible.

Classe de fréquence	Saison 1997-98	Saison 1998-99
I: 0 à 20 %	108 espèces (79 %)	116 espèces (80%)
II : 21 à 40 %	18 espèces	17 espèces
III : 41 à 60 %	5 espèces	6 espèces
IV : 61 à 80 %	5 espèces	5 espèces
V : 81 à 100 %	1 espèce	1 espèce

Tableau 9: Distribution du nombre d'espèces selon les classes de fréquence.

Les espèces fréquentes restent les mêmes pour les deux années d'étude. En général leur fréquence augmente au cours de la deuxième année sauf pour quelques espèces à cycle court dont le développement semble être très affecté par le stress hydrique en fin de cycle. Pour chaque année les espèces ayant une fréquence relative supérieure ou égale à 10 % représentent le tiers de la flore : 45 espèces en première année et 47 en deuxième année. Une vingtaine d'espèces ont franchi la fréquence de 30 % pour une des deux saisons de culture. Elles sont mentionnées dans le tableau 10.

Une dizaine d'espèces montrent une augmentation de fréquence assez importante en deuxième année. Tandis que trois seulement ont connu une forte diminution de fréquence. Ces variations de fréquence sont à mettre en relation avec les conditions pluviométriques assez contrastées pendant les deux années d'étude (figures 3a, 3b, 3c et 3 A, 3B, 3C) :

- une première année à pluviométrie déficitaire et très mal répartie : pluviosité faible et aléatoire en début de cycle, arrêt précoce des pluies en mars.
- une deuxième année à pluviométrie plus abondante et précoce, mais l'essentiel de cette pluviométrie est tombé au cours des trois premiers mois de la saison : décembre, janvier et février.

Quatorze espèces ont une fréquence supérieure à 30 % pour les deux saisons d'observation.

Code	Nom d'espèce	Fréquence 1997-98	Fréquence 1998-99
TRQPR	*Tridax procumbens*	91,41	94,28
DIGHO	*Digitaria horizontalis*	62,12	**78,57**
BOEDI	*Boerhavia diffusa*	**72,73**	59,52
EPHHI	*Euphorbia hirta*	62,12	**77,14**
COMDI	*Commelina diffusa*	69,70	72,38
CRGTR	*Corchorus trilocularis*	**70,71**	63,33
BRANA	*Brachiaria nana*	51,01	66,67
IPOER	*Ipomoea eriocarpa*	58,60	57,14
ROOEX	*Rottboellia cochinchinensis*	50,50	58,57
ACNHI	*Acanthospermum hispidum*	44,95	**56,19**
SIDRH	*Sida rhombifolia*	48,99	49,05
SEBSP	*Sesbania punctata*	**35,86**	40,48
PYLRE	*Phyllanthus revanghani*	35,86	29,52
TRHZE	*Trichodesma zeylanicum*	26,77	**38,10**
COMBE	*Commelina benghalensis*	28,28	**36,19**
POROL	*Portulaca oleracea*	32,32	34,28
CUMS1	*Cucumis sp*	32,32	29,05
ACYAS	*Achyranthes aspera*	25,25	**35,71**
CRGAE	*Corchorus aestuans*	31,31	30,00
CITLA	*Citrullus lanatus*	31,31	29,52
TEPPU	*Tephrosia purpurea*	28,28	30,95
ECHCO	*Echinochloa colona*	21,72	**32,86**
OCICA	*Ocimum canum*	22,73	**30,00**

Le caractère en gras désigne les variations de fréquence > 5 %.

Tableau 10 : Espèces de fréquence supérieure ou égale à 30 % pour l'une ou l'autre des deux années d'étude.

GROUPES D'ESPECES	CODE	ESPECES	CODE	ESPECES
GROUPE 1 ESPECES INDIFFERENTES	TRQPR BOEDI DIFHO EPHHI COMDI CRGTR	*Tridax procumbens* *Boerhavia diffusa* *Digitaria horizontalis* *Euphorbia hirta* *Commelina diffusa* *Corchorus trilocularis*		
GROUPE 2 INDICATRICES A AMPLITUDE ECOLOGIQUE TRES LARGE	BRANA IPOER ROOEX SIDRH ACNHI	*Brachiaria nana* *Ipomoea eriocarpa* *Rottboellia cochinchinensis* *Sida rhombifolia* *Acanthospermum hispidum*		
GROUPE 3 INDICATRICES A AMPLITUDE ECOLOGIQUE LARGE	SEBSP PYLRE CUMS1 TRHZE COMBE ACYAS BRADE	*Sesbania punctata* *Phyllanthus revanghanii* *Cucumis sp* *Trichodesma zeylanicum* *Commelina benghalensis* *Achyranthes aspera* *Brachiaria deflexa*	POROL MOLNU CITLA CRGAE OCICA TEPPU RHYRE ECHCO	*Portulaca oleracea* *Mollugo nudicaulis* *Citrillus lanatus* *Corchorus aestuans* *Ocimum canum* *Tephrosia purpurea* *Melinis repens* *Echinochloa colona*
GROUPE 4 INDICATRICES A AMPLITUDE ECOLOGIQUE MOYENNE	CCHBI ERAAS ALZVA HIBCE CVTRE CLEVI OLDPC BRAER PDRGR	*Cenchrus biflorus* *Eragrostis aspera* *Alysicarpus vaginalis* *Hibiscus caerulescens* *Crotalaria retusa* *Cleome viscosa* *Oldenlandia pauciflora* *Brachiaria eruciformis* *Poederia grevei*	CYPRO ERACY TRTPO TRBTE PANRP ARKAC RHNMI	*Cyperus rotundus* *Eragrostis cylindriflora* *Trianthema portulacastrum* *Tribulus terrestris* *Brachiaria reptans* *Aristolochia acuminata* *Rhynchosia minima*
GROUPE 5 INDICATRICES A AMPLITUDE ECOLOGIQUE ETROITE	PDRO1 PANSP ERAME PESPO ABUAS ABMFI HEOIN WALAM HYRRU CASOB PHSAT CYNDA HTOCO	*Poederia sp* *Panicum pseudovoeltzkowi* *Eragrostis cilianensis* *Pennisetum polystachion* *Abutilion asiaticum* *Abelmoscus ficulneus* *Heliotropium indicum* *Waltheria indica* *Hyparrhenia rufa* *Cassia obtusifolia* *Macroptilium atropurpureum* *Cynodon dactylon* *Heteropogon contortus*	EPHHY SORVE IPOS2 TRTPN CHRVI BULAB ALRRE AMACH INDTI GSKPH OLDCO MOLS1	*Euphorbia hypericifolia* *Sorghum verticilliflorum* *Ipomoea bolusiana* *Trianthema pentandra* *Chloris virgata* *Bulbostylis abortive* *Alternanthera repens* *Amaranthus hybridus* *Indigofera tinctoria* *Gisekia pharmacoides* *Oldenlandia corymbosa* *Mollugo sp*

Tableau 11 : Groupes d'espèces en fonction de leur amplitude écologique

Les figures **21** et **22** représentent la relation fréquence relative – entropie-espèce de la flore globale des deux années d'étude. Elles montrent l'amplitude écologique des espèces dont les codes figurent dans le tableau 11. Ainsi les espèces ubiquistes ont une fréquence très élevée et une entropie espèce faible. Ces espèces se trouvent près de l'extrémité de la courbe comme *Tridax procumbens* (TRQPR). Par contre, les espèces ayant une exigence écologique assez stricte comme celles du groupe 4 présentent une fréquence faible et une entropie-espèce moyenne à faible. Elles se situent sur la partie ascendante de la courbe : *Alysicarpus vaginalis* (ALZVA), *Cyperus rotundus* (CYPRO), *Crotalaria retusa* (CVTRE)… L'analyse comparative de ces deux graphiques permet de distinguer cinq groupes d'espèces (Tableau 11).

Ces graphiques permettent également de constater la variation de l'amplitude écologique de certaines espèces. Dans les trois premiers groupes, les espèces montrent une position relativement stable au cours des deux années d'étude, sauf *Brachiaria nana* et *Echinochloa colona* qui sont favorisées par une pluviométrie plus abondante (deuxième année). Dans le groupe des espèces ayant une amplitude écologique moyenne à faible, certains éléments peuvent passer d'un groupe à l'autre au cours des deux années d'étude. Les espèces de ces groupes sont plus susceptibles aux variations du milieu, notamment la pluviométrie.

Les espèces très peu fréquentes (Groupe 6) ne sont pas mentionnées dans le tableau 11.

L'analyse des diagrammes correspondant aux observations en début et en fin de cycle (Annexe 7a, 7b et 8a et 8b) montre l'évolution des fréquences au cours du cycle cultural et permet de dégager trois groupes d'espèces en fonction de leur préférence saisonnière. Pour les espèces ayant une fréquence élevée, ces groupes sont présentés dans le tableau 12 :

- **Groupe l : groupe des espèces permanentes** dont la fréquence varie peu au cours du cycle cultural ; il comprend des espèces compétitives ayant un cycle comparable aux cultures annuelles.

- **Groupe 2 : groupe des espèces fréquentes en début de cycle**, les plus redoutables pour leur compétition qui a lieu au moment le plus sensible du développement des plantes cultivées.

- **Groupe 3 : groupe des espèces favorisées en fin de cycle** comprenant seulement deux espèces.

Mais le potentiel de nuisibilité des espèces pourrait être mieux apprécié par l'analyse de la relation entre la fréquence et l'abondance-dominance.

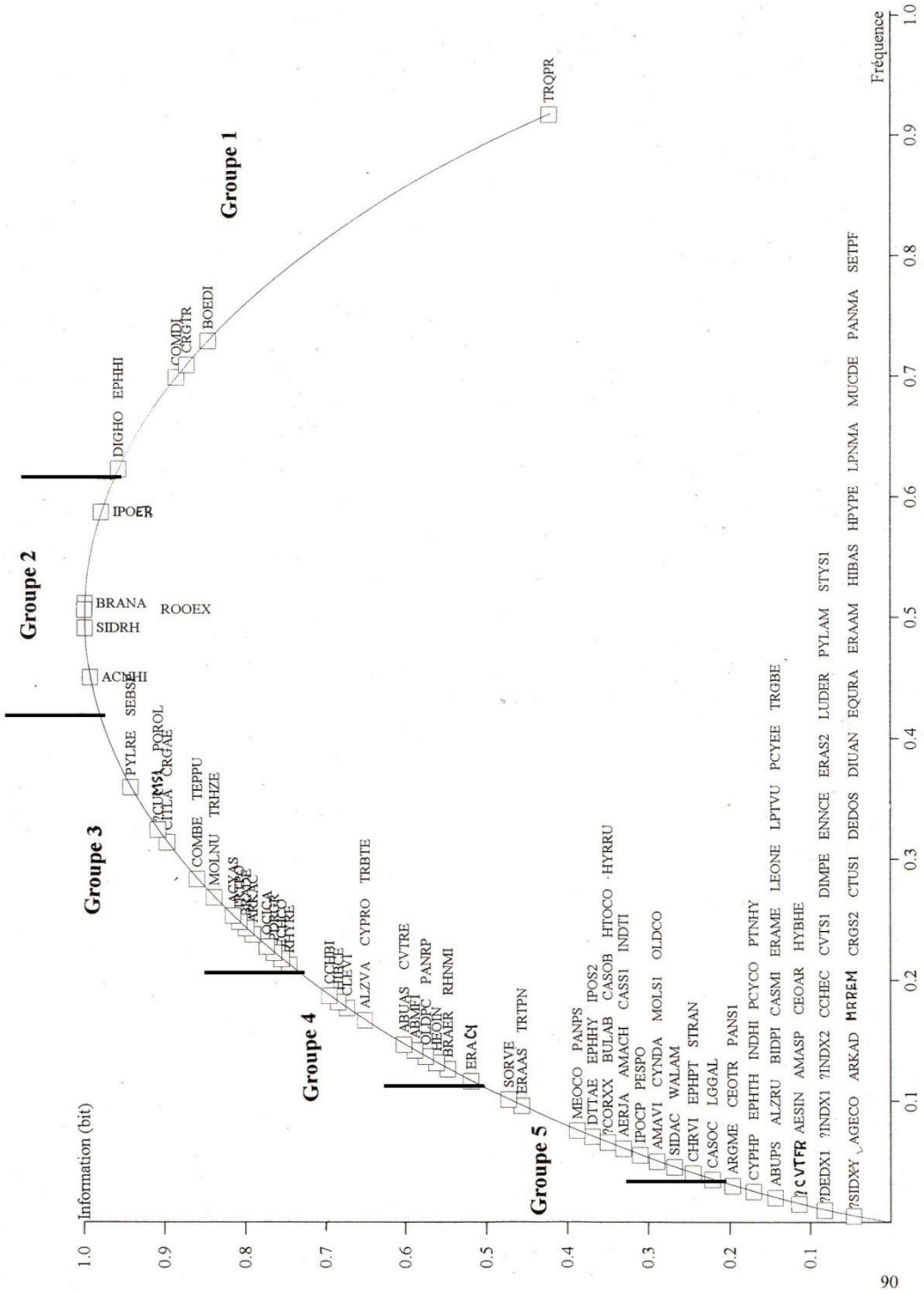


Figure 21 : Entropie des espèces en fonction de leur fréquence relative (analyse globale 1ère année)

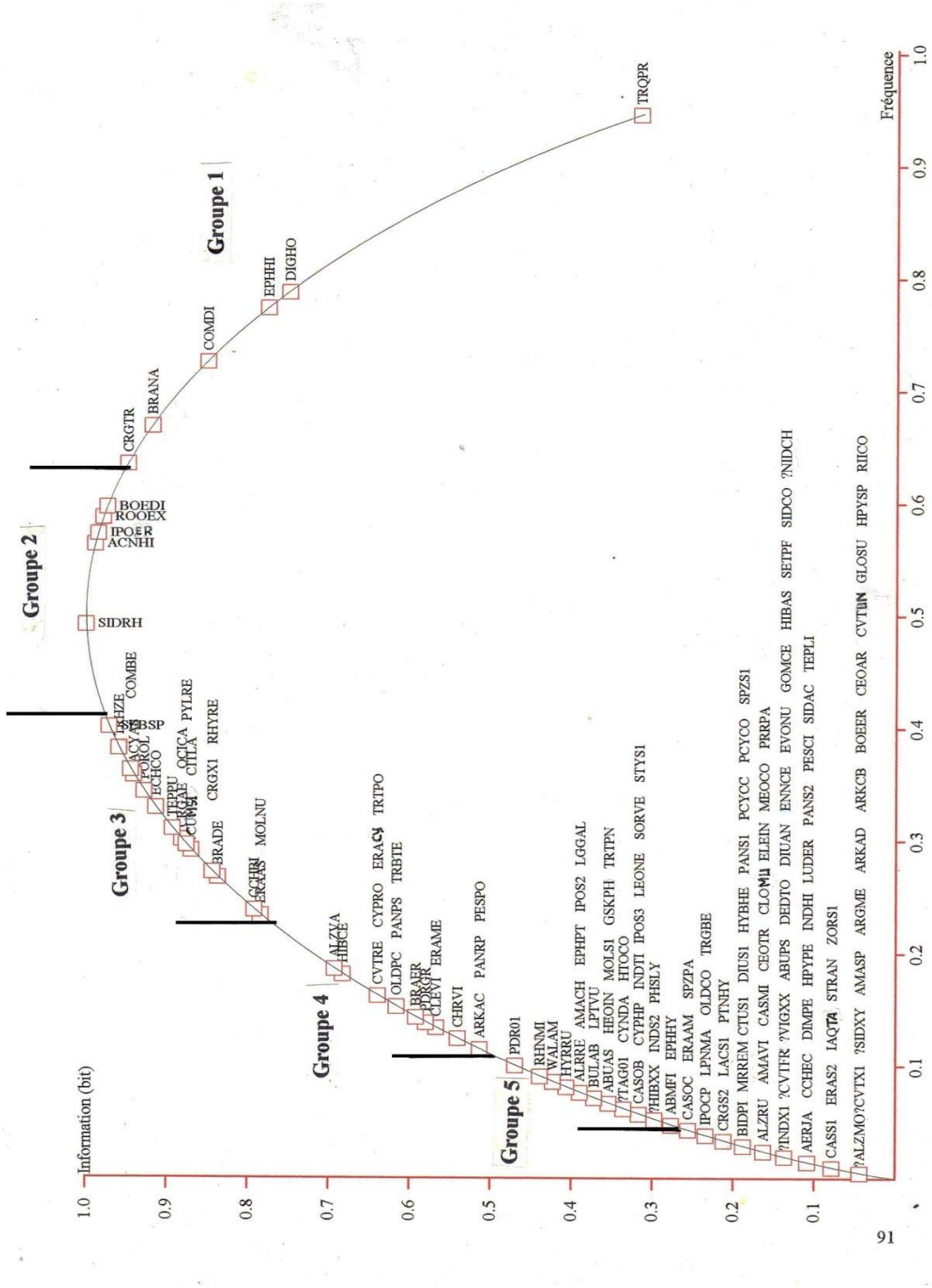


Figure 22 : Entropie des espèces en fonction de leur fréquence relative (analyse globale 2ème année)

GROUPES D'ESPECES	CODE	ESPECES
GROUPES 1 ESPECES PERMANENTES	TRQPR COMDI DIGHO CRTGR BRANA EPHHI ACNHI SIDRH SEBSP CRGAE COMBE	*Tridax procumbens* *Commelina diffusa* *Digitaria horizontalis* *Corchorus trilocularis* *Brachiaria nana* *Euphorbia hirta* *Acanthospermum hispidum* *Sida rhombifolia* *Sesbania punctata* *Corchorus aestuans* *Commelina benghalensis*
GROUPES 2 ESPECES PRECOCES	BOEDI IPOER ROOEX TRTPO BRADE POROL CITLA CUMS1 MOLNU	*Boerhavia diffusa* *Ipomoea eriocarpa* *Rottboellia cochinchinensis* *Trianthema portulacastrum* *Brachiaria deflexa* *Portulaca oleracea* *Citrullus lanatus* *Cucumis sp* *Mollugo nudicaulis*
GROUPE 3 ESPECES TARDIVES	OCICA TRHZE ERAAS	*Ocimum canum* *Trichodesma zeylanicum* *Eragrostis aspera*

Tableau 12 : Groupe d'espèces selon leur préférence par rapport au cycle cultural

1.5. IMPORTANCE AGRONOMIQUE DES ESPÈCES

Il s'agit de mettre en évidence un certain nombre de groupes d'espèces selon leur importance agronomique. L'importance agronomique des espèces est représentée par le diagramme d'infestation montrant la relation entre la fréquence et l'abondance-dominance moyenne. Les figures 23 et 24 représentent le diagramme d'infestation correspondant à l'analyse globale des données floristiques des deux années d'étude. La répartition des espèces dans le diagramme met en évidence leur potentiel de nuisibilité et permet ainsi de distinguer différents groupes de mauvaises herbes. L'analyse réalisée à différentes époques du cycle cultural devrait permettre de mieux comprendre le potentiel de nuisibilité des principales espèces et son évolution sous l'effet des pratiques de lutte et les conditions pluviométriques.

Par référence aux catégories de groupes de mauvaises herbes définies par Le Bourgeois (1993), l'analyse du diagramme d'infestation pour les deux années de notre étude (figure 20a et 20b) permet ainsi de distinguer 7 groupes d'espèces, tenant compte des caractéristiques de la flore régionale et du milieu d'étude. Ils sont présentés dans le tableau 13.

Figure 23 : Diagramme d'infestation, analyse globale (1ère année)

Figure 24 : Diagramme d'infestation, analyse globale (2ème année)

- **Groupe 1 : les mauvaises herbes majeures régionales** composées de 5 espèces les plus fréquentes (fréquence relative supérieure ou égale à 45 %) et les plus abondantes (abondance-dominance moyenne supérieure à 1,5) ; ce sont les espèces les plus nuisibles aux cultures pluviales de la région comme *Commelina nudiflora, Rottboellia cochinchinensis.*

- **Groupe 2 : les mauvaises herbes potentielles régionales** : 2 espèces à amplitude écologique très large présentant un potentiel d'infestation moyen à élevé en fonction du milieu : **fréquence supérieure à 45 %** et abondance-dominance moyenne comprise entre **1,25 et 1,5** : *Acanthospermum hispidum et Brachiaria nana*. Avec les espèces majeures elles forment les espèces dominantes de la région.

- **Groupe 3 : les mauvaises herbes majeures locales** constituées par des espèces à amplitude écologique moyenne à étroite mais présentant un niveau d'infestation locale toujours élevé : groupe réduit à une seule espèce : *Trianthema portulacastrum.*

- **Groupe 4 : les mauvaises herbes potentielles locales :** espèces ayant une amplitude écologique moyenne à étroite (fréquence relative située entre 20 et 45%) et une abondance-dominance moyenne comprise entre 1,25 et 1,5 ; leur position dans le diagramme d'infestation peut varier sensiblement d'une année à l'autre. Certaines espèces comme *Echinochloa colona* et *Cenchrus biflorus* présentent localement un potentiel d'infestation élevé.

- **Groupe 5 : les mauvaises herbes régionales** comprenant les espèces ubiquistes ou à amplitude écologique très large mais assez rarement abondantes : fréquence supérieure à 45% et abondance-dominance moyenne inférieure à 1,25 : *Euphorbia hirta, Corchorus trilocularis …*

- **Groupe 6 : les mauvaises herbes locales :** espèces à amplitudes écologique étroite parfois assez abondantes : fréquence inférieure à 45% et abondance-dominance moyenne inférieure à 1,25 : *Portulaca oleracea, Trichodesma zeylanicum …*

- **Groupe 7 : les mauvaises herbes mineures :** espèces rares ou de très faible importance agronomique ; elles se situent près de l'origine dans le diagramme d'infestation.

GROUPES D'ESPECES	CODE	ESPECES
GROUPE 1 MAUVAISES HERBES MAJEURES REGIONALES	TRQPR COMDI ROOEX DIGHO BOEDI	*Tridax procumbens* *Commelina diffusa* *Rottboellia cochinchinensis* *Digitaria horizontalis* *Boerhavia diffusa*
GROUPE 2 MAUVAISES HERBES POTENTIELLS REGIONALES	BRANA ACNHI	*Brachiaria nana* *Acanthospermum hispidum*
GROUPE 3 MAUVAISES HERBES MAJEURES LOCALES	TRTPO	*Trianthema portulacastrum*
GROUPE 4 MAUVAISES HERBES POTENTIELLES LOCALES	COMBE ECHCO RHYRE CCHBI HEOIN LEONE PESPO	*Commelina benghalensis* *Echinochloa colona* *Melinis repens* *Cenchrus biflorus* *Heliotropium indicum* *Leonotis nepetaefolia* *Pennisetum polystachion*
GROUPE 5 MAUVAISES HERBES REGIONALES	EPHHI CRGTR IPOER SIDRH	*Euphorbia hirta* *Corchorus trilocularis* *Ipomoea eriocarpa* *Sida rhombifolia*
GROUPE 6 MAUVAISES HERBES LOCALES	SEBSP TRHZE ACYAS POROL CRGAE TEPPU OCICA PYLRE CITLA MOLNU BRADE PDRGR CRGX1 CUMS1	*Sesbania punctata* *Trichodesma zeylanicum* *Achyranthes aspera* *Portulaca oleracea* *Corchorus aestuans* *Tephrosia purpurea* *Ocimum canum* *Phyllanthus reganghanii* *Citrillus lanatus* *Mollugo nudicaulis* *Brachiaria deflexa* *Poederia grevei* *Corchorus sp* *Cucumis sp*
GROUPE 7 MAUVAISES HERBES MINEURES		Non détaillé

Tableau 13 : Groupes d'espèces selon leur importance agronomique

Le groupe des « mauvaises herbes potentielles locales » comprend 7 espèces dont l'abondance moyenne peut changer assez fortement d'une année à l'autre. Tandis que le groupe « des mauvaises herbes locales » est composé de 15 espèces souvent à faible indice

d'abondance-dominance. Le groupe des « mauvaises herbes mineures » qui contient de nombreuses espèces n'est pas détaillé dans le tableau 13.
La répartition des espèces potentielles dans le diagramme varie sensiblement d'une année à l'autre. Leur degré d'infestation se trouve fortement influencé par la pluviométrie.

Importance saisonnière des espèces

Les diagrammes d'infestation réalisés avec les relevés en début et en fin de cycle pour les deux années d'étude (figure 25, 26 et 27) montrent l'évolution du degré d'infestation des espèces au cours d'une saison culturale et d'une année à l'autre. Ils mettent en évidence les différences de comportement des espèces à l'intérieur des groupes identifiés et permettent de mieux apprécier le potentiel de nuisibilité des principales espèces.

De ces figures il ressort que :

- Les mauvaises herbes majeures de début de cycle sont celles identifiées lors de l'analyse de la flore globale à l'exception de *Tridax procumbens* qui se range parmi les espèces potentielles régionales. Leur abondance moyenne chute fortement en fin de cycle sauf pour cette dernière espèce qui constitue, avec *Commelina diffusa*, le groupe des espèces majeures régionales de fin de cycle. Dans le groupe des espèces majeures, on constate que les espèces très précoces (*Trianthema portulacastrum, Rottboellia cochinchinensis* et *Boerhavia diffusa*) se trouvent relativement défavorisées pendant l'année à pluviométrie abondante et précoce (2eme année). Leur abondance est fortement réduite en fin de cycle. En particulier, *Trianthema portulacastrum* rejoint les espèces mineures en fin de cycle.

- Les espèces potentielles manifestent un comportement très variable qui semble lié à la pluviométrie. Leur abondance moyenne en début de cycle est faible au cours de la première année à faible pluviométrie (inférieure à 1,25). Au cours de la deuxième année, leur degré d'infestation augmente fortement : fréquence et abondance moyenne sensiblement accrues en début de cycle, faible réduction de l'abondance en fin de cycle pour la majorité des espèces. En particulier, *Echinochloa colona* atteint le statut des espèces majeures locales.

- Parmi les mauvaises herbes régionales et locales situées au bas de l'échelle, le long de l'axe des abscisses, on remarque également une augmentation sensible de l'abondance moyenne de certaines espèces comme *Portulaca oleracea, Brachiaria deflexa* et *Trichodesma zeylanica* en début de cycle de la deuxième année. Toutefois ces espèces gardent leur statut au cours des deux années d'étude. La diminution de la fréquence de certaines espèces en deuxième année peut s'expliquer par le fait qu'une proportion importante de parcelles a dû être observée précocement en début de cycle.

Ces résultats confirment l'influence déterminante de la pluviométrie sur le degré d'infestation des principales mauvaises herbes, donc l'importance de l'enherbement en année à forte pluviosité.

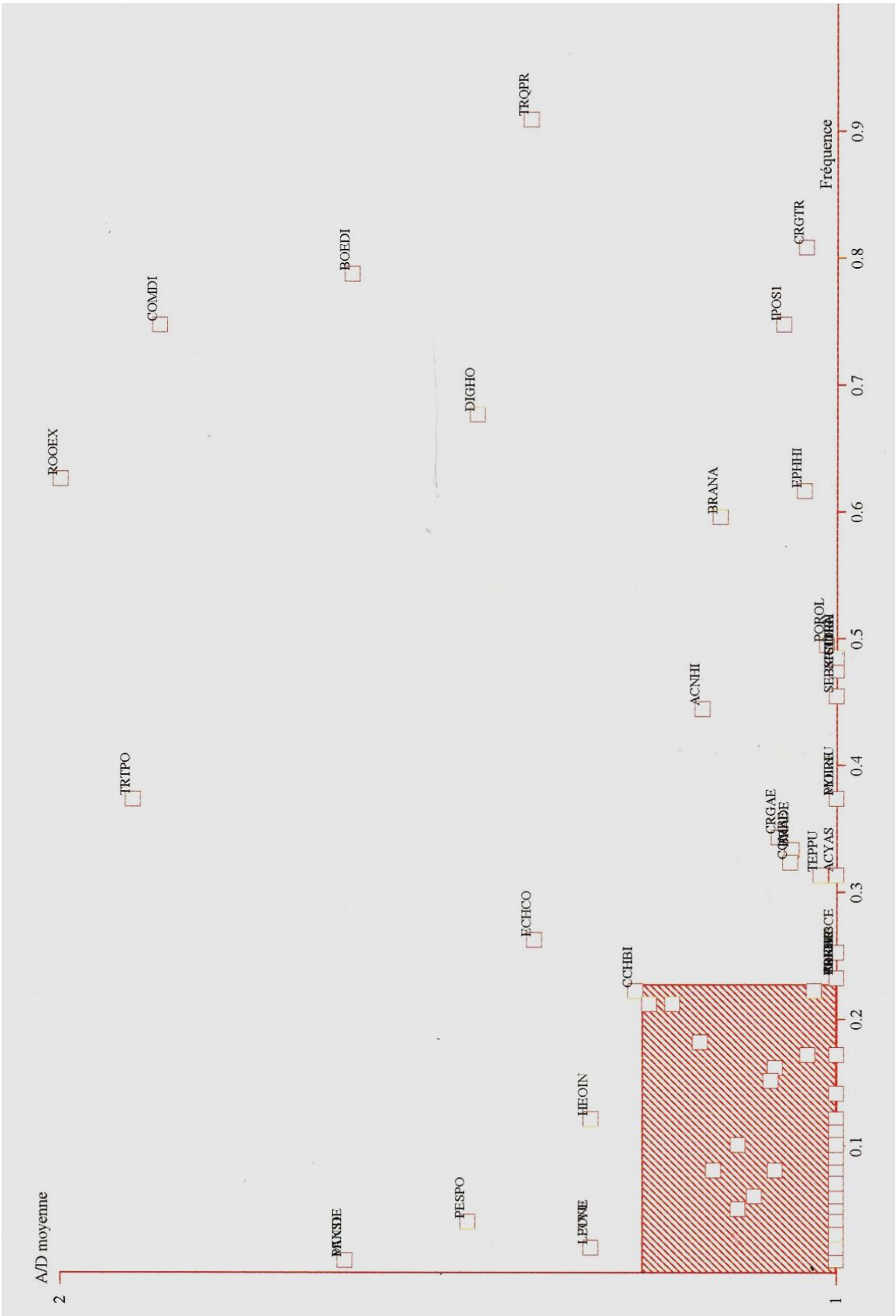


Figure 25: Diagramme d'infestation en début de cycle (1ère année)

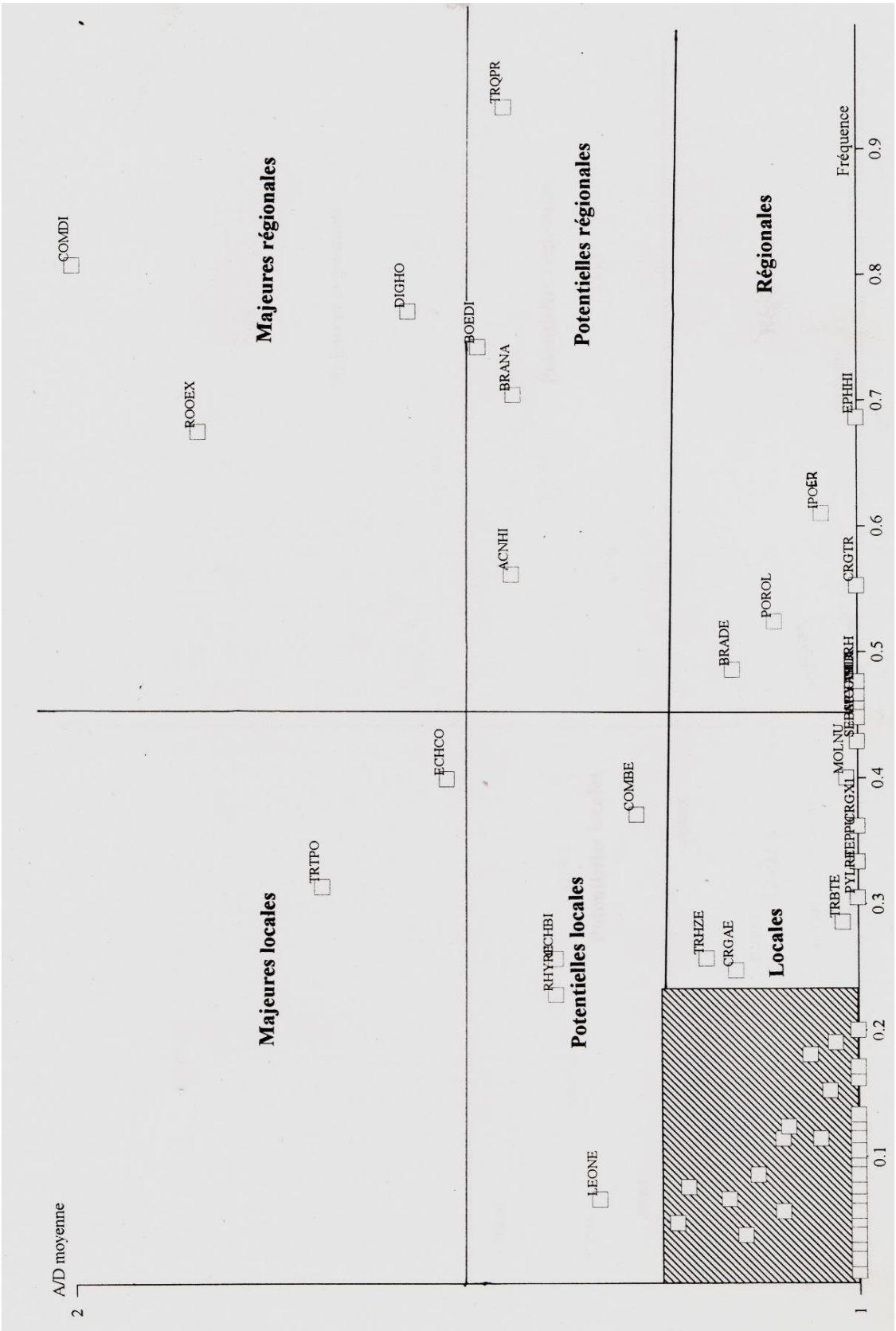


Figure 26 : Diagramme d'infestation en début de cycle (2ème année)

Figure 27 : Diagramme d'infestation en fin de cycle (2ème année)

1.6. CONCLUSION

Les résultats de l'analyse floristique des données phytoécologiques de deux années d'étude ont fait ressortir les traits caractéristiques de la flore adventice de la région. Cette flore présente une diversité spécifique relativement faible. Elle est marquée par la dominance de quelques familles importantes dont les **Poaceae**, les **Fabaceae**, les **Malvaceae** et les **Asteraceae**. La richesse floristique et le degré d'infestation des principales espèces sont influencés par la pluviométrie. L'analyse de la relation entre la fréquence et l'abondance-dominance moyenne des espèces des deux années d'étude a permis de déterminer les espèces les plus nuisibles, au centre des problèmes d'enherbement de la région. Au sein de cette flore composée de 153 espèces, une vingtaine d'espèces ont une fréquence élevée dont six sont des mauvaises herbes majeures présentant une fréquence et abondance-dominance moyenne très élevée, les plus nuisibles aux cultures pluviales. Ces espèces sont à la base des problèmes d'enherbement de la région. Elles présentent un comportement assez différent :

- Trois espèces précoces très abondantes en début de cycle, responsables des pertes sur le rendement particulièrement en culture cotonnière *Trianthema portulacastrum*, *Rottboellia cochinchinensis* ((photos 2 et 7), *Boerhavia diffusa*.

- Deux espèces permanentes et dominantes jusqu'à la fin du cycle : *Commelina diffusa* et *Digitaria horizontalis*. Ce sont des espèces gênantes difficiles à combattre aveclestechniques utilisées actuellement (sarclage manuel), (photos 3 et 9).

- Une espèce qui devient très dominante en fin de cycle donc moins nuisibles sur les rendements mais qui peut gêner la récolte du coton : *Tridax procumbens* (photo 8).

Parmi ces espèces *Commelina diffusa* constitue l'espèce la plus importante qui reste majeure jusqu'en fin de cycle. Cette espèce se révèle particulièrement adaptée aux conditions écologiques agricoles des cultures pluviales de la région. C'est l'espèce qui pose le plus de problèmes aux cultures pluviales. A ces espèces majeures, s'ajoutent un petit nombre d'espèces potentielles dont le degré de nuisibilité change fortement d'une année à l'autre, en fonction surtout de la pluviométrie. En année à forte pluviosité, elles deviennent très abondantes et posent localement des problèmes.

Toutefois, l'enherbement résulte de la coexistence de plusieurs espèces de comportement différent dont la présence et l'abondance locale sont régies par les facteurs écologiques naturels et culturaux. En fonction des conditions locales de culture, les espèces ayant une abondance moyenne à faible peuvent être localement abondantes. Il est donc essentiel de connaître les relations entre la présence/abondance des espèces et les facteurs du milieu environnemental pour mieux comprendre le processus de développement des mauvaises herbes e: mieux cerner la nature des problèmes.

RESULTATS ET INTERPRETATION

2. ETUDE ECOLOGIQUE

2.1 . ANALYSE PRÉLIMINAIRE ET CHOIX DES VARIABLES

Les données phytoécologiques de la première année ont fait l'objet d'une première analyse afin d'avoir une vue générale de la structure de l'ensemble en vue d'améliorer l'échantillonnage de la deuxième année et la suite de l'analyse. L'analyse en composantes principales avec variables instrumentales (ACPVI) et les profils écologiques ont été ainsi réalisés assez rapidement avec 198 relevés, 16 variables retenues et 137 espèces, puis avec les espèces ayant une fréquence relative supérieure à 3%. Les résultats obtenus ont montré :

- la prépondérance de quelques variables du milieu sur la distribution des espèces : ce sont en particulier les variables liées aux facteurs pédologiques, les facteurs "zone agroécologique" et "époque d'observation" ;
- une influence relativement faible des variables agrotechniques sur la flore : labour, techniques et date de semis, culture, précédent cultural, sarclage...

Ces tendances générales ont été prises en compte dans la suite de l'étude surtout dans le processus d'analyse. Ces constats ont été également vérifiés sur les données de la deuxième année qui montrent une structure identique. Finalement 9 variables ont été retenues pour les analyses phytoécologiques des données pour les deux années d'étude. Ce sont les variables les plus discriminantes vis à vis de la flore :

- les variables liées à la nature du sol : structure/ texture et type de sol,
- l'époque d'observation
- la variable "zone agroécologique"
- les variables agrotechniques : culture, degré d'intensification, assolement, âge après la dernière jachère et recouvrement global des mauvaises herbes.

Pour la pertinence des analyses, des regroupements de classes ou modalités ont été effectués au niveau de certaines variables : type de sol, structure du sol, âge après jachère et recouvrement global des mauvaises herbes (Annexe 2, Tableau 6 et Tableau 14). Le regroupement concerne les classes les moins représentées ou peu significatives dans la distribution des espèces. C'est ainsi que les 10 types de sol définis au moment de la collecte des données ont été réduits à 6 classes lors de l'établissement des profils écologiques et à 4 classes pour l'analyse finale (ACPVI). Le tableau 14 présente la signification des classes des variables analysées et le profil d'ensemble pour les deux années d'étude. Il permet d'apprécier la qualité de l'échantillonnage.

De même, les analyses ont été effectuées avec les espèces ayant une fréquence relative supérieure ou égale à 3%, soit environ 80 espèces par analyse. Dans les profils écologiques, seules les 50 premières espèces ayant la plus forte information sont présentées. Ce découpage tient compte de la qualité des résultats obtenus au cours de ces deux années.

/Classes **Variables analysées**	**1**		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**	
Zone agroécologique (1) (nb de relevés 1997-98 et 1998-99)	Zone 1 (**ZON1**)		Zone 2 (**ZON2**)		Zone 3 (**ZON3**)		Zone 4 (**ZON4**)		Zone 5 (**ZON5**)			
	42	**48**	**44**	**20**	**54**	**64**	**24**	**48**	**32**	**30**		
Type sol (profils écologiques) (nb de relevés 1997-98 et 1998-99)	Sables roux dégradés		Sables roux typiques		Sables roux foncés		Sols fersiallitiques		Vertisols		Sols alluviaux	
	26	**42**	**46**	**40**	**20**	**36**	**36**	**28**	**30**	**34**	**40**	**30**
Type sol (Analyse ACPVI) (nb de relevés 1997-98 et 1998-99)			**(Sol 2)** sables roux ± dégradés		**(Sol 3)** sables roux foncés		**(Sol 4)** sols fersiallitiques		**(Sol 5)** vertisols et sols alluviaux			
			72	**82**	**20**	**36**	**36**	**28**	**70**	**64**		
Culture (nb de relevés 1997-98 et 1998-99)	**(Cult1)** Cotonnier		**(Cult2)** Maïs-manioc		**(Cult3)** Arachide							
	128	**98**	**54**	**86**	**16**	**26**						
Degré d'intensification (nb de relevés 1997-98 et 1998-99)	**(Int1)** Culture vivrière sans labour		**(Int2)** Culture vivrière avec labour		**(Int3)** Cotonnier sans engrais		**(Int4)** Cotonnier avec engrais					
	22	**52**	**44**	**62**	**108**	**70**	**24**	**26**				
Epoque d'observation (nb de relevés 1997-98 et 1998-99)	**(Obs1)** Début de cycle		**(Obs2)** Fin de cycle									
	99	**105**	**99**	**105**								

(1) **Zone 1** : Couloir d'Antseva, **Zone 2** : plaine du bas Manombo, **Zone 3** : plateau de Vineta, **Zone 4** : bassin de Sakaraha, **Zone 5** : plaine d'Ankazoabo

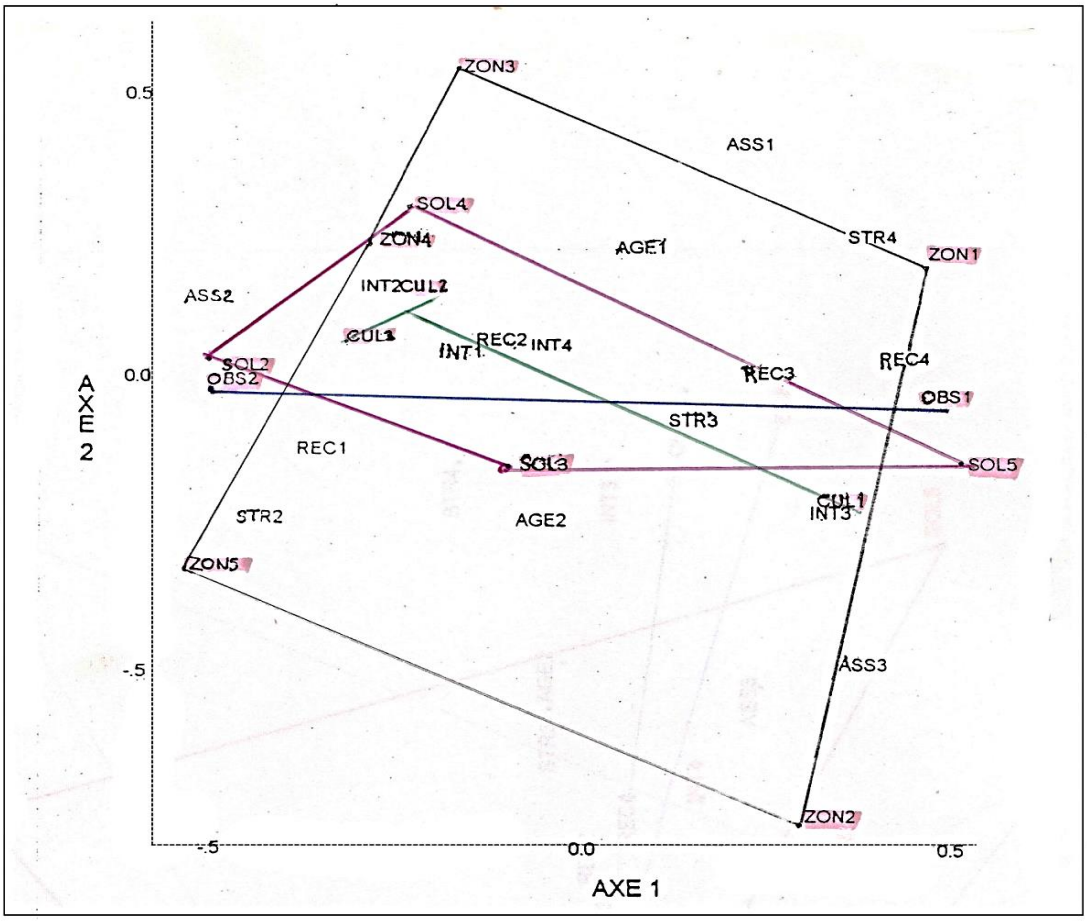
Tableau 14 : Signification des classes retenues et profil d'ensemble des variables analysées

Les données phytoécologiques des deux années d'étude ont été analysées séparément et comparées à chaque étape de l'étude afin de dégager l'évolution de la situatio au cours du temps.

2.2. CORRELATION DES VARIABLES ANALYSEES AVEC LES AXES FACTORIELS

Quatre variables seront donc analysées dans l'étude de la relation espèce – milieu : type de sol, zone agroécologique, époque d'observation et culture.

L'ACPVI a été réalisée avec 31 modalités des 9 variables choisies après une analyse préliminaire. Le sous-espace construit à partir des trois premiers axes factoriels explique 60% de la variance totale pour les données analysées de la première année et 62% pour la deuxième année. L'inertie des trois premiers axes est donnée dans le tableau 15 pour les deux années d'étude.



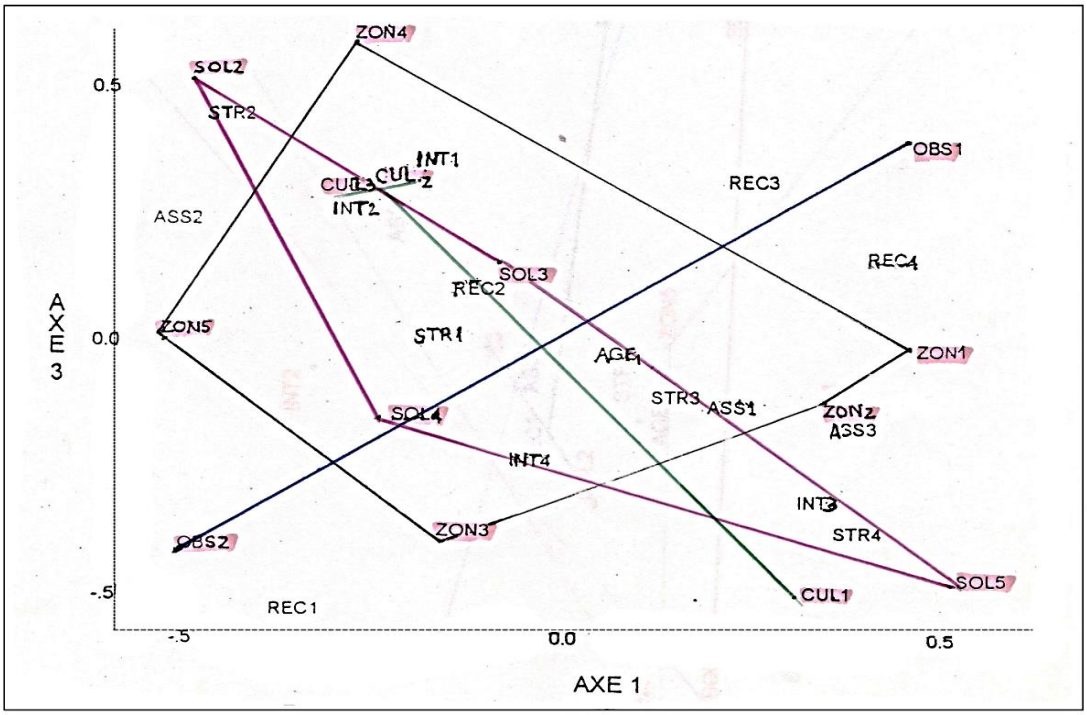


Figure 28 : Corrélation des variables avec les axes (1,2) et (1,3) (1ère année)

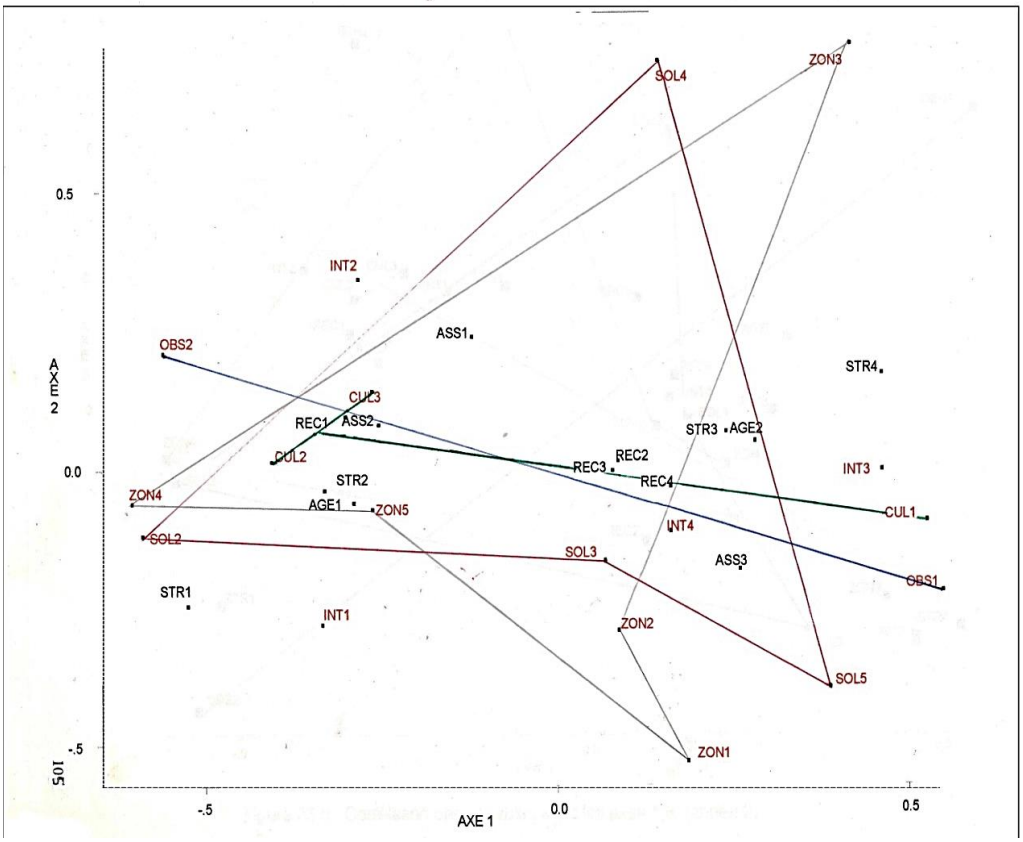


Figure 29 : Corrélation des variables avec les axes (1,2) (année 2)

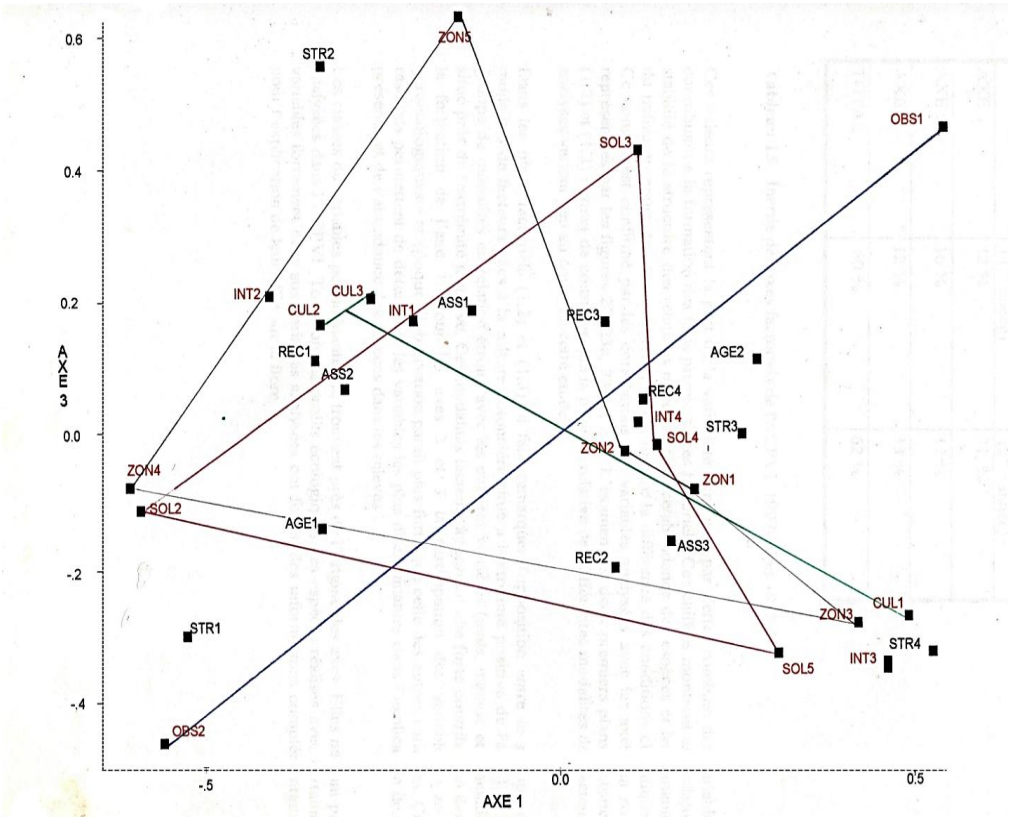


Figure 30 : Corrélation des variables avec les axes (1,3) (année 2)

	ACPVI (1997-98) (1ere année)	**ACPVI (1998-99) (2ème année)**
AXE 1	32%	31,%
AXE 2	16%	17%
AXE 3	12%	13 %
TOTAL	**60%**	**62%**

Tableau 15 : Inertie des axes factoriels de l'ACPVI. 1997-98 et 1998-99.

Ces valeurs représentent la part de la variabilité expliquée par l'effet combiné des variables contribuant à la formation des trois premiers axes factoriels. Ces chiffres montrent une relative stabilité de la structure des relations entre la présence/abondance des espèces et les variables du milieu au cours des deux années d'étude, malgré la différence des conditions climatiques. Ce constat est confirmé par les corrélations des variables analysées avec les axes qui sont représentées par les figures 28, 29a, 28b et 30. L'examen des deux premiers plans factoriels (1,2) et (1,3) permet de constater que la position relative des différentes modalités des facteurs analysés varie peu au cours de cette étude.

Dans les plans factoriels (1,2) et (1,3), il faut remarquer l'opposition entre le groupe de modalités de facteurs liées à la culture cotonnière situé à l'extrémité positive de l'axe 1 et le groupe de modalités en relation étroite avec les cultures vivrières (maïs, manioc et arachide) situé près de l'extrémité négative. Ces modalités facteurs apportent une forte contribution dans la formation de l'axe 1. Pour les axes 2 et 3 la participation des variables «zone agroécologiques » et époque d'observation paraît plus forte que celle des autres variables. Ces résultats permettent de déterminer les variables les plus discriminantes dans l'explication de la présence et de l'abondance des espèces dans les relevés.

Les classes de variables peu influentes se trouvent près de l'origine des axes. Elles ne sont pas analysées dans l'ACPVI. Toutefois les profils écologiques des espèces réalisés avec certaines variables fortement liées aux variables analysées ont fourni des informations complémentaires pour l'explication de leur effet sur la flore.

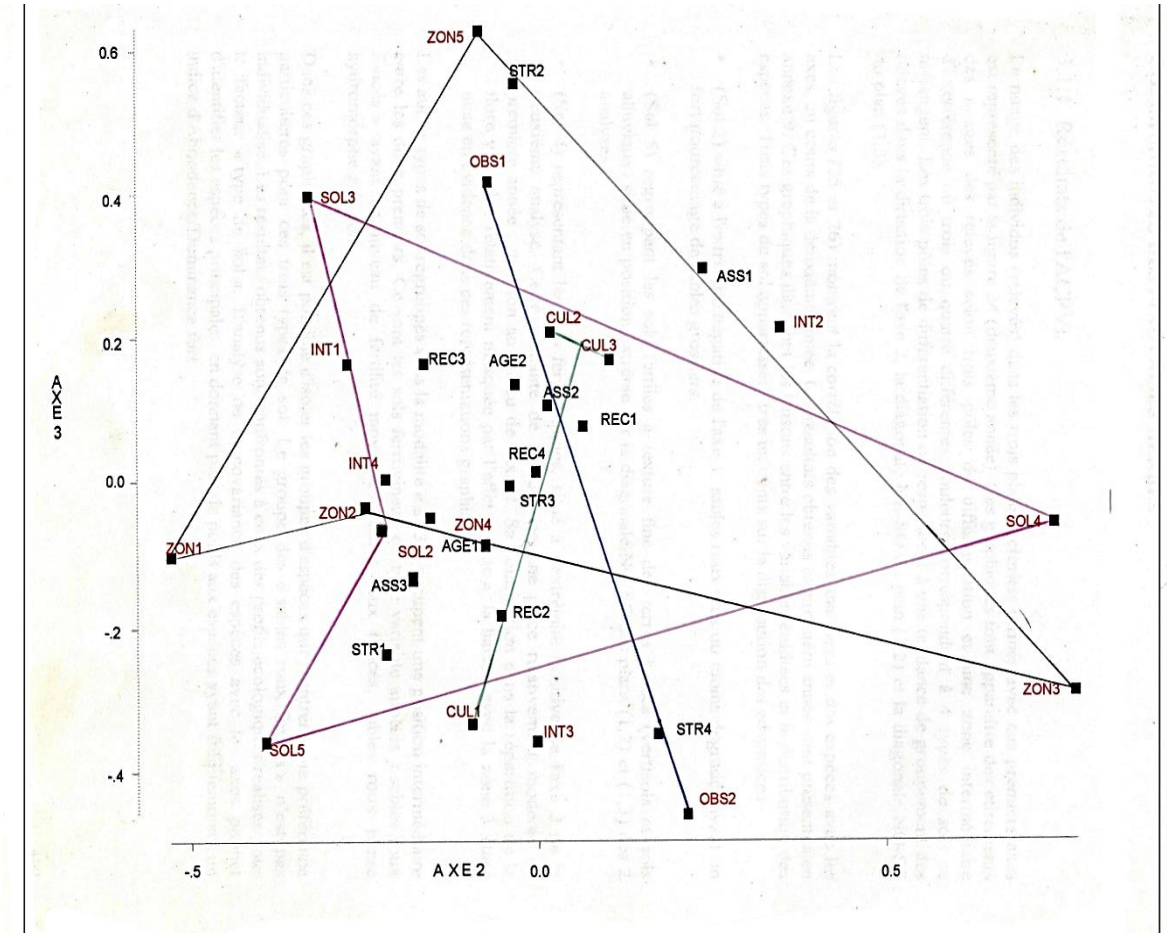


Figure 31 : Corrélation des variables avec les axes (2,3) (année 2)

2.3. EFFET DES QUATRE VARIABLES ETUDIEES DANS LA CARACTERISATION DES COMMUNAUTES DES MAUVAISES HERBES

2. 3.1. EFFET DE LA NATURE DU SOL.

2.3.1.1. Résultats de l'ACPVI.

Le nuage des individus (relevés) dans les trois plans factoriels formés avec les premiers axes est représenté par la figure 24 (deuxièmes années). Ces graphiques font apparaître des étirements des nuages des relevés selon trois pôles de différenciation et une zone intermédiaire d'interférence où trois ou quatre différentes couleurs correspondant à 4 types de sols se mélangent. Les trois pôles de différentiation correspondent à une tendance de groupement des relevés dans la direction de l'axe 2, la diagonale NE-SO du plan (1,2) et la diagonale NO-SE du plan (1,3).

Les figures (32 et 33) montrent la corrélation des variables analysées et des espèces avec les axes, au cours de la deuxième année. Les résultats obtenus en première année sont présentés en annexe 9. Ces graphiques illustrent les liaisons entre les variables étudiées et la distribution des espèces. Trois types de sol apparaissent très influents sur la distribution des adventices :

- **(Sol 2)** situé à l'extrémité négative de l'axe 1 : sables roux plus ou moins dégradés ayant un fort pourcentage de sables grossiers.

- **(Sol 5)** regroupant les sols fertiles à texture fine des terres basses (vertisols et sols alluviaux) situé en position extrême sur la diagonale NO-SE des plans (1,2) et (1,3) des 2 analyses.

- **(Sol 4)** représentant les sols fersiallitiques, situé à l'extrémité positive de l'axe 2 de la deuxième analyse. Cette modalité de sol occupe une place relativement modérée en première année : position au milieu de l'axe 2. Sa contribution dans la répartition de la flore y semble relativement masquée par l'effet « zone », la liaison avec la zone 3 étant mise en évidence dans ces représentations graphiques.

Les autres types de sol regroupés sous la modalité « sol3 » occupent une position intermédiaire entre les deux premiers. Ce sont les sols ferrugineux de type variable appelés « sables roux foncés » ayant un niveau de fertilité moyenne : sables roux foncés, sables roux phase hydromorphe gris noir.

Dans ces graphiques, il est possible d'isoler les groupes d'espèces qui montrent une préférence particulières pour ces trois types de sol. Le groupe des « sables roux foncés » n'est pas individualisé. Les résultats obtenus sont confrontés à ceux des profils écologiques réalisés pour le facteur « type de sol ». L'analyse de la covariance des espèces avec les axes permet d'identifier les espèces principales, en donnant plus de poids aux espèces ayant fréquemment un indice d'Abondance/Dominance fort.

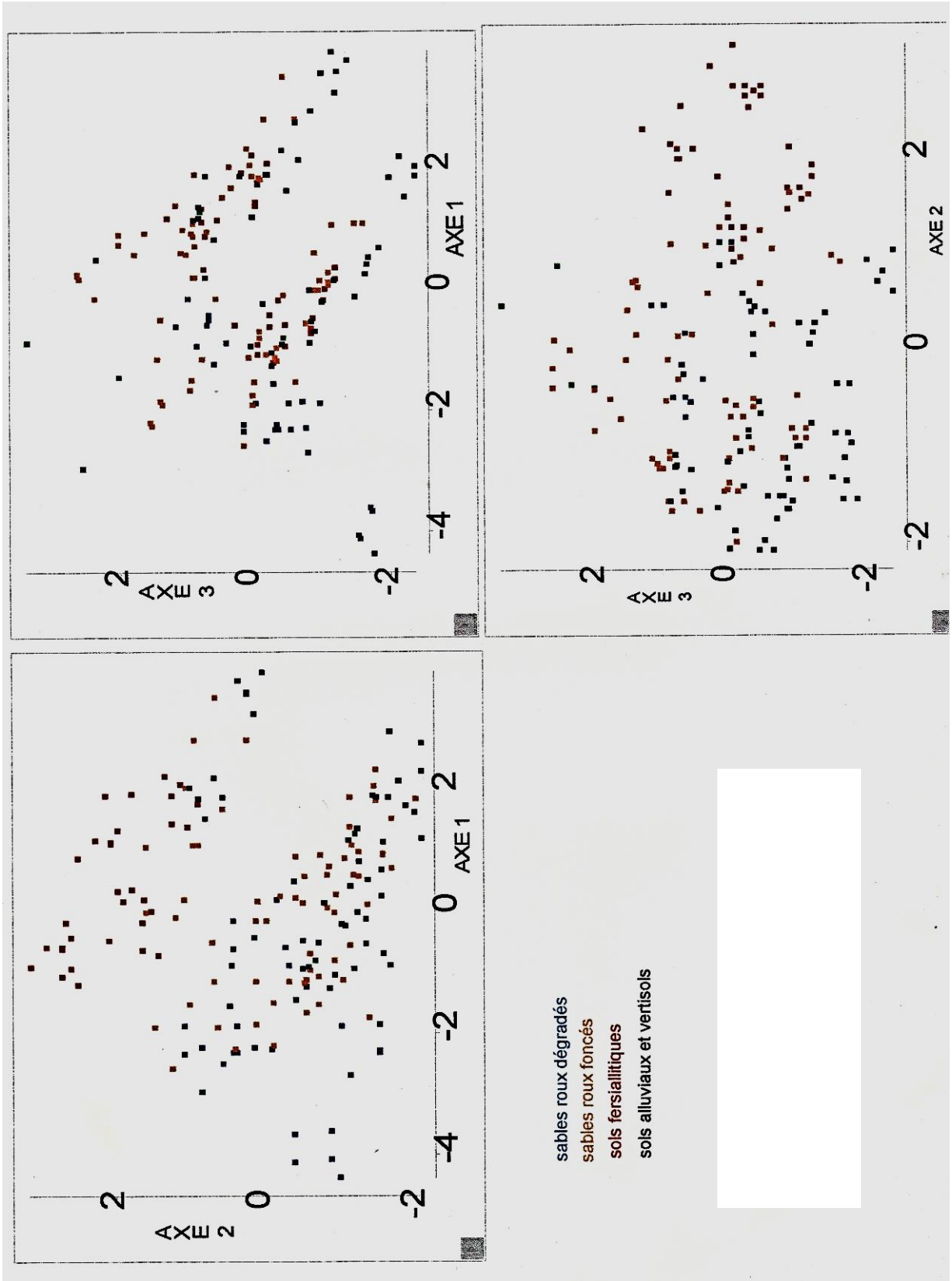


Figure 32 : Mise en évidence de l'effet « type de sol »
Nuage des relevés (année 2)

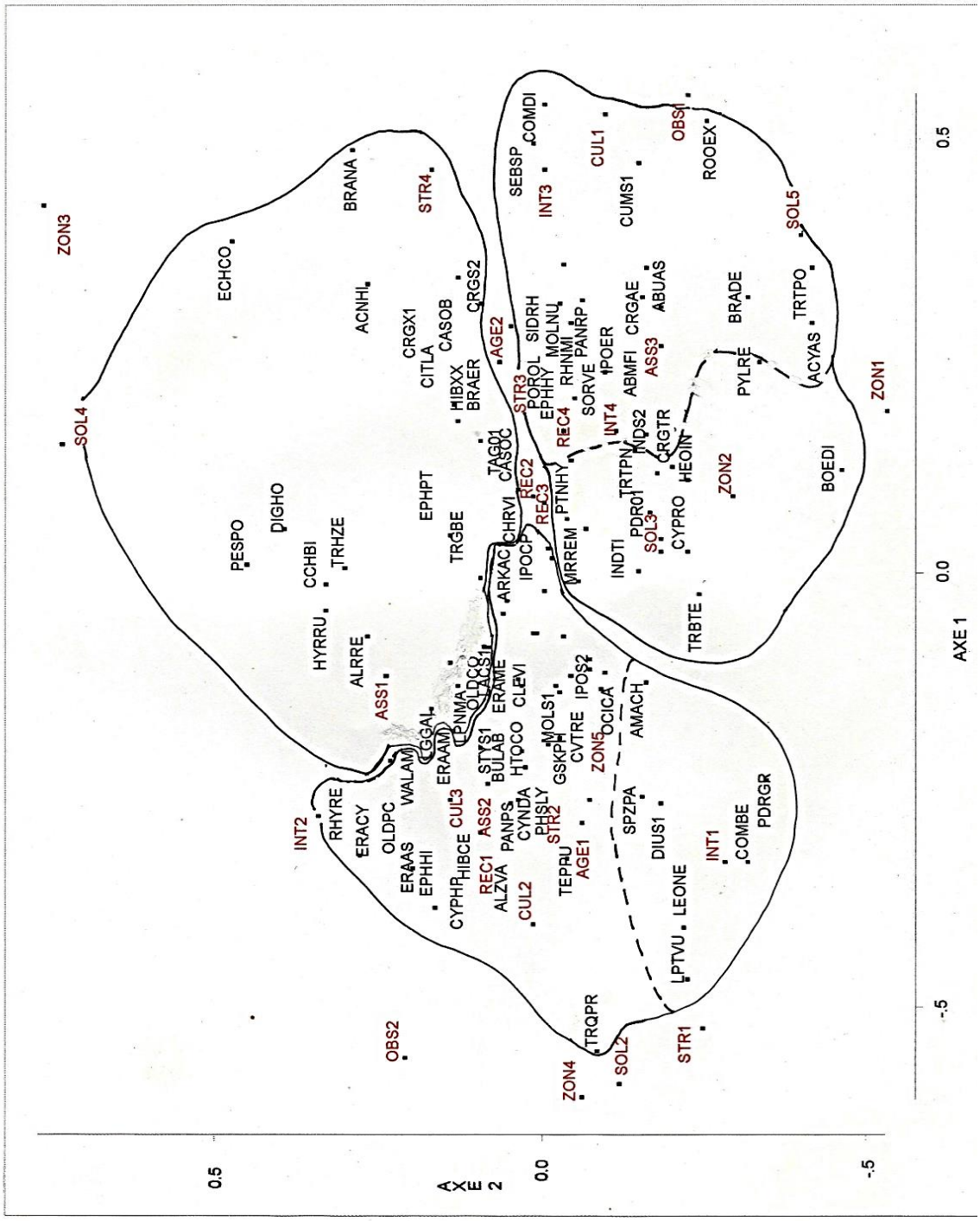


Figure 33 : Corrélation des variables et des espèces avec les axes (1,2) (année 2)

2.3.1.2. Analyse des profils écologiques.

Le profil écologique des espèces établis pour le facteur "type de sol", pour les deux années d'étude, confirme ces résultats. Les résultats sont présentés en annexe (Annexe 10a et 10b) pour les 50 espèces les plus informantes. Trois principaux groupes se distinguent de façon identique pour les deux années d'étude

- groupe des "sables roux" plus ou mois dégradés à fort pourcentage de sables grossiers (Sol 1 et 2) : *Tephrosia purpurea, Melinis repens, Leptocarydion vulpiastrum, Hibiscus caerulescens, Heteropogon contortus ...*

- groupe des sols alluviaux et des vertisols (classes 8, 9 et 10 regroupées en classe 5 pour la 2ème année) : *Abutilon asiaticum, Abelmoscus ficulneus, Achyranthes aspera, Brachiaria reptans, Sorghum verticilliflorum ...*

- groupe des sols fersiallitiques : *Echinochloa colona, Hyparrhenia rufa, Pennisetum polystachion, Celosia trigyna...*

Pour les sables roux foncés et hydromorphes qui occupent une position intermédiaire, il n'y pas de groupe bien individualisé. Les quelques espèces qui marquent une légère affinité pour ces types de sol manquent de fidélité et changent d'une année à l'autre. Ainsi ces types de sol ont une flore dont la majorité des espèces sont communes avec les autres types de sol.

2.3.1.3. Les groupes d'espèces en fonction de la nature du sol.

Le sol est un facteur majeur de discrimination de la flore des mauvaises herbes. Toutefois les différents types de sol analysés n'agissent pas au même niveau. Il semble que leur "pouvoir discriminant" sur la flore est en relation étroite avec leur **teneur en éléments fins** (argiles, limons) déterminant leur niveau de fertilité et leur capacité de rétention en eau. Quatre groupes d'espèces sont établis en fonction de leur préférence pour les principaux types de sol à partir des résultats de l'ACPVI des données phytoécologiques des deux années d'étude complétés avec l'analyse des profils écologiques. Ils sont présentés dans le tableau 16.

Dans le premier groupe (sables roux 1), un petit sous-groupe caractéristique des sables roux après défriche forestière encore riches en matière organique s'individualise. Les principales espèces dominantes sont : *Leptocarydion vulpiastrum* et *Leonotis nepetaefolia*.

GROUPE DES SABLES ROUX (SOLS FERRUGINEUX)		GROUPE DES SOLS FERSIALLITIQUES **(Sol 4)**	GROUPE DES VERTISOLS & DES SOLS ALLUVIAUX **(Sol5)**
SABLES ROUX 1 (**Sol2**)	SABLES ROUX 2 **(Sol 3)**		
TRQPR *Tridax procumbens* DIGHO *Digitaria horizontalis* TEPPU *Tephrosia purpurea* RHYRE *Melinis repens* ALZVA *Alysicarpus vaginalis* HIBCE *Hibiscu caerulescens* BULAB *Bulbostylis abortiva* CYPHP *Cyperus halpan* CLEVI *Cleome viscosa* ERACY *Eragrostis cylindriflora* ERAAS *Eragrostis aspera* EPHHI *Euphorbia hirta* CYNDA *Cynodon dactylon* WALAM *Waltheria indica* IPOS2 *Ipomoea bolusiana* GSKPH *Gisekia pharmacoides* OLDPC *Oldenlandia pauciflora* DTTAE *Dactyloctenium aegyptium* PANSP *Panicum pseudoveltzkowii* ---------- LPTVU *Leptocarydion vulpiastrum* LEONE *Leonotis nepetaefolia* COMBE *Commelina benghalensis* SPZPA *Sporobolus regularis* AMACH *Amaranthus hybridus* PDRGR *Poederia grevei* DIUS1 *Dioscorea heteropoda*	TRQPR *Tridax procumbens* DIGHO *Digitaria horizontalis* BOEDI *Boerhavia diffusa* RHYRE *Melinis repens* CCHBI *Cenchrus bifiorus* CRGTR *Corchorus trilocularis* IPOER *Ipomoea eriocarpa* COMBE *Commelina benghalensis* DTTAE *Dactyloctenium aegyptium* IPOCP *Ipomoea coptica* MOLS1 *Mollugo sp* PANPS *Panicum pseudoveltzkowii* OCICA *Ocimum canum*	ECHCO *Echinochloa colona* TRHZE *Trichodesma zeylanica* BRANA *Brachiaria nana* DIGHO *Digitaria horizontalis* PESPO *Pennisetum polystachion* ACHNI *Acanthospermum hispidum* HYRRU *Hyparrhenia rufa* RHYRE *Melinis repens* CCHBI *Cenchrus bifiorus* LGGAL *Laggera alata* EPHHI *Euphorbia hirta* EPHPT *Euphorbia prostrata* MEOCO *Melochia corchorifolia* ALRRE *Altemanthera repens* ERAAS *Eragrostis aspera* BRAER *Brachiaria eruciformis* CASOB *Cassia obtusifolia* CASOC *Cassia occidentalis* TAG01 *Tagetes sp* TRGBE *Tragus barterionianus*	ROOEX *Rottboellia cochinchinensis* TRTPO *Trianthema portulacastrum* COMDI *Commelina diffusa* BRADE *Brachiaria deflexa* ACYAS *Achyranthes aspera* CUMS1 *Cucumis* sp SEBSP *Sesbania sesban* CRGAE *Corchorus aestuans* PYLRE *Phyllanthus revanghani* ABMFI *Abelmoschus ficulneus* ABUAS *Abutilon asiaticum* RHNMI *Rhynchosia minima* CYPRO *Cyperus rotundus* IPOER *Ipomoea eriocarpa* POROL *Portulaca oleracea* EPHHY *Euphorbia hypericifolia* SORVE *Sorghum verticilliflorum* SIDRH *Sida rhombifolia* PANRP *Brachiaria reptans* BRAER *Brachiaria eruciformis* ---------- BOEDI *Boerhavia diffusa* TRTPN *Trianthema pentandra* HEOIN *Heliotropium indicum* PTNHY *Parthenium hysterophorus* AERJA *Aerva javanica* CASS1 *Cassia sp* BRAER *Brachiaria eruciformis* PANRP *Brachiaria reptans*

Tableau 16 : Préférence des espèces en fonction des types de sol.

Mais les deux premiers groupes peuvent être considérés comme une subdivision d'un groupe plus large « des sables roux ». Ils comprennent trois espèces principales communes : *Tridax procumbens*, *Dïgitaria horizontalis* et *Melinis repens*. Malgré son caractère ubiquiste *Boerhavia diffusa* montre une préférence assez marquée pour les sables roux foncés.

Dans le troisième groupe on peut isoler un petit sous-groupe caractéristique des sols alluviaux de texture moins fine où *Boerhavia diffusa* constitue l'espèce majeure.

2.3.2. EFFET DE LA ZONE AGROECOLOGIQUE.

Les zones agroécologiques étudiées sont (figure 12) :

- **zone 1** : le couloir d'Antseva, la principale zone cotonniére du Sud-Ouest, située dans le domaine côtier, à 100 km au nord de Toliara.
- **zone 2 :** la plaine du bas Manombo située dans le domaine côtier à 50 km au nord de Toliara.
- **zone 3** : le plateau de Vineta, zone cotonniére de l'arriére pays traversée par la RN 7 environ à 100 km de Toliara.
- **zone 4 :** Sakaraha, zone de plateau limitrophe du domaine gréseux, sur la RN 7 à 140 km de Toliara.
- **zone 5 :** la plaine d'Ankazoabo, principale zone de production de la partie nord de l'arrière pays, à 250 km de Toliara.

2.3.2.1. Résultats ACPVI.

Les figures 34 et 35 montrent le nuage des relevés floristiques dans les plans factoriels (1, 2), (1, 3) des deux années d'étude. Dans le plan factoriel (1, 2) de la deuxième année (figure 28), les relevés de la zone 3 se distinguent dans la direction diagonale SO-NE, ceux des autres zones étant plus ou moins mélangés. Tandis que le plan factoriel (1, 2) de la première année sépare les relevés des zones 1 (A), 2 (B) et 5 (E). Dans les plans (2, 3) on observe plutôt des étirements dans trois directions différentes avec une tendance à une différenciation pour les zones 3 et 5 en deuxième année. Ces résultats montrent que le facteur "zone agroécologique" est un facteur de discrimination majeure de la flore adventice. Ces constats sont confirmés par les positions des modalités de ce facteur dans les plans factoriels des figures 22, 23a, 23b, et 23 c montrant la corrélation des variables du milieu avec les axes.

Les relevés de la zone 4 la moins individualisée, se trouvent toujours dispersés et mélangés avec ceux des zones 3 et 5. Les relevés des zones 1 et 2 sont également très rapprochés ou plus ou moins mélangés. Ces deux modalités occupent des positions très rapprochées dans les figures 23a, 23b et 23c.

Ces figures montrent également l'existence d'une corrélation assez forte entre les facteurs "zone" et "type de sol", le facteur pédologique étant un des principaux critères pris en compte dans le zonage agroécologique lors de l'échantillonnage :

- zone 1 et 2 avec les vertisols et sols alluviaux (Sol 5),
- zone 3 et les sols fersiallitiques (Sol 4),
- zone 4 et les sables roux ayant un fort pourcentage de sables grossiers (Sol2).

Ces résultats permettent de rassembler les principaux groupes d'espèces en fonction de leur préférence spatiale liée aux facteurs agroécologiques. Ils sont établis à partir de l'analyse des figues 31a, 31b, et 32a, 32b, montrant les covariances des espèces avec les axes puis la figure 25a et l'annexe 9a. Les listes obtenues sont précisées avec les résultats des profils écologiques en fonction du facteur "zone agroécologique".

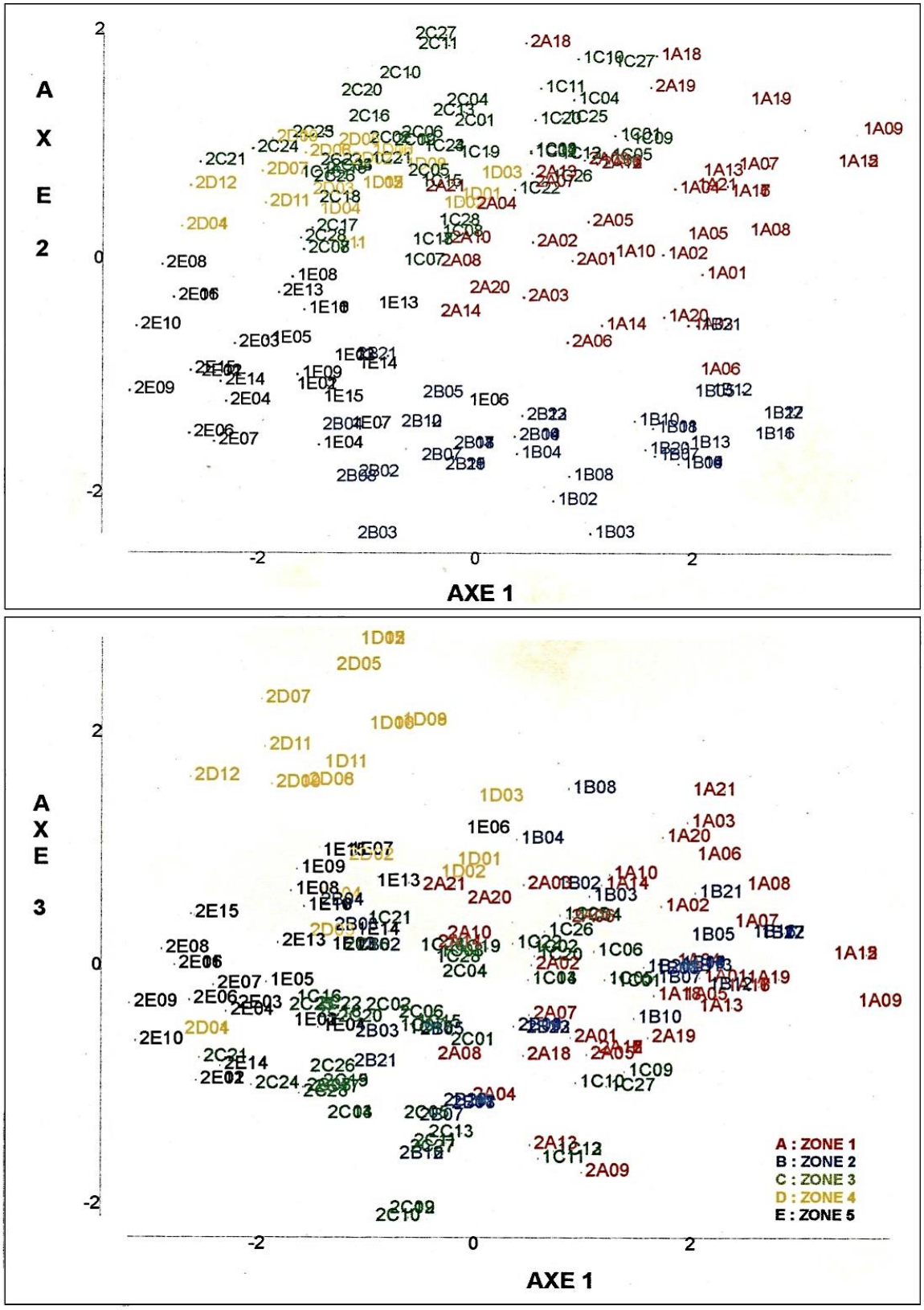


Figure 34 : Mise en évidence de l'effet zone agroécologique
Nuage des relevés sur les planc (1,2) et 1,3) (année 1)

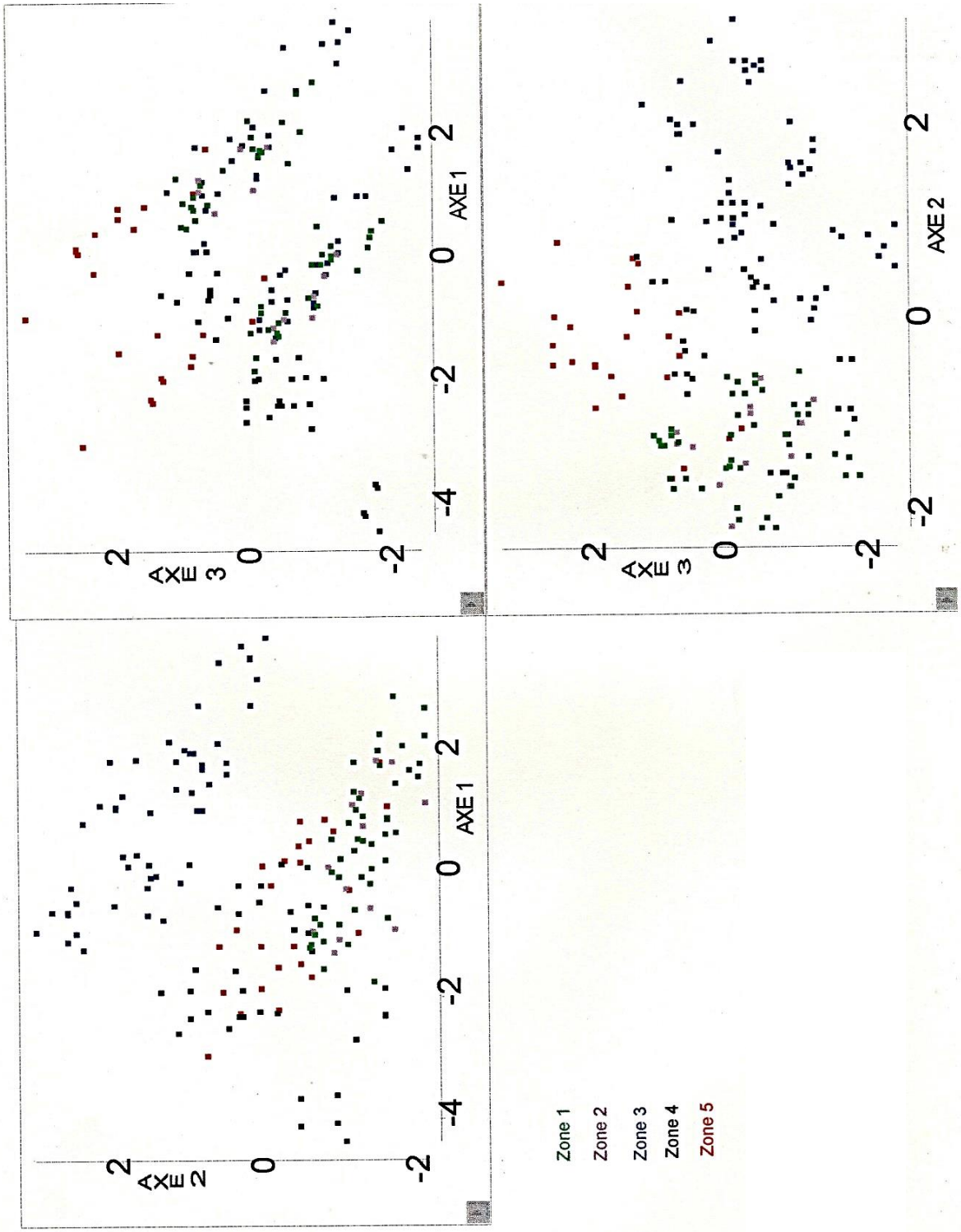


Figure 35 : Mise en évidence de l'effet zone agroécologique
Nuage des relevés ((année 2)

2.3.2.2. Profils écologiques en fonction du facteur "zone agroécologique".

Le profil écologique des espèces réalisé pour le facteur "zone" est présenté en annexe (Annexe 11a et 11b) pour les 50 espèces les plus informantes. Ces résultats confirment ceux obtenus avec l'ACPVI concernant le poids du facteur "zone" et apportent des précisions sur la distribution des espèces peu abondantes mais indicatrices du milieu. Ainsi les zones 1 et 2 forment deux groupes assez bien distincts en première année. En deuxième année, les deux groupes tendent à se confondre. On observe trois principaux groupes au lieu de quatre.

Cette situation peut être expliquée par la faiblesse de l'échantillonnage dans cette zone en deuxième année. En raison du changement important dans les situations agricoles causé par la forte pluviosité de la deuxième saison dans cette plaine. La moitié des parcelles d'observation ont été abandonnées par les paysans. Le taux d'échantillonnage obtenu n'a pas permis au groupe de cette zone de s'individualiser dans l'analyse de la deuxième année. Les zones 4 et 5 présentent de nombreuses espèces indicatrices communes pour les deux années d'étude.

2.3.2.3. Les groupes de mauvaises herbes en fonction de leur préférence pour le facteur "zone agroécologique".

Les résultats obtenus par la synthèse des deux approches sont synthétisés dans le tableau 17. Il montre quatre principaux groupes d'espèces. Tandis que les résultats de la deuxième année ne permettent d'identifier que trois groupes (Figure 36). Il ressort de ce tableau que les espèces importantes se concentrent dans les zones cotonnières à forte potentialité : zone 1 et 2. Les différents groupes présentent un certain nombre d'espèces communes indifférentes ou à amplitude écologique très large. Leur dominance semble liée au type de sol le plus représenté.

Le groupe des zones 4 et 5 (Sakaraha et Ankazoabo) qui couvrent des milieux diversifiés à agriculture extensive est plus riche en espèces indicatrices que les autres groupes. Il contient essentiellement des espèces à faible indice d'abondance-dominance. Par contre, les zones cotonnières à agriculture relativement intensive contiennent moins d'espèces indicatrices mais la plupart des espèces majeures.

Le groupe de la zone 3 contient beaucoup d'espèces communes avec le groupe de sol 4 (sols fersiallitiques).

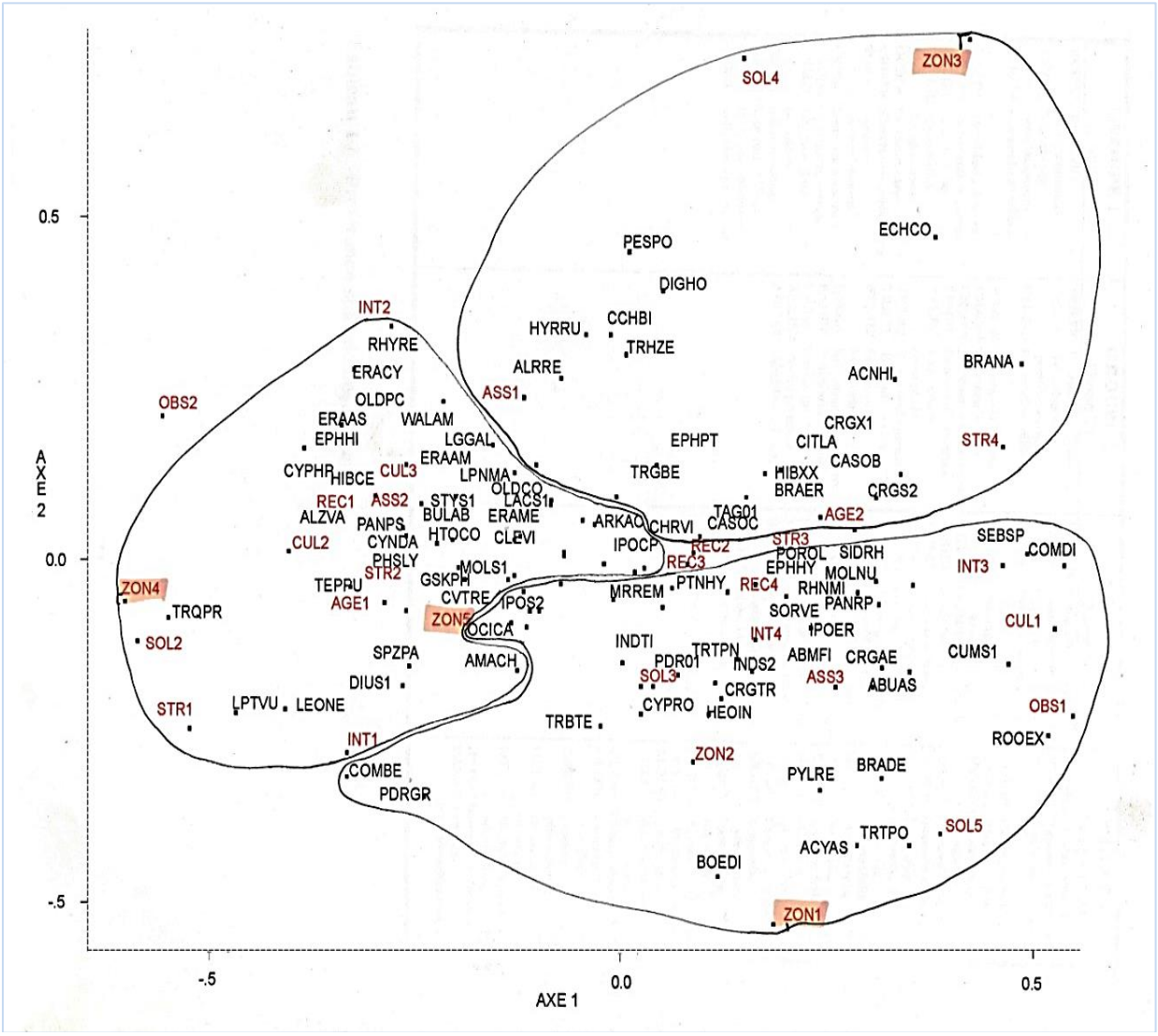


Figure 36 : Correlation des variables et des espèces avec les axes (1,2) (année 2)
Groupes des espèces liées selon les zones agroécologiques

GROUPE 1 (Zone 1)	**GROUPE 2 (Zone 2)**	**GROUPE 3 (Zone 3)**	**GROUPE 4 (Zone 4 et 5)**
ROOEX *Rottboellia cochinchinensis*	BOEDI *Boerhavia diffusa*	ECHCO *Echinochloa colona*	TRQPR *Tridax procumbens*
TRTPO *Trianthema portulacastrum*	TRTPO *Trianthema portulacastrum*	ACHNI *Acanthospermum hispidum*	TEPPU *Teprosia purpurea*
COMDI *Commelina diffusa*	COMDI *Commelina diffusa*	BRAN A *Brachiaria nana*	BOEDI *Boerhavia diffusa*
BRADE *Brachiaria deflexa*	BRADE *Brachiaria deflexa*	TRHZE *Trichodesma zeylanicum*	CCHBI *Cenchrus biflorus*
ACYAS *Achyranthes aspera*	BRAN A *Brachiaria nana*	DIGHO *Digitaria horizontalis*	RHYRE *Melinis repens*
CUMS1 *Cucumis sp*	CRGTR *Corchorust trilocularis*	CCHBI *Cenchrus biflorus*	HTOCO *Heteropogon contortus*
COMBE *Commelina benghalensis*	PHPT *Euphorbia prostrata*	SEBSP *Sesbania sesban*	IPOCP *Ipomoea coptica*
OCICA *Ocimum canum*	PYLRE *Phyllanthus revanghani*	RHYRE *Melins repens*	IPOER *Ipomoea eriocarpa*
CRGTR *Corchorus trilocularis*	TRTPN *Trianthema pentandra*	CRGX1 *Corchorus sp*	LPTVU *Leptocarydion vulpiastrum*
SORVE *Sorghum verticilliflorum*	TRBTE *Tribulus terrestris*	MOLNU *Mollugo nudicaulis*	LEONE *Leonotis nepetaefolia*
IPOER *Ipomoea eriocarpa*	PTNHY *Parthenium hysterophorus*	EPHHI *Euphorbia hirta*	ALZVA *Alysicarpus vaginalis*
CRGAE *Corchorus aestuans*	HEOIN *Heliotropium indicum*	EPHPT *Euphorbia prostrata*	CYPHP *Cyperus halpan*
ABMFI *Abelmoschus ficulneus*	PANRP *Brachiaria reptans*	PESPO *Pennisetum polystachion*	HIBCE *Hibiscus caerulescens*
SEBSP *Sebania sesban*	CASS1 *Cassia sp*	BRAER *Brachiaria eruciformis*	ERAAS *Eragrostis aspera*
SIDRH *Sida rhombifolia*	AERJVA *Aerva javanica*	ALRRE *Altemanthera repens*	ERACY *Eragrostis cylindriflora*
IPOS2 *Ipomoea bolusiana*	ABU AS *Abutilon asiaticum*	HYRRU *Hyparrhenia rufa*	SPZPA *Sporobolus regularis*
INDS2 *Indigofera practicola*		TAGO1 *Tagetes minuta*	CYNDA *Cynodon dactylon*
		MEOCO *Melochia corchorifolia*	WALAM *Waltheria indica*
			MOLS1 *Mollugo sp*
			PHSLY *Macroptillium lathyroides*
			CLEVI *Cleome viscosa*
			OLDPC *Oldenlandia pauciflora*
			GSKPH *Gisekia pharmacoides*
			BULAB *Bulbostylis abortiva*
			DTTAE *Dactyloctenium aegyptium*
			IPOS2 *Ipomoea bolusiana*
			PANPS *Panicum pseudovoeltzkowii*

Tableau 17 : Préférence spatiale des espèces.

Le groupe des zones 4 et 5 (Sakaraha et Ankazoabo) qui couvrent des milieux diversifiés à agriculture extensive est plus riche en espèces que les autres groupes. Il contient essentiellement des espèces à faible indice d'abondance-dominance. Par contre, les zones cotonnières à agriculture relativement intensive contiennent moins d'espèces indicatrices mais la plupart des espèces majeures.

2.3.3. EFFET DE L'EPOQUE D'OBSERVATION

2.3.3.1. Résultats ACPVI.

Le nuage des relevés floristiques dans les plans factoriels (1, 2), (1, 3) et (2, 3) pour la deuxième année d'étude est représenté sur la figure 29. L'examen du plan factoriel (1, 3) de cette figure montre deux groupes de relevés selon l'époque d'observation. Dans le plan (1, 2), on observe un étirement du nuage indiquant l'existence d'un gradient dans le sens de l'axe 1. Ainsi l'époque d'observation est un facteur de différenciation de la flore adventice.

Dans les figures 26a et annexe 9 montrant la corrélation des variables et des espèces avec les axes, pour les deux analyses, on observe que l'axe 1 des plans (1,2) et la diagonale SO-NE des plans (1,3) opposent l'observation en début de cycle (obsl) et l'observation en fin de cycle (obs2). Ainsi l'examen de la répartition des espèces dans ces plans factoriels établis pour les deux années d'étude permet de constituer les groupes d'espèces selon leur préférence saisonnière (Figure 26 a). Les principales espèces sont mises en évidence par les figures 31a, 31b 32a et 32b représentant les covariances des espèces avec les axes. Les résultats sont affinés avec ceux obtenus avec les profils écologiques.

2.3.3.2. Profil écologique des espèces en fonction de l'époque d'observation.

Le profil écologique des espèces en fonction de l'époque d'observation, pour les deux années d'étude est présenté respectivement dans l'annexe 12a et 12b. Il ressort de ces tableaux que très peu d'espèces manifestent une préférence pour "la fin de cycle". Ces résultats peuvent être expliqués par les caractéristiques du climat de la région notamment le régime pluviométrique des deux saisons culturales d'observation : saison des pluies courte avec arrêt précoce des pluies par rapport au cycle de la végétation. En première année, l'effet "époque d'observation" paraît relativement faible. Il semble relativement masqué par l'effet des autres facteurs du milieu. En deuxième année, une pluviométrie plus abondante et précoce a fait apparaître un effet plus marqué de ce facteur.

Ces résultats sont confrontés à ceux de l'ACPVT précédents pour identifier les groupes d'espèces selon leur préférence de début ou de fin de cycle.

2.3.3.3. Les groupes d'espèces en fonction de l'époque d'observation.

Les groupes d'espèces obtenus en fonction de l'époque d'observation sont présentés dans le tableau 18. Ces résultats montrent l'évolution de la flore au cours du cycle cultural. Il apparaît que les espèces majeures de la région sont plus fréquentes et abondantes en début de cycle. Les principales espèces sont :

Commelina diffusa
Rottboellia cochinchmensis
Trianthemci portulacastrum
Echinochloa colona

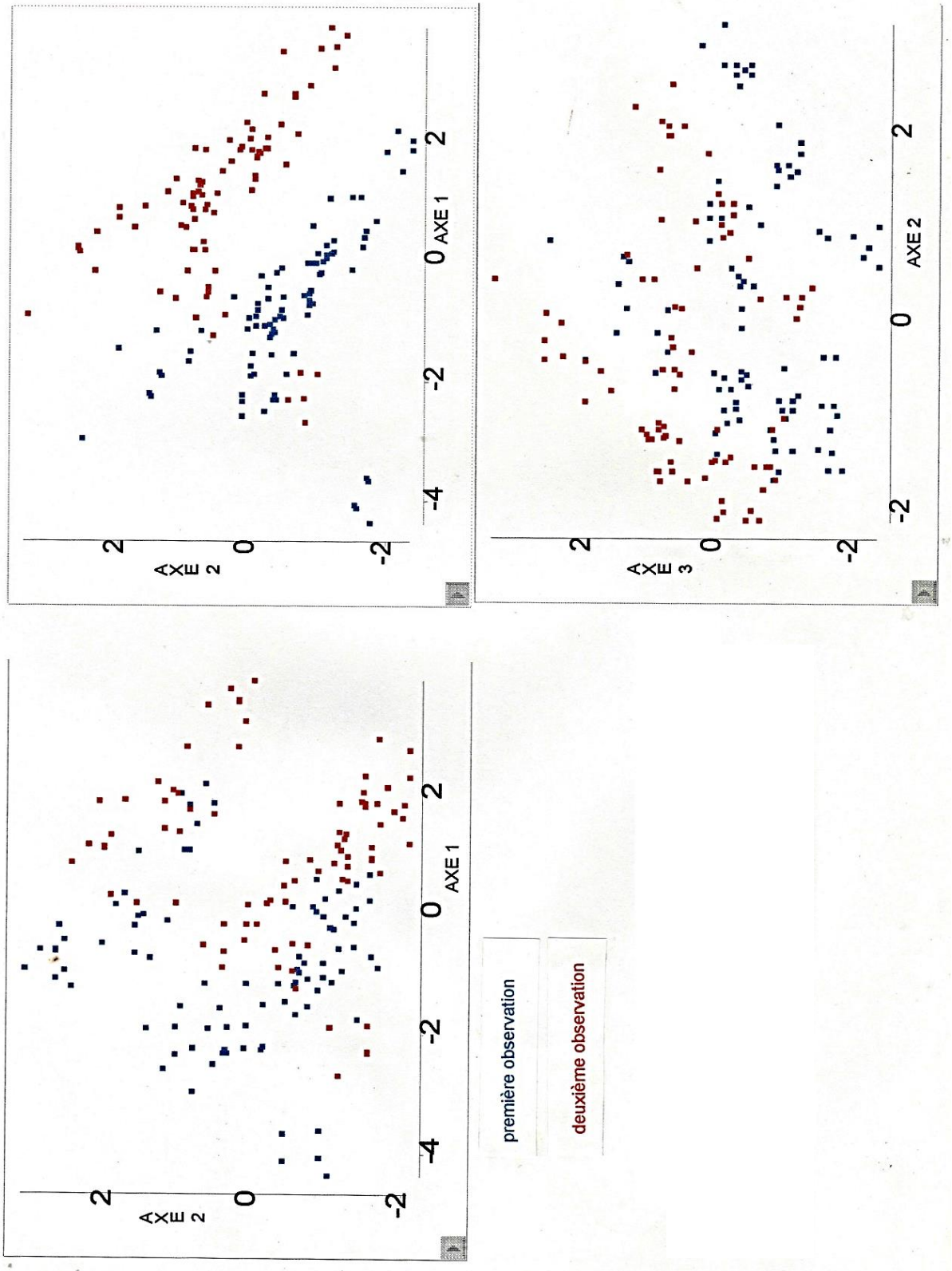


Figure 37 : Mise en évidence de l'effet époque d'observation
Nuage des relevés (année 2)

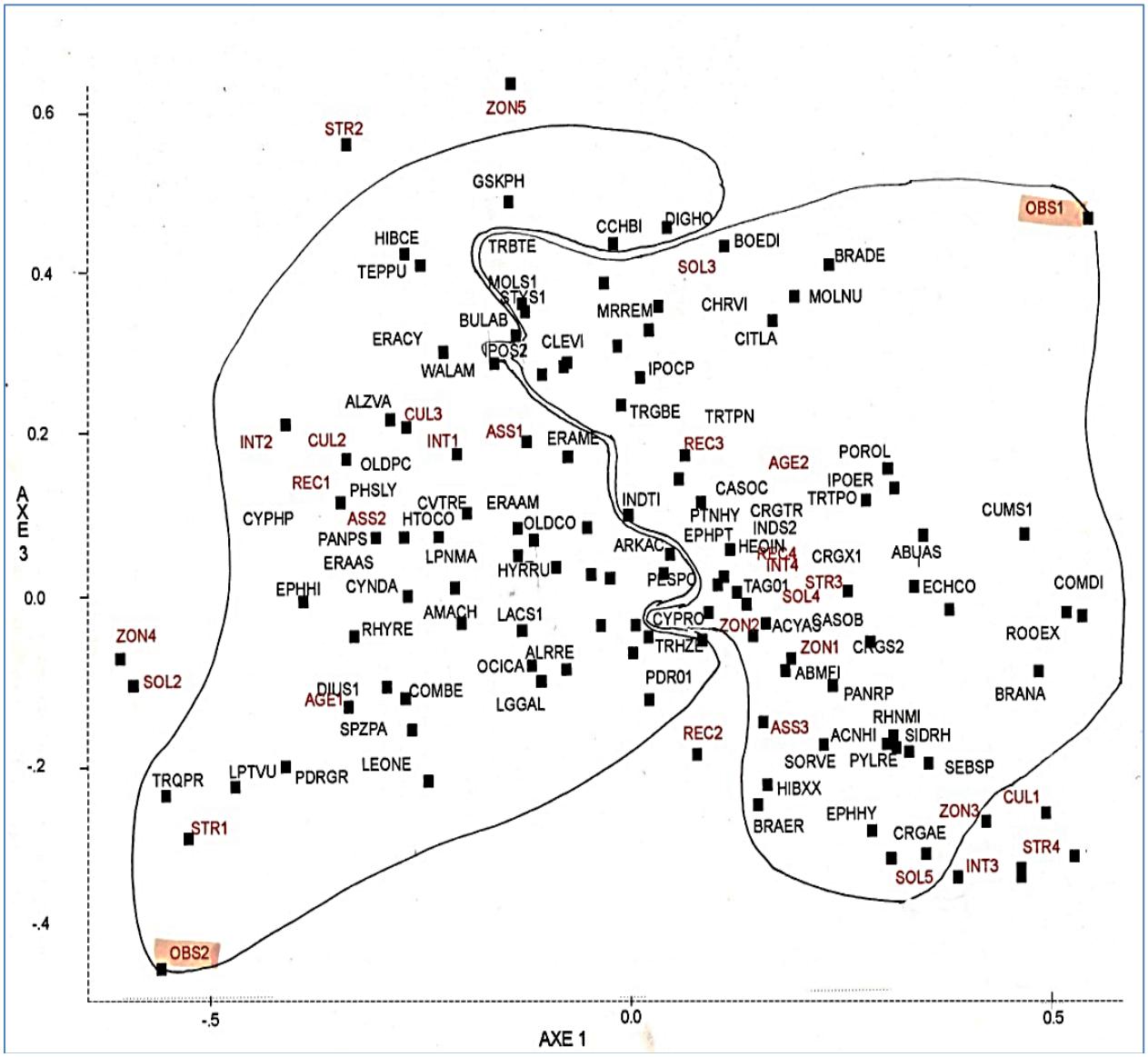


Figure 38 : Corrélation des espèces et des variables avec les axes (1,3) (année 2)
Groupe des espèces de début et de fin de cycle

Brachiaria nana
Acanthospermum hispidum
Boerhavia diffusa
Digitaria horizontalis

La précocité de ces espèces et leur adaptation aux systèmes culturaux de la région méritent d'être soulignées car les premières observations dans cette étude ont été souvent réalisées à un stade très précoce. Dans les cultures cotonnières, les premiers sarclages interviennent à partir du dixième jour après un semis effectué en période de pluie. C'est ainsi que la réalisation des premières observations a représenté un facteur limitant pour l'obtention d'un échantillonnage plus élargi et équilibré dans cette étude, vue la dispersion des parcelles dans l'espace. Les parcelles de cotonnier sur vertisols infestées par *R.cochinchinensis* ou par *C.diffusa* qui ne sont pas sarclées dans les 20 jours après le semis sont souvent abandonnées par les propriétaires. Les cotonniers fortement concurrencés par ces adventices auront beaucoup de mal à reprendre même si les parcelles sont devenues propres par la suite.

GROUPE DES ESPECES DE DEBUT DE CYCLE		GROUPES DES ESPECES DE FIN DE CYCLE	
ROOEX	*Rottboellia cochinchinensis*		
COMDI	*Commelina diffusa*		
TRTPO	*Trianthema portulacastrum*	DIGHO	*Digitaria horizontalis*
		TRQPR	*Tridax procumbens*
ACHNI	*Acanthospermum hispidum*	RHYRE	*Melinis repens*
BOEDI	*Boerhavia diffiisa*	TRHZE	*Trichodesma zeylanicum*
ECHCO	*Echinochloa colona*	TEPPU	*Tephrosia purpurea*
DIGHO	*Digitaria horizontalis*		
BRANA	*Brachiaria nana*	LPTVU	*Leptocarydion vulpiastrum*
BRADE	*Brachiaria deflexa*	ERAAS	*Eragrostis aspera*
BRAER	*Brachiaria eruciformis*	LEONE	*Leonotis nepetaefolia*
ACYAS	*Achyranthes aspera*	PDRGR	*Poederia grevei*
IPOER	*Ipomoea eriocarpa*	OCICA	*Ocimum canum*
POROL	*Portulaca oleracea*	LGGAL	*Laggera alata*
		ALZVA	*Alysicarpus vaginalis*
CUMS1	*Cucumis sp*	OLDPC	*Oldenlandia pauciflora*
CRGAE	*Corchorus aestuans*	COMBE	*Commelina benghalensis*
SEBSP	*Sesbania punctata*	WALAM	*Waltheria indica*
ABUAS	*Abutilon asiaticum*	ALRRE	*Altemanthera repens*
TRBTE	*Tribulus terrestris*	PCYOCO	*Polycarpaea corymbosa*
CRGTR	*Corchorus trilocularis*	STRAN	*Striga asiatica*
PYLRE	*Phyllantus revanghani*		
SIDRH	*Sida rhombifolia*		
MOLNU	*Mollugo nudicaulis*		
IPOS2	*Ipomoea bolusiana*		
INDTI	*Indigofera tinctoria*		
EPHPT	*Euphorbia prostrata*		
CITLA	*Citrullus lanatus*		
CASOB	*Cassia obtusifolia*		
CASOC	*Cassia occidentalis*		
CLEVI	*Cleome viscosa*		

Tableau 18 : Groupes d'espèces en fonction de leur préférence saisonnière.

Les relevés du début de cycle ont un nombre d'espèces caractéristiques plus important que ceux effectués en fin de cycle. *Striga asiatica*, espèce parasite des céréales, appartient au

groupe des espèces de fin de cycle. En fait cette plante germe très tôt mais elle se développe de façon souterraine au dépend de son hôte, donc invisible pour l'observateur durant le début de cycle (phase souterraine).

2.3.4. EFFET DE LA CULTURE

Cette étude concerne les quatre principales cultures pluviales du Sud-Ouest qui sont dans l'ordre d'importance, si on écarte les cultures de maïs sur brûlis forestier : le cotonnier, le manioc, le maïs et l'arachide. Dans les champs permanents, le maïs et le manioc sont généralement associés. De plus ces cultures sont conduites à peu près de la même façon : faible densité de semis, mise en place très précoce, terrain de culture souvent de fertilité moyenne à faible, pratique fréquente de la jachère et du labour minimum (confection de butte pour le manioc, semis direct après un nettoyage sommaire pour le maïs). Ces constats nous ont amené à regrouper ces deux cultures sous la modalité "cult2" dans l'analyse des résultats. Ce regroupement a été effectué après l'analyse préliminaire.

2.3.4.1. Résultats ACPVI.

Les analyses préliminaires des données phytoécologiques ont montré déjà la faible activité de ce facteur dans la répartition des espèces. Ce facteur agit en corrélation avec les autres variables du milieu dont la nature du sol, la zone agroécologique. La figure 39 représente le nuage des relevés de la deuxième année. L'examen de ces plans factoriels montre un étirement du nuage des relevés dans le sens de la diagonale NO-SE des plans (1,2) et (1,3), ce qui montre que la culture est aussi un facteur de différenciation de la flore. La culture cotonnière (cult1) tend à se dégager de l'ensemble. Cette tendance est plus nette dans le plan (1, 3). La position relative des modalités de ce facteur dans les figures 33 et 36 représentants les corrélations des variables et des espèces avec les axes permet d'expliciter ces étirements du nuage des relevés floristiques :

- Position opposée de la culture cotonnière (cult1) par rapport aux deux autres modalités (cult2 et cult3) dans les plans (1, 2) et (1, 3), dans les Figures 29 et 30 ;

- Liaison plus ou moins étroite avec les modalités d'autres variables du milieu : structure (Str) et type de sol, degré d'intensification, zone (Figure 30).

Ces résultats montrent l'effet du facteur "culture" sur la flore adventice et permet de distinguer les groupes d'espèces caractéristiques des différentes situations culturales. Il convient ainsi de regrouper les deux modalités (cult2 et cult3) qui n'affichent aucune tendance à s'individualiser. Les éléments des groupes identifiés sont précisés avec les profils écologiques réalisés pour les facteurs "culture" et "degré d'intensification".

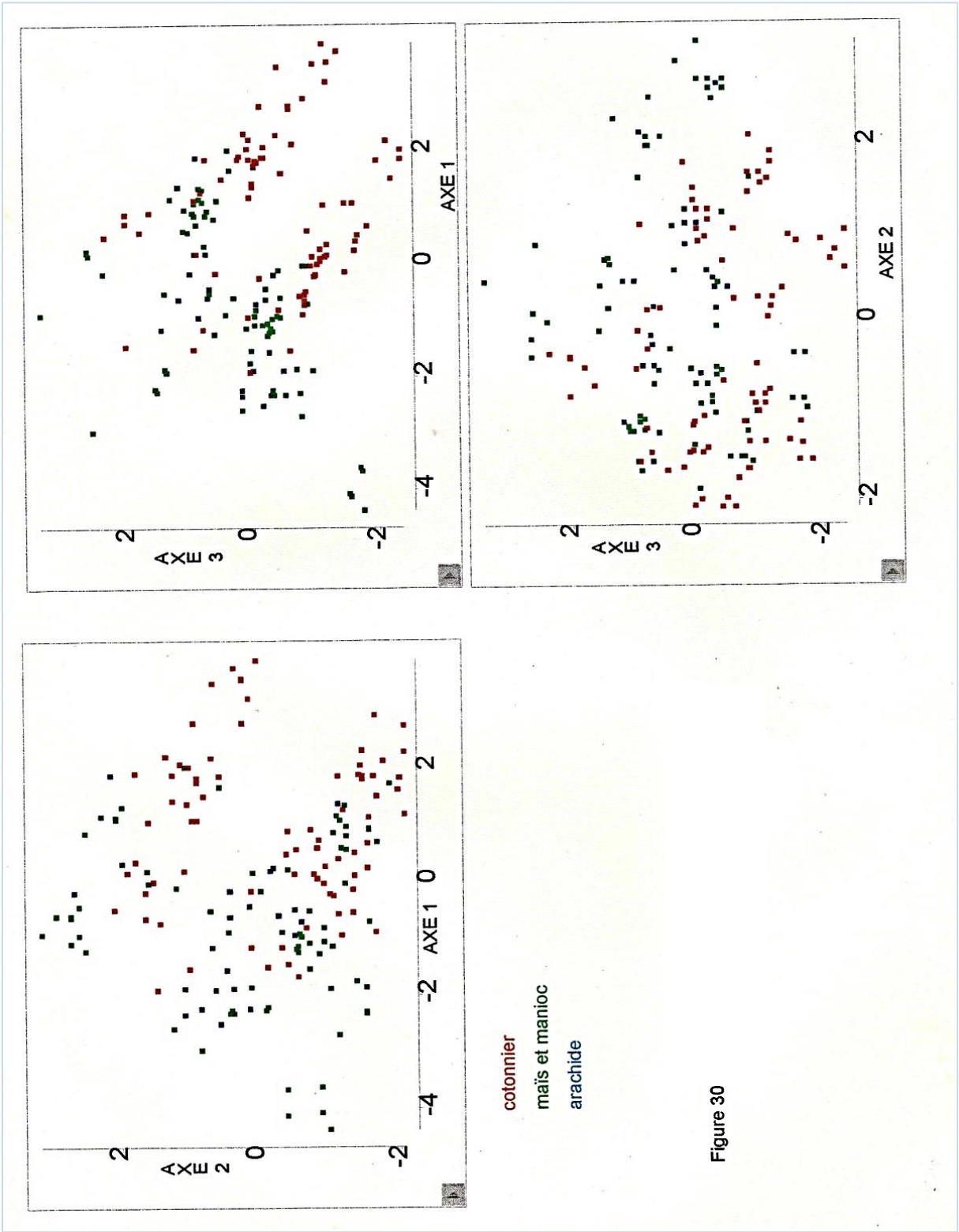


Figure 39 : Mise en évidence de l'effet culture
Nuage des relevés (année 2)

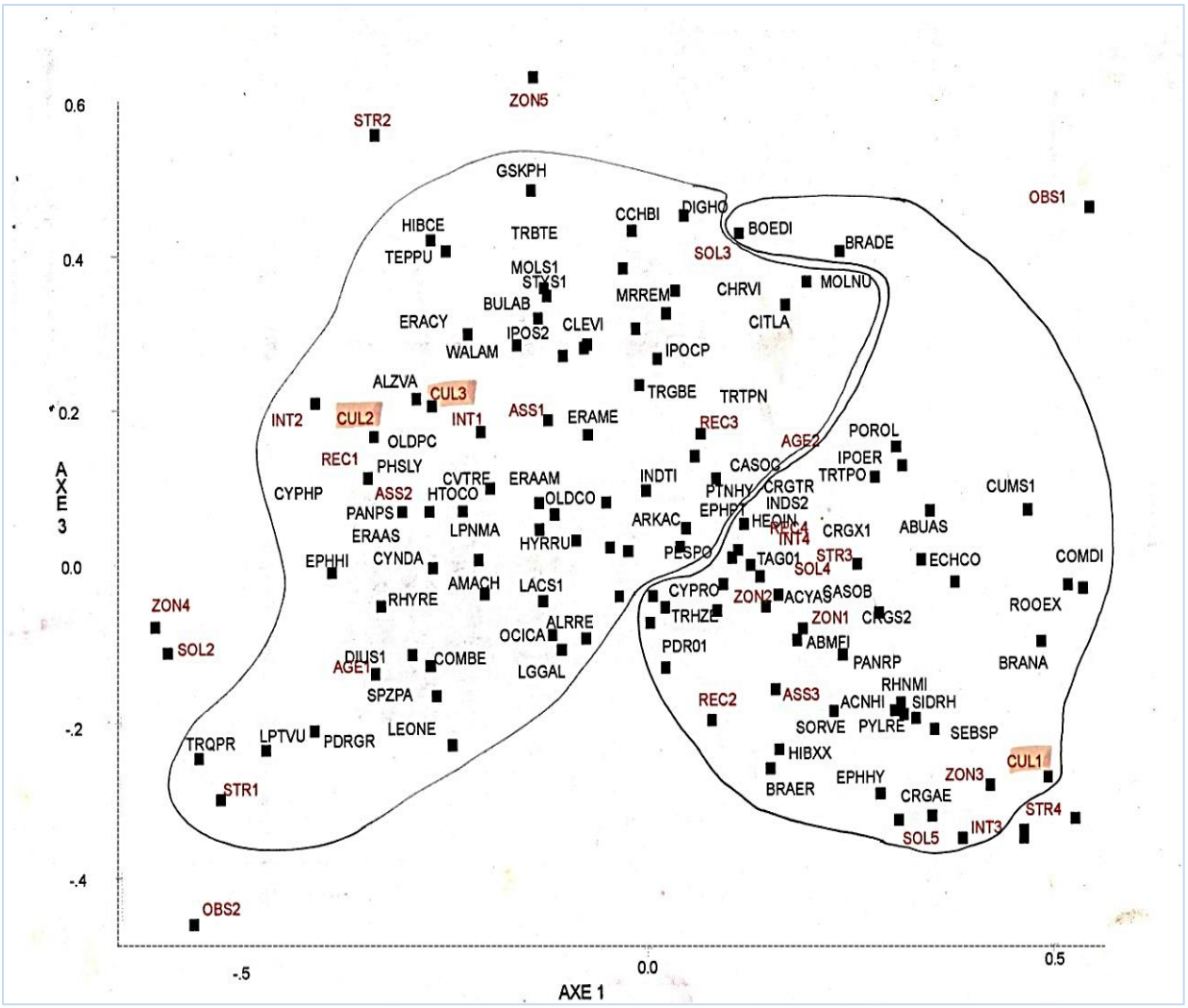


Figure 40 : Corrélation des espèces et des variables avec les axes (1,3) (année 2)
Groupe des espèces par culture

2.3.4.2. Profil écologique des espèces en fonction de la culture

Le profil écologique des espèces a été établi pour deux facteurs « culture » et « degré d'intensification » afin de prendre en compte les informations supplémentaires fournies par ce dernier facteur sur la répartition des espèces. On considère que c'est l'ensemble des interventions humaines liées à chaque culture qui influe sur la présence et l'abondance des espèces de mauvaises herbes. Les résultats obtenus sur les deux années d'étude sont ensuite confrontés pour distinguer les différents groupes d'espèces.

Comme nous l'avons annoncé, ces deux facteurs sont relativement peu actifs sur la distribution des espèces adventices. Les espèces indicatrices présentent une information mutuelle relativement faible. Les résultats sont donnés en annexe (Annexe 13a, 13b, 14a et 14b) pour les 50 espèces les plus informantes. Ces résultats sont confrontés à ceux obtenus avec l'ACPVI pour différencier les groupes d'espèces.

2.3.4.3. Les groupes d'espèces en fonction des situations culturales.

GROUPES 1 ESPECES DES CULTURES COTONNIERES **(Cultl)**	GROUPE 2 : ESPECES DES CULTURES VIVRIERES **(Cult2, Cult3)**
COMDI *Commelina diffusa* ROOEX *Rottboellia cochinchinensis* BOEDI *Boerhavia diffusa* ACNHI *Acanthospermum hispidum* BRANA *Brachiaria nana* ECHCO *Echinochloa colona* TRTPO *Trianthema portulacastrum* CRGAE *Corchorus aestuans* SEBSP *Sesbania sesban* BRAER *Brachiaria eruciformis* PANRP *Brachiaria reptans* IPOER *Ipomoea eriocarpa* ACYAS *Achyranthes aspera* PYLRE *Phyllanthus revanghani* CUMS1 *Cucumis sp* POROL *Portulaca oleracea* RHNMI *Rhynchosia minima* EPHHY *Euphorbia hypericifolia* ABMFI *Abelmoschus ficulneus* SIDRH *Sida rhombifolia* SORVE *Sorghum verticilliflorum* CGRX1 *Cochorus sp.* CASOB *Cassia obtusifolia* .....-.....	BOEDI *Boerhavia diffiisa* DIGHO *Digitaria horizontalis* TRQPR *Tridax procumbens* CCHBI *Cenchrus biflorus* RHYRE *Melinis repens* ERAAS *Eragrostis aspera* LEONE *Leonotis nepetaefolia* LPTVU *Leptocarydion vulpiastrum* PESPO *Pennisetum polystachion* BULAB *Bulbostylis abortiva* GSKPH *Gisekia pharmacoides* PANSP *Panicum pseudoveltzkowii* TRBTE *Tribulus terrestris* PTNHY *Parthenium hysterophorus* MOLS1 *Mollugo sp* CITLA *Citrullus lanatus* HIBCE *Hibiscus caerulescens* ALZVA *Alysicarpus vaginalis* HYRRU *Hyparrhenia rufa* STRAN *Striga asiatica* ---------- ERACY *Eragrostis cylindriflora* CLEVI *Cleome viscosa* HTOCO *Heteropogon contortus* OLDPC *Oldenlandia pauciflora* TEPPU *Tephrosia purpurea* WALAM *Waltheria indica* IPOS2 *Ipomoea bolusiana* MOLNU *Mollugo nudicaulis*

Tableau 19 : Groupes d'espèces en fonction de leur préférence pour les types de culture.

Le tableau 19 montre que les espèces majeures se rencontrent surtout dans la culture cotonnière qui est aussi une cultureexigeante et très sensible à la concurrence des mauvaises herbes. Les cultures vivrières portent une flore diversifiée comprenant moins d'espèces dominantes. Cette flore comprend aussi un certain nombre d'espèces principales des formations herbacées naturelles de la région. Ce qui indique la faiblesse de l'intensité culturale dans ces milieux. La culture d'arachide (cult3) ne montre qu'un petit groupe d'espèces caractéristiques. *Striga* est une espèce indicatrice de la culture de maïs, du fait de son caractère de plante parasite. Sa fréquence d'apparition est faible en année à forte pluviométrie.

2.4. VARIATION INTERANNUELLE DE L'ENHERBEMENT

Les figures 31a, 31b, 31c puis 32a, 32b et 32c représentant les covariances des espèces avec les axes pour les deux années d'étude permettent de suivre la variation de l'importance relative des principales espèces au cours de ces deux années d'étude. Elles donnent une idée de la variation interannuelle de l'enherbement. L'analyse comparée de la position relative des principales espèces dans les trois plans factoriels des deux années d'étude montre cette variation en relation avec les facteurs du milieu.

Les deux premiers plans factoriels (1, 2) et (1, 3) des deux années d'étude confirment la dominance des **quatre espèces majeures** dans l'enherbement des cultures pluviales de la région. Leur dominance est liée aux types de sol des basses terres, les plus fertiles de la région. Ces sols sont généralement occupés par la culture cotonnière. Ce sont :

Commelina diffusa
Rottboellia cochinchinensis
Boerhavia diffusa
Trianthema portulacastrum

Ces quatre espèces majeures gardent à peu près leur position relative dans les plans (1,2) et (1,3) au cours des deux années d'étude. *R. cochinchinensis* très dominant en première année (année à faible pluviométrie) connaît un léger recul en deuxième année où la pluviométrie étant plus abondante et bien répartie en début de cycle. Le même constat est observé pour B. diffusa et *T. portulacastrum*, espèces très reconnues pour la précocité de leur germination. Tandis que *Commelina diffusa*, espèce la plus difficile à combattre continue à gagner du terrain, en fréquence et en abondance. En effet une pluviométrie précoce et assez régulière comme celle de la saison 1998-99 laisse une certaine marge de manœuvre dans la lutte contre les mauvaises herbes, dans le contexte des conditions climatiques du Sud-Ouest :

- par une meilleure répartition du temps de travail (calendrier cultural relativement plus étalé) assurant plus d'efficacité dès les premières interventions de sarclage qui prennent généralement l'allure d'une véritable course de vitesse.
- par l'élimination des germinations précoces soit par le labour souvent très superficiel soit au cours du billonnage.

Toutefois les portions de parcelles abandonnées sont nombreuses au cours des années à pluviométrie abondante (photo). Ces situations ne sont pas représentées dans notre échantillon

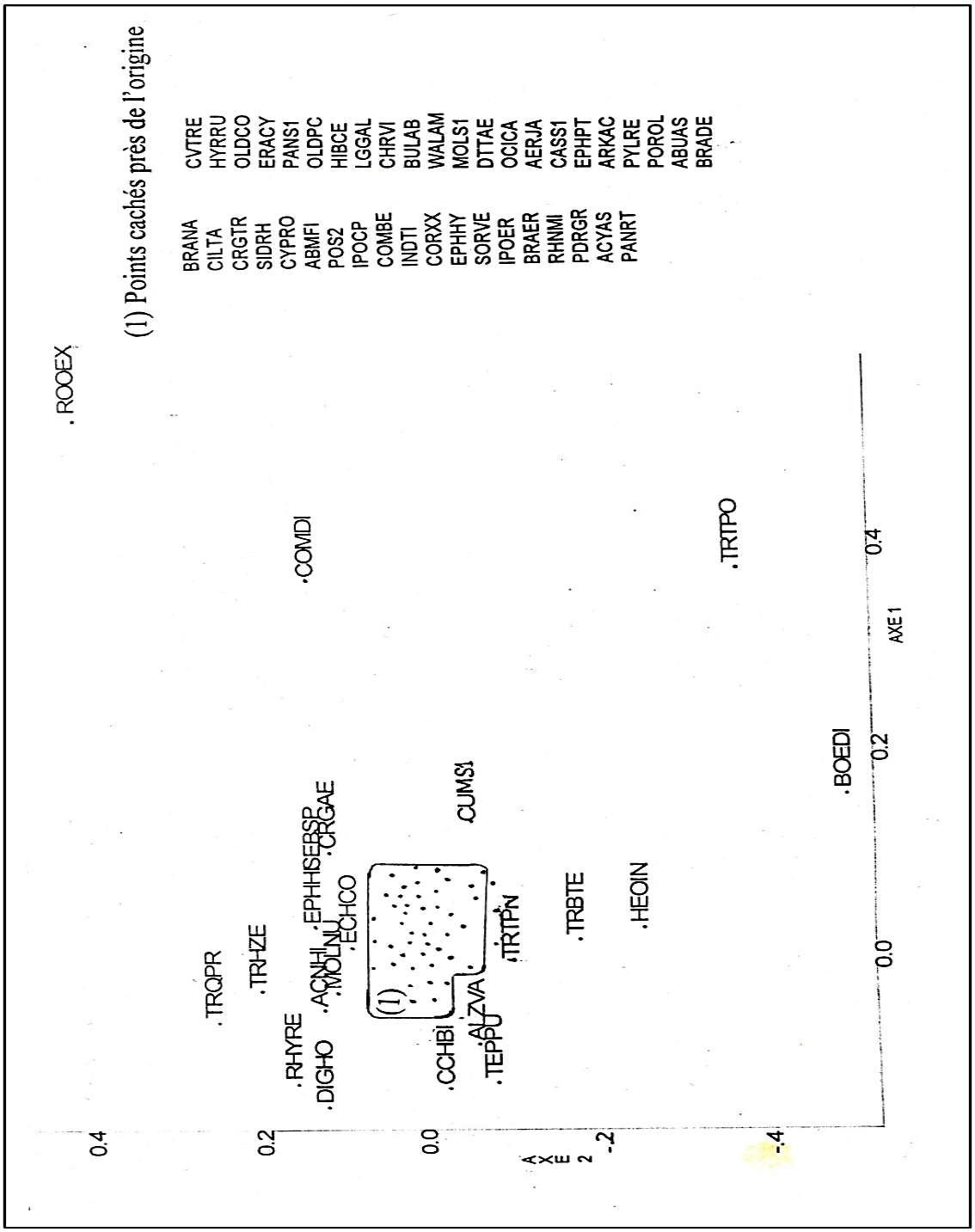


Figure 41: Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,2) (année 1)

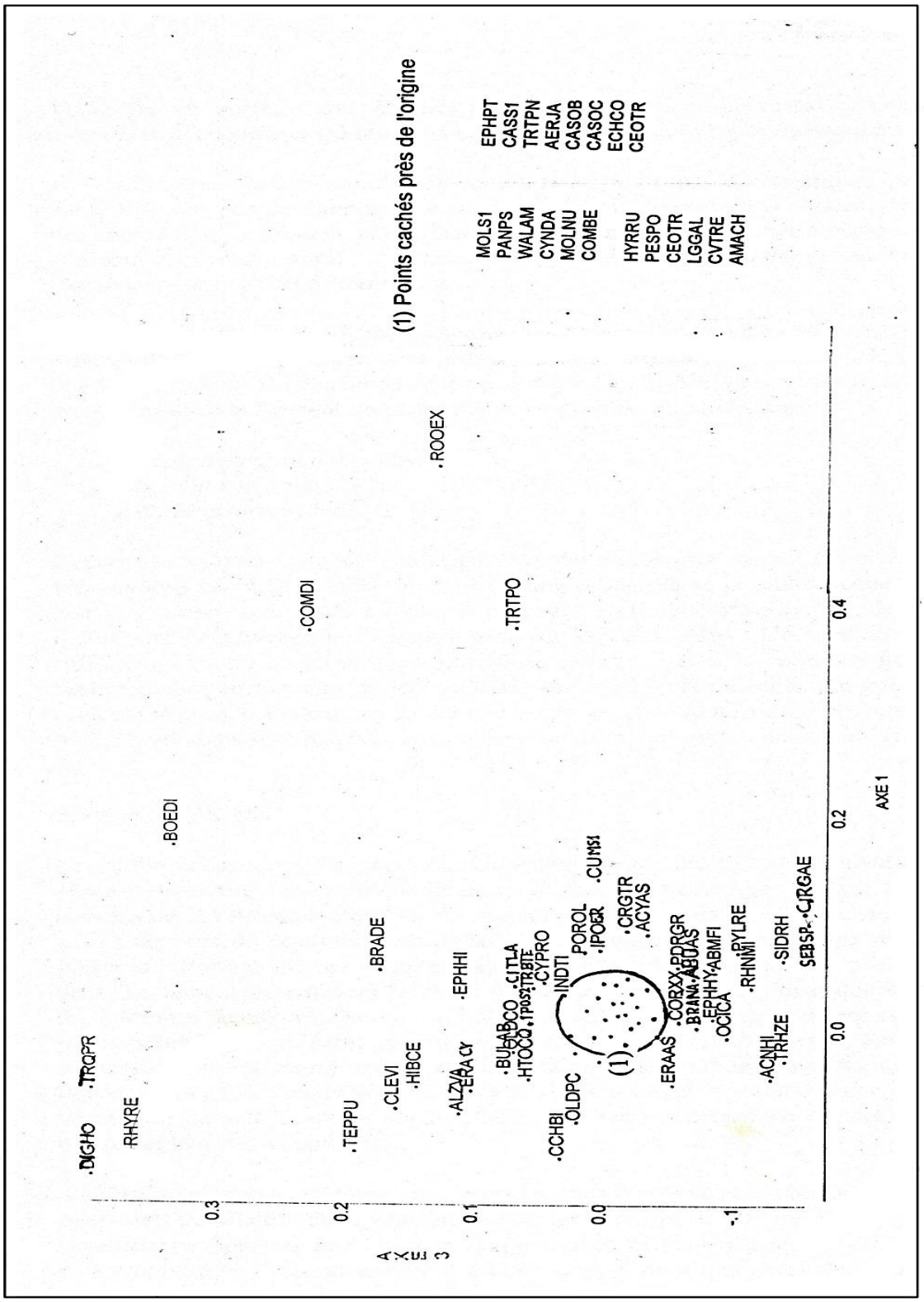


Figure 42 : Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,3) (année 1)

Au cours de la deuxième année, un certain nombre d'espèces compagnes liées à ces types de sol fertiles ont pris de l'importance et sortent de leur position très concentrée près de l'origine des axes. Elles contribuent à la formation d'une situation d'enherbement plus important surtout en début du cycle cultural : *Achyranthes aspera, Brachiaria deflexa, Brachiaria eruciformis, Corchorus aestuans* et *Sesbania sesbans*.

Dans les conditions de sol moins fertile, les espèces dominantes sont représentées par trois espèces d'importance moyenne en première année : *Tridax procumbens, Digitaria horizontalis*
et *Melinis repens.* En deuxième année d'étude, les espèces liées aux sols fersiallitiques prennent de l'importance et forment un petit groupe en position intermédiaire :

Acanthospermum hispidum
Brachiaria nana
Echinochloa colona

Cenchrus biflorus connaît également un développement assez important tandis que *T. procumbens* se démarque de son petit groupe et représente la seule espèce majeure fortement liée aux sables roux plus ou moins dégradés et l'observation en fin de cycle (position à l'extrémité négative de la diagonale SO-NE des deux plans). Ces évolutions sont à relier à l'effet combiné du climat en particulier de la pluviométrie et au mode de gestion paysanne de l'enherbement en fonction de leurs contraintes et de leurs objectifs. En général la priorité est toujours accordée à la culture cotonnière car les moyens de lutte sont limitants. Les sables roux moins favorables sont réservés aux cultures vivrières qui sont conduites de façon extensive.

2.5. CONCLUSION

Les différents groupes d'espèces constitués en fonction des facteurs analysés au cours de cette étude laisse entrevoir la prépondérance des facteurs pédologiques dans la distribution et la dominance des mauvaises herbes. Ce facteur agit en corrélation plus ou moins étroite avec les autres facteurs de discrimination de la flore adventice. Le facteur "type de sol" est parmi les principaux critères pris en compte pour le zonage agro-écologique de la région. C'est aussi le principal facteur déterminant le choix des itinéraires culturaux, ainsi que la gestion paysanne des systèmes de culture. Dans le Sud-Ouest la répartition des types de sol est déterminée par la topographie et le substrat géologique (Salomon, 1987). Par ses propriétés texturales et structurales, le sol assure une disponibilité en eau plus ou moins importante et fluctuante pour la végétation. Les conditions hydriques des sols revêtent une importance particulière pour la végétation dans le contexte du Sud-Ouest. Ce facteur détermine le cycle de végétation des plantes et leur développement.

La fertilité chimique est tout aussi déterminante sur la flore et le phénomène de compétition au cours de l'installation de la végétation dans les parcelles de culture. Elle dépend avant tout de la teneur en éléments fins : le taux d'argile et de matière organique. Ces deux composantes sont à la base de l'identification des différents types de sol au cours de l'étude, sur la base des cartes pédologiques existantes : appréciation visuelle de la couleur de l'horizon supérieure et manuelle de la texture.

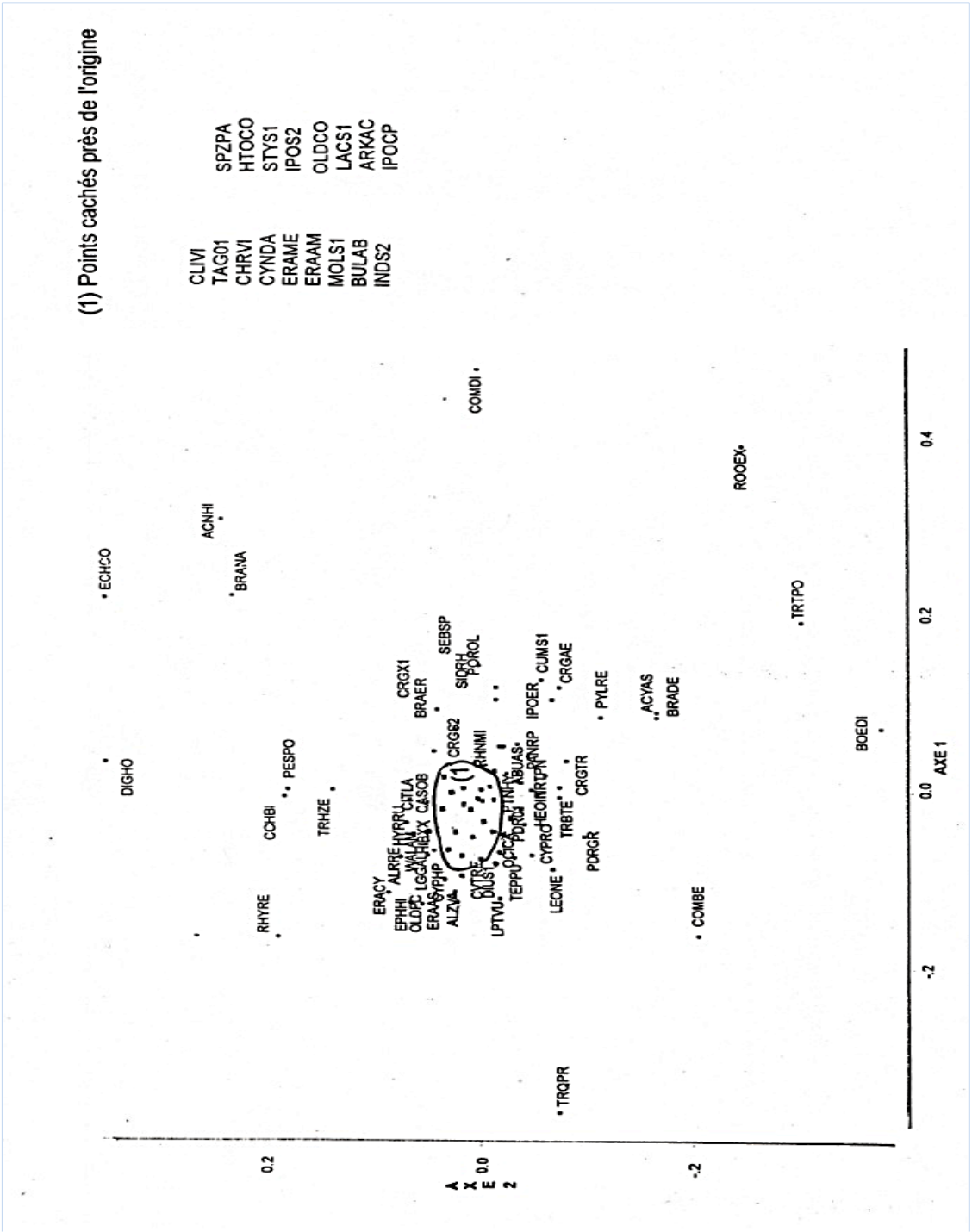


Figure 43 : Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,2) (année 2**)**

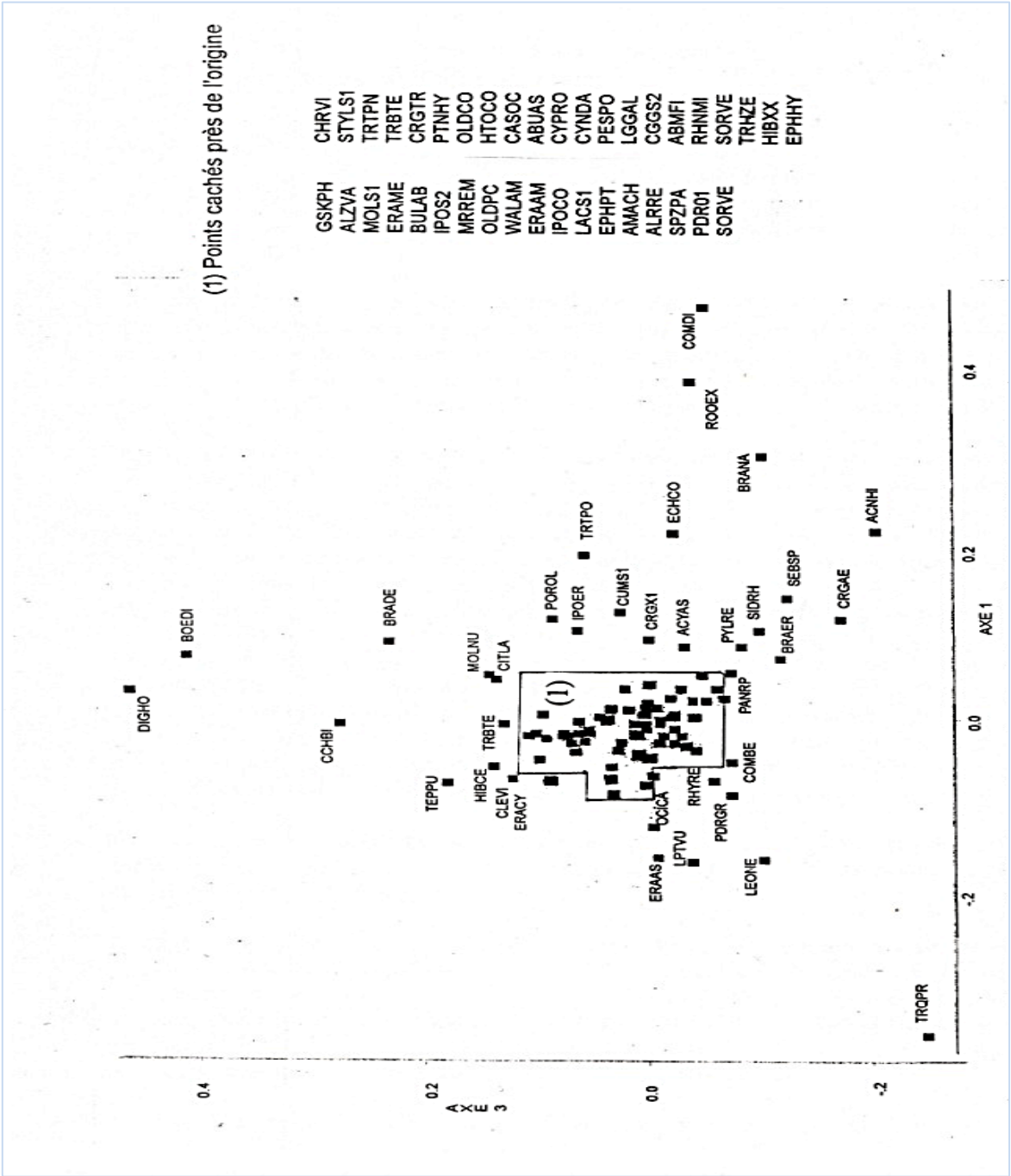


Figure 44 : Répartition des espèces en fonction de leur covariance avec les axes (1,3) (année 2)

Trois principaux groupes sont ainsi identifiés malgré une certaine diversité des situations donc une gradation de la flore sur les sables roux :

- Groupe des "sables roux" plus ou moins dégradés ;
- Groupe des sols fersiallitiques ;
- Groupe des vertisols et des sols alluviaux fins.

Notre étude fait ressortir la situation contrastée entre deux groupes :

- Le groupe des "sables roux" présentant un fort pourcentage de sables grossiers et des "sables roux" dégradés : la flore est dominée par *Tridax procumbens, Digitaria horizontalis* et deux espèces potentielles *Cenchrus biflorus* et *Melinis repens*. Elle comprend quelques espèces locales caractéristiques dont *Alysicarpus vaginalis, Tephrosia purpurea, Cleome viscosa, Oldenlandia pauciflora* et *Waltheria indica.* L'enherbement est moins important en début de cycle dans ces tyepes de milieu où les cultures (cultures vivrières) sont généralement conduites de façon extensive. L'analyse du sol a révélé, pour la couche de 0 à 20 cm : 65, 50 à 71,81 % de sables grossiers, 9,23 à 15,45 de sables fins et un taux d'argile variant de 6,95 à 13,28 %. Le taux de matière organique est faible, de 0,79 à 1,32 %.

- Le groupe des "vertisols et des sols alluviaux" les plus riches et les plus cultivés ayant une flore de base dominée par les espèces les plus envahissantes comme *Rottboellia cochinchinensis, Commelina diffusa, Trianthema portulacastrum* et *Boerhavia diffusa*. Suivant la pluviosité, les espèces potentielles telles que *Brachiaria nana* et *Acanthospermum hispidum* et certaines espèces locales prennent de l'importance et posent également des problèmes : *Brachiaria deflexa, B. reptans, B. eruciformis, Corchorus aestuans, Abelmoscus ficulneus* et quelques espèces à organes pérennants comme *Cyperus rotundus* et *Sorghum verticilliflorum*. Le caractère semi-intensif de la culture cotonnière et la variabilité locale de la texture du sol est à l'origine de diversité de la végétation adventice. Les espèces dominantes possèdent des caractéristiques biologiques assez particulières assurant leur adaptation dans ce milieu (tableau 20). L'analyse de sol effectuée sur une partie des échantillons de parcelles montre un taux d'argile de 55 à 70 % (vertisols). Les caractéristiques de ces types de sols font que le sarclage manuel est très difficile parfois impossible en pleine saison des pluies.

Les groupes de "sables roux" (sols ferrugineux) de couleur foncée se trouvent en position intermédiaire. La flore est formée de la coexistence des éléments de deux premiers groupes selon les conditions locales :

- Sur les "sables roux" hydromorphes noirs, les espèces dominantes sont très variables : *Boerhavia diffusa, Commelina diffusa, Digitaria horizontalis, Acanthospermum hispidum, Tridax procumbens* et *Brachiaria nana* et parfois *Rottboellia cochinchinensis*. Elles sont accompagnées de quelques espèces assez caractéristiques comme *Ipomoea coptica*, *Ocimum canum* et *Corchorus trilocularis*. Parfois on rencontre des situations d'enherbement comparables à celles des vertisols.

- Les sols fersiallitiques ont une flore assez particulière. Au début de cycle, elle est dominée par *Echinochloa colona, Brachiaria nana, Digitaria horizontalis, Acanthospermum hispidum* et parfois *Commelina diffusa* et en fin de cycle, la végétation est marquée par : *Trichodesma zeylanicum, Melinis repens, Hyparrhenia rufa, Eragrostis*

aspera et *Pennisetum polystachion*. L'influence de la pluviométrie est plus marquée que sur les autres types de sol. L'analyse du sol effectuée sur la couche de 0 à 20 cm a montré un taux d'argile variant de 27,35 à 47,47 % et un taux de limon fin de 10 à 30%. Le taux de matière organique s'élève entre 1,91 et 3,72%.

TYPE DE SOL	PRINCIPALES ESPECES + ESPECES COMPAGNES	CULTURES	PRINCIPALES ZONES
Sables roux +- dégradés	*Tridax procumbens* *Digitaria horizontalis* *Melinis repens* *Cenchrus biflorus*	Maïs / Manioc Manioc Manioc /Légumineuses Arachide	Zone 4 Zone 5 Zone 1 (partie haute)
Sables roux foncés/ phase hydromorphe	*Boerhavia diffusa* *Digitaria horizontalis* *Commelina diffusa* *Commelina benghalensis* *Brachiaria nana* *Acanthospermum hispidum* *Tridax procumbens* *Trianthema portulacastrum*	Cotonnier Maïs / Manioc Manioc /Légumineuses	Zone 5 Zone 1
Sols alluviaux et vertisols	*Rottboellia cochinchinensis* *Boerhavia difiusa* *Commelina diffusa* *Brachiaria nana* *Trianthema portulacastrum* *Brachiaria reptans* *Corchorus aestuans* *Brachiaria deflexa*	Cotonnier Maïs / Manioc Manioc /Légumineuses Et autres	Zone 1 Zone 2
Sols fersiallitiques	*Brachiaria nana* *Digitaria horizontalis* *Echinochloa colona* *Acanthospermum hispidum* *Tridax procumbens* *Commelina diffusa* *Melinis repens* *Cenchrus biflorus*	Cotonnier Maïs / Manioc Manioc /Légumineuses	Zone 3 Zone 1 (faible partie)

Tableau 20 : Principales espèces par type de sol et par culture.

L'analyse de l'effet "zone" a mis en évidence les caractéristiques de la distribution spatiale des espèces adventices qui traduisent les effets combinés de différents facteurs (type de sol, climat, gestion des systèmes de culture). Les groupes identifiés avec l'analyse de ce facteur sont les mieux individualisés sur les graphiques. Ces groupes reflètent l'effet des interactions locales entre les facteurs naturels et les pratiques agrotechniques influencées par l'environnement socio-économique. Le suivi de l'évolution de la flore dans certaines situations particulières pourrait être intéressant pour dégager les tendances évolutives de l'équilibre des systèmes écologiques. C'est le cas de l'évolution rapide des situations culturales dans les zones de culture sur brûlis forestier (Milleville et *al*., 1999).

L'influence du facteur "époque d'observation" paraît également importante sur la distribution et surtout l'abondance des espèces. Mais son influence se trouve en corrélation étroite avec celle de la nature du sol. L'évolution de la flore au cours du cycle cultural résulte de la levée échelonnée des espèces (Fontanel, 1987 ; Traoré, 1991 ; Le Bourgeois, 1993).Les facteurs mis en cause dans cette évolution sont principalement : la chaleur, l'humidité et le travail du sol. Dans le Sud-Ouest, Sément (1974) signale que l'enherbement des parcelles peut être différent en fonction du régime des pluies. L'auteur montre que certaines espèces comme Rottboellia exaltata germent de façon groupée dès la première pluie mais la plupart des espèces et en particulier les petites graminées germent de façon très étalée tant que les conditions d'humidité à la surface du sol sont favorables.

La domination des espèces majeures se manifeste surtout en début de cycle. Trois des cinq espèces majeures sont des mauvaises herbes très précoces : *Rottboellia cochinchinensis*, *Commelina diffusa* et *Trianthema portulacastrum*. *Tridax procumbens* est une espèce dominante en fin de cycle. Ainsi la physionomie de l'enherbement en fin de cycle est marquée par une relative abondance des principales espèces ayant une préférence pour la fin de cycle sur les sables roux plus ou moins dégradés. En fait ces types de sol portent les culturent vivrières qui sont conduites de façon extensive (préparation sommaire du sol, rotation avec jachères, semis à faible densité et un entretien peu soigné des cultures) ; ce qui crée un ensemble de conditions permettant à la flore de milieu et de fin de cycle de s'exprimer mieux que dans les autres situations. Une grande partie de ces espèces sont des espèces dominantes ou fréquentes dans les jachères ou dans les formations graminéennes naturelles de la région : *Heteropogon contortus*, *Hyparrhenia rufa*, *Eragrostis* spp., *Panicum pseudowoeltzkowi*, *Waltheria indica* et *Tephrosia purpurea*. *Tridax procumbens*, espèce la plus fréquente dans la région se rattache à ce groupe d'espèces.

Par contre les parcelles cotonnières dans les terres basses à sols noirs fertiles font l'objet d'un entretien très soigné avec deux, trois ou quatre sarclages, afin d'assurer une récolte de bonne qualité une fois que la concurrence des adventices est éliminée en début de cycle. Ces parcelles restent généralement assez propres en fin de cycle ; ce qui fait basculer le poids des espèces principales de fin de cycle vers les sols moins favorables (« sables roux »).

CHAPITRE 5

DISCUSSION GENERALE

Deux approches complémentaires ont été associées dans cette étude phytoécologique au niveau régional :

- une approche floristique qui a permis de mettre en évidence les principales caractéristiques de la flore adventice des cultures.
- une étude écologique permettant de comprendre les aspects essentiels des relations entre le développement des adventices et les principaux facteurs du milieu.

Il a été possible d'identifier les principales espèces et de déterminer les quelques facteurs agroécologiques qui ont joué un rôle important dans le processus d'enherbement des parcelles. Les résultats obtenus donnent également quelques images dynamiques de ces relations adventices-milieu. Toutefois ces résultats comportent des limites liées à la faiblesse de ce genre d'étude (Maillet, 1992 ; Le Bourgeois ; 1993) et à la méthodologie utilisée notamment au problème d'échantillonnage ainsi que le contexte du terrain. Il y a donc lieu de resituer la portée de ces résultats par rapport au contexte dans lequel cette étude a été réalisée, et aux résultats obtenus dans d'autres régions dans des situations similaires et de tenir compte de leur utilisation potentielle.

1. Remarques méthodologiques.

Plusieurs points peuvent être soulignés dans la réalisation de cette étude :

Surface de relevé : nous avons choisi d'effectuer les relevés sur de grandes surfaces d'observation suffisamment grandes de façon à permettre un inventaire aussi exhaustif que possible, en référence à la technique de tour de champs (Maillet, 1981 & Le Bourgeois, 1993). Les résultats obtenus confirment l'exhaustivité des relevés effectués sur des surfaces plus grandes. Les observations en fin de cycle sur les mêmes cultures lors de l'étude diagnostic préliminaire, sur des placettes d'observation de 10 m x 10 m, ont donné un nombre moyen d'espèce/relevé de 11,80 soit 79 % de la moyenne calculée dans cette étude :

- 78 % par rapport à la moyenne de la première année ;
- 68 % par rapport à celle de la deuxième année, sans tenir compte de la répartition des parcelles d'observation.

Au niveau de la richesse floristique régionale l'inventaire réalisé avec la méthode des placettes a abouti à 135 espèces réparties entre 32 familles botaniques. Ce qui est légèrement inférieur à la flore établie au cours de cette étude. L'intérêt d'observer sur des parcelles plus grandes est donc confirmé.

Relevés sur terrain et échantillonnage des parcelles : les relevés en début de cycle ont été réalisés pendant une période relativement courte et dans des conditions de travail assez difficiles. Dans le Sud-Ouest, les contraintes du climat imposent une exécution rapide des travaux de mise en place et d'entretien des cultures pluviales. Nous avons été contraints de suivre le rythme du calendrier cultural pour la réalisation des premières observations qui doivent être faites avant toute intervention de sarclage. Ainsi le nombre de parcelles d'observation était relativement limité dans les zones éloignées notamment la zone 5 (taux

d'échantillonnage faible). De plus certaines parcelles de l'échantillon de la première année où le sarclage a été déjà entamé au moment de notre visite ont dû être abandonnées. Elles ont été remplacées par des parcelles choisies aux alentours, parfois de situation assez différente. Il nous été impossible de faire le suivi sur les mêmes parcelles pour les deux années d'étude.

Le facteur « temps » : Deux observations (en début et fin de cycle) sur deux saisons culturales apportent les informations essentielles permettant d'évaluer le peuplement de mauvaises herbes et de situer les problèmes d'enherbement des principales cultures pluviales. Toutefois, en raison de ces contraintes, certains relevés en début de cycle, dans les zones cotonnières, ont été réalisés parfois à une date très précoce et il ne nous a pas été possible d'envisager des relevés au milieu de cycle. Le risque de confusion entre quelques espèces très semblables au stade plantule n'est pas négligeable : notamment pour les espèces à l'intérieur des genres *Corchorus, Brachiaria* et *Eragrostis*. On peut dire également que les données concernant certaines espèces ayant une germination échelonnée ou tardive comme les petites graminées (Sèment, 1974) (*Digitaria horizontalis, Brachiaria* spp.) reflètent mal leur potentiel de développement et de nuisibilité.

De plus les relevés en fin de cycle ont été faits assez tardivement par rapport au rythme de la pluviométrie qui règle la végétation des plantes annuelles. Le stress hydrique en fin de cycle causé par l'arrêt précoce des pluies au cours des deux années d'étude paraît très néfaste pour les cultures et a limité la croissance des mauvaises herbes. Il y a donc lieu de nuancer la représentativité et l'importance des espèces de fin de cycle. Une pluviométrie tardive peut entraîner une certaine modification des paramètres de la végétation en fin de cycle.

Au Burkina Faso, Traoré (1991) a effectué les relevés pendant ou après la période de pleine croissance des mauvaises herbes en adoptant la notation du recouvrement. Au Nord-Cameroun, les parcelles ont été observées à trois reprises afin de suivre l'évolution de la flore au cours de la saison (Le Bourgeois, 1993) :

- 1ere observation : avant le premier sarclage,
- 2eme observation : avant le buttage,
- S$^{6"16}$ observation : en fin de cycle.

L'auteur signale toutefois que l'observation au milieu de cycle n'est pas indispensable. En revanche, il montre l'intérêt de faire les observations au moins au début et en fin de cycle.

Les facteurs du milieu : Une des faiblesses de cette étude est l'impossibilité d'accéder à des données quantitatives sur certains facteurs du milieu notamment en ce qui concerne le facteur "sol". L'analyse du sol prévue au départ n'a pas pu être réalisée pour l'ensemble de l'échantillon. En raison de l'insuffisance des moyens financiers, seules les zones 3 et 4 ont pu être couvertes, alors que les données physico-chimiques des sols auraient apporté plus de précision dans l'explication de la relation espèces-milieu.

Analyse des données : la méthode d'analyse associe l'approche globale (ACPVI) et l'approche analytique par la méthode des profils écologiques. L'ACPVI effectuée sur les valeurs brutes d'abondance-dominance des espèces permet de maximiser la covariance des espèces donc de faire ressortir leur importance relative en fonction des variables du milieu. Ce qui permet de comprendre les relations entre la prolifération des espèces majeures et les facteurs du milieu.

Le constat d'une forte corrélation entre les variables du milieu nous amène à nous contenter de l'ACPVI au niveau global.

Les données phytoécologiques des deux années d'étude ont été analysées séparément parce que les parcelles d'observation ont changé en partie au cours de la deuxième année. De plus, nous n'avons pas le même nombre de parcelles pour les deux années d'étude. Cette option nous permet tout de même de mettre en relief l'évolution des communautés des mauvaises herbes en fonction des facteurs du milieu qui ont connu le plus changement au cours du temps (la pluviométrie).

2. Diversité floristique

La flore adventice du Sud-Ouest paraît relativement pauvre si on la compare avec celle des régions de savane africaines, sans tenir compte de leur extension géographique. Au Burkina Faso, Traoré (1991) a inventorié dans les cultures céréalières, sur deux saisons culturales, 272 espèces reparties en 45 familles dont 60% sont communes aux deux saisons. Dans les rotations cotonnières au Nord-Cameroun, la flore adventice comprend 280 espèces reparties dans 42 familles botaniques (Le Bourgeois, 1993). Au Centre de la Côte d'ivoire, dans le terroir de Katiola, la flore adventice est composée de 230 espèces appartenant à 53 familles Hoffmann (1986). En Gambie, Terry (1981) rapporté par Traoré (1991) estime le nombre d'espèces de mauvaises herbes sur 170 000 hectares de terre arable à 217 environ.

Cette pauvreté floristique est à mettre en relation avec celle de la végétation de savane de la grande île qui selon Koechlin et *al.* (1974) est d'une pauvreté floristique et d'une homogénéité désespérante pour les botanistes, par comparaison avec la richesse et la variété de la flore sylvestre primitive. D'après ces auteurs, les savanes malgaches de caractère secondaire et récent ont une flore pauvre qui manque d'originalité et de spécificité. Ils prouvent que la majorité des constituants de cette flore sont d'origine forestière ou introduite. Ainsi Duranton (1975) a établi la liste floristique de la strate herbacée des savanes à *Heteropogon contortus* et *Hyparrhenia rufa* (série des groupements mésophiles) pour l'ensemble de la région Sud et Sud-Ouest auxquels appartiennent les zones de culture de la région d'étude. Cette liste comporte 89 espèces et dans notre zone d'étude nous n'avons relevé que 30 espèces. La composition floristique des groupements culturaux et post culturaux de l'ensemble de la région Sud et Sud-Ouest, de la Mangoky jusqu'à la rive Est du Mandrare (zone de Fort-Dauphin) a été établie par le même auteur : 189 espèces dont 69 espèces principales.

Dans le plateau du Moyen-Ouest, zone de savane située à 800 m d'altitude (Sous-préfecture de Tsiroanomandidy), la flore adventice en fin de cycle établie avec la méthode utilisant la placette d'observation de 10 m x l0 m, montre 92 espèces appartenant à 25 familles botaniques, avec une dominance des familles des Poaceae (18 espèces) et des Fabaceae (15 espèces), (Randriamampianina, 1995).
L'importance de ces principales familles (Poaceae, Fabaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae) et notamment la dominance des Poaceae ont été soulignées par plusieurs auteurs, en région tropicale (Hoffmann, 1986 ; Traoré, 1991 ; le Bourgeois, 1993 ; Ahanchédé, 1994 ; Weber et *al.*, 1997). Cependant trois familles importantes en zones de savane africaines sont peu représentées dans la flore malgache : Commelinaceae, Rubiaceae et Cyperaceae.

De même la richesse floristique parcellaire est relativement faible bien que les courbes de distribution révèlent une certaine hétérogénéité des milieux de culture surtout en début de cycle. D'après Le Bourgeois (1993) la moyenne de 22 espèces par relevé semble une valeur stable en Afrique soudano-sahélienne. L'auteur fait remarquer que cette richesse diminue depuis les régions sahéliennes vers les régions soudaniennes. Au Nord-Cameroun cet auteur montre que la richesse floristique parcellaire croit au cours de la saison de culture, de 20,71 à 23,14 espèces par relevé. L'auteur explique que cette augmentation de la richesse floristique parcellaire est en relation avec la pluviométrie. Nos résultats vont dans le sens contraire : la richesse floristique parcellaire diminue en fin de cycle. Ils reflètent la sévérité des contraintes climatiques dans notre région : saison des pluies très courte, forte variation inter annuelle de la pluviométrie.

Dans le plateau du Moyen-Ouest, terrain à sols ferralitiques, le nombre d'espèces par relevé en fin de cycle varie de 5 à 22 avec une moyenne de 13 (Randriamampianina 1995), moyenne obtenue avec la surface d'observation de 10 m x 10 m.

3. Principales espèces et problèmes d'enherbement.

Trois faits essentiels peuvent être soulignés :

a) Les principales espèces ont été déterminées par l'analyse du diagramme d'infestation. Ce diagramme offre la possibilité d'un découpage facile et pertinent permettant de faire ressortir différentes catégories de mauvaises herbes en fonction de leur importance agronomique : espèces majeures, potentielles, espèces régionales et locales. Cette analyse donne une vision simplifiée de la structure de la flore régionale et de l'évolution de l'infestation des espèces au cours du temps. Dans notre région, 8 principales espèces très nuisibles aux cultures pluviales ont été identifiées parmi une vingtaine d'espèces à fréquence élevée : 5 espèces majeures et 3 espèces potentielles régionales.

b) Les résultats obtenus montrent une structure relativement simple de la végétation adventice régionale marquée par la dominance d'un petit nombre d'espèces. Peu d'espèces se trouvent en position intermédiaire (espèces potentielles). La grande majorité sont des espèces de fréquence faible ou fréquentes mais rarement abondantes. L'identification des moyens de lutte adéquate devrait donc s'appuyer sur la connaissance de l'écologie et de la biologie de ces principales mauvaises herbes.

c) Le nombre d'espèces à fréquence élevée correspond à peu près à ceux des zones de savane des pays africains :

- Au Nord-Cameroun, 20 espèces ont une fréquence supérieure ou égale à 30 % (Le Bourgeois, 1993) dont trois sont des mauvaises herbes majeures.

- Au Burkina Faso, 22 espèces ont une fréquence relative supérieure ou égale à 40 % durant l'une ou l'autre de deux années (Traoré, 1991). Parmi ces espèces, l'auteur montre qu'une dizaine ont des recouvrements importants et sont à la base des problèmes d'enherbement des céréales.

- Au Nord du Bénin, 8 espèces d'importance agronomique réparties en six groupes ont été identifiées parmi une vingtaine d'espèces ayant une fréquence relative supérieure ou égale à 30% (Ahanchédé, 1994 ; Ahanchédé et Gasquez, 1995).

- Au Togo, une étude effectuée dans 5 zones a montré que 26 espèces ont une fréquence moyenne élevée, supérieure à 30% avec une fréquence de 50 % au moins dans une zone (Schmid et *al.*, 1983).

Huit espèces ayant une fréquence élevée dans notre étude figurent aussi parmi les espèces fréquentes rencontrées dans au moins l'un de ces pays. C'est le cas de *Digitaria horizontalis, Rottboellia cochinchinensis, Tridax procumbens, Boerhavia diffusa, Acanthospermum hispidum, Ipomoea eriocarpa, Commelina benghalensis* et *Euphorbia hirta*. Ainsi 5 sur les 8 espèces principales sont aussi des espèces importantes dans d'autres zones de savane d'Afrique. Il faut noter que *Brachiaria nana*, espèce potentielle régionale de notre étude est une espèce endémique (Bosser, 1969). C'est une des espèces échappées de la végétation sylvestre primitive (Koechlin et *al.*, 1974) et devenue adventice des cultures.

4. Groupements de mauvaises herbes en fonctions des facteurs agroécologiques, aspect de l'évolution et des problèmes d'enherbement.

L'approche phytoécologique par l'ACPVI affinée par les profils écologiques a permis de mettre en évidence différents groupes de mauvaises herbes et de comprendre la relation entre la prolifération des espèces majeures en fonction des variables du milieu. L'ensemble des résultats a montré la prépondérance du facteur "type de sol" sur la distribution et le développement des espèces, en relation plus ou moins étroite avec les autres facteurs.

Dans un contexte de climat semi-aride, les conditions pédologiques peuvent ainsi diminuer ou augmenter l'effet des autres facteurs du milieu sur la végétation. A travers la capacité de rétention en eau et la fertilité chimique potentielle, il joue en quelques sortes le rôle de "tampon" vis à vis de l'action des facteurs climatiques et de l'intervention humaine. L'effet de la mauvaise répartition des pluies peut être ressenti différemment par la végétation selon la nature du sol. La texture conditionne la disponibilité en eau pour la végétation et contribue à l'expression du pédoclimat, parfois plus important que le climat proprement dit (Le Bourgeois, 1993). Les sols sableux ont une faible capacité de rétention et sont sujets à un dessèchement hydrique rapide en fin de cycle et en cas d'une rupture des précipitations (Seghieri, 1990 in Le Bourgeois, 1993). Par contre l'eau y est plus rapidement disponible que dans les sols argileux comme les vertisols.

Les sols ferrugineux tropicaux et tous les sols riches en argiles (vertisols, sols magnésimorphes ...) sont plus favorables aux graminées (Koechlin et *al.*, 1974). Ces auteurs montrent que, malgré leur capacité de rétention en eau élevée, ces sols se dessèchent facilement du fait de l'importance de la remontée capillaire. D'après ces auteurs l'actuelle répartition de la forêt et de la savane dans l'ensemble du domaine de l'Ouest malgache semble liée dans une large mesure à la nature des sols.

Le développement rapide d'une végétation plus importante sur les sols fertiles crée un microclimat local assez sélectif qui détermine la succession de la flore des parcelles cultivées.

A cet égard le taux d'argile joue un rôle essentiel. Il influe sur la teneur en matière organique du sol donc sa fertilité chimique et son pH. Il détermine également le régime hydrique donc la durée du cycle de végétation des plantes (Granier, 1967). Les sols sableux ont une faible capacité de stockage des éléments minéraux. Par contre, les sols à argiles gonflantes (vertisols et sols bruns eutrophes) ont généralement une grande richesse chimique et une bonne structure grumeleuse (Bertrand et Gigou, 2000). La fertilité chimique influe sur l'acuité de la concurrence entre la culture et la végétation adventice. Généralement les mauvaises herbes limitent l'utilisation des éléments minéraux disponibles pour la culture (Bertrand et Gigou, 2000).
Dans le Sud-Ouest, le choix des itinéraires culturaux dépend de la nature du sol (Randriamampianina, 1996, Bayala et al. 1998). Les contraintes climatiques de la région limitent la variabilité des techniques utilisées. Les meilleurs sols sont affectés aux cultures de rente, en particulier le cotonnier qui est aussi une culture exigeante et bénéficie de plus d'investissement en travail et intrants agricoles pour les soins culturaux.

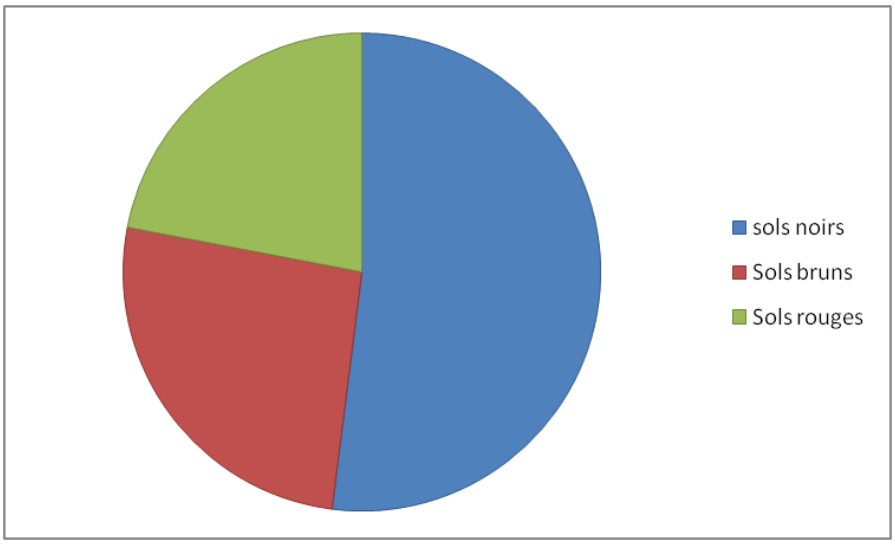


Figure 45 : Répartition de la surface cotonnière en fonction des sols (HASYMA, 1998)

De nombreux auteurs ont révélé l'importance de la nature du sol sur la composition de la flore et la végétation. Guinochet (1973) montre qu'il y a une bonne concordance entre l'association végétale et les conditions édaphiques. Breman et Stroosnijder (1982) cités par Traoré et Maillet (1998) insistent particulièrement sur la nature du substrat, la texture et la topographie comme étant les facteurs déterminant des conditions hydriques du milieu en relation avec la pluviométrie. . Au Nord-Cameroun, Le Bourgeois (1993) montre que le type de sol par sa diversité joue un rôle primordial parmi les facteurs de l'environnement responsable de la distribution et de l'abondance des espèces au sein des communautés des mauvaises herbes. Au Burkina-Faso, d'après Traoré (1991), le facteur édaphique intervient en deuxième position après le climat régional. D'après Roose (1992) cité par Le Bourgeois (1993), la flore des sols ferrugineux est beaucoup plus diversifiée du fait de la grande variation texturale en fonction du degré de dégradation. Tandis que Traoré (1991) et Le Bourgeois (1993) montrent la grande spécificité de la flore des vertisols.

Dans les formations graminéennes du Sud-Ouest, Duranton (1975) distingue les groupements des milieux xérotrophes de ceux des milieux mésotrophes et hygrotrophes

Aspect de l'évolution de l'enherbement : La composition de la flore des mauvaises herbes évolue au cours des années sous l'influence des facteurs écologiques naturels et des différents éléments du système de culture. Ainsi, le problème d'enherbement est plus ou moins aigu suivant le passé cultural. Les études et les observations faites par de nombreux auteurs ont montré que :

- Le degré d'enherbement d'un champ augmente au cours des années de son exploitation (Schmid *et al*., 1983 ; Marnotte, 1985 ; Bouzinac *et al*., 1989 ; Milleville *et al*., 1999).
- L'abandon des parcelles de culture en jachère dans les systèmes de culture traditionnels est causé par la baisse de la fertilité des sols et surtout l'impossibilité des agriculteurs de maîtriser un enherbement devenu de plus en plus abondant au cours des années de culture (Akobundu, 1987 ; Faure, 1990 in Le Bourgeois, 1993; Milleville, 1999).
- Bouzinac *et al*. (1989) montrent que la préparation superficielle continue sur monoculture engendre une pression maximale des mauvaises herbes.
- La sédentarisation et l'intensification de l'agriculture exigent une amélioration du désherbage (Traoré, 1991). Le Bourgeois (1993) présente l'effet des différents éléments, du système de culture sur l'enherbement en zone de savane.

Dans le Sud-Ouest, l'évolution de l'enherbement dépend essentiellement de la nature des sols qui influe également sur l'intensité culturale (Sèment, 1974). D'après cet auteur, la flore avant la mise en culture sur les sols de bonne qualité du Sud-Ouest comprend essentiellement des espèces annuelles à cycle court avec une dominance des graminées comme *Rottboellia cochinchinensis* et *Sorghum verticilliflorum*. Au cours des premières années de culture, la flore adventice reste dominée par ces graminées extrêmement difficiles à contrôler. Ensuite, au fur et à mesure des années de culture, lorsque celle-ci est bien conduite, l'enherbement peut diminuer (Sèment, 1974). L'auteur n'a pas encore signalé l'infestation des Commelina.

Au contraire, sur des sols moins riches de l'arrière-pays, cet auteur signale que la flore adventice avant défrichement comprend beaucoup d'espèces à plus long cycle dont l'équilibre est détruit par la mise en culture. L'enherbement peut y être très réduit au début, puis les espèces à cycle court se multiplient avec les années de culture. L'auteur montre que l'évolution de l'enherbement au cours des années résulte essentiellement du potentiel des sols et de la qualité de la culture. La prépondérance de l'influence de la nature du sol est donc une fois de plus confirmée.

D'après Barralis (1982), toutes modifications des techniques culturales entraînent un changement à plus ou moins long terme dans la communauté des mauvaises herbes, avec une tendance marquée à la progression pour les espèces ubiquistes toujours mieux favorisées que les espèces aux exigences écologiques strictes. L'auteur montre que la simplification des systèmes de production qui tend à uniformiser le désherbage accélère ces changements en favorisant une flore adventice peu différenciée composée d'espèces de plus en plus difficile à contrôler.

5. Lutte contre les mauvaises herbes et différents types de problèmes.

Différentes techniques de lutte ont été expérimentées pour le contrôle de l'enherbement aux premiers stades de développement des cultures pluviales du Sud-Ouest notamment en culture cotonnière (Berger, 1966 in Randriamampianina, 1996 ; Sèment, 1974 ; Crétenet et *al*., 1979 ; Gavaland, 1987, 1988 ; Randriamampianina, 1997, 1998). Ces auteurs ont mentionné la gravité du problème d'enherbement des cultures de saison des pluies en particulier sur les sols riches. Depuis les années 60, le recours aux herbicides a été considéré comme le seul moyen de contrôler les mauvaises herbes dans ces conditions (Sèment, 1974 ; Crétenet et *al*., 1979). Au cours des années, différentes molécules ont été expérimentées mais la vulgarisation est particulièrement difficile à mettre en œuvre dès qu'on sort des conditions des grandes exploitations (Sèment, 1974). Le désherbage chimique n'a jamais été développé en milieu paysan.

Depuis la fin des années 80, en plus des contraintes techniques d'application de ces techniques modernes, les prix des nouveaux produits sont devenus de plus en plus chers voir prohibitifs dans les conditions des exploitations du Sud-Ouest. Pour des raisons économiques (rentabilité, prix et disponibilité des produits), techniques et pratiques, la lutte chimique peut être développée seulement en culture cotonnière et en riziculture de bas-fond (Randriamampianina, 1996). Aussi la recherche, en culture pluviale, doit être orientée vers les techniques de lutte non chimique ou la combinaison de différentes techniques à faible coût dont le semis direct avec couverture (Randriamampianina, 1997, Rollin, 1997).

En culture cotonnière : Le désherbage chimique et le sarclage mécanique permettent de protéger la culture contre la concurrence précoce des mauvaises herbes. Cependant leur efficacité se trouve limitée par un certain nombre de contraintes liées aux caractéristiques du climat régional et des sols, particulièrement les sols argileux des terres basses les plus fertiles, et aux comportements des espèces majeures bien adaptées au milieu environnemental. Le tableau 21 résume l'interaction de ces contraintes techniques limitant l'utilisation de la lutte chimique et mécanique.

D'après ce tableau, quatre espèces de mauvaises herbes sont des espèces à problème. Ce sont des espèces annuelles ayant un comportement biologique très différent. Elles sont particulièrement adaptées aux conditions de culture de la région. L'identification de méthodes de lutte efficaces contre ces adventices doit faire l'objet de travaux spécifiques sur la base de la connaissance de leur comportement biologique et écologique.

PRINCIPALES ESPECES	SARCLAGE MECANIQUE	LUTTE CHIMIQUE EN PRE-LEVEE	LUTTE CHIMIQUE EN POST-LEVEE	OBSERVATIONS (lutte chimique) (3)	REFERENCE
Rottboellia cochinchinensis	Efficacité limitée par : -la croissance très rapide -la forte densité de peuplement -l'humidité excessive des sols en pleine saison des pluies	Grosse semence capable de germer en profondeur, (2) Assèchement rapide de la (1) surface du sol + apparition de multiples fentes de retrait	Efficacité des graminicides limitée par la diversité floristique de la parcelle	Maîtrise difficile (3)	Sèment, 1974 Le Bourgeois et Merlier, 1995 ; 1996 Mamotte, 1995 Randriamampianina, 1997 ; 1998 Martin et Gaudard, 1996.
Petites graminées *:* *Digitaria horizontalis* *Brachiaria nana* *Brachiaria spp*	-Germination échelonnée -Forte densité de peuplement -Humidité excessive des sols en pleine saison des pluies	Assèchement rapide de la surface du sol limitant l'efficacité herbicide	Efficacité des graminicides limitée par la diversité floristique de la parcelle	Maîtrise plus ou moins facile selon le soi et la pluviométrie	Sèment, 1974 Le Bourgeois et Merlier, 1995, 1996 Mamotte, 1995 Randriamampianina, 1997 ; 1998
Acanthospermum hispiclum	Efficacité variable selon la nature du sol	Grosse semence capable de germer en profondeur	Problème de sélectivité des produits	Maîtrise difficile	Carême, 1996 Randriamampianina, 1997 ; 1998
Commelina diffusa	Efficacité très limitée par : -la grande capacité de multiplication végétative -la croissance très rapide et l'humidité excessive des sols en pleine saison des pluies	Grosse semence capable de germer en profondeur, (2) Assèchement rapide de la (1) surface du sol + apparition de multiples fentes de retrait	Problème de sélectivité des produits Germination échelonnée	Maîtrise difficile (espèce à problème)	Mamotte, 1995 Randriamampianina, 1997 ; 1998
Tridax procumbens	Germination échelonnée Cycle très court	Germination échelonnée Cycle très court	Problème de sélectivité des produits	Maîtrise difficile (3)	Le Bourgeois et Merlier, 1995, 1996 Mamotte, 1995 Randriamampianina, 1997; 1998
Boerhavia diffusa *Trianthema portulacastrum*	Germination rapide et en masse Croissance très rapide	Contrôle +-facile selon la pluviométrie en début de saison	Problème de sélectivité des produits	Maîtrise facile	Mamotte, 1995 Randriamampianina. 1997 ; 1998

(1) pluviométrie souvent aléatoire, ensoleillement fort et existence de vent desséchant (Tsiokatsimo) en début de cycle.
(2) Profondeur de germination allant jusqu'à plus de 8 cm.
(3) Référence : Le Bourgeois et Merlier 1995 ; 1996 ; Marnotte, 1995.

Tableau 21 : Contraintes d'utilisation de la lutte chimique et mécanique pour le contrôle des principales espèces de la culture cotonnière dans le Sud-Ouest.

Cultures vivrières : les systèmes de culture avec couverture ont été expérimentés dans la région depuis 1994/1995, en milieu semi-contrôlé, en particulier les céréales associées avec les légumineuses de couverture (Razafitsalama, 1995 ; Séguy, 1995 ; Rollin, 1997). Ces nouveaux systèmes techniques sont destinés à apporter des solutions aux problèmes les plus importants des systèmes de culture du Sud-Ouest, notamment sur les plateaux à sables roux. En raison des contraintes climatiques de la région, ils nécessitent :

- une mise en place rapide et en temps opportun des cultures,
- une protection contre l'érosion et amélioration de la fertilité des sols,
- une protection efficace des cultures contre la concurrence des mauvaises herbes.

Concernant ce dernier point, l'évolution de l'enherbement dans les semis directs avec couverture a été suivie dans trois sites d'expérimentation TAFA/PSO afin d'évaluer l'effet du système sur les principales mauvaises herbes de la région. Il s'agit d'un suivi très rapide effectué en fin de cycle, pendant trois saisons culturales et dans trois sites permanents :

Site 1 : Plateau du Vineta (sur sols fersiallitiques) ;
Site 2 : Sakaraha (sur sols ferrugineux ou "sables roux" à fort pourcentage de sables grossiers, sur parcelles de défriche forestière) ;
Site 3 : Plaine d'Ankazoabo (sur sols ferrugineux ou "sables roux" plus ou moins dégradés.

Le dispositif étant un bloc de 48 parcelles élémentaires, l'inventaire a été effectué au niveau du bloc d'une surface comparable à notre parcelle d'observation en milieu réel au cours de cette étude. Ensuite, les principales espèces ont été notées au niveau des parcelles élémentaires. En raison du problème d'évaluation du peuplement des mauvaises herbes en fin de cycle où les plantes de couverture atteignent leur développement maximum, nous nous sommes contentés de noter si l'espèce est facilement observable c'est à dire avec un certain développement et une mention spéciale si la plante est particulièrement développée (en notant le pourcentage de recouvrement).

Le nombre d'espèces rencontrées au niveau du bloc expérimental varie peu selon les années. Il est montré dans le tableau 22 et sur le tableau 23 est présentée la fréquence relative des espèces majeures pendant les trois années d'observation.

	Site 1	**Site 2**	**Site 3**
Nombre d'espèces rencontrées	35 à 38	20 à 23	25 à 31

Tableau 22 : Richesse floristique des blocs expérimentaux en fin de cycle (de 1996-1997 à 1998-1999).

	Site 1 (Vineta)			Site 2 (Sakaraha)			Site 3 (Ankazoabo)		
Principales espèces	**1996-97**	**1997-98**	**1998-99**	**1996-97**	**1997-98**	**1998-99**	**1996-97**	**1997-98**	**1998-99**
Tridax procumbens	100 %	98%	48%	100%	94%	79,2%	100 %	94,3%	100%
Digitaria horizontalis	83,3	94	95,8	*	*	*	95,8	92	85,4
Commelina diffusa	*	*	*	20,8	25	17	56,3	65,7	70,8
Brachiaria nana	58,3		4,2	*	*		95,8	47,7	39,6
Acanthospermum hispidum	*	*	*	*	*	*	77,1	74,3	89,6
Boerhavia diffusa	*	*	*	*	*	*	43,8	37,2	23
Echinochloa colona	62,5	21	39,6	*	*	*	*	*	*
Commelina benghalensis	*	*	*	90	96	95,8	39,6	62,8	46

♦espèce rare dans le site

- (1) les autres espèces sont : *Leptocarydion vulpiastrum* et *Eragrostis aspera*assez caractéristiques du site

Tableau 23 : Evolution de la fréquence relative des espèces majeures par site au cours de trois campagnes culturales successives (Nombre de parcelles élémentaires par site = 48).

La flore de ces trois sites contient une soixantaine d'espèces selon une abondance variable. Les principales espèces du groupe des "sables roux" de notre étude y sont bien représentées. Ces observations montrent :

- une diminution lente mais progressive de la fréquence (avec un indice d'abondance pas très faible) des petites graminées et la majorité des dicotylédones annuelles à cycle court, en fin de cycle cultural, sans tenir compte de l'influence de la pluviométrie très variable d'une saison à l'autre.
- une augmentation progressive de l'infestation des espèces à problème : les *Commelina* spp., *Acanthospermum hispidum* et *Tridax procumbens*.

Rottboellia cochinchinensis est une espèce rare dans ces sites mais nous avons bien noté que son abondance a augmenté au cours de ces 3 années d'observation. Dans les parcelles où elle a été rencontrée (Ankazoabo), sa fréquence atteint déjà près de 20% en troisième année. Il semble que développement de ces mauvaises herbes est favorisé par l'enrichissement du sol par la matière organique, au cours des années. Après une longue saison sèche, la biomasse des résidus restants paraît trop faible pour limiter la germination de ces adventices. *Tridax procumbens* reste toujours en tête de liste suivi par *Digitaria horizontalis* et de *Commelina* spp. Dans le site 3, *Commelina diffusa* présente un recouvrement assez important pour le quart des parcelles élémentaires (12 parcelles sur 48) en troisième année.

Cette étude montre que les systèmes culture avec semis direct et couverture permanante du sol expérimentés dans la région peuvent limiter le développement de certaines espèces annuelles favorisées par le travail du sol comme *Boerhavia diffusa*, *Trianthema portulacastrum* et les petites graminées (*Brachiaria* spp., *Eragrostis* spp. ...). Ils sont loin d'assurer un contrôle de ces quatre principales mauvaises herbes à problème. De plus, la conservation des résidus de couverture pendant la saison sèche a été identifiée comme une contrainte importante pour le développement de ces systèmes en milieu paysan dans le Sud-Ouest (Razafitsalama et Rollin, 1998 ; HASYMA, 2000). HASYMA (2000) rapporte que la quantité de résidus devient trop faible dès la deuxième année ; ce qui nécessite un paillage supplémentaire très coûteux.

La maîtrise de ces adventices dans ces systèmes nécessite la mise au point de technique de lutte complémentaire tenant compte des contraintes de la gestion des systèmes de production dans le contexte de la région. Pour cela, une étude comparative du peuplement de mauvaises herbes dansées systèmes avec semis direct et couverture du sol et dans les systèmes avec travail du sol, en début de cycle, devrait apporter des informations plus précises.

6. Principales recommandations

Les résultats des études écologiques ont montré le contraste entre :

- d'une part la situation d'enherbement des sables roux plus ou moins dégradés des plateaux à épandage sableux mis en valeur essentiellement pour les cultures vivrières ;
- et d'autre part, la végétation adventice des sols riches des plaines alluviales et des dépressions portant les systèmes à base de cotonnier (généralement la monoculture du cotonnier avec un travail intensif du sol).

La nature et l'importance des problèmes d'enherbement varient en fonction du milieu et la recherche de solutions techniques efficaces ne peut pas être séparée du mode gestion des sols. La lutte contre les mauvaises herbes est une composante importante mais non exclusive de la gestion durable des systèmes de culture. La préservation du milieu physique et en particulier l'amélioration et le maintien de sa fertilité sont sans aucun doute les clefs de la stabilité agro-économique des systèmes de culture (Bouzinac et *al*., 1989). Dans le Sud-Ouest malgache, les différents auteurs (Poisson, 1921 ; Sigy ; 1965 et Casabinca, 1966) rapportés par Rollin et Razafitsalama (1999) se sont préoccupés de la mise en valeur des sables roux en insistant sur :

- leur fragilité et les mesures de protection anti-érosives à mettre en place ;
- la gestion de l'eau, facteur limitant important qui doit être rentabilisé au maximum en luttant contre le ruissellement ;
- la gestion de la matière organique du sol ;
- les semis précoces pour profiter au maximum des pluies.

Les systèmes en semis direct avec une couverture permanente apportent des solutions à ces contraintes et permettent de mettre en valeur des sables roux (Rollin et Razafitsalama, 1999). Nous avons vu précédemment que la solution aux problèmes d'enherbement reste très partielle. Nous pensons que l'effet bénéfique des adventices sur la protection des sols mérite d'être considéré dans ce milieu très fragile. D'après Gliessman (1987) cité par Le Bourgeois (1993) leur développement maîtrisé peut être valorisant. Les mauvaises herbes constituent une partie non négligeable et parfois importante de la matière organique restituée au sol (Merlier, 1977 in Le Bourgeois, 1993).

Sur ces types de milieu, les rotations et l'association de cultures bien gérées devraient permettre de limiter les infestations des mauvaises herbes et de maintenir une flore diversifiée et non la sélection des espèces dominantes. Une étude sur la nuisibilité des mauvaises herbes dans ces systèmes devrait fournir les informations nécessaires pour la mise au point des techniques de lutte complémentaire permettant maintenir le peuplement adventice en dessous du seuil de nuisibilité (Caussanel, 1989), L'avenir les des zones intérieures (Ankazoabo et

Sakaraha) où la plupart des superficies agricoles sont des sables roux très fragiles repose sur la possibilité de développement de ces systèmes en milieu paysan.

Dans le cas de la deuxième situation, la maîtrise des principales espèces à problème identifiées au cours de cette étude reste une des difficultés de l'intensification des cultures. Le potentiel de fertilité chimique des sols reste peu valorisé. A court terme, leur contrôle efficace nécessite la mise au point de techniques de lutte complémentaires à celles qui sont utilisées ou en cours d'expérimentation. Ces techniques complémentaires et particulièrement la lutte chimique doivent être mises au point sur la base de la connaissance des groupements des mauvaises herbes et des comportements des espèces majeures dont cette étude fournit les informations essentielles. A court terme, on peut recommander l'utilisation des herbicides de post levée ou des désherbants totaux avec traitement dirigés.

La situation actuelle résulte d'une évolution sur plusieurs années de l'homogénéisation des techniques culturales notamment la technique de travail superficiel du sol depuis la promotion de la culture attelée et la monoculture du cotonnier (Bouzinac et *al.*, 1989) sur ces types de sol. A long terme, la solution devrait être recherchée dans la diversification des cultures sur ce type de milieu pour éviter la monoculture. A cet égard les considérations économiques sont très décisives notamment la rentabilité économique des cultures qui peuvent entrer en rotation avec le cotonnier. La chance d'un tel changement dépendra de celui de l'environnement économique et institutionnel dans Sud-Ouest.

Il importe également de diversifier les techniques culturales pour empêcher la sélection des espèces qui posent à terme des problèmes très difficiles : techniques de labour et de désherbage.

CONCLUSION GENERALE

Le Sud-Ouest, une des principales régions agricoles de Madagascar, présente un milieu riche et diversifié mais très fragile. La diversité des types de sol offre des possibilités agricoles variées. Toutefois le développement de l'agriculture est handicapé par de multiples contraintes liées aux caractéristiques de son climat et l'infestation des mauvaises herbes qui se présente comme un des facteurs limitants de la production. Notre étude porte sur les communautés de mauvaises herbes des cultures pluviales qui posent des problèmes très complexes et difficiles à maîtriser du fait de l'interaction de nombreux facteurs. Elle a été focalisée sur les quatre principales cultures pluviales de la région et menée sur deux campagnes culturales 1997-98 et 1998-99, sur un échantillon d'une centaine de parcelles paysannes réparties dans cinq zones agroécologiques.

Dans cette étude, deux approches principales ont été adoptées pour la mise en évidence des problèmes d'enherbement des cultures.

- L'approche floristique a permis de faire ressortir les caractéristiques essentielles de la flore. D'une part, 153 espèces appartenant à 33 familles botaniques ont été recensées au cours de cette étude. Cette flore est relativement peu diversifiée et marquée par la dominance de quelques familles dont les Poaceae et les Fabaceae. Elle est composée essentiellement de thérophytes : 87,5 %. D'autre part, l'amplitude d'habitat des espèces a été appréhendée à partir des diagrammes de fréquence relative - entropie-espèce établi à différente époque. Six principaux groupes d'espèces ont été ainsi identifiés.

  L'importance agronomique des espèces adventices a été mise en évidence à partir des diagrammes d'infestation. Il a été possible de déterminer différents groupes d'espèces en fonction de leur degré d'infestation, en particulier :
  - le groupe des mauvaises herbes majeures à la base des problèmes d'enherbement des cultures de la région ;
  - le groupe des espèces potentielles ayant un degré d'infestation assez élevé et variable d'une année à l'autre, en fonction des conditions pluviométriques.

  Les deux années d'étude ont permis ainsi d'identifier 8 espèces principales les plus nuisibles et responsables des problèmes d'enherbement parmi une vingtaine d'espèces ayant une fréquence élevée de plus de 30 %. Ce sont des espèces dominantes en début du cycle cultural.

- L'approche phytoécologique à l'aide l'Analyse en Composantes Principales avec Variables Instrumentales (ACPVI) complétée par les profils écologiques a permis de comprendre la relation entre la distribution et le développement des espèces et les facteurs du milieu. Il a été possible de déterminer les principales espèces et d'expliquer dans quelles conditions elles prolifèrent et posent des problèmes. Différents groupes de mauvaises herbes ont été établis en fonction des modalités des facteurs analysés. Cette approche globale a montré la redondance des facteurs agroécologiques et la prépondérance du facteur sol dans l'explication de la distribution et la dominance des espèces, donc des problèmes d'enherbement. Trois principaux groupes de mauvaises herbes ont été identifiés :

- Le groupe des espèces caractéristiques des « sables roux » des plateaux à épandage sableux qui sont généralement occupés par les cultures vivrières conduites de façon extensive. La flore est assez riche mais comprend moins d'espèces envahissantes. Ces types de sol sont également très fragiles et exposés aux risques d'érosion et de dégradation physico- chimique rapide.

- Le groupe des sols fersiallitiques présentant une flore assez particulière marquée par la dominance des espèces potentielles identifiées lors de l'analyse floristique.

- Le groupe des « sols alluviaux et des verisols » de bonne fertilité essentiellement occupés par la culture cotonnière conduite presque en monoculture. L'homogénéisation des techniques culturales depuis le développement de la culture attelée a favorisé la prolifération de quelques espèces particulièrement envahissantes et difficiles à contrôler comme *Commelina diffusa*.

Il a été également possible d'avoir des informations sur l'évolution de l'infestation desprincipales espèces d'une année à l'autre.

La connaissance des conditions de développement des principales espèces confrontée aux conditions d'efficacité des différentes techniques de lutte vulgarisées ou en cours d'expérimentation a permis d'identifier les principaux types de problème des cultures pluviales de la région. Parmi les 8 espèces principales identifiées, 4 espèces sont des espèces très difficiles à contrôler Commelina diffusa, *Tridax procumbens, Rottboellia cochinchinensis* et *Acanthospermum hispidum.* Les deux premières espèces sont des mauvaises herbes ubiquistes capables d'infester différents milieux de culture.

Commelina diffusa constitue l'espèce la plus importante et pose le plus de problème essentiellement en culture cotonnière bénéficiant d'un travail plus intensif. Son degré d'infestation a progressivement augmenté au cours de cette étude. Cette espèce est particulièrement adaptée aux systèmes de culture de la région par son cycle de développement, sa grande capacité de reproduction végétative et sexuée lui permettant de résister aux différentes techniques de lutte et aux variations des conditions du milieu. Cette espèce nécessite une étude approfondie sur sa biologie et sa phénologie en relation avec les différentes étapes du cycle cultural.

Tridax procumbens est l'espèce la plus répandue dans la région, sa fréquence continue à augmenter au cours de cette étude. Elle est capable de résister aux différentes méthodes de lutte développées dans la région. Sa stratégie d'adaptation repose sur sa grande production de graines facilement disséminées par te vent, son cycle court et ses capacités germinatives permettant de coloniser les parcelles pendant le cycle cultural. Pourtant cette espèce est plus importante en fin qu'en début de cycle.

Les deux autres espèces sont des espèces à amplitude écologique très large. Elles sont redoutables surtout par leur croissance très rapide et leur développement végétatif important. Ce sont des espèces très concurrentielles de toutes les cultures en début de cycle. Leurs grosses semences capables de germer profondément dans les sols riches leur permettent de résister aux différents herbicides de pré-levée.

Ainsi, à partir des résultats obtenus à travers ce travail, il apparaît nécessaire :

- d'une part de poursuivre les études de mise au point de techniques de désherbage efficaces pour des flores adventices diversifiées, et non dominée par l'une ou l'autre des espèces majeures, permettant de maintenir des systèmes de culture productifs à long terme tout en évitant la sélection des espèces dominantes ;

- d'autre part, il importe d'étudier de façon fine le comportement des 8 espèces principales, mises en évidence dans cette étude, afin de pouvoir développer des systèmes de culture ne favorisant pas leur sélection ainsi que des méthodes de lutte spécifiques à ces espèces, utilisables dans les situations où celles ci sont d'ores et déjà dominantes.

Tenant compte de la fragilité et des problèmes de mise en valeur des sables roux qui constitue la majorité des sols de la région, les systèmes de culture en semis direct apparaissent comme une solution intéressante mais son effet sur la flore adventice mérite un suivi rapproché afin de mieux connaître son évolution et de définir les techniques complémentaires permettant maîtriser son développement en dessous du seuil de nuisibilité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AHANCHEDE, A., 1994. Etudes Biologiques et Variabilité Génétique chez une adventice importante au Bénin : *Commelina benghalensis* L. Thèse doctorat. Institut National Polytech. de Toulouse. 186 p.

AHANCHEDE, A. & GASQUEZ, J., 1995. Mauvaises herbes des cultures pluviales au Nord-Est du Bénin. *Agriculture et Développement* n°7 : p 22-29.

AHANCHEDE, A.& GASQUEZ, J., 1993. Etude agrobiologique sur *Commelina benghalensis* L. Phases de développement, cycles de vie et variabilité morphologique. *Bull. de la Recherche Agronomique du Bénin n°7* : p 6-12.

AKOBUNDU, I. O. (1987). Weed Science in the Tropics. Principles and Practices. Jhon Wiley & sons éd. 474 p. + Appendix.

ANGLADETTE, A.DESCHAMPS, L., 1974. Problèmes et Perspectives de l'Agriculture dans les pays tropicaux. G.P. Maisonneuve et Larose Paris. 770 p.

ANONYME, 1987. Protection en riziculture au Lac Alaotra. Rapport n°3 (1986-87) ronéo, 166 p.

ANONYME, 1988. Protection en riziculture au Lac Alaotra. Rapport n° 4 (1987-88) ronéo, 217 p.

ARRIVETS, J., 1996. Situation actuelle de la culture du manioc dans le Sud-Ouest malgache. Perspective d'amélioration ; Rapport de mission à Madagascar. N°39. CIRAD-CA. 72p.

BARRALIS, G., 1976. Méthode d'étude des groupements adventices des cultures annuelles, application à la Côte-d'Or. *Vème Coll. International sur l'Ecol. et la Biol. des Mauvaises herbes*. Dijon, I : 59-68.

BARRALIS, G., 1982. La flore adventice des cultures et son évolution. B.T.I. 370/372 : p 463-466.

BARRALIS, G., 1977. Seuil de nuisibilité des mauvaises herbes. II : Nuisibilité directe. *Phytoma* : 11-15. Mai 1977.

BAYALA, J., BOURAIMA, Z., HOEK, R., LAMSELLEK, H., NOUATIN & G., RANDRIANARISOA, M., 1998. Quelle recherche pour le développement des zones marginales de la région Sud-Ouest de Madagascar? Cas du Plateau de Vineta. Série Doc. et trav. n°73. ICRA, 96 p.

BERGET, M., 1989. Les légumineuses vivrières. Le technicien d'agriculture tropicale 9 Ed. Maisonneuve & Larose Paris, 162 p.

BERTRAND, R. & GIGOU, J., 2000. La fertilité des sols tropicaux. *Coll. Le technicien d'Agriculture Tropicale n° 40*. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 397 p.

BOCCHINO, F., 1996. La culture cotonnière malgache. *Coton et Développement n°18* : p 6-11.

BOSSER, J., 1969. Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar. Mémoire ORSTOM n° 35, Paris, 421 p.

BOSSER, J. 1956. Considération sur les plantes de couverture, engrais verts, plantes fourragères en pays intertropicaux et plus particulièrement à Madagascar. IRSM Tananarive, 59 p.

BOUZINAC, S., SEGUY, L. & SILVEIRA, F., 1898. L'évolution et le contrôle de la flore adventice dans les systèmes alternatifs à base de riz pluvial dans le Brésil Central. Doc. Réseau Riz de la CORAF, p 1-23.

BRAUN-BLANQUET, J. & PAVILLARD, J., 1928, Vocabulaire de sociologie végétale. *SIGMA Communication 217*. 3ème éd., 23 p.

CABANIS, Y., CHABOUIS, L. & CHABOUIS, F., 1970. Végétaux et Groupements végétaux. Tome 3. BDPA Agence de Madagascar Tananarive : p 755-876.

CARBONNEL, J. P. & HUBERT, P., 1992. Pluviométrie en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. Remise en cause de la stationnarité des séries *In LE FLOC'H, E., GROUZIS, M., CORNET, A. et BILLE, J. C. (éds)* : L'aridité : une contrainte au développement. Caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés. Ed. ORSTOM, p 37-51.

CASABIANCA, (F. de). 1966. Les sables roux malagasy entre la désertification et l'expansion agricole. Tananarive. Document IRAM n° 85; 66p. + annexes.

CASABIANCA-LARCENA, (de) D., 1972. Ankazoabo : une zone malgache confrontée au développement. Thèse de Doctorat. CAMS /EHESS. 201 p.

CAUSSANEL, J. P., 1989. Nuisibilité et Seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle relation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, 9 : 219-240.

CHICOUENE, D., 1999. Evaluation du peuplement de mauvaises herbes en végétation dans une parcelle. I. Aperçu des méthodes utilisables. *PHYTOMA La Défense des Végétaux N° 522* p 22-24.

CHICOUENE, D., 2000. Evaluation du peuplement de mauvaises herbes en végétation dans une parcelle. II. Protocoles rapides pour un usage courant. *PHYTOMA La Défense des Végétaux N° 524 :* p 18-20.

CIRAD, ONE, FOFIFA, ANAE, 1998. Cartes et photographies de paysages de Madagascar. Milieu physique et érosion. CIRAD-CA. 34 p.

CLERGET, B., 1990. Note sur la lutte contre le *Striga* dans les cultures de Maïs. FOFIFA/IRAT, 8 p.

CRETENET, S., BRAUD, M. & KAISER, R., 1979. Les recherches agronomiques conduites par l'IRCT dans le Sud-Ouest de Madagascar (1952-1974). *Cot. Fib. Trop.* Vol. XXXIV fasc. 3 p 269-293.

DAGET, P., GODRON, M. & GUILLERM, J.L., 1970. Profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. Application à la vallée de Liptov (Tchécoslovaquie). *14ème Symp. Int. de Phytosociologie*, Rinteln/Weser, 32 p.

DAGET, P. & GODRON, M., 1982. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Masson éd., Paris, 163 p.

DAGET, P., POISSONET, J. & TOUTAIN, B., 1997. Planifier un échantillonnage pour une étude régionale de la végétation. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop*. 50 (2) p : 145-148.

DAGNON, G. B. & BEAUVAL, V., 1993. Projet de développement rural du Sud-Ouest de Madagascar. Rapport principal. Min Coop. Et Dév./IRAM. 86 p.

DAVID, P., GODRON, M., BACOU, A. M. & LEPART, J., s.d. Logiciel. INFECO CEPE/CNRS. Montpellier. Communication personnelle.

De HAUT de SIGY, G., 1965. Etude agro-économique de la Sous-Préfecture d'Ankazoabo (Province de Tuléar). Tome I Situation de départ et perspective de développement. IRAM Doc. N°57 ronéo. 88 p.

DEAT, M., 1981. Principales adventices du cotonnier en Afrique de l'Ouest. Description et techniques de lutte ; I RCT (éd.).Montpellier, 95 p.

DEUSE, J. & LAVABRE, E.M. 1979. Le désherbage des cultures sous les Tropiques. Ed Maisonneuve et Larose ; Paris, 312 p.

DIALLO, S., 1979. Les *Commelina* adventices aux cultures tropicales. Etude bibliographique. Mém. De Stage CNEAT Nogent sur Marne. 32 p.

DOUTI, P. Y., 1995. Cotonnier contre mauvaises herbes : quelle est la période de concurrence? *Agriculture et développement n°7* : p. 31-36.

DUGUE, P. & GUYOTTE, K., 1996. Semis direct et désherbage chimique en zone cotonnière au Cameroun. *Agriculture et Développement n°11* p. 3-15.

DONQUE, G., 1975. Contribution géographique à l'étude des climats de Madagascar. Tananarive. Thèse. AGM. 478 p.

DUGUE, P. & DOUNIAS, I., 1995. Intensification, choix techniques et stratégies paysannes en zone cotonnière du Cameroun. Le cas des systèmes de culture des zones d'installation des agriculteurs migrants. *In* GRIFFON M (éd). Succès et limites des révolutions vertes. CIRAD Montpellier France, p 93 - 106.

DULONG, R., 1969. Le manioc dans la Province de Tuléar. Doc IRAM. Ronéo.

DURANTON, J..F., 1975. Recherches Phytosociologiques dans le Sud et le Sud-Ouest de Madagascar. Thèse. Min. COOP. 182 p. + Tableaux.

FIELOUX, M. & RAKOTOMALALA, L., Développement agricole et transformation des terroires pastoraux. AOMBE Elevage et Société, 1 : 61-83.

FOFIFA., 1978. Etude pédologique du périmètre d'Antseva. FOFIFA Div. Pédologie. ronéo. 65 p+ annexes+ carte.

FONTANEL, P. 1987. Effets sur la végétation adventice du Sud-Saloum (Sénégal) des fumures minérales, du travail du sol et des précédents culturaux. Rapport CIRAD/IRAT, DSP/87. n°3, Montpellier. 43 p.

FUSIJAKA, T. & FOFIFA., 1990. Rice Research Priorities for Madagascar's Middle West. IRRI. Los Banos. Philippines. 36 p.

GAUTHIER, B., GODRON, M., HIERNAUX, P. & LEPART, J., 1977. Un type complémentaire de profil écologique : le profil écologique indicé. *Can J. Bot*., 55 : 2859-2865.

GEIGER, U., KROSCHEL, J. & SAUERBORN, J., 1996. *Striga asiatica*, a problem in the Middle West of Madagascar. *In Moreno M.T. eds*. Advences in Parasitic Plant Research. 6th *Int. Parasitic Weeds Symp.Cordoba*; Spain : p 479-486.

GODRON, M., 1966. Application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité de la structure de la végétation. *Oecol. Plant*., 2, 1 : 187-197.

GODRON, M., 1968, Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu.

GODRON, M. 1968. Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale. *Oecol. Plant*. 3 : 185-212.

GOUNIFIO, P. 1986. Morphologie et développement des différents types d'axe chez *Commelina benghalensis* L. D.E.S., USTL; Montpellier, 91 p.

GOUNOT, M., 1969. Les méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson &Cie. eds; Paris, 314 p.

GOURNAY, de X., 1977. Seuil de nuisibilité des mauvaises herbes. I : Nuisibilité indirecte ; *Phytoma* : 5-11. Juin 1977.

GRANIER, P., 1967. Le rôle écologique de l'élevage dans la dynamique des savanes à Madagascar. IEMVPT. Tananarive Doc. Ronéo 80 p.

GUINOCHET, M., 1973. Phytosociologie. Masson & Cie (éd.) Paris 227 p.

GURNAH, A.M., 1974. Critical weed competition periods in annual crops. proc. *5th E. Afr. Weed Control Conf*. p89-97.

HAMDOUN, A. M. & EL TIGANI, K. A., 1977. Weed control problems in Sudan. PANS, 23 (2) : 190-194.

HASYMA, 1998. Analyse de campagne 1997-98. HASY MALAGASY/ Direction Régionale/ Service d'Encadrement. Toliara, ronéo 80 p.

HASYMA, 1999. Analyse de campagne 1998-99. HASY MALAGASY/ Direction Régionale/ Service d'Encadrement. Toliara, ronéo 90 p.

HASYMA, 2000. Données pluviométriques PAP HASYMA (1987-2000). HASY MALAGASY/ Direction Régionale/ Service de Prévulgarisation, Toliara.

HOERNER, J.M., 1986.- Géographie régionale du Sud-Ouest de Madagascar; éd. AGM, Antananarivo, Madagascar. 188 p.

HOERNER, J.M., 1987. Le "boom" du coton de 1982 à 1986 In FIELOUX M. et LOMBARD J. (dir.) Elevage et Sociétés -Etude des transformations socio-économiques dans le Sud-Ouest malgache : L'exemple du couloir d'Antseva. Antananarivo - MRSTD/ ORSTOM. 1987 (*Aombe* n°1), p 13-25.

HOERNER, J.M., 1990. La dynamique régionale du sous-développement du Sud-Ouest de Madagascar. Montpellier et Perpignan. GERC, 1990. *Cahier n°1 du Gerc-Ifa*. 309 p.

HOFFMANN, G., 1986. Caractérisation de la flore adventice de deux villages du terroir de Katiola (Côtes d'Ivoire). Mémoire ESAT2- CNEARC. Montpellier; 53 p + annexes.

HOFFMANN, G., 1994. Contribution à l'étude des Phanérogames Parasites du Burkina Faso et du Mali : Quelques aspects de leur Ecologie, Biologie et Techniques de Lutte. Univ. de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III. Thèse. 177 p + annexes.

HOFFMANN, G., DIARRA, C., BA, I. & DEMBELE, D., 1997. Les espèces parasites herbacées des cultures vivrières en Afrique : Biologie et Impact, Etude au Mali. *Agriculture et Développement n° 13*, p. 30-51.

HOLM, L.G., PLUCKNETT, D.L. & PANCHO, J.V., 1977. The Word 's worst weeds : Distribution and Biology. East - West Center University Press of Hawaii Honolulu, 609 p.

HUMBERT, H., 1927. Principaux aspects de la végétation à Madagascar. Mémoire de l'Académie Malgache fasc. V 77p + photographies Imprimerie moderne de l'Emyrne Tananarive.

IRAM,. 1962. Etude des sols à vocation coton – cultures sèches dans le Sud-Ouest de Madagascar multigr.112 p.

KOCH, W., BESHIR, M. E. & UNTERLADSTATTER, R., 1982. Crop losses due to weeds. *In : Improving weed management, FAO Plant Production and Protection Paper*, vol. 44, Rome : 154-165.

KONE, M., COULIBALY, N. & TSAI, A., 2000. Enquête phytoécologique de la flore adventice du cotonnier en zone Mali-Sud. *XIème Coll. Int. Sur la Biol. Des Mauvaises herbes*. Dijon. : p 175-181.

KROSCHEL, J., MÖSSNER, B. & SAUERBORN, J., 1996. Estimating Maize Yield losses caused by *Striga asiatica* in Malawi. In Moreno M.T. eds. Advences in Parasitic Plant Research. *6th Int. Parasitic Weeds Symp.Cordoba*; Spain : 335-341.

LANGRAND, O. & GOODMAN, S. M., 1997. Inventaire biologique. Forêts de Vohibasia et d'Isoky-Vohimena. Recherche pour le Développement. *Série Sciences Biologiques N°12*. Min. de la Recherche Scientifique. Antananrivo. Madgascar. 106 p.

LE BOURDIEC, F., 1974. Hommes et Paysages du riz à Madagascar. A. G. M. 648 p.

LE BOURGEOIS, Th. & GRARD, P., 1988. BASEFLO : La gestion informatique des données dans les relevés d'enherbement. Notice d'utilisation. CIRAD/IRCT. Montpellier 58 p.

LE BOURGEOIS, Th., 1992. *Commelina benghalensis* L. Commelinaceae, Recherche d'un système de lutte integrée en culture cotonnière au Nord-Cameroun. *IXème Coll. Int. Biol. Ecol. des Mauvaises herbes*, Dijon : 153-162.

LE BOURGEOIS, Th., GERARDEAUX, E., BEIX, Y. & DEAT, M., 1992. Stratégie de lutte contre les adventices de la culture cotonnière au Nord-Cameroun. *XVème Conf. COLUMA, Journées Int. sur la lutte contre les mauvaises herbes*, Versailles. 1265-1274.

LE BOURGEOIS, Th., 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique). Amplitude d'habitat et degré d'infestation. Phénologie. Thèse . USTL. Montpellier. 249 p.

LE BOURGEOIS, Th. & BEIX, Y, 1993. De l'écologie à la lutte chimique ou biologique, l'exemple de *Launaea chevaleri* O. Hoffm. et Muschl. au Nord-Cameroun *In.* Thoma J. M. & ENITA éds. Maîtrise des adventices par voie non chimique. *IVème Conf. Int. IFOAM*. Dijon : 227-232.

LE BOURGEOIS, Th. & MERLIER H., 1995. Adventrop. Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. CIRAD-CA (éd.) Montpellier. 640 p.

LE BOURGEOIS, Th., 1998. Appui à l'étude de la lutte contre l'enherbement dans le Sud-Ouest de Madagascar. PSO/CIRAD-CA. Rapport de mission à Madagascar du 20 au 25 Janvier 1998. 24 p.

LEBRETON, J. D., SABATIER, R., BANCO, G. & BACOU, A. M., 1991. Principal component and correspondance analyses with respect to instrumental variables : an overview of their rôle in the studies of structure – activity and species –environnement relationships. In DELLIVERS J. & KARCHER W. eds. Applied Multivariate Analysis in SAR and Environnemtal Studies. ECSC, EEC, EAEC, Brussels and Luxembourg : p 85-114.

LE HOUEROU, H. N., 1992. Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride *In LE FLOC'H, E., GROUZIS, M., CORNET, A. et BILLE, J. C. (éds)* : L'aridité : une contrainte au développement. Caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés. Ed. ORSTOM ; p 197-220.

LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P., 1984. Écologie numérique. 1 : Le traitement multiple des données écologiques. 2ème éd. Masson, Paris. 260 p.

LONGCHAMP, R., 1977. Seuil de nuisibilté des mauvaises herbes. I : Nuisibilités des mauvaises herbes (généralités). *Phytoma* : 7-11 Mai 1977.

MAILLET, J. 1992. Constitution et dynamique des communautés de mauvaises herbes des vignes de France et des rizières de Camargue. Thèse d' état, USTL. Montpellier, 179 p.+ annexes.

GALINATO, M.& MOODY, K., 1999. Upland rice weeds of Southeast Asia. IRRI. 122 p. + Appendix.

MARNOTTE, P., 1984. Influence des facteurs agroécologiques sur le développement des mauvaises herbes en climat tropical humide. *C.R. du 7ème Coll. Int. Ecol. Biol. et Syst. des mauvaises herbes*, COLUMA-EWRS, Paris : 183-189.

MARQUETTE, J., 1966. Pour l'amélioration du rendement arachide à Madagascar. Doc. IRAM n° 68 ronéo. 6 p + annexes.

MILLEVILLE, P., GROUZIS, M., RAZANAKA, S. & RAZAFINDRANDIMBY, J., 1999. Systèmes de culture sur abattis brûlis et déterminisme de l'abandon cultural dans une zone semi-aride du sud-ouest de Madagascar. La jachère en Afrique Tropicale : rôles, aménagements, alternatives. DAKAR (Sénégal), 13-16 Avril 1999, 17 p.

MONTEGUT, J., 1975. Ecologie de la germination des mauvaises herbes *In* Chaussat R. & Le Deunff Y., 1975 : La germination des semences. Gauthiers-Villars éd., Paris : 191-218.

MORAT, P., 1969. Note sur l'application à Madagascar du quotient pluviothermique d'Emberger. *Cah. ORSTOM sér. Biol*., n°10. p 117-132.

MORAT, P., 1973. Les savanes du Sud-Ouest de Madagascar. Mémoire ORSTOM n° 68. 235 p. + cartes.

MUSSELMAN, J. L. & PARKER, C., 1981. Biosystematic Research in the Genus *Striga* (Scrofulariaceae) *Striga. Proc. of the Second. Int. Workshop*; ICRISAT. Ouagadougou, p 19-24.

OKAFOR, L. I. & ZITTA, C., 1991. The influence of nitrogen on Sorgum - weed competition in the tropics. *Tropical Pest Management*, 37, (2) : 138-143.

OLDEMAN, L.R., 1990 . An agroclimatic characterization of Madagascar. ISRIC Technical paper. ISRIC/FOFIFA/IRRI. Wageningen. 64 p.

PARKER, C. & FRYER, J.D., 1975. Weed control problems causing major reductions in Word Food Supplies. *FAO Plant Protection Bulletin*, 23 : 83-93.

PERRET, F., MARNOTTE, P., LE BOURGEOIS, Th. & CARRARA, A., 1997. Détermination pratique de quelques espèces de Convolvulacées adventices de l'Afrique du Centre et de l'Ouest. *Agriculture et Développement n°16* p 38 - 52.

PEYRELONGUE, J. & BOURNIER, J.P., 1974. *Earias insulana* Bois d. (Lep., Noctuidae) et ses parasites sur *Abutilon asiaticum* L. (Malvaceae) dans la région Sud-Ouest de Madagascar. *Cot. et Fibr. Trop*. Vol. XXIX Fasc. 2 p 241-245.

PRISTCHEPA, I., 1996. La déforestation à Zombitse. Calipso. Tuléar Madagascar. 14 p + annexes.

RAJERY, R., 1995. Analyse de la variabilité des itinéraires techniques du pois du cap. PSO. 66 p. + annexes.

RAKOTOJAONA, H.L., 2000. Ecosystème forestier de la région d'Analabo (Forêts des Mikea sur sables roux foncé : diversité - structure - dynamique de l'eau dans le sol). Mémoire de DEA/ SBA. Option Ecologie végétale. Univ. d'Antananarivo. CNRE- IRD. 79 p.

RAKOTOMALA, L., 1987. La partie septentrionale du Couloir d'Antseva : Le problème des rapport entre l'agriculture et l'élevage. AOMBE Elevage et Société, 1 : 53- 59.

RAMANDELINA, N., 1995. Analyse de la variabilité des itinéraires techniques sur le coton. PSO, Tuléar. 57 p. + Annexes.

RANDRIAMAMPIANINA, J.A., 1985. Les principales adventices du riz à Madagascar. Mémoire de fin d'Edude. EESSA. Univ. De Madagascar.149 p.

RANDRIAMAMPIANINA, J.A., 1988. Etude de l'Enherbement et des Méthodes de lutte en riziculture au Lac Alaotra. Rapport 1986-87. Proj. Recherche Dévelopement. L.A , ronéo 63 p.

RANDRIAMAMPIANINA, J.A., 1991. Lutte contre les mauvaises herbes en riziculture au Lac Alaotra. Rapport de synthèse (1987-90) FOFIFA ronéo 24 p.

RANDRIAMAMPIANINA, J.A., 1996. Analyse Diagnostic des problèmes de l'enherbement et du désherbage dans le Sud-Ouest de Madagascar Conv. PSO- FOFIFA /-CRR-Sud-Ouest. 23p +annexes.

RANDRIAMAMPIANINA, J.A., 1997. Lutte contre l'enherbement dans le Sud-Ouest : 1ère année d'expérimentation. Conv. PSO- FOFIFA /CRR Sud-Ouest. 37p.

RANDRIAMAMPIANINA, J.A., 1995. Approche sur l'écologie de la répartition des mauvaises herbes des cultures pluviales dans le Moyen Ouest (Madagascar), Mém. de DEA. Sciences Biol. Appliquées. Univ. d'Antananarivo. 73 p.+ annexes.

RANDRIAMAMPIANINA, J. A., 1998. Lutte contre l'enherbement dans le Sud-Ouest. Expérimentation herbicide – Suivi de l'enherbement des cultures pluviales. Conv. PSO-FOFIFA/Sud-Ouest 18 p + annexes.

RANDRIAMBANONA, H. A. 2000. Phytomasse hypogée de successions post-culturales du Sud-Ouest de Madagascar. Région d'Analabo-Forêts des Mikea. Mémoire de DEA/ SBA. Option Ecologie Végétale. Univ. d'Antananarivo. CNRE-IRD. 61 p.

RANDRIANAIVO, D., RABEMANANTSOA, N. & RANDRIANJATOVO, J. F., 1992. Etude diagnostic agro-socio-économique du Sud-Ouest de Madagascar. Convention d'étude MCAC n° 01/92; FOFIFA. Antananarivo. Madagascar. 88p.

RANDRIANAIVO, D., 1995. Région et Stratégies de Sécurité Alimentaires selon une perspective d'économie rurale. FOFIFA. Département R. D. 62 p + annexes.

RASOLOHERY, A., 2000. Phytomasse épigée de successions post-culturales du Sud-Ouest de Madagascar. Région d'Analabo-Forêts des Mikea. Mémoire de DEA/SBA. Option Ecologie végétale. Université d'Antananarivo, CNRE-IRD. 76 p.

RAVELOJAONA, G. 1982. Contribution à une monographie de *Trichispa sercea* Guérin - coléoptère hispine nuisible du riz à Madagascar. Univ. De Madagascar. *Terre Malgache n° 21* p 9-57.

RAZAFINDRATSIMA, A. 1995. Analyse de la variabilité des itinéraires techniques du riz Godra. PSO. 61 p.

RAZANAKA, S. J., 1995. Délimitation des zones de contact des aires semi-aride et sub-aride de la végétation du Sud-Ouest de Madagascar. Thèse de Doctorat de 3è Cycle, Université d'Antananarivo. 260 p.

RAZAFITSALAMA, H., 1995. Mise au point de systèmes de culture ; Rapport de campagne 1994/95. TAFA/ PSO. Toliara, 44 p.

RAZAFITSALAMA, H. & ROLLIN, D., 1998. Rapport d'activités 1997-98. Convention ONG TAFA / PSO. Toliara 46 p + annexes.

RENEAUD, H., 1981. Les espèces de *Striga* en Haute-Volta. *Striga*. Proceedings of the Second. Int. Workshop ; ICRISAT. Ouagadougou, p 25-26.

ROCHE, P., 1958. Prospection des sols destinés à la culture sèche du coton dans le district d'Ankazoabo Province de Tuléar, *Bull. d'Info. de la Défense & Restauration des Sols. n° 4* multigr. p 30-64 .

ROLLIN, D., 1997. Quelles améliorations pour les systèmes de culture du Sud-Ouest malgache ? *Agriculture et Développement n° 16* p 57-72.

ROLLIN, D. & RAZAFITSALAMA, H., 1999. Du semis direct en agriculture extensive sur défriche au semis direct sur une couverture permanente du sol, élément pour une évolution des systèmes de culture dans le Sud-Ouest In RASOLO F. et RAUNET M. (éds) Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. *Actes de l'atelier international*, Antsirabe, Madagascar.23-28 mars 1998. Cirad Montpellier France. Collection Colloques, p 271-277.

SAINT SAUVEUR, A.(de). 1998. Gestion des espaces et des ressources naturelles par une société pastorale – Les Bara du Sud-Ouest malgache. Implication pour une politique environnementale décentralisée. Thèse de Doctorat. Géographie Tropicale. Univ. Michel De Montaigne Bordeaux 3 ; 417 p.

SALLE, G. & RAYNAL-ROQUES, A., 1989. Le *Striga*. *La Recherche*, 206, 20 : 40-52.

SALOMON, J. N., 1987. Le Sud-Ouest de Madagascar. Etude de géographie physique. Tome 1. Université d'Aix-Marseille. 402 p.

SAUERBORN, J., 1991. The economic importance of the phytoparasites *Orobanche* and *Striga* in Ransom J. K., Musselman L.J., Worsham A. D., Parker C. eds. *Proc. of the 5th Int. Symp. of Parasitic Weeds*. Nairobi, Kenya : 137- 143.

SCHILLING, R. 1985. Etude de la relance de la culture d'arachide dans la région de Tuléar et Diagnostic de la situation arachidière dans la région du Lac Alaotra ; Doc n° 1930; IRHO Paris, 61 p. + annexes.

SCHMID, W., DOSSEKOU, M., KOCH, W. & WALTER, H., 1983. Aspects de modification et de nuisibilité de la flore adventice dans le système de production agricole du Togo. In *Comptes rendus de la 2ème Conf. De la Sociét. Ouest-africaine de malherbologie*. Abidjan : p 16-33.

SEGUY, L., 1995 et 1996. Rapport de mission à Madagascar. CIRAD Montpellier, France, 128 p.

SEMENT, G., 1971. Le désherbage du cotonnier à Madagascar : Techniques culturales, Herbicides. *Cot. Fibr. Trop*. 1971. Vol. XXVI fasc.4 p 409-435.

SEMENT, G., 1986. Le cotonnier en Afrique tropicale. Le technicien d'agriculture tropicale 5 Ed. Maisonneuve & Larose Paris, 129 p.

SOURDAT, M., 1972. Carte pédologique de l'Antseva. Notice multigr., 66 p + annexes +carte.

SOURDAT, M., 1977. Le Sud-Ouest de Madagascar. Morphogenèse et Pédogenèse. Thèse, n° 70. ORSTOM, *Collection Travaux et Documents*, Paris 248 p.

SOURTAT, M., 1973. Carte pédologique de Vineta. Notice multigr., 60 p + annexes + carte

STEVOUX, V., 2000. Caractérisation de l'enherbement des systèmes de culture traditionnels de maïs et de riz pluvial dans une zone montagnarde du Nord-Viet Nam. Thèse de Master of Science CNEARC 174 p.

SUTISNA, M. & GUILLERM, J. L., 1980. Etude écologique des espèces spontanées de la région camargaise. *C. R. 6ème Coll. Int. Ecol. Biol.et Syst. des Mauvaises herbes*, COLUMA-EWRS, Montpellier : 241-250.

TRAORE, H., 1991. Influence des facteurs agro-écologiques sur la constitution des communautés adventices des principales cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) du Burkina Faso. Thèse doctorat, USTL, Montpellier II. 180 p.+ annexes.

VERIN, P., 1990. Madagascar. Éd. Karthala. Paris. 256 p.

WEBER, G., ELEMO, K. & LAGOKE, S. T. O., 1997. Communauté d'adventices dans les systèmes de production intensive à dominante céréales en zone de savane nord guinéenne. *La recherche à l'IITA* n°13 p 10-15.

ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE DE RELEVE PHYTOECOLOGIQUE

FOFIFA/CRR Sud-Ouest.
BP 28. Tuléar.

FICHE DE RELEVE PHYTOECOLOGIQUE

Code de relevé : /_____/
Aut. : Randriamampanina J.A. Réf. ……. Localité …… Parcelle …… Surf (ha)……
Alt.(m) ……. Culture p/pale ……..Culture second …….Recouvrement Culture ……..

Enherbement : strate 1 (haut) …….. recouvrement …… Strate ligneuse (p.m) :
Strate 2 ……. recouvrement ……
Strate 3 …….. recouvrement …….

RELEVE FLORISTIQUE

N°	Nom latin	Indice d'A/D^{ce}	Recouvrement
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			

ANNEXE 2 : FICHE DE RELEVE PHYTOECOLOGIQUE

NATURE ET CODIFICATION DES FACTEURS DU MILIEU ETUDIES

Age de la parcelle
1 à 4 ans de culture
5 à 10 ans
11 ans et plus

Age après la dernière jachère
(âge)
11 à 3 ans
4 à 6 ans
7 ans et plus

Altitude (alt.)
100 à 200 m
200 à 400 m
600 m et plus

Assolement
pas d'assolement (ass1)
culture /jachère
même culture/ 2 à 4 ans
monoculture

Culture 1 (principale culture)
coton
maïs
manioc
arachide

Culture 2(culture secondaire)
maïs
légumineuses

Date de semis
précoce (avant 15 déc.)
normale (jusqu'à fin déc)
tardive (janv.)

Date de labour
précoce (>début déc.)
normal (déc.)
tardif (janv.)

Drainage
très faible
faible
moyen
fort

Type de semis
en poquets diffus
en poquets en ligne
en poquets très espacés

Facteur hydrique
précipitation
irrigation partielle

Fumure
aucune
urée
complète
autres

Intensification
vivrière sans labour
vivrière avec labour
coton sans engrais
coton avec engrais

Labour
zéro ou labour minimum
charrue à traction bovine
labour au tracteur

Nature du premier sarclage
manuel à l'angady
mécanique + manuel
herbicide
autres

Nature du 2ème sarclage
manuel à l'angady
mécanique + manuel
mécanique seul

Nature du 3ème sarclage
manuel
mécanique + manuel
mécanique seul

Intensité de sarclage
minimum (au plus = 1)
moyen (2sarclages)
3 sarclages
4 sarclages

Profondeur du sol
moins de 10 cm
10 à 20 cm
plus de 20 cm

Texture du sol
très fine à fine
moyenne
grossière
très grossière

Etat de surface (du sol)
pas de battance
battance localisée
battance généralisée
fentes de retrait

Orientation
terrain plat
E-W
W-E
N-S
S-N

Pente
Nulle
Très faible
Faible (environ 5%)
Moyenne
Forte

Ruissellement
Pas d'érosion
Rigoles
Ravines

Roche mère
Carapace sableuse
Alluvions
Terrain calcaire
Autres

Toposéquence
Terrain plat
Bas de pente
Milieu de pente
Haut de pente
Replat
Berge

Structure du sol
Pulvérulent
Sableux
Sableux granuleux
Granuleux
Granuleux compact
Compact massif
Pâteux

Zone
Zone 1 (A)
Zone 2 (B)
Zone 3 (C)
Zone 4 (D)
Zone 5 (E)

Type de sol
Sables roux arénacés
Sables roux dégradés (rouge clair)
Sables roux typiques
Sableux roux brun foncé
Sables roux hydromorphes (gris-noir)
Sols fersiallitiques rouge-brun (méditerrannéens)
Sols fersiallitiques +-dégradés
Vertisols
Sols alluviaux vertiques
Sols alluviaux typiques

Recouvrement culture 1+2
Environ 1 %
7%
15%
30%
50%
70%
85%
93%
presque 100%

Recouvrement global des adventices
Environ 1 %
7%
15%
30%
50%
70%
85%
93%
presque 100%

Précédent cultural
coton
manioc ou manioc/maïs
maïs
arachide
jachère
autres

ANNEXE 3 : FICHE DE RELEVE PHYTOECOLOGIQUE

FOFIFA/CRR S.O. Tuléar.

RELEVE DES FACTEURS DU MILIEU

Code relevé :……. Aut. : Randriamampianina J.A Réf./___/___/ Zone……. Loc……

Exploitation……Parcelle …… .Alt.(m)…….Topogr……. Pente …… Orient°……

Roche mère…….. Type de sol ..…… Texture …….. Structure……

Etat de surface……..Profondeur …….. Facteur hydrique …… Drainage ……..

Ruissellement …… Surface de la parcelle …… (ha) Age de la parcelle ……..

Age/dernière jachère : …… Précédent cultural : …… Assolement …….

Degré d'intensification ……..Culture principale :…… Culture secondaire ……

Type de labour …… Date de labour …… Fumure ……..

Type de semis (culture p/pale) …….. Date de semis (Culture p/pale) ……..

Type de semis (culture second)……. Date de semis (culture second) ……

Herbicide : ……..

Nature sarclage 1 …….. Date sarclage 1 ……..

Nature sarclage 2 …… Date sarclage 2 ……

Nature sarclage 3 ……. Date sarclage 3 ……

Nature sarclage 4 …….. Date sarclage 4 …….

ANNEXE 4 : LA FLORE DE L'ETUDE (153 espèces)

Code	AIZOACEAE
GSKPH	*Gisekia pharmacoides* L.
MOLNU	*Mollugo nudicaulis* Lamark
MOLS1	*Mollugo sp* Lamark
TRTPN ?	*Trimthema pentandra* L.
TRTPO	*Trianthema portulacastrum* L.
	AMARANTHACEAE
ACYAS	*Achyranthes apera* L.
AERJA	*Aerva javanica* (Burm f.) Jussieu ex Schultes
ALRRE	*Alternanthera repens* (L.) Link, non Gmelin
AMACH	*Amaranthus hybridus* L.
AMASP	*Amaranthus spinosus* L.
AMAVI	*Amaranthus viridis* L.
CEOAR	*Celosia rgentea* L.
CEOTR	*Celosia trigyna* L.
GOMCE	*Gomphrena celosiodes* H.Martius
	APOCYNACEAE
CTUSC ?	*Catharanthus scitulus* Pich.
	ARISTOLOCHIACEAE
ARKAC ?	*Aristolochia acuminata* Lam.
	ASCLEPIADACEAE
LPNMA?	*Leptadenia madagascariensis* Decne. In A. DC.
	ASTERACEAE
ACNHI	*Acanthospermum hispidum* DC.
BIDPI	*Bidens pilosa* L.
LACS1?	*Lactuca goreensis* (Lamk.) O.Hoffm.
LGGAL	*Laggera alata* (D. Don.) Sch.Bip. ex Oliver
?NIDCH	*Nidorella chrysocoma* DC.
PTNHY	*Parthenium hysterophorus* L.
TAGMI	*Tagetes minuta* L.
TAGOl	*Tagetes sp* L.
TRQPR	*Tridax procumbens* L.

Code	
	BORAGINACEAE
TRHZE	*Trichodesma zeylanicum* (Burm.f ;) R.Br.
HEOIN	*Heliotropium indicum* L.
	CAESALPINACEAE
CASMI	*Cassia mimosoides* L.
CASOB	*Cassia obtusifolia* L.
CASOC	*Cassia occidentalis* L.
CASS1	*Cassia sp* L.
	CAPPARIDACEAE
CLEVI	*Cleome viscose* L.
	CARYOPLYLLACEAE
PCYCC	*Polycarpaea corymbosa* (L.) Lamark var. corymbosa
PCYCO	*Polycarpaea corymbosa* (L.) Lamark var. eriantha
	COMMELINACEAE
COMBE	*Commelina benghalensis* L.
COMDI	*Commelina diffusa* Burman f.
	CONVOLVULACEAE
EVONU ?	*Evolvulus nummularis* L.
IPOS2 ?	*Ipomoea bolusiana* Schinz.
IPOCP	*Ipomoea coptica* (L.) Roth ex Roemer & Schultes
IPOER	*Ipomoea eriocarpa* R.Br.
IAQTA	*Jaquemontia tamnifolia* (L.) Grieseb.
MRREM	*Merremia emarginata* (Burm f.) H. Hallier.
IPOS3 ?	*Merremia tridentate* (L.) Hallier.
	CUCURBITACEAE
CITLA	*Citrullus lanatus* (Thunberg) Matsumara & Nakai
CUMS1?	*Cucumis sp*
	CYPERACEAE
BULAB	*Bulbostylis abortiva* (Steud.) C.B.Clarke
CYPHP	*Cyperus halpan* L.
CYPRO	*Cyperus rotundus* L.
	DIOSCOREACEAE
DIUAN?	*Dioscorea antaly* Jum&H.Perrier
DIUS1?	*Dioscorea heteropoda* Bak.
	EQUISETACEAE
EQURA	*Equisetum ramosissimum* Desf.

Code	EUPHORBIACEAE
EPHHI	*Euphorbia hirta* L.
EPHHY	*Euphorbia hypericifolia* L.
EPHPT	*Euphorbia prostrate* Aiton
PYLAM	*Phyllanthus amarus* Schumach.&Thonn.
PYLRE?	*Phyllanthus sp* L.
RIICO	*Ricinus communis* L.
	FABACEAE
AESIN	*Aeschynomene indica* L.
ALZMO	*Alysicarpus molinifer* (L.) DC.
ALZRU	*Alysicarpus rugosus* (Willd.) DC.
ALZVA	*Alysicarpus vaginalis* (L.) DC.
CLOMU	*Callopogonium mucunoides* Desv.
CVTFR?	*Crotalaria fiherenensis* R. Viguier
CVTRE	*Crotalaria retusa* L.
CVTX1	*Crotalaria sp* L.
CVTUN?	*Crotalaria uncinella* Lamk.
DEDTO	*Desmodium tortuosum* (Sw.) DC.
DEDX1	*Desmodium* sp Desv.
INDX1?	*Indigofera arrecta* Hochst ex A.Rch.
INDHI	*Indigofera hirsuta* L.
INDS2	*Indigofera practicola* Baker.
INDTI	*Indigofera tinctoria* L.
PHSAT	*Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb.
MUCDE	*Mucuna pruriens* var. utilis (Wallich ex Wight) Baker ex Burk.
RHNMI	*Rhynchosia minima* (L.) DC.
SEBSP	*Sesbania punctata* DC.
STYS1?	*Stylosanthes sp* Sw.
TEPLI	*Tephrosia lineraris* (Willd.) Pers.
TEPPU	*Tephrosia purpurea* (L.) Pers.
TERLA	*Teramnus labialis* (L.f.) Spreng.
ZORS1 ?	*Zornia sp*
	LAMIACEAE
HPYPE	*Hyptis pectinata* (L.) Poiteau
HPYSP	*Hyptis spicigera* Lamark
LEONE	*Leonotis nepetaefolia* (L.) W.T. Aiton
OCICA	*Ocimum canum* Sims
	LILIACEAE
GLOSU	*Gloriosa superba* L.

Code	MALVACEAE
ABMFI	*Abelmoschus ficulneus* (L.) Wight & Arn. ex Wight
ABUAS	*Abutilon asiaticum* (L.) Don.
ABUPS?	*Abutilon pseudo-cleistogamum* Hochr.
HIBAS	*Hibiscus asper* Hook. f.
HIBCE	*Hibiscus caerulescens* R.Br.
HIBXX ?	*Hibiscus panduriformis* Burm.f.
SIDAC	*Sida acuta* Burm. f.
SIDCO	*Sida cordifolia* L.
SIDRH	*Sida rhombifolia* L.
SIDS1	*Sida sp* L.
	NYCTAGINACEAE
BOEDI	*Boerhavia diffusa* L.
BOEER	*Boerhavia erecta* L.
	OENOTHERACEAE
LUDER	*Ludwigia erecta* (L.) Hara
	PAPAVERACEAE
ARGME	*Argemone mexicana* L.
	POACEAE
ARKAD	*Aristida adscensionis* L.
ARKCB?	*Aristida congesta subsp. barbicollis* (Trin & Rupr.)
BRADE	*Brachiria deflexa* (Schumach.) C E. Hubb. ex Robyns
BRAER	*Brachiaria eruciformis* (Sm.) Griseb.
BRANA?	*Brachiaria nana* Stapf.
PANRP	*Brachiaria reptans* (L.) C.A. Gardner & C E. Hubb.
CCHBI	*Cenchrus biflorus* Roxb.
PESCI	*Cenchrus ciliaris* L.
CCHEC	*Cenchrus echinatus* L.
CRHVI	*Chloris virgata* Swartz
CYNDA	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.
DTTAE	*Dactyloctenium aegyptium* (L.) P.Beauv.
DIGHO	*Digitaria horizontalis* Willd.
DIMPE ?	*Dinebra perrieri* (A. Camus) Bosser
ECHCO	*Echinochloa colona* (L.) Link
ELEIN	*Eleusine indica* (L.) Gaertner
ENNCE ?	*Enneapogon cenchroides* (Licht.) F.T. Hubb.
ERAAS	*Eragrostis asper* (Jacq.) Nees
ERAME	*Eragrostis cilianensis* (Allioni) F.T.Hubb.
ERACY	*Eragrostis cylindriflora* Hochst.
ERAS2?	*Eragrostis sp* P. Beauv.
ERAAM	*Eragrostis tenella* (L.) P.Beauv. ex Roemer & Schult.
HTOCO	*Heteropogon contortus* (L.) P.Beauv. ex Roemer & Schult.
HYRRU	*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf
LPTVU?	*Leptocarydion vulpiastrum* (De Not.)& Stapf
RHYRE	*Melinis repens* (Willd.) Zizka

Code	POACEAE (suite)
PANMA	*Panicum maximum* Jacquin
PANS1?	*Panicum novemnerve* Stapf
PANPS?	*Panicum pseudovoeltzkowii* A. Camus
PANS2?	*Panicum walense* Mez.
PESPO	*Pennisetum polystachion* (L.) Schultes
PRRPA?	*Perotis patens* Grand.
ROOEX	*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton
SETPF	*Setaria pallide-fusca* (Schumach.) Stapf & C.E. Hubb.
SORVE	*Sorghum verticilliflorum* (Steud.) Stapf
SPZPA	*Sporobolus regularis* Mez.
SPZS1?	*Sporobolus sp* R.Br.
TRGBE	*Tragus berteronianus* Schult.
	PORTULACACEAE
POROL	*Portulaca oleracea* L.
	RUBIACEAE
OLDCO	*Oldenlandia corymbosa* L.
OLDPC?	*Oldenlandia pauciflora* Roxb. Ex Wight & Arn.
PDRGR?	*Paederia grvei* Drake
PRD01?	*Paederia sp* Drake
	SCROFULARIACEAE
STRAN	*Striga asiatica* (L.) Kuntze
	STERCULIACEAE
MEOCO	*Melochia corchorifolia* L.
WALAM	*Waltheria indica* L.
	TILIACEAE
CRGAE	*Corchorus aestuans* L.
CRGX1?	*Corchorus sp1* L.
CRGS2	*Corchorus sp2* L.
CRGTR	*Corchorus trilocularis* L.
	TRIBULACEAE
TRBTE	*Tribulus terrestris* L.
	VIOLACEAE
HYBHE?	*Hybanthus heterophyllus*

ANNEXE 5 : LA FLORE TRIEE PAR CODE

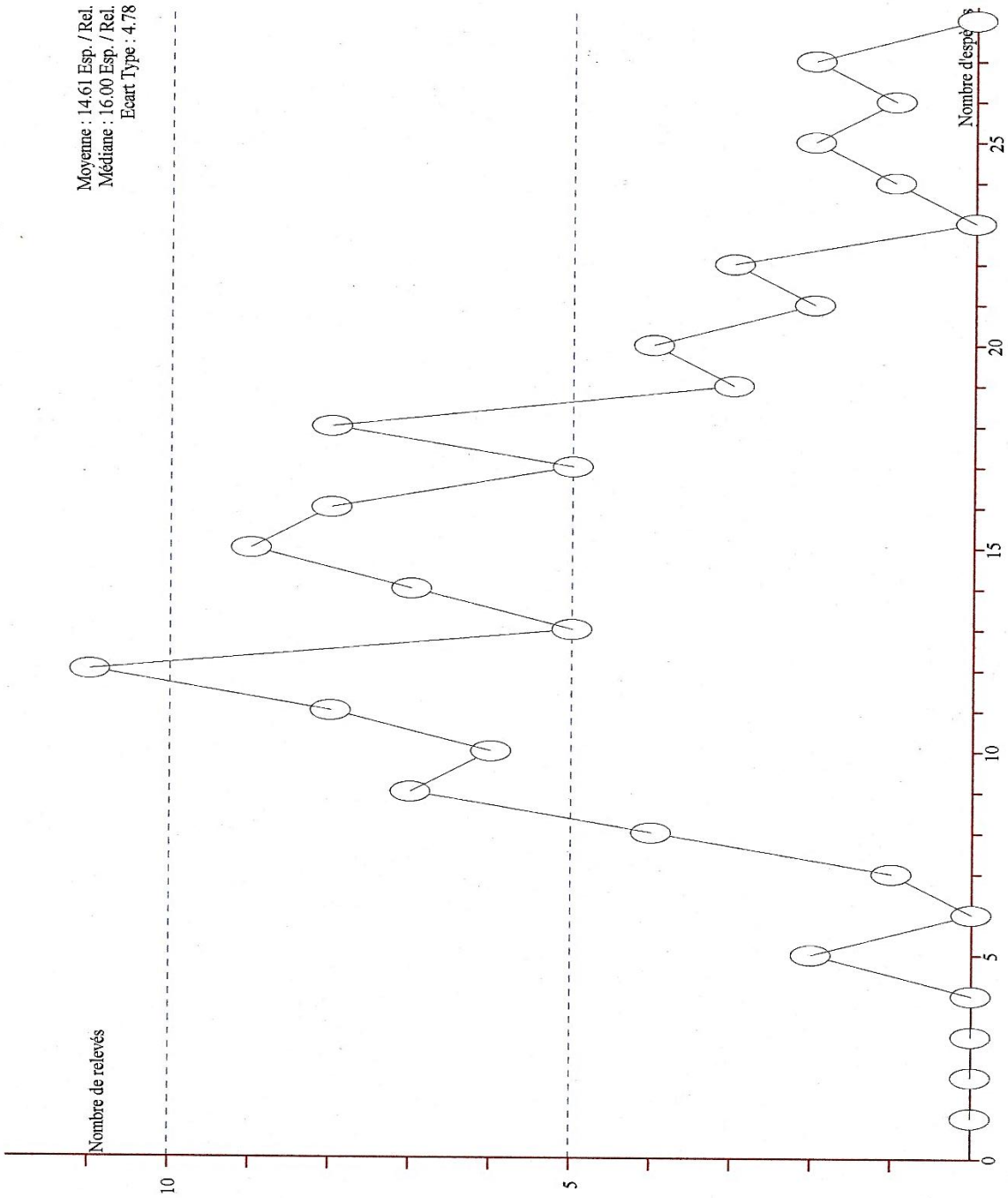
Codes Bayers:	Genres:	Espèces:	Auteurs:	Familles:
?CORXX	*Corchorus*	*sp.*	L.	TILIACEAE
?CVTFR	*Crotalaria*	*fiherenensis*	R.Viguier	FABACEAE
?CVTUN	*Crotalaria*	*uncinella*	Lamk.	FABACEAE
?CVTX1	*Crotalaria*	*sp1.*	L.	FABACEAE
?DEDX1	*Desmodium*	*sp1.*	Desv.	FABACEAE
?IPOS1	*Ipomoea*	*bolusiana*	Schinz.	CONVOLVULACEAE
?LACS1	*Lactuca*	*goreensis*	(Lamk.) O. Hoffm.	ASTERACEAE
?NIDCH	*Nidorella*	*chrysocoma*	D.C.	ASTERACEAE
ABMFI	*Abelmoschus*	*ficulneus*	(L.) Wight & Arnott ex Wight	MALVACEAE
ABUAS?	*Abutilon*	*asiaticum*	(L.) Don.	MALVACEAE
ABUPS?	*Abutilon*	*pseudo-cleistogamum*	Hochr.	MALVACEAE
ACNHI	*Acanthospermum*	*hispidum*	DC.	ASTERACEAE
ACYAS	*Achyranthes*	*aspera*	L.	AMARANTHACEAE
AERJA	*Aerva*	*javanica*	(Burman f.) C.Jussieu ex Schultes	AMARANTHACEAE
AESIN	*Aeschynomene*	*indica*	L.	FABACEAE
ALRRE	*Alternanthera*	*repens*	(L.) Link, non Gmelin	AMARANTHACEAE
ALZMO	*Alysicarpus*	*monilifer*	(L.) DC.	FABACEAE
ALZRU	*Alysicarpus*	*rugosus*	(Willdenow) DC.	FABACEAE
ALZVA	*Alysicarpus*	*vaginalis*	(L.) DC.	FABACEAE
AMACH	*Amaranthus*	*hybridus*	L.	AMARANTHACEAE
AMASP	*Amaranthus*	*spinosus*	L.	AMARANTHACEAE
AMAVI	*Amaranthus*	*viridis*	L.	AMARANTHACEAE
ARGME	*Argemone*	*mexicana*	L.	PAPAVERACEAE
ARKAC?	*Aristolochia*	*acuminata*	Lam.	ARISTOLOCHIACEAE
ARKAD	*Aristida*	*adscensionis*	L.	POACEAE
ARKCB?	*Aristida*	*congesta* subsp. *barbicollis*	(Trin. & Rupr.)	POACEAE
BIDPI	*Bidens*	*pilosa*	L.	ASTERACEAE
BOEDI	*Boerhavia*	*diffusa*	L.	NYCTAGINACEAE
BOEER	*Boerhavia*	*erecta*	L.	NYCTAGINACEAE
BRADE	*Brachiaria*	*deflexa*	(Schumacher) C.E.Hubbard ex Robyns	POACEAE
BRAER	*Brachiaria*	*eruciformis*	(Sm.) Griseb.	POACEAE
BRANA?	*Brachiaria*	*nana*	Stapf	POACEAE
BULAB	*Bulbostylis*	*abortiva*	(Steudel) C.B.Clarke	CYPERACEAE
CASMI	*Cassia*	*mimosoides*	L.	CAESALPINIACEAE
CASOB	*Cassia*	*obtusifolia*	L.	CAESALPINIACEAE
CASOC	*Cassia*	*occidentalis*	L.	CAESALPINIACEAE
CASS1?	*Cassia*	*sp*	L.	CAESALPINIACEAE
CCHBI	*Cenchrus*	*biflorus*	Roxburgh	POACEAE
CCHEC	*Cenchrus*	*echinatus*	L.	POACEAE
CEOAR	*Celosia*	*argentea*	L.	AMARANTHACEAE
CEOTR	*Celosia*	*trigyna*	L.	AMARANTHACEAE
CHRVI	*Chloris*	*virgata*	Swartz	POACEAE

Bayers:	Genres:	Espèces:	Auteurs:	Familles:
CITLA	*Citrullus*	*lanatus*	(Thunberg) Matsumara & Nakai	CUCURBITACEAE
CLEVI	*Cleome*	*viscosa*	L.	CAPPARIDACEAE
CLOMU	*Calopogonium*	*mucunoides*	Desv.	FABACEAE
COMBE	*Commelina*	*benghalensis*	L.	COMMELINACEAE
COMDI	*Commelina*	*diffusa*	Burman f.	COMMELINACEAE
CRGAE	*Corchorus*	*aestuans*	L.	TILIACEAE
CRGTR	*Corchorus*	*trilocularis*	L.	TILIACEAE
CRGX1	*Corchorus*	*sp.1*	L.	TILIACEAE
CTUSC?	*Catharanthus*	*scitulus*	Pich.	APOCYNACEAE
CUMS1	*Cucumis*	*sp*		CUCURBITACEAE
CVTRE	*Crotalaria*	*retusa*	L.	FABACEAE
CYNDA	*Cynodon*	*dactylon*	(L.) Persoon	POACEAE
CYPHP	*Cyperus*	*halpan*	L.	CYPERACEAE
CYPRO	*Cyperus*	*rotundus*	L.	CYPERACEAE
DEDTO	*Desmodium*	*tortuosum*	(Swartz) DC.	FABACEAE
DIGHO	*Digitaria*	*horizontalis*	Willdenow	POACEAE
DIMPE?	*Dinebra*	*perrieri*	(A. Camus) Bosser	POACEAE
DIUAN?	*Dioscorea*	*antaly*	Jum. & H.Perrier	DIOSCOREACEAE
DIUS1?	*Dioscorea*	*heteropoda*	Bak.	DIOSCOREACEAE
DTTAE	*Dactyloctenium*	*aegyptium*	(L.) P.Beauv.	POACEAE
ECHCO	*Echinochloa*	*colona*	(L.) Link	POACEAE
ELEIN	*Eleusine*	*indica*	(L.) Gaertner	POACEAE
ENNCE?	*Enneapogon*	*cenchroides*	(Licht.) F.T. Hubb.	POACEAE
EPHHI	*Euphorbia*	*hirta*	L.	EUPHORBIACEAE
EPHHY	*Euphorbia*	*hypericifolia*	L.	EUPHORBIACEAE
EPHPT	*Euphorbia*	*prostrata*	Aiton	EUPHORBIACEAE
EQURA	*Equisetum*	*ramosissimum*	Desf.	EQUISETACEAE
ERAAM	*Eragrostis*	*tenella*	(L.) P.Beauv. ex Roemer & Schultes	POACEAE
ERAAS	*Eragrostis*	*aspera*	(Jacquin) Nees	POACEAE
ERACY	*Eragrostis*	*cylindriflora*	Hochst.	POACEAE
ERAME	*Eragrostis*	*cilianensis*	(Allioni) F.T.Hubbard	POACEAE
ERAS2?	*Eragrostis*	*sp*	P. Beauv.	POACEAE
EVONU?	*Evolvulus*	*nummularis*	L.	CONVOLVULACEAE
GLOSU	*Gloriosa*	*superba*	L.	LILIACEAE
GOMCE	*Gomphrena*	*celosioides*	H.Martius	AMARANTHACEAE
GSKPH	*Gisekia*	*pharnaceoides*	L.	AIZOACEAE
HEOIN	*Heliotropium*	*indicum*	L.	BORRAGINACEAE
HIBAS	*Hibiscus*	*asper*	Hooker f.	MALVACEAE
HIBCE?	*Hibiscus*	*caerulescens*	R.Br.	MALVACEAE
HIB XX?	*Hibiscus*	*panduriformis*	Burm.	MALVACEAE
HPYPE	*Hyptis*	*pectinata*	(L.) Poiteau	LAMIACEAE
HPYSP	*Hyptis*	*spicigera*	Lamarck	LAMIACEAE
HTOCO	*Heteropogon*	*contortus*	(L.) P.Beauv. ex Roemer & Schultes	POACEAE
HYBHE?	*Hybanthus*	*heterophyllus*		VIOLACEAE
HYRRU	*Hyparrhenia*	*rufa*	(Nees) Stapf	POACEAE
IAQTA	*Jacquemontia*	*tamnifolia*	(L.) Griseb.	CONVOLVULACEAE
INDX1?	*Indigofera*	*arrecta*	Hochst ex A. Rich.	FABACEAE
INDHI	*Indigofera*	*hirsuta*	L.	FABACEAE
INDS2?	*Indigofera*	*praticola*	Baker.	FABACEAE
INDTI	*Indigofera*	*tinctoria*	L.	FABACEAE
IPOCP	*Ipomoea*	*coptica*	(L.) Roth ex Roemer & Schultes	CONVOLVULACEAE
IPOER	*Ipomoea*	*eriocarpa*	R. Br.	CONVOLVULACEAE
LEONE	*Leonotis*	*nepetifolia*	(L.) W.T.Aiton	LAMIACEAE

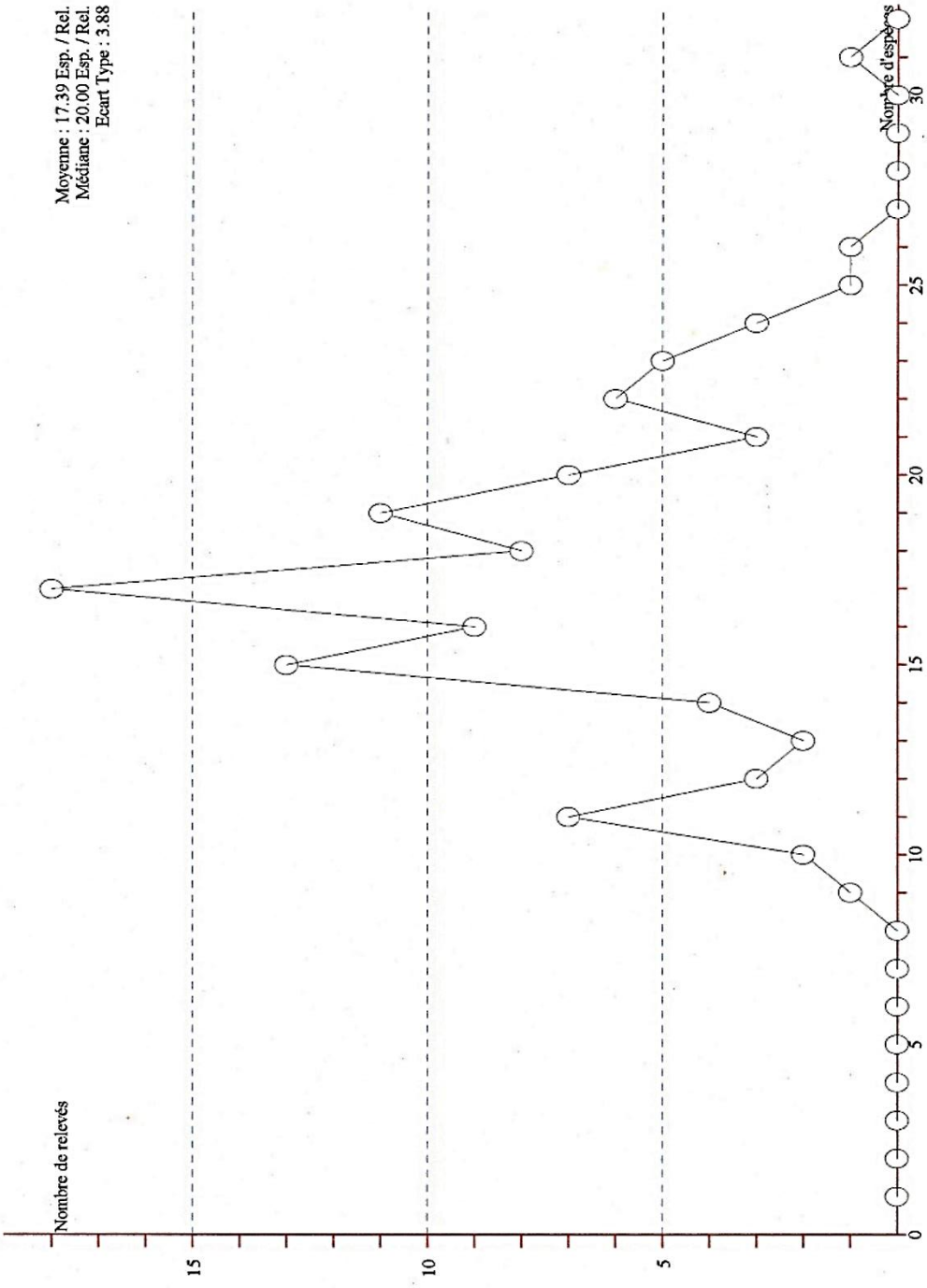
Bayers:	Genres:		Espèces:	Auteurs:	Familles:
LGGAL	*Laggera*		*alata*	(D.Don) Sch.Bip. ex Oliver	ASTERACEAE
LPNMA?	*Leptadenia*		*madagascariensis*	Decne. in A.DC.	ASCLEPIADACEAE
LPTVU?	*Leptocarydion*		*vulpiastrum*	(De Not.) & Stapf	POACEAE
LUDER	*Ludwigia*		*erecta*	(L.) Hara	OENOTHERACEAE
MEOCO	*Melochia*		*corchorifolia*	L.	STERCULIACEAE
MOLNU	*Mollugo*		*nudicaulis*	Lamarck	AIZOACEAE
MOLS1?	*Mollugo*		*sp*	Lamark	AIZOACEAE
MRREM	*Merremia*		*emarginata*	(Burm.f.) H. Hallier.	CONVOLVULACEAE
MRRTR	*Merremia*		*tridentata*	(L.) Hallier.	CONVOLVULACEAE
MUCDE	*Mucuna*		*pruriens*	(L.) DC.	FABACEAE
		var.	*utilis*	(Wallich ex Wight) Baker ex Burck	
OCICA	*Ocimum*		*canum*	Sims	LAMIACEAE
OLDCO	*Oldenlandia*		*corymbosa*	L.	RUBIACEAE
OLDPC?	*Oldenlandia*		*pauciflora*		RUBIACEAE
PANMA	*Panicum*		*maximum*	Jacquin	POACEAE
PANS1?	*Panicum*		*novemnerve*	Stapf.	POACEAE
PANPS?	*Panicum*		*pseudovoeltzkowii*	A. Camus	POACEAE
PANRP	*Brachiaria*		*reptans*	(L.) Gardner & C.E.Hubbard	POACEAE
PANS2?	*Panicum*		*walense*	Mez.	POACEAE
PCYCC	*Polycarpaea*		*corymbosa*	(L.) Lamarck	CARYOPHYLLACEAE
		var.	*corymbosa*		
PCYCO	*Polycarpaea*		*corymbosa*	(L.) Lamarck	CARYOPHYLLACEAE
PDR01?	*Poederia*		*sp*	Drake	RUBIACEAE
PDRGR?	*Poederia*		*grevei*	Drake	RUBIACEAE
PESCI	*Cenchrus*		*ciliaris*	L.	POACEAE
PESPO	*Pennisetum*		*polystachion*	(L.) Schultes	POACEAE
PHSLY	*Macroptilium*		*lathyroides*	(L.) Urban	FABACEAE
POROL	*Portulaca*		*oleracea*	L.	PORTULACACEAE
PRRPA?	*Perotis*		*patens*	Gand.	POACEAE
PTNHY	*Parthenium*		*hysterophorus*	L.	ASTERACEAE
PYLAM	*Phyllanthus*		*amarus*	Schumacher & Thonning	EUPHORBIACEAE
PYLRE?	*Phyllanthus*		*revanghanii*		EUPHORBIACEAE
RHNMI	*Rhynchosia*		*minima*	(L.) DC.	FABACEAE
RHYRE	*Melinis*		*repens*	(Willdenow) Zizka	POACEAE
RIICO	*Ricinus*		*communis*	L.	EUPHORBIACEAE
ROOEX	*Rottboellia*		*cochinchinensis*	(Loureiro) Clayton	POACEAE
SEBSP	*Sesbania*		*punctata*	DC.	FABACEAE
SETPF	*Setaria*		*pallide-fusca*	(Schumacher) Stapf & C.E.Hubbard	POACEAE
SIDAC	*Sida*		*acuta*	Burman f.	MALVACEAE
SIDCO	*Sida*		*cordifolia*	L.	MALVACEAE
SIDRH	*Sida*		*rhombifolia*	L.	MALVACEAE
SIDS1	*Sida*		*sp.*	L.	MALVACEAE
SORVE	*Sorghum*		*verticilliflorum*	(Steud.) Stapf	POACEAE
SPZPA	*Sporobolus*		*regularis*	Mez	POACEAE
SPZS1?	*Sporobolus*		*sp*	R. Br.	POACEAE

Bayers:	Genres:	Espèces:	Auteurs:	Familles:
STRAN	*Striga*	*asiatica*	(L.) Kuntze	SCROFULARIACEAE
STYS1?	*Stylosanthes*	*sp*	SW.	FABACEAE
TAGMI	*Tagetes*	*minuta*	L.	ASTERACEAE
TAG[illegible]1	*Tagetes*	*sp*	L.	ASTERACEAE
TEPLI	*Tephrosia*	*linearis*	(Willdenow) Persoon	FABACEAE
TEPPU	*Tephrosia*	*purpurea*	(L.) Persoon	FABACEAE
TERLA	*Teramnus*	*labialis*	(L.f.) Spreng.	FABACEAE
TRBTE	*Tribulus*	*terrestris*	L.	TRIBULACEAE
TRGBE	*Tragus*	*berteronianus*	Schultes	POACEAE
TRHZE	*Trichodesma*	*zeylanicum*	(Burm.f.) R.Br.	BORAGINACEAE
TRQPR	*Tridax*	*procumbens*	L.	ASTERACEAE
TRTPN?	*Trianthema*	*pentandra*	L.	AIZOACEAE
TRTPO	*Trianthema*	*portulacastrum*	L.	AIZOACEAE
WALAM	*Waltheria*	*indica*	L.	STERCULIACEAE
ZORS1?	*Zornia*	*sp*		FABACEAE

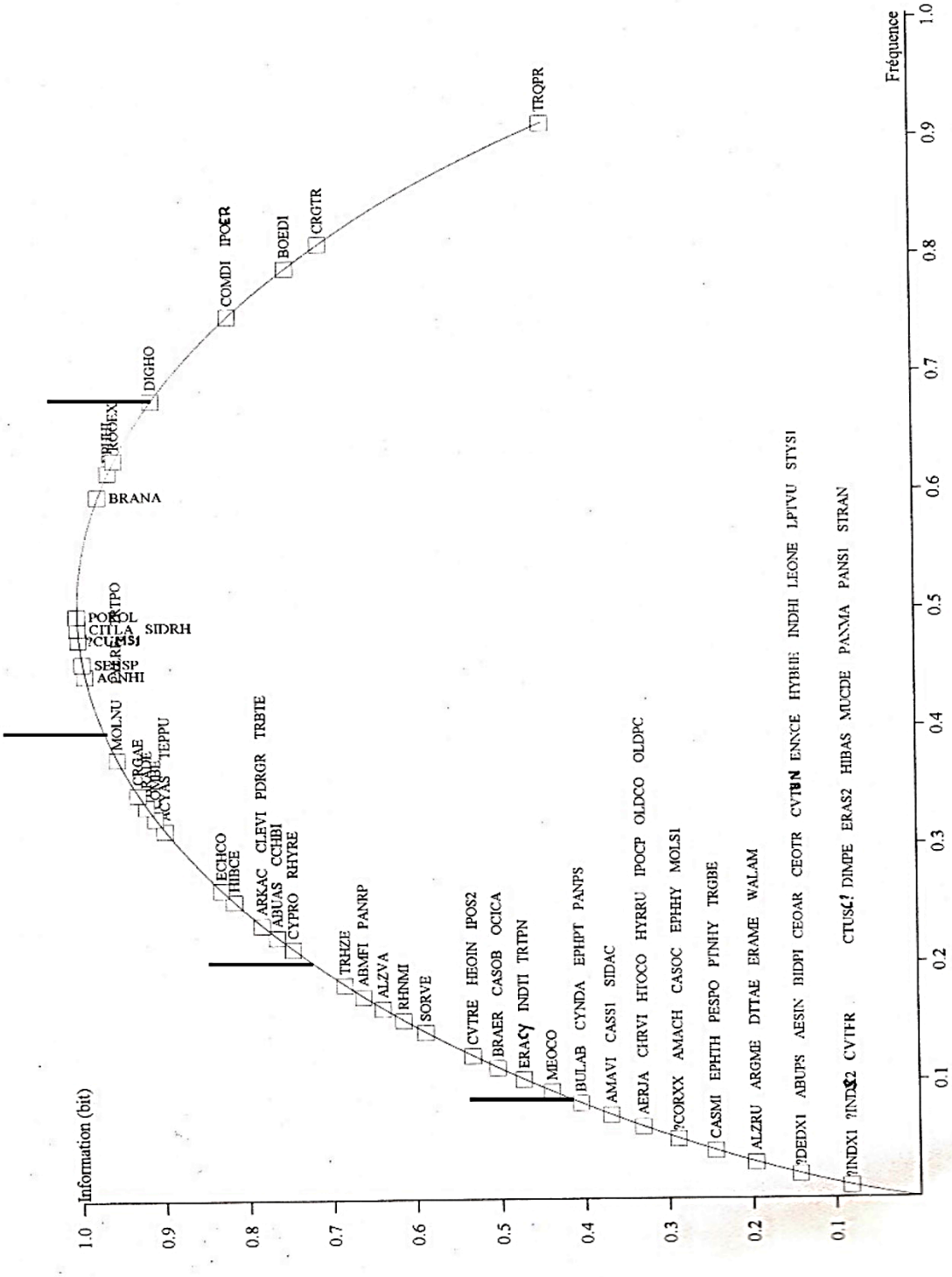
ANNEXE 6 : RICHESSE FLORISTIQUE PARCELLAIRE EN FIN DE CYCLE (année 1)



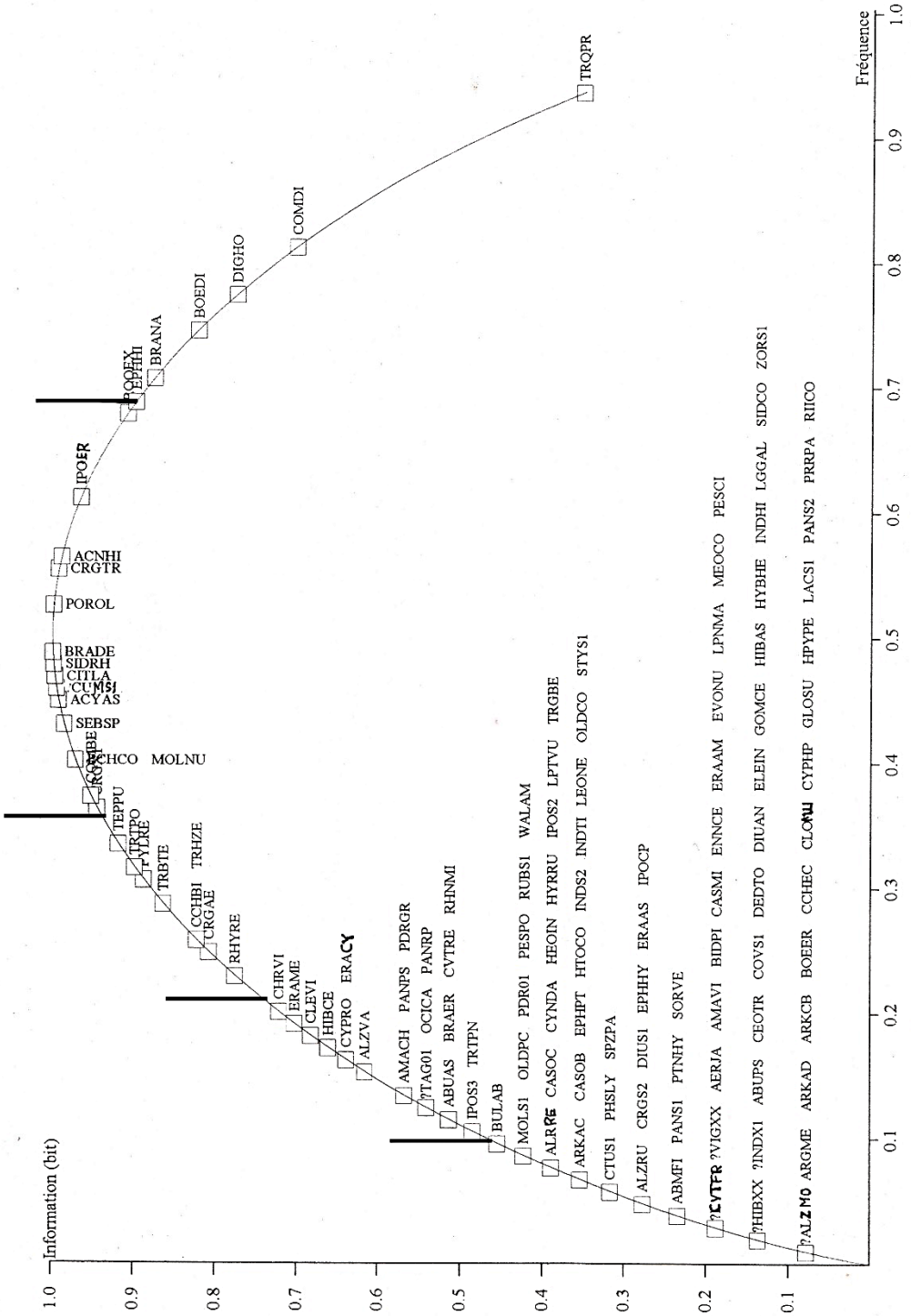
ANNEXE 7 : RICHESSE FLORISTIQUE PARCELLAIRE EN FIN DE CYCLE (année 2)



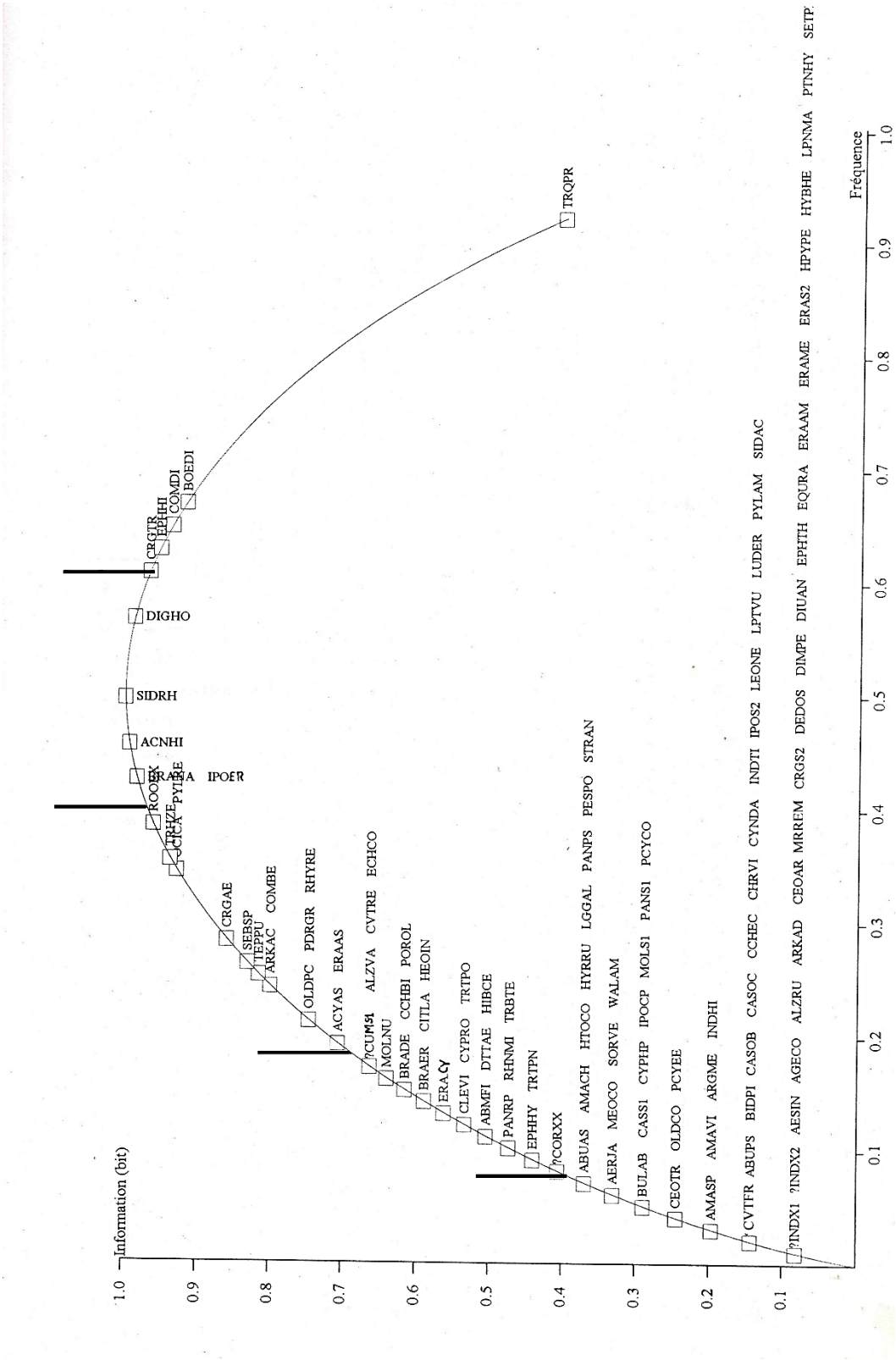
ANNEXE 8 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN DEBUT DE CYCLE (Année 1)



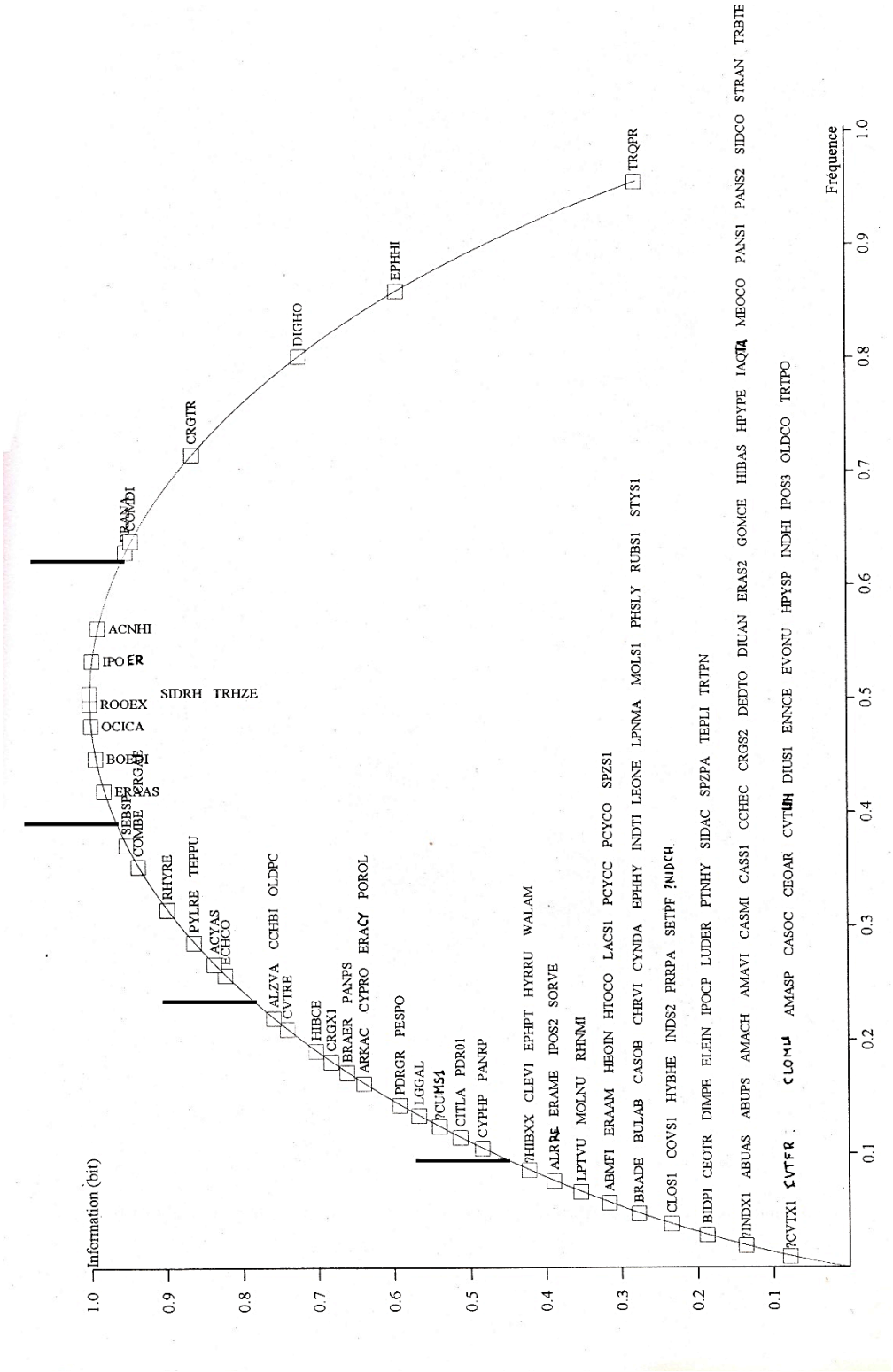
ANNEXE 9 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN DEBUT DE CYCLE (Année 2)



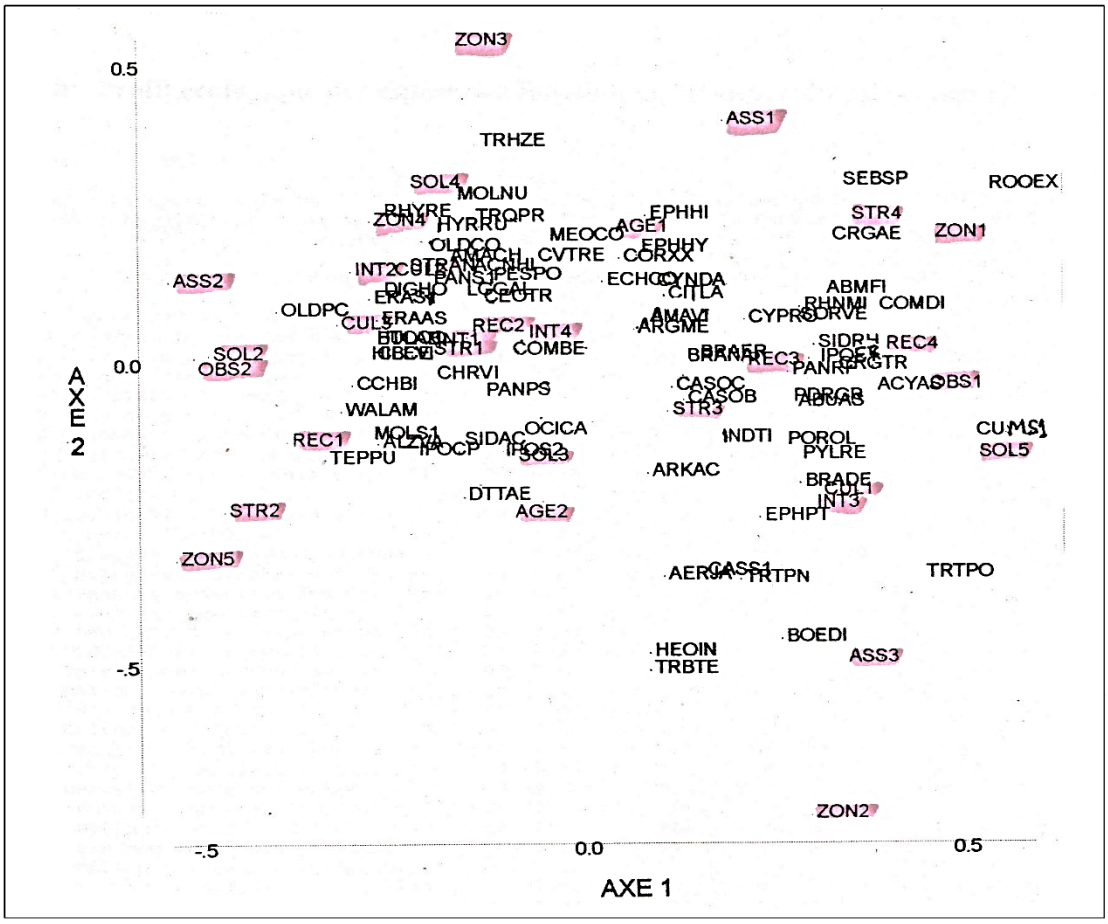
ANNEXE 10 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN FIN DE CYCLE (Année 1)

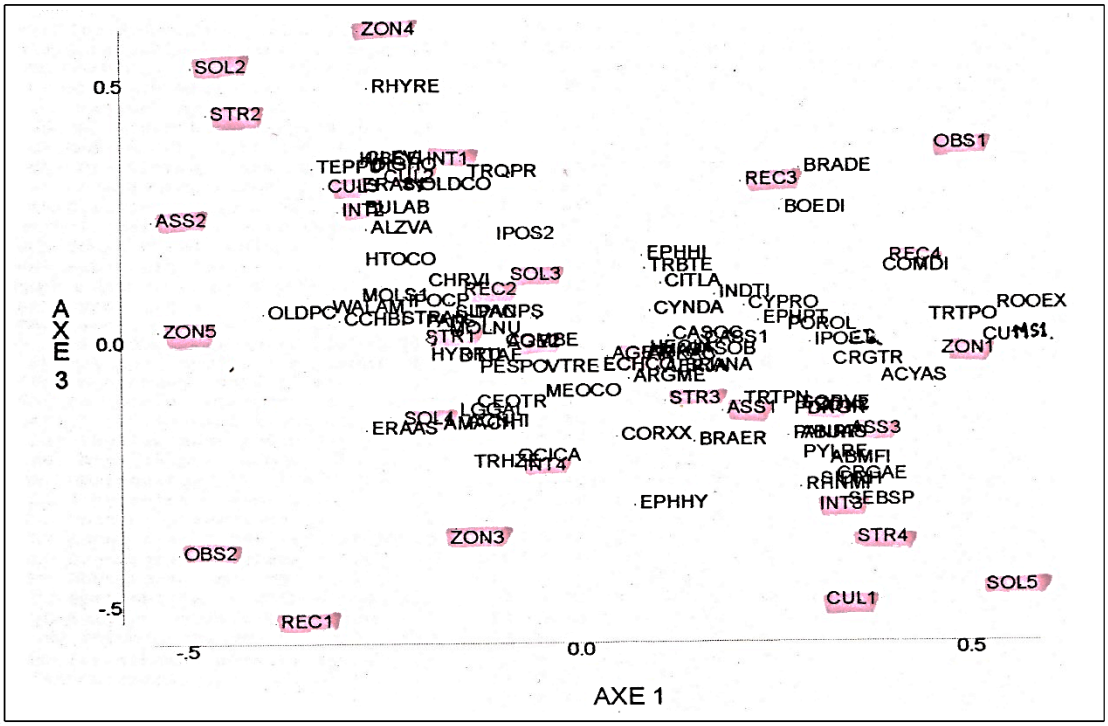


ANNEXE 11 : ENTROPIE DES ESPECES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE RELATIVE EN FIN DE CYCLE (Année 2)



ANNEXE 12 : CORRELATION DES VARIABLES ET DES ESPECES AVEC LES AXES 1,2 et 1,3 (Année 1)





ANNEXE 13 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL (Année 1)

VARIABLE ·1 Sol

SORTIE TRIEE SUR SIGNE

8 CLASSES ENTROPIE VARIABLE= 2.89791 198 RELEVES TEST DE BASHARIN= .02550

MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE: .07288 POUR 137 ESPECES .09325 POUR

NUMERO	ESPECE	FREQUENCE	INF.MUT	AMPLITU. HABITAT	PROFILS CORRIGES 1	3	4	5	6	8	9	10
103	OLDPC? Oldenlandia pauciflora	27	.15	4.19	+	+	-	0	+	-		-
8	GSKPH Gisekia pharmacoides L.	16	.11	3.68	+	+	0		-			
23	ALZVA Alysicarpus vaginalis (L	33	.11	5.33	+	++	0	0	0	--		0
46	CLEVI Cleome viscosa L.	35	.24	3.70	+++	+++	0	0	0	0		--
76	EVONU? Evolvulus nummularis L.	7	.05	2.95	+	+						
81	HTOCO Heteropogon contortus (L	13	.12	3.16	+++	+						
129	TEPPU Tephrosia purpurea (L.)	56	.27	5.26	+++	+++	0	0	---	--	0	0
60	DIGHO Digitaria horizontalis W	123	.19	7.42	+++	0	0	++	++	--	0	--
119	RHYRE Melinis repens (Willdeno	42	.30	3.36	+++		0	0	+	--	-	-
6	?INDX2 Indigofera sp.2 L.	2	.03	1.00	+							
35	BULAB Bulbostylis abortiva (Ste	13	.09	3.68	+++							
57	CYPHP Cyperus halpan L.	6	.07	1.96	++							
74	ERACY Eragrostis cylindriflora Ho	23	.13	4.08	+++		0		0	0		-
79	HIBCE? Hibiscus caerulescens R	36	.15	5.07	+++		0	0	0	-		0
89	IPOS2? Ipomoea bolusiana Schunz.	19	.08	4.53	+		0		0	-		
91	LEONE Leonotis nepetaefolia (L.	4	.04	1.63	+							
94	LPTVU? Leptocarydion vulpiastrum	4	.06	1.00	+++							
102	OLDCO Oldenlandia corymbosa L.	10	.09	2.20	+++							
109	PCYEE Polycarpaea corymbosa (L	4	.04	1.63	+							
113	PHSLY Macroptilium lathyroides	7	.06	1.91	+							
128	STYS1? Stylosanthes sp X	2	.03	1.00	+							
137	WALAM Waltheria indica L.	9	.09	2.40	+++							
40	CCHBI Cenchrus biflorus Roxbur	37	.14	4.93	0	++	0	0	++	--	-	0
130	TRBTE Tribulus terrestris L.	33	.14	5.34	0	+	0	0	--	-		++
63	DTTAE Dactyloctenium aegyptium	14	.05	4.66		+						
87	IPOCP Ipomoea coptica (L.) Rot	11	.09	2.80		+++						
98	MOLS1? Mollugo sp X	10	.11	2.37		+++						
105	PANPS? Panicum pseudovoeltzkowi	15	.06	4.15		++	0		0			
12	?VIGXX Callopogonium mucunoides Desv.	8	.07	2.49			+				+	
31	BOEDI Boerhavia diffusa L.	144	.12	7.81	0	0	++	0	---	-	0	+
19	AESIN Aeschynomene indica L.	4	.04	1.94			+					
47	COMBE Commelina benghalensis L.	56	.06	6.70	0	0	+	0	0	0	-	0
115	PTNHY Parthenium hysterophorus	5	.04	2.00			+					
136	VIG01? Teramnus labialis (L.f.)Spren	7	.04	3.56			+					
72	ERAAS Eragrostis aspera (Jacqu	19	.06	4.50			0	+	+	0		
122	SEBSP Sesbania sesban (L.) Mer	71	.27	5.21	---	-	-	0	+	+++	+	0
125	SIDRH Sida rhombifolia L.	97	.15	6.99	---	0	0	-	+	+	0	0
11	?TAG02 Tagetes sp2 L.	6	.04	2.45					+			
21	ALRRE Alternanthera repens L.	11	.07	2.43					++			
24	AMACH Amaranthus hybridus L.	12	.05	3.78					+			
34	BRANA? Brachiaria nana Stapf	101	.08	7.59	---	0	0	0	++	0	0	0
36	CASMI Cassia mimosoides L.	4	.04	1.82					+			
43	CEOTR Celosia trigyna L.	6	.06	1.57					++			
53	CTUSC? Catharanthus scitulus Pic	13	.05	4.00					+			
64	ECHCO Echinochloa colona (L.)	43	.15	5.73	--		0	0	+++	0	0	-
66	EPHHI Euphorbia hirta L.	123	.10	7.31	0	--	0	0	++	0	0	0
68	EPHPT Euphorbia prostrata Aito	5	.04	2.82					+			
83	HYRRU Hyparrhenia rufa (Nees)	13	.12	2.30					+++			
92	LGGAL Laggera alata (D.Don) Sc	7	.05	2.71					+			
96	MEOCO Melochia corchorifolia L	15	.08	3.64			0		++			
97	MOLNU Mollugo nudicaulis Lamar	53	.15	5.63	0	0	-	0	+++	0	-	---
112	PESPO Pennisetum polystachion	11	.11	1.96					+++			
114	POROL Portulaca oleracea L.	64	.09	6.87	---	0	0	0	+	-	0	0
14	ABUAS? Abutilon asiaticum (L.)	29	.16	3.84	-		0	-	-	+	+	+++
117	PYLRE? Phyllanthus revanghanii	71	.18	6.03	---	0	0	0	0	++	+	++
1	ALZ01 Alysicarpus mollnifer DC.	11	.08	3.35						+	+	
13	ABMFI Abelmoschus ficulneus (L.	28	.19	3.40	-		0	-	0	+++	+++	0
17	ACYAS Achyranthes aspera L.	50	.15	5.22	---		0	0	0	+	++	0
49	CRGAE Corchorus aestuans L.	62	.25	5.02	---	-	0	-	0	+++	+	0
67	EPHHY Euphorbia hypericifolia L	14	.09	3.31						+	+	
106	PANRP Brachiaria reptans (L.)	27	.15	4.06	-		0	0	-	+++	+	0
118	RHNMI Rhynchosia minima (L.) D	29	.18	3.76	0		0	-	--	+++	+++	0
120	ROOEX Rottboellia cochinchinens	100	.13	7.02	0	-	0	0	0	+++	+	-
126	SORVE Sorghum verticilliflorum	20	.13	3.44			0		-	++	++	
111	PDRGR? Poederia grevei Drake	44	.07	6.82	-		0	0	0	+	0	+
135	TRTPO Trianthema portulacastrum	49	.17	5.61	---		0	0	--	+	0	+++
2	?CORXX Corchorus sp. L.	13	.04	4.85						+		
54	CVTRE Crotalaria retusa L.	29	.05	6.11	0		0	0	0	+		0
82	HYBHE? Hybanthus heterophyllus	4	.05	1.97						+		
100	COMDI Commelina diffusa Burman f.	138	.13	6.92	0	---	0	0	0	+	0	0
110	PDR01? Poederia sp	20	.05	6.11			0		0	+		
132	TRHZE Trichodesma zeylanicum	53	.13	6.03	0	0	0	0	0	++	0	---
3	CUMS1 Cucumis sp ..	64	.18	5.48	---	-	0	0	0	0	++	++
51	CRGTR Corchorus trilocularis L.	140	.11	7.76	--	0	0	0	0	0	+	+
88	IPOER Ipomoea eriocarpa R.Br.	117	.04	7.79	0	0	0	0	0	0	+	0
18	AERJA Aerva javanica (Burman f	12	.13	1.63								+++
39	CASS1? Cassia sp X.	12	.13	1.63								+++
77	HEOIN Heliotropium indicum L.	27	.19	3.05	-		0	-	0	0		+++
86	INDTI Indigofera tinctoria L.	12	.06	4.43								+
134	TRTPN? Trianthema pentandra L.	19	.15	3.45			0		-	0		+++

ANNEXE 14 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL (Année 2)

```
VARIABLE  1   SOL                                          SOL
                                 SORTIE TRIEE SUR SIGNE
   5 CLASSES   ENTROPIE VARIABLE=   2.09659  210 RELEVES   TEST DE BASHARIN=
.01374
 MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE:    .05832 POUR   142 ESPECES
.11666 POUR    50 ESPECES
                                 .PROFIL D'ENSEMBLE.....  42   6  70  42  50
                                 .LISTE DES CLASSES......   1   2   3   4   5
NUMERO..........ESPECE.........FREQUENCE.INF.MUT  AMPLITU.........PROFILS
CORRIGES...........
                                                  HABITAT
  75 HIBCE Hibiscus caerulescens R.Br  38   .13  3.20  +   +   +   -   ---
  16 ALZVA Alysicarpus vaginalis (L.)  39   .10  3.48  ++  +   0   -   --
  41 CLEVI Cleome viscosa L.           28   .07  3.54  ++  +   0   0   -
  66 ERACY Eragrostis cylindriflora H  34   .10  3.32  +   +   0   0   ---
 134 TEPPU Tephrosia purpurea (L.) Pe  64   .22  3.59  +++     +++ ---  ---
 118 RHYRE Melinis repens (Willdenow)  57   .29  3.36  +++     ---  +++ ---
  30 BULAB Bulbostylis abortiva (Steu 15   .07  2.93  +       0   -   -
  51 CYPHP Cyperus halpan L.           12   .09  2.44  +++     0       -
  57 DIUS1 Dioscorea heteropoda Bak.    7   .06  1.45  +++
  79 HTOCO Heteropogon contortus (L.)  13   .06  2.20  ++      0   0   -
  89 LEONE Leonotis nepetifolia (L.)   12   .14  1.00  +++     -       -
  92 LPTVU Leptocarydion vulpiastrum   15   .15  1.19  +++     -   -   -
 101 OLDPC Oldenlandia pauciflora      32   .11  3.55  +++     0   0   ---
 109 PDRGR Poederia grevei Drake       29   .08  2.77  ++      0   --  0
 112 PHSLY Macroptilium lathyroides (  11   .05  1.89  +       0       -
 128 SPZPA Sporobolus regularis Mez     9   .08  1.37  +++     -
  35 CCHBI Cenchrus biflorus Roxburgh  50   .16  3.59  0   +   0   +++ ---
  72 GSKPH Gisekia pharmaceoides L.    14   .10  1.84  0   +++ 0   -   -
  96 MOLS1 Mollugo sp Lamark           14   .06  2.40  0   ++  0   -   0
 131 STYS1 Stylosanthes sp SW.         12   .09  1.84      +++ 0       -
  46 CRGTR Corchorus trilocularis L.  133   .16  4.61  ---     +++ -   +
  88 IPOER Ipomoea eriocarpa R. Br.   120   .09  4.72  --- 0   +   0   +
  25 BOEDI Boerhavia diffusa L.       125   .09  4.73  0   0   +   --- 0
  27 BRADE Brachiaria deflexa (Schuma  56   .10  4.01  0       ++  --- 0
  54 DIGHO Digitaria horizontalis Wil 165   .14  4.88  -       +++ 0   ---
  99 OCICA Ocimum canum Sims           63   .11  3.38  --      +++ -   0
  29 BRANA Brachiaria nana Stapf      139   .27  4.40  ---     0   ++  +++
 121 SEBSP Sesbania punctata DC.       85   .19  4.00  --- 0   0   +   +++
  38 CEOTR Celosia trigyna L.           5   .06  1.00                +++
  47 CRGX1 Corchorus sp.1 L.           57   .06  4.47  ---     0   +   0
  58 ECHCO Echinochloa colona (L.) Li  69   .29  2.72  ---     -   +++ 0
  81 HYRRU Hyparrhenia rufa (Nees) St  17   .07  2.41  0       0   +++ -
 111 PESPO Pennisetum polystachion (L  24   .19  1.53  --      -   +++ -
 114 PRRPA Perotis patens Gand.         5   .06  1.00                +++
 137 TRHZE Trichodesma zeylanicum (Bu  80   .08  3.73  0       0   ++  ---
   1 CUMS1 Cucumis sp:            X.  61   .10  4.12  ---     0   0   +
   8 ABMFI Abelmoschus ficulneus (L.)  10   .06  1.53          0       +++
   9 ABUAS Abutilon asiaticum (L.) Do  14   .09  1.56  -       0   -   +++
  12 ACYAS Achyranthes aspera L.       75   .13  4.23  ---     0   --  +++
  28 BRAER Brachiaria eruciformis (Sm  31   .14  2.35  --      --  0   +++
  45 CRGAE Corchorus aestuans L.       62   .15  3.79  ---     0   0   +++
  62 EPHHY Euphorbia hypericifolia L.  10   .10  1.00          -       +++
  73 HEOIN Heliotropium indicum L.     14   .12  1.22  -       -   -   +++
 104 PANRP Brachiaria reptans (L.) Ga  24   .10  2.32  --      -   0   +++
 116 PYLRE Phyllanthus revanghanii     62   .16  3.02  ---     0   -   +++
 117 RHNMI Rhynchosia minima (L.) DC.  19   .08  2.22  -       0   0   +++
 125 SIDRH Sida rhombifolia L.        103   .15  4.39  --- 0   0   0   +++
 127 SORVE Sorghum verticilliflorum (  12   .07  1.63          0       +++
 140 TRTPO Trianthema portulacastrum   34   .15  2.91  ---     0   --  +++
 135 TRBTE Tribulus terrestris L.      31   .06  3.80  0       0   --  0
```

ANNEXE 15 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU FACTEUR « ZONE AGROECOLOGIQUE » (Année 1)

VARIABLE 2 Zone

ZONE

SORTIE TRIEE SUR SIGNE

5 CLASSES ENTROPIE VARIABLE= 2.26600 198 RELEVES TEST DE BASHARIN=

MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE: .06961 POUR 137 ESPECES

.PROFIL D'ENSEMBLE..... 42 44 56 24 32

.LISTE DES CLASSES..... 1 2 3 4 5

NUMERO	ESPECE		FREQUENCE	INF.MUT	AMPLITU. HABITAT	PROFILS CORRIG				
3	CUMS1	Cucumis sp	64	.20	3.33	++	+++	0	--	---
17	ACYAS	Achyranthes aspera L.	50	.15	3.10	+++	+	0	--	--
32	BRADE	Brachiaria deflexa (Schu	48	.10	4.14	+	++	---	0	-
100	COMDI	Commelina diffusa Burman f.	38	.16	4.63	+	+	0	0	---
111	PDRGR?	Poederia grevei Drake	44	.13	3.54	+++	+	-	0	--
135	TRTPO	Trianthema portulacastrum	49	.24	2.75	++	+++	---	--	--
122	SEBSP	Sesbania sesban (L.) Mer	71	.25	3.03	++	0	+++	---	---
13	ABMFI	Abelmoschus ficulneus (L.	28	.10	2.73	+++	0	0	-	--
120	ROOEX	Rottboellia cochinchinens	100	.22	4.16	+++	0	0	0	---
34	BRANA?	Brachiaria nana Stapf	101	.10	4.66	-	+	+++	0	--
49	CRGAE	Corchorus aestuans L.	62	.19	3.00	0	+	+	---	---
114	POROL	Portulaca oleracea L.	64	.07	4.31	0	+	+	--	-
125	SIDRH	Sida rhombifolia L.	97	.17	4.04	0	+	+	---	---
14	ABUAS?	Abutilon asiaticum (L.)	29	.11	2.65	0	+++	0	-	--
18	AERJA	Aerva javanica (Burman f	12	.14	1.00		+++	-		
31	BOEDI	Boerhavia diffusa L.	144	.12	4.87	0	+++	---	0	0
39	CASS1?	Cassia sp X.	12	.14	1.00		+++	-		
68	EPHPT	Euphorbia prostrata Aito	8	.07	1.39		+++			
77	HEOIN	Heliotropium indicum L.	27	.27	1.35	--	+++	-	-	-
117	PYLRE?	Phyllanthus revanghanii	71	.13	3.95	0	+++	0	--	---
130	TRBTE	Tribulus terrestris L.	33	.24	2.48	---	+++	---	0	0
134	TRTPN?	Trianthema pentandra L.	19	.12	2.25	0	+++	--		0
60	DIGHO	Digitaria horizontalis W	123	.15	4.70	--	---	+	+++	0
66	EPHHI	Euphorbia hirta L.	123	.15	4.60	0	0	++	++	---
16	ACNHI	Acanthospermum hispidum	89	.07	4.70	-	0	++	0	+
103	OLDPC?	Oldenlandia pauciflora	27	.13	2.98	--	--	+	0	+
21	ALRRE'	Alternanthera repens L.	11	.08	1.43			+++		
24	AMACH	Amaranthus hybridus L.	12	.07	2.51		-	++		
33	BRAER	Brachiaria eruciformis (S	25	.08	2.83	0	0	+	-	-
53	CTUSC?	Catharanthus scitulus Pic	13	.11	1.56	-	-	+++		
64	ECHCO	Echinochloa colona (L.)	43	.16	3.06	-	-	+++	--	0
83	HYRRU	Hyparrhenia rufa (Nees)	13	.11	1.56	-	-	+++		
96	MEOCO	Melochia corchorifolia L	15	.12	1.34	0	-	+++		
97	MOLNU	Mollugo nudicaulis Lamar	53	.16	3.75	0	---	+++	0	0
112	PESPO	Pennisetum polystachion	11	.11	1.00			+++		
132	TRHZE	Trichodesma zeylanicum (	53	.16	3.73	0	---	+++	0	0
8	GSKPH	Gisekia pharmacoides L.	16	.16	1.99	-	-	--	+	+++
46	CLEVI	Cleome viscosa L.	35	.21	2.92	0	---	--	+++	+++
79	HIBCE?	Hibiscus caerulescens R	36	.14	3.35	--	-	0	+++	++
129	TEPPU	Tephrosia purpurea (L.)	56	.26	3.56	-	0	---	++	+++
35	BULAB	Bulbostylis abortiva (Ste	13	.08	2.54	-	-	0	++	
57	CYPHP	Cyperus halpan L.	6	.10	1.00				+++	
74	ERACY	Eragrostis cylindriflora H	23	.15	2.59	-	--	0	+++	0
102	OLDCO	Oldenlandia corymbosa L.	10	.10	1.54			0	+++	
113	PHSLY	Macroptilium lathyroides	7	.07	1.92				++	
119	RHYRE	Melinis repens (Willdeno	42	.24	2.80	---	---	0	+++	0
40	CCHBI	Cenchrus biflorus Roxbur	37	.18	2.56	--	-	0	--	+++
87	IPOCP	Ipomoea coptica (L.) Rot	11	.09	1.93			-		+++
98	MOLS1?	Mollugo sp X	10	.11	1.75			-		+++
137	WALAM	Waltheria indica L.	9	.11	1.50			-		+++

ANNEXE 16 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU FACTEUR « ZONE AGROECOLOGIQUE » (Année 2)

VARIABLE 2 ZONE ZONE

SORTIE TRIEE SUR SIGNE

5 CLASSES ENTROPIE VARIABLE= 2.21995 210 RELEVES TEST DE BASHARIN= .01374

MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE: .06881 POUR 142 ESPECES .13628 POUR 50 ESPECES

				.PROFIL D'ENSEMBLE.....	48	20	64	48	30	
				.LISTE DES CLASSES.....	1	2	3	4	5	
NUMERO.....	ESPECE.....		FREQUENCE.	INF.MUT	AMPLITU.....					PROFILS CORRIGES.....
					HABITAT					
29	BRANA	Brachiaria nana Stapf	139	.30	4.45	++	+	+++	---	-
125	SIDRH	Sida rhombifolia L.	103	.19	4.27	+++	++	+	---	--
25	BOEDI	Boerhavia diffusa L.	125	.20	4.65	+	+	---	0	+++
46	CRGTR	Corchorus trilocularis L.	133	.19	4.69	+++	++	--	---	+
27	BRADE	Brachiaria deflexa (Schuma	56	.14	4.12	++	++	---	0	0
116	PYLRE	Phyllanthus revanghanii	62	.16	3.83	+++	+++	0	---	0
140	TRTPO	Trianthema portulacastrum	34	.18	2.90	+++	+++	--	---	0
121	SEBSP	Sesbania punctata DC.	85	.20	4.03	+	0	+++	---	0
88	IPOER	Ipomoea eriocarpa R. Br.	120	.12	4.71	+	0	0	---	+++
99	OCICA	Ocimum canum Sims	63	.08	4.44	++	0	--	-	+
1	**CUMS1**	**Cucumis sp** X.	61	.14	3.97	+++	0	0	---	0
12	ACYAS	Achyranthes aspera L.	75	.17	4.22	+++	0	--	---	0
43	COMBE	Commelina benghalensis L.	76	.09	4.42	+++	-	---	0	0
45	CRGAE	Corchorus aestuans L.	62	.29	2.86	+++	0	0	---	---
49	CVTRE	Crotalaria retusa L.	34	.07	3.49	+	-	--	0	0
83	INDAR	Indigofera arrecta Hochst	11	.07	2.04	+++		0		
120	ROOEX	Rottboellia cochinchinensi	123	.08	4.77	+++	0	0	0	--
28	BRAER	Brachiaria eruciformis (Sm	31	.18	2.33	-	++	+++	---	-
5	IPOS2	Ipomoea bolusiana Schinz.	16	.07	3.21	0	+	--	0	+
135	TRBTE	Tribulus terrestris L.	31	.20	2.90	---	++	---	0	++
63	EPHPT	Euphorbia prostrata Aiton	16	.08	2.76	-	+	0	-	
73	HEOIN	Heliotropium indicum L.	14	.19	1.29	0	+++	-	-	
104	PANRP	Brachiaria reptans (L.) Ga	24	.10	2.76	0	+++	0	--	0
115	PTNHY	Parthenium hysterophorus L	7	.09	1.21		+++			
139	TRTPN	Trianthema pentandra L.	13	.07	2.80	0	+++	0	0	
118	RHYRE	Melinis repens (Willdenow)	57	.21	2.79	---	--	+	+++	--
35	CCHBI	Cenchrus biflorus Roxburgh	50	.19	3.08	---	-	+++	0	+++
47	CRGX1	Corchorus sp.1 L.	57	.07	4.49	0	0	+++	---	0
58	ECHCO	Echinochloa colona (L.) Li	69	.34	3.32	---	0	+++	---	-
111	PESPO	Pennisetum polystachion (L	24	.19	1.23	-		+++	--	-
137	TRHZE	Trichodesma zeylanicum (Bu	80	.09	3.86	0	---	+	0	0
16	ALZVA	Alysicarpus vaginalis (L.)	39	.10	3.85	0	0	---	+++	+
30	BULAB	Bulbostylis abortiva (Steu	15	.08	2.29	-		-	+	+
41	CLEVI	Cleome viscosa L.	28	.09	3.07	-	-	-	++	+
66	ERACY	Eragrostis cylindriflora H	34	.12	2.83	---	-	0	++	+
75	HIBCE	Hibiscus caerulescens R.Br	38	.13	3.03	-	-	--	++	+++
112	PHSLY	Macroptilium lathyroides (	11	.08	1.98			-	+	+
131	STYS1	Stylosanthes sp SW.	12	.09	1.95	-		-	+	++
134	TEPPU	Tephrosia purpurea (L.) Pe	64	.24	3.20	0	---	---	+++	+++
141	WALAM	Waltheria indica L.	18	.07	2.72	-		0	+	+
50	CYNDA	Cynodon dactylon (L.) Pers	13	.09	1.63	0		0	+++	
51	CYPHP	Cyperus halpan L.	12	.10	1.74	-		-	+++	
89	LEONE	Leonotis nepetifolia (L.)	12	.13	1.00	-		-	+++	
92	LPTVU	Leptocarydion vulpiastrum	15	.17	1.00	-		--	+++	
101	OLDPC	Oldenlandia pauciflora	32	.12	2.87	--	-	0	+++	0
109	PDRGR	Poederia grevei Drake	29	.08	3.68	0	0	---	+	0
128	SPZPA	Sporobolus regularis Mez	9	.07	1.34			0	+++	
65	ERAAS	Eragrostis aspera (Jacquin	49	.08	3.91	--	-	0	0	++
72	GSKPH	Gisekia pharnaceoides L.	14	.16	1.36	-		-	0	+++
96	MOLS1	Mollugo sp Lamark	14	.07	2.93	0		-	0	++

ANNEXE 17 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE L'EPOQUE D'OBSERVATION (Année 1)

```
                                                                  OBS
VARIABLE   3          OBSERVATION
                                   SORTIE TRIEE SUR SIGNE
   2 CLASSES   ENTROPIE VARIABLE=   1.00000  198 RELEVES   TEST DE BASHARIN=
 MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE:     .01451 POUR   137 ESPECES
                                  .PROFIL D'ENSEMBLE.....  99  99
                                  .LISTE DES CLASSES...... 1   2
NUMERO..........ESPECE.........FREQUENCE.INF.MUT  AMPLITU.........PROFILS CORRI
                                                  HABITAT
   3 ?CUMS1 Cucumis sp                 64   .08  1.79  +++ ---
  11 ?TAG02 Tagetes sp2    L.           6   .03  1.00  +   -
  12 ?VIGXX Callopogonium mucunoides    8   .02  1.46  +   -
  14 ABUAS? Abutilon  asiaticum (L.)   29   .03  1.74  ++  --
  17 ACYAS Achyranthes  aspera  L.     50   .01  1.94  +   -
  21 ALRRE  Alternanthera repens L.    11   .02  1.60  +   -
  31 BOEDI Boerhavia  diffusa  L.     144   .01  1.99  +   -
  32 BRADE Brachiaria  deflexa  (Schu  48   .03  1.86  ++  --
  34 BRANA? Brachiaria  nana  Stapf   101   .02  1.97  +   -
  37 CASOB Cassia obtusifolia  L.      13   .03  1.53  +   -
  45 CITLA Citrullus  lanatus (Thunbe  62   .10  1.71  +++ ---
  46 CLEVI Cleome  viscosa  L.         35   .02  1.90  +   -
  51 CRGTR Corchorus trilocularis  L. 140   .04  1.98  ++  --
  53 CTUSC? Catharanthus scitulus Pic  13   .02  1.72  +   -
  68 EPHPT Euphorbia  prostrata  Aito   8   .04  1.00  ++  --
  79 HIBCE? Hibiscus  caerulescens  R  36   .02  1.85  +   -
  86 INDTI Indigofera  tinctoria  L.   12   .02  1.57  +   -
  88 IPOER Ipomoea eriocarpa R.Br.    117   .07  1.93  +++ ---
  89 IPOS2? Ipomoea bolusiana Schunz.  19   .03  1.67  +   -
  97 MOLNU Mollugo  nudicaulis  Lamar  53   .04  1.84  ++  --
 114 POROL Portulaca  oleracea  L.     64   .10  1.72  +++ ---
 120 ROOEX Rottboellia  cochinchinens 100   .04  1.94  ++  --
 122 SEBSP Sesbania  sesban  (L.) Mer  71   .03  1.93  ++  --
 126 SORVE Sorghum  verticilliflorum   20   .01  1.84  +   -
 130 TRBTE Tribulus  terrestris  L.    33   .02  1.84  +   -
 135 TRTPO Trianthema  portulacastrum  49   .06  1.74  +++ ---
  57 CYPHP Cyperus  halpan L.           6   .03  1.00  -   +
  63 DTTAE Dactyloctenium aegyptium    14   .02  1.67  -   +
  72 ERAAS Eragrostis  aspera  (Jacqu  19   .10  1.00  --- +++
  92 LGGAL Laggera  alata  (D.Don) Sc   7   .04  1.00  -   +
 101 OCICA Ocimum  canum  Sims         45   .06  1.74  --- +++
 103 OLDPC? Oldenlandia  pauciflora    27   .04  1.70  --  ++
 108 PCYCO Polycarpaea  corymbosa  (L  5   .03  1.00  -   +
 127 STRAN Striga  asiatica (L.) Kunt  8   .02  1.46  -   +
 132 TRHZE Trichodesma  zeylanicum  (  53   .03  1.89  --  ++
   4 ?DEDX1 Desmodium  sp.  Desv.      2   .01  1.00
  25 AMASP Amaranthus  spinosus  L.    3   .02  1.00
  36 CASMI Cassia mimosoides  L.       4   .02  1.00
  55 CVTS1? Crotalaria sp1     X       2   .01  1.00
  56 CYNDA Cynodon  dactylon  (L.) Pe 10   .01  1.65  0   0
  58 CYPRO Cyperus  rotundus  L.      33   .01  1.92  0   0
  65 ENNCE? Enneapogon  cenchroides (  2   .01  1.00
  76 EVONU? Evolvulus  nummularis L.   7   .01  1.50  0   0
  85 INDS2? Indigofera  sp2     X      2   .01  1.00
 107 PANS1? Panicum novemnerve Stapf.  6   .01  1.57  0   0
 109 PCYEE Polycarpaea  corymbosa  (L  4   .02  1.00
 118 RHNMI Rhynchosia  minima  (L.) D 29   .01  1.90  0   0
 124 SIDAC Sida  acuta  Burman f.      9   .01  1.70  0   0
 128 STYS1? Stylosanthes  sp1     X    2   .01  1.00
 131 TRGBE Tragus  berteronianus  Sch 4   .02  1.00
```

ANNEXE 18 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE L'EPOQUE D'OBSERVATION (Année 2)

```
VARIABLE   3   Observation                                        OBS
                                SORTIE TRIEE SUR SIGNE
   2 CLASSES    ENTROPIE VARIABLE=    1.00000   210 RELEVES    TEST DE BASHARIN=
.00343
 MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE:     .01953 POUR    142 ESPECES
.04486 POUR     50 ESPECES
                                .PROFIL D'ENSEMBLE..... 105 105
                                .LISTE DES CLASSES......    1   2
NUMERO..........ESPECE.........FREQUENCE.INF.MUT  AMPLITU.........PROFILS
CORRIGES...........
                                                   HABITAT
   1 CUMS1 Cucumis sp.                X.   61   .10  1.67  +++ ---
   9 ABUAS Abutilon asiaticum (L.) Do  14   .03  1.50  +   -
  12 ACYAS Achyranthes aspera L.       75   .03  1.93  ++  --
  15 ALZRU Alysicarpus rugosus (Willd   5   .02  1.00  +   -
  17 AMACH Amaranthus hybridus L.      16   .04  1.46  ++  --
  25 BOEDI Boerhavia diffusa L.       125   .07  1.94  +++ ---
  27 BRADE Brachiaria deflexa (Schuma  56   .20  1.34  +++ ---
  33 CASOC Cassia occidentalis L.       9   .02  1.42  +   -
  39 CHRVI Chloris virgata Swartz      26   .04  1.63  ++  --
  40 CITLA Citrullus lanatus (Thunber  62   .12  1.63  +++ ---
  41 CLEVI Cleome viscosa L.           28   .01  1.87  +   -
  44 COMDI Commelina diffusa Burman f 150   .02  1.99  +   -
  47 CRGX1 Corchorus sp.1 L.           57   .03  1.89  ++  --
  48 CTUSC Catharanthus scitulus Pich   6   .03  1.00  +   -
  58 ECHCO Echinochloa colona (L.) Li  69   .02  1.95  +   -
  67 ERAME Eragrostis cilianensis (Al  28   .02  1.82  +   -
  95 MOLNU Mollugo nudicaulis Lamarck  49   .12  1.50  +++ ---
  98 IPOS3 Merremia tridentata (L.) H  12   .04  1.32  ++  --
 100 OLDCO Oldenlandia corymbosa L.     9   .02  1.42  +   -
 113 POROL Portulaca oleracea L.       72   .11  1.73  +++ ---
 120 ROOEX Rottboellia cochinchinensi 123   .02  1.98  +   -
 132 TAG01 Tagetes minuta L.           13   .06  1.00  +++ ---
 135 TRBTE Tribulus terrestris L.      31   .11  1.26  +++ ---
 136 TRGBE Tragus berteronianus Schul   8   .04  1.00  ++  --
 139 TRTPN Trianthema pentandra L.     13   .01  1.72  +   -
 140 TRTPO Trianthema portulacastrum   34   .15  1.12  +++ ---
  21 ARKAC Aristolochia acuminata Lam  24   .02  1.83  -   +
  46 CRGTR Corchorus trilocularis L.  133   .02  1.98  -   +
  49 CVTRE Crotalaria retusa L.        34   .01  1.91  -   +
  51 CYPHP Cyperus halpan L.           12   .04  1.32  --  ++
  61 EPHHI Euphorbia hirta L.         162   .03  1.99  --  ++
  65 ERAAS Eragrostis aspera (Jacquin  49   .16  1.39  --- +++
  76 HIBXX Hibiscus panduriformis Bur  11   .02  1.60  -   +
  90 LGGAL Laggera alata (D.Don) Sch.  16   .04  1.46  --  ++
  99 OCICA Ocimum canum Sims           63   .11  1.66  --- +++
 101 OLDPC Oldenlandia pauciflora      32   .03  1.81  -   +
 106 PCYCC Polycarpaea corymbosa (L.)   6   .03  1.00  -   +
 107 PCYCO Polycarpaea corymbosa (L.)   6   .03  1.00  -   +
 129 SPZS1 Sporobolus sp R. Br.         6   .03  1.00  -   +
 137 TRHZE Trichodesma zeylanicum (Bu  80   .05  1.89  --- +++
   6 LACS1 Lactuca goreensis (Lamk.)    7   .01  1.50  0   0
   7       Nidorella chrysocoma D.C.    4   .02  1.00
  13 AERJA Aerva javanica (Burman f.)   3   .01  1.00
  55 DIMPE Dinebra perrieri (A. Camus   3   .01  1.00
  57 DIUS1 Dioscorea heteropoda Bak.    7   .01  1.50  0   0
  93 LUDER Ludwigia erecta (L.) Hara    3   .01  1.00
 110 PESCI Cenchrus ciliaris L.         3   .01  1.00
 122 SETPF Setaria pallide-fusca (Sch   4   .02  1.00
 123 SIDAC Sida acuta Burman f.         3   .01  1.00
 133 TEPLI Tephrosia linearis (Willde   3   .01  1.00
```

ANNEXE 19 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA CULTURE (Année 1)

```
VARIABLE   4  Culture                                          CULT
                                 SORTIE TRIEE SUR SIGNE
   3 CLASSES    ENTROPIE VARIABLE=   1.21135  198 RELEVES   TEST DE BASHARIN=
 MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE:     .02826 POUR   137 ESPECES
                                 .PROFIL D'ENSEMBLE..... 128  54  16
                                 .LISTE DES CLASSES..... 1    2   3
NUMERO..........ESPECE.........FREQUENCE.INF.MUT  AMPLITU.........PROFILS CORRIG
                                                  HABITAT
   3 CUMS1  Cucumis sp                X.  64   .05  1.99  +   0   --
  13 ABMFI Abelmoschus  ficulneus (L.  28   .10  1.00  +++ ---
  14 ABUAS? Abutilon  asiaticum (L.)   29   .04  1.80  +   0
  17 ACYAS Achyranthes  aspera  L.     50   .05  1.90  ++  0   -
  28 ARKAC? Aristolochia  acuminata    47   .03  2.74  +   -   0
  33 BRAER Brachiaria  eruciformis (S  25   .05  1.58  ++  -
  49 CRGAE Corchorus aestuans L.       62   .05  1.98  +   0   --
  64 ECHCO Echinochloa  colona  (L.)   43   .04  1.95  +   0   -
  88 IPOER  Ipomoea eriocarpa R.Br.   117   .04  2.94  ++  --  0
 101 OCICA Ocimum  canum  Sims         45   .03  2.71  ++  -   0
 106 PANRP Brachiaria  reptans  (L.)   27   .03  1.83  +   0
 110 PDR01? Poederia sp                20   .05  1.83  ++  --
 111 PDRGR? Poederia grevei Drake      44   .05  1.90  ++  0   -
 114 POROL Portulaca  oleracea  L.     64   .06  2.39  +++ -   -
 117 PYLRE? Phyllanthus  revanghanii   71   .11  1.81  +++ --  --
 118 RHNMI Rhynchosia  minima  (L.) D  29   .04  2.33  ++  --
 122 SEBSP Sesbania  sesban  (L.) Mer  71   .11  1.81  +++ --  --
 132 TRHZE Trichodesma  zeylanicum  (  53   .04  2.70  +   --  0
 134 TRTPN? Trianthema  pentandra  L.  19   .06  1.00  +++ --
 135 TRTPO Trianthema  portulacastrum  49   .07  1.75  +++ --  -
  40 CCHBI Cenchrus  biflorus  Roxbur  37   .07  2.55  --- +   ++
 119 RHYRE Melinis  repens  (Willdeno  42   .22  2.29  --- +++ +++
  23 ALZVA Alysicarpus  vaginalis  (L  33   .05  2.70  --- ++  0
  30 BIDPI Bidens pilosa  L.            4   .04  1.00  -   +
  35 BULAB Bulbostylis  abortiva (Ste  13   .08  1.92  --- +++
  83 HYRRU Hyparrhenia  rufa  (Nees)   13   .03  2.49  -   +
  91 LEONE Leonotis  nepetaefolia (L.   4   .04  1.00  -   +
  94 LPTVU? Leptocarydion vulpiastrum   4   .04  1.00  -   +
 113 PHSLY Macroptilium  lathyroides    7   .06  1.98  --  +
 127 STRAN Striga  asiatica (L.) Kunt   8   .05  1.24  --  ++
   8 GSKPH Gisekia pharmacoides L.     16   .06  2.08  --  0   ++
  16 ACNHI Acanthospermum  hispidum    89   .03  2.86  0   -   +
  44 CHRVI Chloris  virgata Swartz      8   .04  1.76  -       ++
  46 CLEVI Cleome  viscosa  L.         35   .13  2.06  --- 0   +++
  74 ERACY  Eragrostis cylindriflora H 23   .06  2.28  --  0   ++
  76 EVONU? Evolvulus  nummularis L.    7   .03  1.93  0       +
  79 HIBCE? Hibiscus  caerulescens  R  36   .09  2.26  --  0   +++
  81 HTOCO Heteropogon  contortus  (L  13   .09  1.70  --- 0   +++
  87 IPOCP Ipomoea  coptica  (L.) Rot  11   .04  2.11  -   0   +
  89 IPOS2? Ipomoea  bolusiana Schunz. 19   .07  2.10  --- 0   +++
  97 MOLNU Mollugo  nudicaulis  Lamar  53   .04  2.67  0   0   ++
 102 OLDCO Oldenlandia  corymbosa  L.  10   .08  1.59  --- 0   +++
 103 OLDPC? Oldenlandia  pauciflora   27   .03  2.68  -   0   +
 105 PANPS? Panicum  pseudovoeltzkowi 15   .03  2.03  0   0   ++
 109 PCYEE Polycarpaea  corymbosa  (L  4   .04  1.71  -       +
 124 SIDAC Sida  acuta  Burman f.      9   .03  2.18  -       +
 129 TEPPU Tephrosia  purpurea  (L.)  56   .17  2.33  --- 0   +++
 137 WALAM Waltheria  indica  L.       9   .11  1.47  ---     +++
 107 PANS1? Panicum  novemnerve Stapf. 6   .02  2.14  -
 131 TRGBE Tragus  berteronianus  Sch  4   .03  2.00  -
```

ANNEXE 8 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DE LA CULTURE (Année 2)

```
VARIABLE   4  Culture                                    CULT
                              SORTIE TRIEE SUR SIGNE
   3 CLASSES   ENTROPIE VARIABLE=   1.41371  210 RELEVES   TEST DE BASHARIN=
.00687
 MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE:    .02815 POUR   142 ESPECES
.06022 POUR    50 ESPECES
                                .PROFIL D'ENSEMBLE.....  98  86  26
                                .LISTE DES CLASSES......   1   2   3
NUMERO..........ESPECE.........FREQUENCE.INF.MUT  AMPLITU.........PROFILS
CORRIGES...........
                                                HABITAT
   1 CUMS1  Cucumis sp            X.   61   .03  2.59  +   0   -
   8 ABMFI Abelmoschus ficulneus (L.)  10   .05  1.00  +++ --
  12 ACYAS Achyranthes aspera L.       75   .06  2.49  ++  0   --
  28 BRAER Brachiaria eruciformis (Sm  31   .11  1.40  +++ --- -
  29 BRANA Brachiaria nana Stapf      139   .17  2.74  +++ --- ---
  38 CEOTR Celosia trigyna L.           5   .03  1.00  +
  44 COMDI Commelina diffusa Burman f 150   .07  2.95  ++  --- 0
  45 CRGAE Corchorus aestuans L.       62   .06  2.31  ++  0   --
  46 CRGTR Corchorus trilocularis L.  133   .03  2.96  ++  -   0
  47 CRGX1 Corchorus sp.1 L.           57   .03  2.71  ++  0   -
  58 ECHCO Echinochloa colona (L.) Li  69   .07  2.45  +++ -   --
  62 EPHHY Euphorbia hypericifolia L.  10   .05  1.00  +++ --
  88 IPOER Ipomoea eriocarpa R. Br.   120   .09  2.89  +++ --- 0
 104 PANRP Brachiaria reptans (L.) Ga  24   .09  1.36  +++ --- -
 113 POROL Portulaca oleracea L.       72   .07  2.46  +++ -   --
 116 PYLRE Phyllanthus revanghanii     62   .07  2.67  +++ --- 0
 117 RHNMI Rhynchosia minima (L.) DC.  19   .05  1.59  ++  -
 120 ROOEX Rottboellia cochinchinensi 123   .04  2.94  ++  -   0
 121 SEBSP Sesbania punctata DC.       85   .18  2.08  +++ --- ---
 125 SIDRH Sida rhombifolia L.        103   .06  2.81  +++ -   -
 127 SORVE Sorghum verticilliflorum (  12   .04  1.36  ++  -
 140 TRTPO Trianthema portulacastrum   34   .04  1.95  +   0   -
  30 BULAB Bulbostylis abortiva (Steu  15   .04  2.25  --  +
  35 CCHBI Cenchrus biflorus Roxburgh  50   .04  2.76  --  +   0
  40 CITLA Citrullus lanatus (Thunber  62   .04  2.85  --  ++  0
  61 EPHHI Euphorbia hirta L.         162   .05  2.97  -   +++ 0
  81 HYRRU Hyparrhenia rufa (Nees) St  17   .05  2.25  --- +
  89 LEONE Leonotis nepetifolia (L.)   12   .08  1.00  --- +++
  92 LPTVU Leptocarydion vulpiastrum   15   .07  1.25  --  +++
 102 PAN. · Panicum novemnerve Stapf.   6   .03  1.96  -   +
 107 PCYCO Polycarpaea corymbosa (L.)   6   .04  1.00  -   ++
 109 PDRGR Poederia grevei Drake       29   .05  1.86  0   ++  -
 115 PTNHY Parthenium hysterophorus L   7   .04  1.00  -   ++
 118 RHYRE Melinis repens (Willdenow)  57   .13  2.52  --- +++ 0
 128 SPZPA Sporobolus regularis Mez     9   .03  1.37  -   ++
  16 ALZVA Alysicarpus vaginalis (L.)  39   .04  2.60  -   0   ++
  41 CLEVI Cleome viscosa L.           28   .06  2.27  0   -   +++
  49 CVTRE Crotalaria retusa L.        34   .08  2.25  0   --  +++
  51 CYPHP Cyperus halpan L.           12   .07  1.72  --- 0   ++
  66 ERACY Eragrostis cylindriflora H  34   .04  2.60  --  0   +
  68 ERAS2 Eragrostis sp P. Beauv.      2   .03  1.00          +
  75 HIBCE Hibiscus caerulescens R.Br  38   .05  2.54  --  0   ++
  79 HTOCO Heteropogon contortus (L.)  13   .07  1.77  --- 0   ++
 101 OLDPC Oldenlandia pauciflora      32   .08  2.21  --  0   +++
 134 TEPPU Tephrosia purpurea (L.) Pe  64   .08  2.62  --  0   +++
 136 TRGBE Tragus berteronianus Schul   8   .05  1.72  -   0   +
 137 TRHZE Trichodesma zeylanicum (Bu  80   .06  2.77  0   --  ++
 141 WALAM Waltheria indica L.         18   .06  2.03  --  0   +++
 106 PCYCC Polycarpaea corymbosa (L.)   6   .03  1.94  -   0
 112 PHSLY Macroptilium lathyroides (  11   .03  2.31  -   0
```

ANNEXE 9 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU DEGRE D'INTENSIFICATION (Année 1)

```
VARIABLE  5   Intensification                                  Int
                                 SORTIE TRIEE SUR SIGNE
   4 CLASSES   ENTROPIE VARIABLE=   1.68042  198 RELEVES   TEST DE BASHARIN=
 MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE:    .02955 POUR   137 ESPECES
                                .PROFIL D'ENSEMBLE.....  22  44 108  24
                                .LISTE DES CLASSES...... 1   2   3   4
NUMERO.........ESPECE........FREQUENCE.INF.MUT  AMPLITU.........PROFILS CORRIG
                                              HABITAT
  23 ALZVA Alysicarpus  vaginalis  (L  33   .06  3.37  +   ++  --  0
  74 ERACY  Eragrostis cylindriflora H. 23   .05  3.43  +   +   --  0
 119 RHYRE Melinis  repens  (Willdeno  42   .22  2.39  ++  +++ --- ---
  30 BIDPI Bidens pilosa  L.            4   .04  1.51  ++      -
  32 BRADE Brachiaria  deflexa  (Schu  48   .03  3.54  ++  0   0   0
  91 LEONE Leonotis  nepetaefolia (L.   4   .04  1.51  ++      -
  94 LPTVU? Leptocarydion vulpiastrum   4   .07  1.00  +++     -
 113 PHSLY Macroptilium  lathyroides    7   .04  1.91  ++      -
 127 STRAN Striga  asiatica (L.) Kunt   8   .06  2.49  +       --
   8 GSKPH  Gisekia pharmacoides L.    16   .04  2.36      ++  0
  35 BULAB Bulbostylis  abortiva (Ste  13   .08  2.17      +++ ---
  40 CCHBI Cenchrus  biflorus  Roxbur  37   .05  3.66  0   ++  --  0
  46 CLEVI Cleome  viscosa  L.         35   .07  3.50  0   +++ --- 0
  79 HIBCE? Hibiscus  caerulescens  R  36   .05  3.45  0   +++ -   0
  81 HTOCO Heteropogon  contortus  (L  13   .07  2.23      +++ --
  83 HYRRU Hyparrhenia  rufa  (Nees)   13   .06  2.09      +++ -
  87 IPOCP Ipomoea  coptica  (L.) Rot  11   .04  2.96      ++  -
  89 IPOS2? Ipomoea bolusiana Schunz.  19   .06  3.03      +++ --
  97 MOLNU Mollugo  nudicaulis  Lamar  53   .05  3.47  -   ++  -   0
 102 OLDCO Oldenlandia  corymbosa  L.  10   .07  1.90      +++ --
 103 OLDPC? Oldenlandia  pauciflora    27   .04  3.45  0   ++  -   0
 107 PANS1? Panicum novemnerve Stapf.   6   .04  1.30      ++  0
 109 PCYEE Polycarpaea  corymbosa  (L  4   .03  1.96      +   -
 112 PESPO Pennisetum  polystachion    11   .04  2.43      +   -
 124 SIDAC Sida  acuta  Burman f.       9   .04  2.26      ++  -
 129 TEPPU Tephrosia  purpurea  (L.)   56   .08  3.36  0   +++ -   -
 131 TRGBE Tragus  berteronianus  Sch   4   .03  1.96      +   -
 137 WALAM Waltheria  indica  L.        9   .07  1.21      +++ -
 122 SEBSP Sesbania  sesban  (L.) Mer  71   .11  2.99  --- --  +   ++
   3 CUMS1 Cucumis sp                X.  64   .04  3.75  0   -   ++  0
  13 ABMFI Abelmoschus  ficulneus (L.  28   .09  1.98  -   --- +++ 0
  17 ACYAS Achyranthes  aspera  L.     50   .05  3.58  0   --  +++ 0
  28 ARKAC? Aristolochia  acuminata    47   .04  3.60  0   --  +   0
  88 IPOER  Ipomoea eriocarpa R.Br.   117   .03  3.88  -   0   +   0
 101 OCICA Ocimum  canum  Sims          45   .06  3.22  -   -   +++ 0
 106 PANRP Brachiaria  reptans  (L.)   27   .03  3.39  0   -   +   0
 110 PDR01? Poederia sp                20   .04  2.44      -   +
 111 PDRGR? Poederia grevei Drake      44   .09  2.64  0   -   +++ --
 114 POROL Portulaca  oleracea  L.     64   .06  3.48  -   -   ++  0
 117 PYLRE? Phyllanthus  revanghanii   71   .09  3.32  --  --  +++ 0
 134 TRTPN? Trianthema  pentandra  L.  19   .07  1.65      -   +++
 135 TRTPO Trianthema  portulacastrum  49   .06  3.41  0   --  ++  0
  33 BRAER Brachiaria  eruciformis (S  25   .05  2.43  -   -   0   +
  37 CASOB Cassia obtusifolia  L.      13   .03  2.43      0   0   +
  42 CEOAR Celosia  argentea  L.        4   .04  1.28              +
  64 ECHCO Echinochloa  colona  (L.)   43   .04  3.24  -   0   0   +
 118 RHNMI Rhynchosia  minima  (L.) D  29   .04  3.04  0   -   0   +
  54 CVTRE Crotalaria retusa  L.       29   .04  2.82  0   0   0   -
 130 TRBTE Tribulus  terrestris  L.    33   .03  3.00  0   0   0   -
 132 TRHZE Trichodesma  zeylanicum  (  53   .06  2.96  --  0   0   0
```

ANNEXE 10 : PROFIL ECOLOGIQUE DES ESPECES EN FONCTION DU DEGRE D'INTENSIFICATION (Année 2)

VARIABLE 5 Intensification INT.

SORTIE TRIEE SUR SIGNE

4 CLASSES ENTROPIE VARIABLE= 1.91759 210 RELEVES TEST DE BASHARIN=

MOYENNES DES INFO.MUTUELLES ESPECE/VARIABLE: .03152 POUR 145 ESPECES

.PROFIL D'ENSEMBLE..... 52 62 70 26

.LISTE DES CLASSES..... 1 2 3 4

NUMERO	ESPECE		FREQUENCE	INF.MUT	AMPLITU HABITAT	PROFILS CORRIG			
121	RHYRE	Melinis repens (Willden	57	.14	2.63	+	+++	---	---
26	BIDPI	Bidens pilosa L. AST	6	.05	1.81	++			
27	BOEDI	Boerhavia diffusa L.	125	.05	3.92	++	-	0	0
32	BULAB	Bulbostylis abortiva (St	15	.04	2.35	+	0	-	
60	DIUAN?	Dioscorea antaly Jum. &	4	.04	1.00	++			
61	DIUS1?	Dioscorea heteropoda	7	.03	2.38	+			
65	EPHHI	Euphorbia hirta L.	162	.03	3.95	+	0	0	-
93	LEONE	Leonotis nepetifolia (L	12	.08	1.50	+++	0	-	
96	LPTVU?	Leptocarydion vulpiastrum	15	.08	1.72	+++	0	-	
112	PDRGR?	Poederia grevei Drake R	28	.05	3.31	+++	-	0	0
124	GSKPH	Gisekia pharmacoides L.	14	.03	2.96	+	0	-	
131	SPZPA	Sporobolus regularis Me	9	.04	2.51	+	0	-	
137	TRBTE	Tribulus terrestris L.	32	.04	3.53	+	0	-	0
35	CASOC	Cassia occidentalis L.	9	.04	2.57		+	-	
37	CCHBI	Cenchrus biflorus Roxbu	50	.07	3.44	0	+++	--	0
55	CYPHP	Cyperus halpan L. CYPE	12	.06	1.94	0	+	-	
71	ERACY	Eragrostis cylindriflora H(	34	.04	3.26	0	+	-	-
78	HIBCE?	Hibiscus caerulescens R	38	.05	3.52	0	+	---	0
81	HTOCO	Heteropogon contortus (	13	.07	1.79	0	+++	--	
83	HYRRU	Hyparrhenia rufa (Nees)	17	.08	1.81	0	+++	-	
104	OLDPC?	Oldenlandia pauciflora	32	.06	2.75	0	+	-	-
115	PHSLY	Macroptilium lathyroides	11	.08	1.63	-	+++	-	
136	TEPPU	Tephrosia purpurea (L.)	64	.05	3.75	0	+	---	0
144	WALAM	Waltheria indica L.	18	.05	2.34	0	++	-	
31	BRANA?	Brachiaria nana Stapf	140	.16	3.81	--	---	+++	+
89	IPOER	Ipomoea eriocarpa R.Br.	120	.08	3.83	-	--	++	+
116	POROL	Portulaca oleracea L.	72	.06	3.67	0	--	+	+
125	SEBSP	Sesbania punctata DC. F	85	.16	3.43	---	---	+++	+
10	ABMFI	Abelmoschus ficulneus (L	10	.06	1.96		-	++	
14	ACYAS	Achyranthes aspera L.	75	.07	3.69	0	---	++	0
30	BRAER	Brachiaria eruciformis (	31	.13	2.51	-	---	+++	0
47	CRGAE	Corchorus aestuans L.	63	.06	3.70	0	--	+++	0
49	CRGTR	Corchorus trilocularis L	133	.05	3.93	0	---	++	0
50	CRGX1	Corchorus sp.1 L. T	57	.04	3.68	--	0	+	0
62	ECHCO	Echinochloa colona (L.)	69	.08	3.59	---	0	+++	0
101	COMDI	Commelina diffusa Burman f.	52	.07	3.93	---	0	++	0
106	PANRP	Brachiaria reptans (L.)	24	.10	2.46	-	---	+++	0
119	PYLRE?	Phyllanthus revanghanii	61	.09	3.53	0	---	+++	0
120	RHNMI	Rhynchosia minima (L.)	19	.05	2.96	0	-	++	
123	ROOEX	Rottboellia cochinchinen	122	.06	3.90	-	0	+++	0
129	SIDRH	Sida rhombifolia L. M	102	.06	3.84	-	-	++	0
130	SORVE	Sorghum verticilliflorum	11	.04	2.51	0	-	+	
139	TRHZE	Trichodesma zeylanicum	79	.05	3.68	--	0	+	-
4	?HIBXX	Hibiscus sp1. L.	11	.03	2.53	0	0	0	+
66	EPHHY	Euphorbia hypericifolia	10	.06	1.79		-	0	++
98	MEOCO	Melochia corchorifolia	5	.04	1.69				+
18	ALZVA	Alysicarpus vaginalis	39	.04	3.35	0	0	0	-
90	IPOS2?	Ipomoea bolusiana Schunz.	16	.05	3.00	0	0	--	
138	TRGBE	Tragus berteronianus Sc	8	.04	1.98			-	
142	TRTPO	Trianthema portulacastru	34	.05	3.39	0	---	0	0