TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....1

Cadre de l'étude

1. Justification et objectifs de l'étude.....1
2. Contexte scientifique.....1
   2.1 Qu'est ce que l'agroforesterie ?.....1
   2.2 La recherche indienne en agroforesterie.....2
   2.3 Les systèmes et pratiques agroforestières de la zone sèche.....2
   2.4 Les haies vives.....3
3. Présentation du milieu.....4
   3.1 La zone sèche au Karnataka.....4
   3.2 Le district de Bellary.....5
      3.2.1 Une position continentale.....5
      3.2.2 La géologie et la topographie.....6
      3.2.3 Une aridité marquée.....6
      3.2.4 La végétation naturelle.....7
      3.2.5 Les sols.....8
      3.2.6 La ressource "eau".....8
         3.2.6.1 Le périmètre irrigué du réservoir de la Tungabhadra.....9
         3.2.6.2 Les forages.....9
      3.2.7 La place de l'arbre dans le paysage du district.....9
4. Méthodologie.....10
   4.1 Zonage agroécologique du district de Bellary.....10
   4.2 Déroulement de la campagne de terrain.....11
   4.3 Le choix des sites d'étude.....11
   4.4 Le choix des parcelles.....11
   4.5 Présentation de l'échantillon.....11
   4.6 Les différents types de données récoltées.....12
      4.6.1 Les inventaires biométriques.....12
      4.6.2 Les enquêtes agroforestières.....13
      4.6.3 Les autres enquêtes et inventaires.....13
         4.6.3.1 L'inventaire des parcelles de la zone sèche de Marabbihall.....13
         4.6.3.2 Les temps informels.....13
   4.7 Le traitement statistique des données.....14
      4.7.1 L'analyse factorielle des correspondances.....14
      4.7.2 Les analyses en composante multiple (ACM).....14
         4.7.2.1 ACM à l'échelle de la parcelle.....14
         4.7.2.2 ACM à l'échelle du côté.....15
5. Présentation des villages de Marabbihall et Amalapur.....15
   5.1 La localisation et le mode d'utilisation des terres.....15
      5.1.1 Marabbihall.....15
         5.1.1.1 un village planifié.....15
         5.1.1.2 Marabbihall, une localité fiscale.....16
         5.1.1.3 Un village au bord d'une vaste dépression.....16
         5.1.1.4 Le mode d'utilisation des terres.....17
      5.1.2 Amalapur.....18
         5.1.2.1 Un village traditionnel.....18

5.1.2.2 Un village à flanc de collines 19
5.1.2.3 L'utilisation des terres 19
5.2 La démographie 20
5.3 Le foncier 21
5.3.1 La propriété 21
5.3.2 La taille des exploitations 22

Présentation des résultats

1. Localisation des alignements d'arbres sur les territires des villages et présentation du système 23
1.1 La localisation des alignements d'arbres sur le territoire des villages 23
1.2 La description des alignements d'arbres 24
2. Les caractéristiques socio-économiques de la population échantillonée et les pratiques agricoles et d'élevage 24
2.1 La population 25
2.1.1 Les caractéristiques sociales 25
2.1.2 Les principales sources de revenus 26
2.1.3 Les principales difficultés 26
2.2. Les pratiques agricoles 27
2.2.1 Les systèmes de culture en zone sèche 27
2.2.2 Les espèces les plus cultivées 28
2.2.3 Les techniques agricoles 29
2.2.3.1 Les outils agricoles 29
2.2.3.2 Le statut et la gestion de la fertilité des sols 29
2.2.3.3 L'itinéraire technique 29
2.3 L'élevage 30
2.3.1 La répartition des effectifs de cheptel 30
2.3.2 Le fourrage 30
2.4 Le bois de feu 30
2.5 Conclusion 31
3. Le peuplement ligneux : composition floristique des alignements d'arbres 32
3.1 La composition floristique des alignements d'arbres 32
3.1.1. Les espèces principales (groupe 1) : une similitude pour les 2 villages 33
3.1.2 Les espèces secondaires et marginales: principales différences entre les deux villages 33
3.1.2.1 Les espèces secondaires 33
3.1.2.2. Les espèces marginales (groupe 3): 34
3.1.3 Conclusion 35
3.2 Fréquence des espèces 36
3.3 Composition floristique de la zone sèche de Marabbihall 37
3.4 Usages des produits des principales espèces ligneuses de Marabbihall et d'Amalapur 37
3.5 Dynamique du peuplement 38
3.6 Le fonctionnement 39
3.6.1.Les méthodes de régénération 39
3.6.2 L'origine des arbres 39
3.6.3 La gestion du peuplement ligneux 39
4. Etude du peuplement ligneux à l'échelle de la parcelle 40

4.1 La composition floristique 40
4.1.1 Données générales sur la composition du peuplement 40
4.1.2 Une composition floristique peu différenciée d'une parcelle à l'autre 41
4.1.3 Les parcelles de production M3, M4, M5, M9, M10 et A1, A3, A5 : Présence de fruitiers et d'espèces à croissance rapide 41
4.1.4 Les parcelles M1, M2, M6, M7, M8, A2 et A4 : dominance d'espèces à bois rustiques 42
4.2 L'origine des ligneux 42
4.3 Les densités d'arbres 43
4.4 A Marabbihall, une gestion intensive contre une gestion peu interventionniste des parcelles 44
4.5 La dynamique du peuplement 44
4. 6 Stratégie de gestion des peuplements ligneux : des critères socio-économiques peu discriminants 45
5. Structure et fonctions des alignements d'arbres 46
5.1 Les avantages et désavantages des alignements d'arbres 46
5.2 Les différents types de côté 46
5.3 Le côté de la parcelle : l'échelle révélatrice de l'aménagement des haies 47
5.3.1 Le résultat graphique de l'ACM 47
5.3.2 Les coefficients de contribution 49
5.3.3 La typologie 49
5.3.3.1 Les alignements situés en bord de chemin et en bord de rivière : des haies défensives 49
5.3.3.2 Les alignements de production 50
5.3.3.3 Les haies de délimitation 51
6.La gestion des arbres dans l'interface arbres cultures 52
6.1 Les effets des arbres sur les cultures 52
6.2 L'émondage des arbres 53
6.2.1 L'intensité de l'émondage 53
6.2.2 Les parties émondées du houppier 53

CONCLUSION ET PERSPECTIVES 55
BIBLIOGRAPHIE 56

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

1- Présentation de l'échantillon....12
2- Variables et modalités prises en compte dans l'ACM à l'échelle de la parcelle....14
3- Variables et modalités prises en compte dans l'ACM à l'échelle du côté....15
4- Modes d'utilisation des terres du village de Marabbihall....18
5- Modes d'utilisation des terres du village de Amalapur....20
6- Répartition des effectifs de la population selon le sexe et la caste à Marabbihall et à Amalapur....20
7- Répartition des effectifs de la population selon le sexe et la caste à Marabbihall et Amalapur....22
8- Densité de ligneux en zone irriguée et en zone sèche....23
9- Caractéristiques socio-économiques de la population échantillonnée à Marabbihall et Amalapur....25
10- Difficultés rencontrées par les exploitants de Marabbihall et d'Amalapur....26
11- Les principales cultures de Marabbihall et Amalapur....28
12- Répartition du cheptel (nombre moyen) selon la taille de l'exploitation....30
13- Les principales sources de bois de feu à Marabbihall et Amalapur....31
14- Représentativité des deux principales espèces recensées à Marabbihall et Amalapur....33
15- Représentativité des groupes d'espèces principales, secondaires et marginales dans la composition floristique des peuplements ligneux....35
16- Principales utilisations des espèces citées par les exploitants pour le village de Marabbihall....37
17- Principales utilisations des espèces citées par les exploitants pour le village d'Amalapur....38
18- Caractéristiques biométriques des classes de circonférences....40
19- Part des arbres plantés dans les parcelles de Marabbihall....43
20- Densités d'arbres pour 10 mètres linéaires pour chaque parcelle de Marabbihall et Amalapur....43
21- Répartition des parcelles selon la part représentée par la classe de circonférence 10-50 cm dans le peuplement....45

FIGURES

1- Zonage agroclimatique de l'état du Karnataka (Suryanarayana *et al*, 1984)....5
2- Variabilité interannuelle des précipitations et gradient pluviométrique ouest-est....6
3- Diagramme pluviométrique de la station de Bellary 1998....7
4- Zonage agroécologique du district de Bellary....10
5- Carte topographique du territoire fiscal de Marabbihall....17
6- Carte topographique du territoire d'Amalapur....19
7- Répartition de la population par castes à Marabbihall et Amalapur....21
8- L'association des diguettes et l'enracinement des arbres....24
9- Composition floristique des alignements d'arbres des villages de Marabbihall et Amalapur....32
10- Fréquence des espèces rencontrées à Marabbihall et Amalapur....36
11- Répartition des effectifs et représentativité des principales espèces dans chaque classe de circonférence à Marabbihall et Amalapur....38

12- Régression linéaire entre la variable explicative "% d'arbres plantés dans la parcelle" et la variable expliquée "origine des arbres".....44
13- Part de chaque type de côté rencontré à Marabbihall et Amalapur.....47
14- Graphique de distribution des variables le long des axes factoriels.....48
15- Composition floristique des haies défensives.....50
16- Composition floristique des alignements de production.....51
17- Composition floristique des haies de délimitation 52
18- Intensité de l'émondage à Marabbihall et Amalapur.....53
19- Les parties émondées du houppier.....54

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.....Annexe VIII

INTRODUCTION

Les techniques agroforestières sont un outil de développement durable, mais leur efficacité dépend de la connaissance des besoins et contraintes des paysans. Les pratiques agroforestières en Inde sont très anciennes cependant mal connues. Dans la région deBellary, zone semi-aride de l'état du Karnataka, l'arbre est intégré dans le paysage agricole suivant un système de haies et d'alignements d'arbres disposés le long des diguettes des champs. Deux villages du district de Bellary, Marabbihall et Amalapur, ont été sélectionnés pour l'étude de ce système. Cette étude est une première approche à la découverte de ce système. La démarche interdisciplinaire que suivent la plupart des études agroforestières nous amène à étudier à la fois les caractéristiques socio-économiques de la population et le peuplement ligneux. Dans un premier temps, le cadre général de l'étude ainsi que les méthodes suivies seront exposées. Le développement s'articulera autour de la présentation des résultats. Les conclusions et perspectives de cette étude cloront ce travail.

CHAPITRE 1 : CADRE DE L'ÉTUDE

1. Justification et objectifs de l'étude

Les zones sèches constituent une vaste région du monde intertropical. Dans ce domaine aux contraintes climatiques fortes (faibles précipitations annuelles, forte variabilité interannuelle et sécheresse prolongée), les conditions écologiques (sécheresse climatique et édaphique) ne sont pas favorables au développement de l'arbre. Cependant les sociétés du monde intertropical sont à dominante rurale, et l'arbre couvre encore de nombreux besoins des populations (bois de feu, fourrage, par exemple).
En Inde, la zone sèche couvre les deux tiers du pays (Nadkarni M. V., 1985) et 72 % de l'agriculture se situe dans ces zones arides et semi-arides (Gill A. S. et Deb Roy R., 1992). A la différence d'une grande partie de l'Afrique tropicale, les zones sèches ont bénéficié du développement de l'irrigation, si bien que les systèmes de production y sont très différents et généralement plus performants.
C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude, celle ci ayant pour objectif principal de décrire le système des alignements d'arbres et des haies vives présents sur le diguettes. Dans un deuxième temps, il s'agit de comprendre le fonctionnement de ce système intégré aux systèmes de cultures, ce qui suppose la connaissance des pratiques et usages exercés sur ces arbres par les membres de la communauté.

2. Contexte scientifique

2.1 Qu'est ce que l'agroforesterie ?

L'agroforesterie est à la fois un ensemble de pratiques et un domaine de recherche à la croisée de l'écologie, des sciences sociales et de l'agronomie. C'est avant tout une science appartenant au domaine de la recherche appliquée, qui a pour terrain d'étude le milieu paysan.
L'agroforesterie regroupe à la fois des pratiques de modes d'exploitation du milieu très anciennes et constitue un domaine de recherche contemporain.
D'après l'ICRAF (International Council of Research in Agroforestry), ce terme se définit comme "l'ensemble des systèmes et pratiques d'utilisation des terres dans lesquels des plantes ligneuses pérennes sont délibérément cultivées sur des parcelles également exploitées pour des productions agricoles et/ou animales, qu'il s'agisse d'une association spatiale ou temporelle. Il doit exister des interactions d'ordre écologique et économique, entre les éléments ligneux et non ligneux" (Mary F. et Besse F., 1996).

En Inde, l'agroforesterie a été promue dès les années 70[1], comme une technique innovante permettant de reforester les espaces agricoles et d'augmenter les rendements des cultures par unité de terre. Elle est associée, encore aujourd'hui, à la foresterie rurale (*farm forestry*) qui se définit comme "la plantation de haies de ligneux sur les diguettes des champs, sur le pourtour et *à l'intérieur des champs*, ce, à l'échelle de la parcelle privée" (Jha, L. K., 1995). Ce programme d'incitation a conduit à la conversion de nombreuses terres agricoles en plantations pures d'eucalyptus. La confusion persiste toujours aujourd'hui et l'agroforesterie est souvent assimilée, abusivement, par les scientifiques et les services de développement rural indiens comme l'équivalent des plantations ligneuses pures en bloc. La confusion tient sans doute au fait que la foresterie sociale est une des branches du corps des forestiers qui, par tradition, n'ont jamais travailler ni aménager le domaine agricole.

2.2 La recherche indienne en agroforesterie

En Inde, les arbres sont protégés, plantés et gérés suivant des modes très variés depuis de nombreuses générations. Cependant, peu de recherches ont été conduites en milieu paysan sur le thème de l'arbre dans l'exploitation agricole.
Les travaux des scientifiques indiens sont souvent éloignés de la réalité paysanne, et la littérature abonde d'articles sur les techniques agroforestières testées en station expérimentale (Gill A. S. et Deb Roy R., 1992).
Lorsque, dans la littérature, les thèmes se rapportent à la description des systèmes et à leur fonctionnement, ce sont les régions humides des collines boisées du Nord de l'Inde (Himalaya, Himachal Pradesh, Uttar Pradesh, Nagaland, ouest du Bengal, nord Bihar, Gujarat, Orissa), les zones côtières (Kérala et Karnataka) et les régions humides des Ghâts occidentaux (Gupta R. K., 1993) qui sont mises à l'honneur. On fait référence alors au système "Taungya", aux jardins multi-étagés, aux plantations de café et de cardamome.
Pour les zones sèches, la problématique est tout autre car il s'agit le plus souvent de chercher à installer l'arbre, c'est pourquoi la recherche et la littérature qui s'y rattache sont d'avantage orientées vers la découverte d'espèces ligneuses résistantes et d'associations performantes qui peuvent le mieux satisfaire les besoins des paysans et de la communauté.
Il faut noter que, d'après Baumer (1987), les parcs à *Prosopis cineraria* (Khejri) du désert du Rajhastan sont avec les parcs à *Faidherbia albida*, les systèmes agroforestiers traditionnels de la zone sèche qui ont été les mieux décrits dans le monde.

2.3 Les systèmes et pratiques agroforestières de la zone sèche

Ce sont en général des systèmes agri-sylvicoles ou sylvo-pastoraux.
En zone aride, le système agri-sylvicole le plus connu est l'association entre *Prosopis cineraria* (*Khejri*) et des céréales comme *Pennisetum typhoides* et le blé. Le *Khejri* donne plusieurs produits dont du fourrage par ses gousses et ses feuilles, des substances pour la tannerie et des médicaments par son écorce et de la gomme. De plus, l'arbre agit positivement sur le rendement des cultures. Il conduit à un enrichissement du sol en matière organique et en nutriments (azote, phosphore et potassium) ainsi qu'en microfaune du sol (bactéries et champignons). La stabulation des troupeaux sous l'arbre ainsi que la chute des feuilles et des gousses participent à cet enrichissement du sol (Tejwani K. J., 1994).

---

[1] Durant la période 1970 - 1980, le gouvernement indien lance, avec l'appui financier de la banque mondiale, une vaste campagne de reforestation des espaces agricoles, des terres publiques (bords de route, canaux, tanks, voie de chemins de fer) et des espaces dégradés qui prend le nom de "foresterie sociale" ("social forestry"). Dans un contexte de forte croissance démographique et croissance du cheptel, ce programme intervient afin de diminuer la pression grandissante qui s'exerce sur les espaces forestiers sous l'effet de prélèvements pour le bois de feu et le fourrage, du pâturage des troupeaux et des fronts pionniers. Il propose d'impliquer les communautés, avec l'aide des services forestiers, dans la mise en place de nouvelles sources ligneuses et fourragères de proximité en distribuant des plants et des graines.

Prosopis cineraria est en général associé à *Ziziphus nummularia* (Bordi), arbuste qui fournit fourrage, fruits, tanins et médicaments.
En Inde, au delà du système "*Khejri*", aucun autre système n'a été décrit. Ainsi, des auteurs comme Tejwani K. G. (1994) remarque que de nombreuses espèces d'acacias (*A. nilotica, A. planifrons et A. leucophloea*) poussent autour et dans les champs mais il constate qu'il n'existe que peu d'information détaillée sur ces arbres, comme si la présence de cet arbre allait de soi et ne méritait aucune attention particulière. Ces arbres ne sont pas reconnus comme une composante du système de production par les scientifiques ni comme un élément de la foresterie pour les forestiers. Ce constat pourrait être dressé pour tous les arbres de la zone sèche (*Azadirachta indica, Tamarindus indica, Hardwickia binnata*). Jambulingam R. et Fernandes E. C. M. (1987) ont étudié les peuplements de *Borassus flabellifer* qui poussent dans les plaines de cultures du Tamil Nadu. Les arbres sont disposés le long des diguettes des champs ou encore éparpillés dans les espaces de cultures. Ce système est récurrent pour l'ensemble de la zone sèche, les paysans faisant le choix des cultures avant celui des ligneux.
De nombreuses espèces sont reconnues comme adaptées aux zones arides et semi-arides, on les retrouve dans des listes d'arbres à usages multiples. *Leuceana leucocephala* reste cependant l'espèce la plus souvent citée. Cette espèce est porteuse d'espoirs pour les chercheurs qui la proposent le plus souvent dans des systèmes où elle est intégrée aux cultures disposées suivant des lignes intercalées (*alley cropping*). En Inde, le monde paysan est particulièrement réticent à l'introduction de l'arbre dans les parcelles cultivées en particulier dans celles irriguées. Les agriculteurs perçoivent cela comme une perte de productivité.
Un système sylvi-pastorale est décrit par Tejwani (1994) dans la zone semi aride du plateau du Deccan. Ce système, nommé *Kanchas*, combine des pâturages avec des ligneux de la zone sèche. Les pâturages sont pâturés tous les 2 ou 3 ans. La végétation herbacée varie selon la nature du sol, elle se compose de l'association *Sehimia-Dicanthium*. Pour les arbres, ce sont traditionnellement des espèces d'acacias, *Madhuca latifolia, Azadirachta indica, Tamarindus indica, Melia azedarach, Annona squamosa* et *Hardwickia binnata.*

2.4 Les haies vives

Le terme "haie vive" est un terme générique regroupant tous les types d'alignements d'arbres, d'arbustes et d'herbacées par opposition aux haies mortes qui sont un tressage de branchages d'épineux. Ce terme se rapporte à des alignements de bordure ou de délimitation, ce qui exclu les alignements de ligneux intercalés aux cultures.
Les haies vives se distinguent selon leur structure, la densité de ligneux et la part des arbustes dans l'alignement. Elles recoupent à la fois des plantations linéaires monospécifiques à écartement constant d'arbres de haute tige et des formations arbustives basses jointives et dont la base est proche du sol. Le dernier type est ce que l'on désigne, rigoureusement comme une haie et qui se définit comme une formation linéaire, généralement dense et continue constituée le plus souvent d'une ou deux lignes d'arbustes ligneux ou semi-ligneux, parfois d'herbacées mais rarement de grands arbres (Depommier D., 1993). La haie est constituée de petits arbustes à croissance lente qui constituent une formation très proche du sol. D'autre part, ces arbustes sont caractérisés par une grande résistance à la taille (Kuchelmeister, 1989).
Dans la réalité, le plus souvent, les haies sont composites et ne répondent pas strictement à cette définition, c'est pourquoi nous utiliserons l'expression "alignement d'arbres" dans la suite du texte pour ne pas porter à confusion.
Les haies vives offrent à la fois des produits et rendent des services. Les produits sont multiples : bois de feu, bois de construction, fourrage, fruits, médicaments, boutures pour la régénération et la multiplication des haies (Depommier D., 1993).
Les services rendus par les haies sont au nombre de 4 :
- Le plus évident est celui de délimitation spatiale ou foncière. Ces haies vives se rencontrent dans les zones de fortes densités de population (Depommier D., 1993) comme dans la région bamileke au Cameroun. Lorsque le système est généralisée à l'ensemble d'une région, le paysage est dit bocager.

- Les haies vives ont une fonction défensive et permettent de lutter contre les dégâts liés à la divagation des troupeaux. Ces haies sont caractérisées par leur caractère épineux et inappétable qui les rendent imépétrables (Depommier D., 1993).
- La fonction de production est en générale assurée par tous les systèmes de haies vives, les produits de la coupe et de la taille sont des émondes utilisées pour le bois de feu. Au delà du bois de feu, les produits sont multiples. Cette fonction est très recherchée par les sociétés paysannes.
- Plus spécifiquement, les haies vives ont une fonction anti-érosive. Cette fonction peut être remplie par l'aménagement de la haie vive sous forme de brise-vent qui est une association de plusieurs types d'alignements d'arbres orientés perpendiculairement à l'axe de la direction des vents principaux. Dans un système de pente, la haie vive est disposée le long des courbes de niveau. Dans le premier cas, c'est le houppier de l'arbre qui est l'outil de lutte. Dans le cas des haies isohypses (Depommier D., 1993), c'est le système racinaire de la plante qui mis en jeu. Dans ce sytème, les herbacées sont aussi utilisées.
Ces techniques sont vulgarisées par les programmes de gestion de la fertilité de bassin versant particulièrement sensible à l'érosion ce qui concerne une grande partie du domaine intertropical.
Pour ce qui de la connaissance des systèmes de haies vives dans le monde scientifique indien, les travaux, menés en grande partie par l'Institut central de recherche sur les zones arides (Central Arid Zone Research Institute (CAZRI)) et l'Institut international de recherche sur les cultures dans les tropiques semi-arides (International Crop Research Institute for the Semi Arid Tropics (ICRISAT)) et portent essentiellement sur les essais en station sur les brises vent qui ont débuté dès les années 60 (Bhimaya C. P. et Chowdhary M. D., 1961).
Plus récemment, une étude ayant pour objectif d'estimer la biomasse ligneuse d'un village situé en zone semi-aride pour le bois de feu s'est intéressée aux arbres présents sur le territoire du village (Ravindranath N. H. *et al.*, 1991). Cette étude est innovante car elle s'intéresse pour la première fois à ces arbres et reconnait leur existence et leur utilité.

3. Présentation du milieu

3.1 La zone sèche au Karnataka

Les définitions de l'aridité et de la sécheresse sont très variables et dépendent fortement des critères que l'on choisit pour les décrire.
Au Karnataka, la zone sèche a une appellation géographique le *Maidan* qui fait référence à la sécheresse du climat et à la platitude du paysage et qui s'oppose au *Malnad*, région escarpée et humide des forêts sempervirentes des Ghâts occidentaux.
La figure 1 nous indique un zonage agroclimatique de l'état établi par Suryanarayana *et al.* (1984).
Plus précisément, la zone sèche au Karnataka comprend une zone semi-aride et une zone aride qui peuvent se définir :
- la zone aride : une durée de période active de végétation inférieure à 90 j (NBSS et LUP, 1990), des précipitations annuelles inférieures à 500 mm (Daksha C. Barai et Naganna C., 1979) et un indice d'aridité[2] supérieur à 60.
- la zone semi-aride : une durée de période active comprise entre 90 et 150 j (NBSS et LUP, 1990), des précipitations annuelles comprises entre 500 et 750 mm (Daksha C. Barai et Naganna C., 1979) et un indice d'aridité compris entre 50 et 60.
Au delà des critères climatiques, plus simplement, ces termes désignent les régions où les conditions environnementales ne permettent pas de pratiquer la culture sans irrigation ou sont trop instables pour assurer une production importante et régulière (Armitage F. B., 1986).

[2]L'indice d'aridité est calculé selon la méthode de Thornthwaite (1948), Ia = Wd/Wn * 100, avec Wd = le déficit en eau et Wn = le besoin en eau.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La figure 1 propose un zonage suivant un indice agro-climatique (*"moisture index"*) calculé à partir du bilan hydrique des sols de Thornthwaite qui évalue la demande évaporatoire du climat[3].

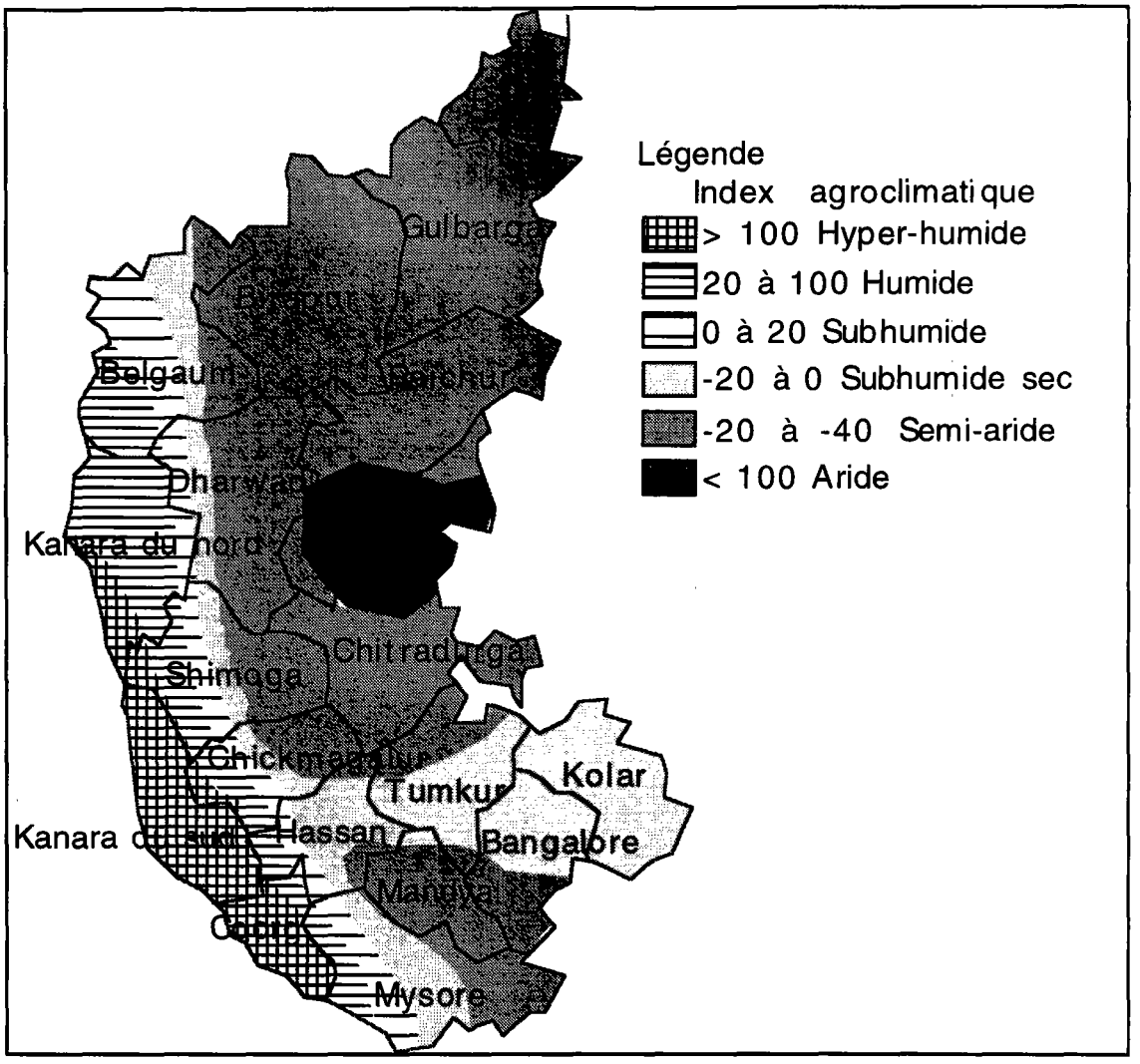


Figure 1 : Zonage agro-climatique de l'état du Karnataka (Suryanarayana G. *et al,* 1984)

3.2 Le district de Bellary

3.2.1 Une position continentale

Le district de Bellary (Fig. 2) est situé dans la partie centre-ouest de l'état du Karnataka et a une frontière commune avec l'état de l'Andhra Pradesh. Il comprend 7 taluks qui sont l'équivalent des départements français.
Le territoire de Bellary a une position très centrale dans l'Inde péninsulaire ce qui confère à son climat un caractère aride.

[3]Thornthwaite (1948) considère deux valeurs de bilan hydrique : le surplus hydrique annuel ("water surplus", Ws), le déficit hydrique annuel ("water deficit", Wd) et le besoin en eau ("Water need", Wn). Il calcule ensuite l'indice agro-climatique ("moisture index", Im) à partir d'un indice d'humidité (Ih = Ws/Wn * 100) et un indice d'aridité (Ia = Wd/Wn * 100). Ainsi, la formule de l'indice agroclimatique est la suivante : Im = Ih - 0,6 Ia.

3.2.2 La géologie et la topographie

Le territoire du district se trouve sur un plateau d'une altitude générale de 500 à 600 m. Les roches qui dessinent le paysage sont essentiellement des gneiss du socle précambrien, des granites et des roches métamorphiques, les deux derniers types de roches s'organisant en bandes parallèles orientées nord-ouest sud-est (Radhakrishna,1997). Les granites émergent sous forme d'inselbergs dans les étendues planes qui constituent l'unité topographique dominante du district. Les gneiss constituent le socle de cette étendue plane. Les roches métamorphiques nommées "roches vertes" de la région de Sandur constituent le seul relief élevé du district dont l'altitude est en moyenne de 900 m. De ces roches sont extraits des minerais de manganèse et de fer.
La Tunghabadra est un axe fluvial majeure pour le Karnataka qui comme pour tous les cours d'eau du Sud de l'Inde prend sa source dans les Ghâts et coule en direction du Golfe du Bengal. Au nord-est du district, la Tungabhadra vient confluer avec d'autres rivières, la Sindhnur, l'Hagari et la Maski. Ce carrefour fluvial a suscité, dans le passé, le développement de grands empires tel que l'empire Vijayanagar qui a connu un important rayonnement au cours des XIV, XV, XVI, et XVII siècles. La ville d'Hampi, située sur la rive sud du fleuve, est un témoin de ce prestige des temps passés.

3.2.3 Une aridité marquée

La pluviométrie moyenne annuelle est de 630 mm comparable aux régions sahélo-soudaniennes africaines. L'irrégularité interannuelle des précipitations s'ajoute à la faiblesse des totaux pluviométriques, ce qui renforce la sévérité du climat.

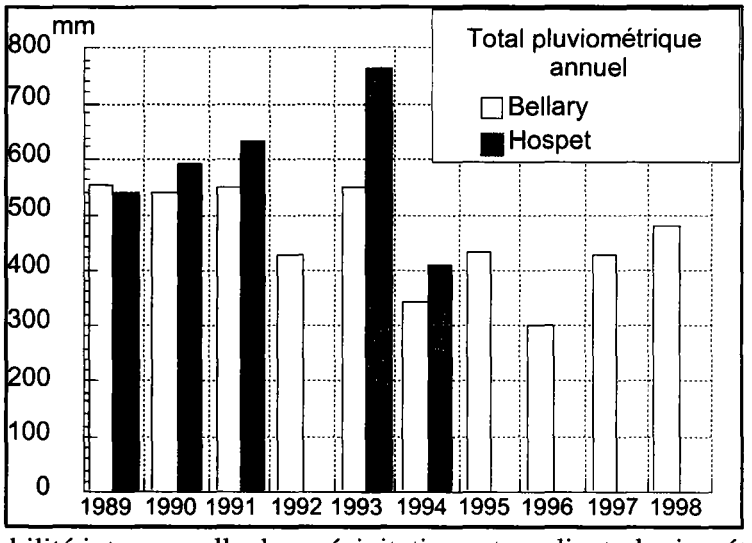


Figure 2: Variabilité interannuelle des précipitations et gradient pluviométrique ouest-est (Sources : Weather report 1992, 1996,1997 et 1998 (The Hindu) et Report on Rainfall in Karnataka state 1989, 1990, 1991, 1993, 1994 et 1995)
Les données ne sont pas complètes pour Hospet.

Les totaux des précipitations annuelles présentés sur une période de 10 ans (Fig. 2) peuvent varier d'une année à l'autre de 100 à 120 mm.
Dans le même temps, les variations des totaux pluviométriques entre les 2 grandes villes du district Bellary et Hospet[4] séparées par 70 kilomètres sont sensibles. D'est en ouest, les précipitations sont plus abondantes, la région de Bellary est considérée comme aride. A Hospet, le climat est semi aride.
Le régime pluviométrique (Fig. 4) est caractérisé par deux pics de précipitations localisés aux solstices de printemps et d'automne. Les pics pluviométriques sont donc localisés en mai et octobre. Ce sont des pluies de convexion équinoxiales.

[4]Voir Zonage agro-écologique du district

Le maintien des précipitations en juillet et en août est lié à l'influence de la mousson , mais la mousson intervient de manière secondaire dans la constitution du régime pluviométrique de la région.
Le total pluviométrique annuel de 1998 était particulièrement bas avec 475 mm.

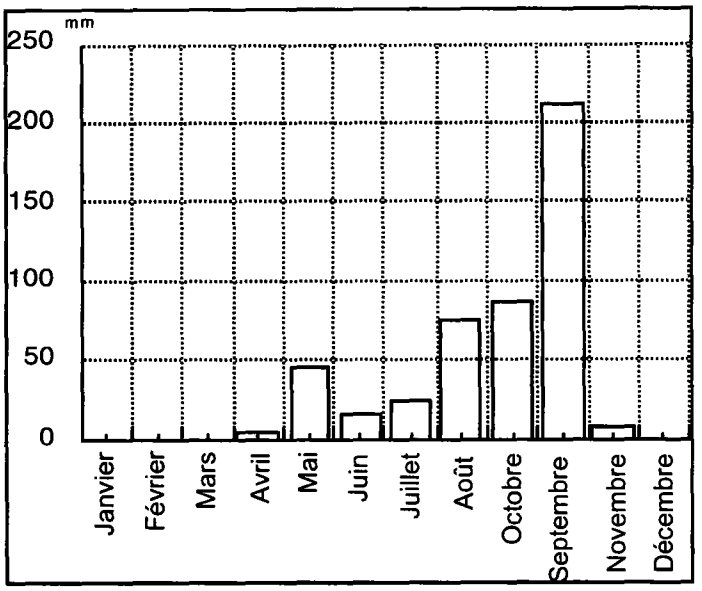


Figure 3 : Diagramme pluviométrique de la station de Bellary, 1998 (Weather report, The Hindu)

De nombreuses sécheresses ont affecté le district qui dans les années 80 a fait l'objet d'un classement en zone sensible à la sécheresse. Dans ce cadre, des aides et mesures particulières ont été mises en place pour aider ce district particulièrement défavorisé.
Le projet de réservoir de la Tungabhadra et du périmètre irrigué qui s'y rattache rentre dans le cadre de ces mesures.

3.2.4 La végétation naturelle

Du fait de la sécheresse climatique, la végétation arborée se rencontre essentiellement dans les zones de dépressions et les vallées. Malgré la protection des forêts par le statut de forêt réservée (*Reserve forest*), les formations résiduelles rencontrées atteignent souvent un stade avancé de dégradation sous l'effet de l'élagage pour le bois de feu et le fourrage, le pâturage des sous bois et de l'action du feu. Reste la région escarpée de Sandur où la dégradation est limitée. D'après Legris (1965), le principal agent d'évolution de la végétation est le feu qui fait évoluer la forêt claire vers la savane boisée ou la savane arborée.
Sur les sommets rocheux des collines, à une sécheresse climatique s'ajoute une sécheresse édaphique qui a conduit à la mise en place d'une végétation d'herbacées et d'espèces buissonnantes et xérophytiques telles que les euphorbes.
D'après la carte du tapis végétal et des conditions écologiques de Legris (1965) au 1/1000000, la formation végétale naturelle dominante appartient à la série végétale de type sec à *Hardwickia binata* et *Anogeissus latifolia*..
D'après N.P Singh (1988), les formations végétales dominantes du district sont de deux types :
- Forêts tropicales décidues sèches
- Forêts tropicales à épineux

Les forêts tropicales décidues sèches se rencontrent à l'ouest du district dans la région de Sandur. Les 2 principales catégories de forêts décidues sèches se distinguent par la présence ou non de *Tectona grandis.*

Les autres espèces qui composent ces formations sont *Anogeissus latifolia*, *Boswellia serrata*, *Cochlospermum religiosum*, *Sterculia urens*, *Terminalia alata*, *Acacia chundra*, *Hardwickia binata* et *Pterocarpus marsipium*.
Les espèces secondaires sont entre autre *Cassia fistula*, *Chloroxylon swietenia*, *Dalbergia paniculata*, *Santalum album*, *Albizia lebbeck*, *A. Amara*, *Bauhinia racemosa*, *Holoptelea integrifolia* et *Dolichandrone falcata*.
Pour les stades dégradés, la physionomie des arbres tend vers la petitesse et la diminution de la densité des arbres. La composition de ces formations tend vers la dominance d'espèces épineuses, on trouve des espèces comme *Annona squamosa*, *Tamarindus indica* et *Mangifera indica*.
Les forêts épineuses sont localisées dans la partie plus sèche du district, la partie est. Les espèces dominantes sont les espèces d'acacias en particulier *Acacia chundra*..
Les superficies de forêts ne sont pas les plus faibles de l'état comparées à Bijapur et Bidar au nord de l'état, les forêts couvrent 1743,53 km^2.

3.2.5 Les sols

Les sols rencontrés dans le district sont de 2 types, les sols rouges situés dans la partie ouest et les sols noirs situés dans la partie est.
Les sols noirs appelés aussi, "*Black coton soil*", sont des vertisols caractérisés par une forte proportion de smectites, argiles gonflantes (Deckers J.A. *et al.*, 1998). Durant la saison sèche, on observe l'apparition de fentes de dessiccation dues aux capacités de rétraction des argiles. Le phénomène inverse a lieu à la saison de pluies au cours de laquelle le sol fait preuve d'une grande capacité à absorber l'eau. Ces sols se sont formés sur des alluvions anciennes d'anciens lits de la Tungabhadra et de ses affluents. Ces sols sont très fertiles mais leur structure vertique, sensible à la dessiccation n'en fait pas de bon sols pour des cultures pluviales.
Les sols rouges sont des sols fersiallitiques, ou luvisols chromiques d'après la classification mondiale des sols,très fertiles et de structure homogène contenant beaucoup de bases échangeables stables qui limitent le lessivage du profil. Ils sont caractérisés par une différenciation texturale du profil avec l'apparition d'un horizon d'accumulation de subsurface et d'un horizon d'elluviation de surface (Deckers J.A. *et al.*, 1998).

3.2.6 La ressource "eau"

L'eau est le facteur limitant des régions sèches. Elle détermine la croissance des végétaux. C'est un facteur déterminant pour les cultures. Pour les ligneux, l'eau est nécéssaire essentiellement durant les premiers stades de développement de l'arbre, lorsque son système racinaire a atteint son développement maximum, l'arbre est plus autonome. Pour les semi-ligneux, comme le cocotier, l'eau est nécessaire tout au long du cycle de vie.
En Inde, l'eau est vénérée et a son propre culte. La multiplication des périmètres irrigués est une des clés de la réussite de la Révolution verte et de l'obtention de l'autosuffisance alimentaire.
L'irrigation a permis à beaucoup de régions de la zone sèche de se libérer des contraintes climatiques dont la variabilité interannuelle reste souvent la plus dommageable aux sociétés. Elle a offert la possibilité d'une seconde saison de cultures.

3.2.6.1 Le périmètre irrigué du réservoir de la Tungabhadra

La pratique de l'irrigation est très ancienne en Inde, les premiers canaux d'irrigation détournant les eaux de la Tungabhadra ont été construits par les empereurs Vijayanagar.
Le projet de réservoir de la Tungabhadra a été lancé en 1945 et achevé en 1953. L'objectif était de créer un périmètre irrigué qui désenclaverait la région et de produire de l'électricité pour le Karnataka et l'Andhra Pradesh. Le périmètre irrigué est localisé à l'est du district au nord de Bellary et autour de la ville de Siruguppa, il s'étend au nord dans le district de Raichur.
La superficie pouvant potentiellement bénéficier de l'irrigation est de 347 978 hectares (Département de l'irrigation, Gouvernement du Karnataka). Le périmètre est desservi par

deux canaux, le haut canal qui délivre de l'eau 6 mois par an et le bas canal qui en délivre 11 mois par an.
Aujourd'hui, le réservoir connaît des problèmes de comblement par les sédiments si bien que la capacité de stockage a fortement diminué. Du fait aussi de la diminution des précipitations, la superficie submergée occupe seulement la moitié de la zone de captage.

3.2.6.2 Les forages

L'eau était jadis assurée par les puits. L'exhaure de l'eau était remontée par une paire de boeufs, puis les pompes sont arrivées et ont remplacé les animaux. Avec la multiplication de ce système plus performant, le niveau de l'eau n'a plus atteint le fond des puits et le forage a pris le relais.
Le forage est le second moyen pour irriguer. L'eau est amenée vers la surface grâce à une pompe électrique. Pour creuser, aucune autorisation n'est nécessaire si bien que le système n'est pas contrôlé. C'est le domaine de l'initiative individuelle, ce sont des entreprises privées qui s'occupent du forage et de la distribution des pompes qui sont pour la plupart aujourd'hui submersibles. Les paysans pauvres n'ont généralement pas accès à cette technique.
Dans le paysage, cet accès limité à l'eau se traduit par une juxtaposition d'oasis de cocotiers de couleur vert tendre et d'étendues de sols rouges et caillouteux.
Pour le monde rural, l'irrigation a désenclavé la société, en remettant en cause les structures établies. Ainsi, des petits exploitants possédant quelques hectares (moins de 5 hectares) mais dont toute la superficie est irriguée s'en sortiront mieux qu'un grand propriétaire possédant une quinzaine d'hectares non irrigués. Ce n'est pas la terre qui structure la société mais l'accès à l'eau.
Cependant, l'irrigation par forage n'est pas un système durable, et aujourd'hui de nombreuses régions du district (le taluk de Kudligi entre autre) sont confrontées à un abaissement inconsidérée de la nappe phréatique.
Les parcelles ne sont plus irriguées toute l'année, et de deux saisons de culture on passe à une saison.
Le rechargement de la nappe est fonction de l'abondance des pluies durant la saison des pluies. Par exemple, une parcelle pourra être irriguée durant trois ans puis au cours des trois années suivantes, la nappe devant se recharger, l'irrigation sera impossible en saison sèche.
Finalement, les paysans sont de nouveau dans un système où ils sont tributaires des conditions climatiques.
Cette incertitude quant à l'accès à l'eau détermine les comportements des agriculteurs en matière de choix des arbres à planter. Ainsi, un agriculteur dont la pompe électrique ne délivre pas d'eau en suffisance chaque année ne plante pas de cocotiers car cette espèce a besoin d'eau tout au long de son cycle de vie, les risques sont trop grands de voir les plants de cocotiers mourir sur pied après une à deux saisons sèches sans irrigation.
Cette incertitude quant au potentiel irrigable détermine aussi les superficies qui vont être semées durant la saison sèche.

3.2.7 La place de l'arbre dans le paysage du district

On rencontre l'arbre sous différents systèmes :

(1) <u>le système linéaire</u> regroupe :
- les alignements d'arbres sur les diguettes des champs qui sont des haies vives de délimitation et/ou de production
- les plantations linéaires de bord de route mises en place pas les services forestiers
- les haies de *Prosopis juliflora* sur les bords des routes et sur les diguettes des parcelles (le prosopis est repoussé sur les limites des parcelles lorsqu'elles sont mises en valeur)

(2) le système envahissant de *Prosopis juliflora* qui gagne tous les espaces non mis en valeur comme les terres gouvernementales non arables et les réservoirs communaux ("*tank* ").

(3) le système des arbres dispersés dans les champs. Ce sont des tamariniers (*Tamarindus indica*), des nimes (*Azadirachta indica*) et *Acacia ferruginea* qui est un arbre sacré. La densité des arbres est tellement faible qu'on ne peut pas vraiment appeler ce système "un parc"

(4) Les plantations pures qui appartiennent :
- au village, ce sont des plantations issues des programmes de foresterie sociale
- à un particulier.

Les espèces sont en général des espèces exotiques comme l'eucalyptus (*Eucalyptus sp.*) et le teck (*Tectona grandis*)

(5) les systèmes de vergers irrigués ou non selon l'espèce mise en valeur, et que l'on appelle "*thotta*" lorsqu'il est irrigué. Dans les vergers irrigués, on trouve des cocotiers, des manguiers et toutes autres sortes de fruitiers exotiques.
Dans le verger non-irrigué, on trouve des tamariniers.

(6) le système pastoral du "kana" qui est un lieu situé à l'extérieur autour duquel sont plantés des arbres, des arbustes et semi-ligneux (*Euphorbia tirucalli*) qui constituent l'armature de la clôture. Les branches mortes de *Prosopis juliflora* ou d'*Acacia nilotica* sont disposées entre les arbres.
Ce parc accueille les animaux pour la nuit, on y entrepose le fumier et les fanes des cultures. Les arbres sont aussi utilisés pour apporter de l'ombrage aux animaux. Une fosse à purin récolte les déjections qui seront ensuite répandues sur les champs.

(7) les forêts qui sont l'antithèse du paysage agraire. Le domaine forestier reste ouvert aux paysans qui viennent s'approvisionner en bois de feu voir en bois de fabrication pour les outils agricoles.

On s'est attaché ici à l'étude du système linéaire de plantation sur diguettes car c'est le système le plus vivace et le plus étendu de la zone agricole du district.

4. Méthodologie

4.1 Zonage agroécologique du district de Bellary

Nous avons réalisé ce zonage (cf. Fig.4) en superposant différentes couches d'informations :
- les 2 zones climatiques
- les sols
- les forêts réservées
- la zone irriguée par canaux

Le zonage climatique indique 2 zones : la zone aride et la zone semi-aride. Les limites suivies sont celles qui ont été établies par le gouvernement du Karnataka dans le cadre de la réalisation d'un guide d'aide à l'optimisation des systèmes culturaux des différentes régions du Karnataka.
Les sols sont le support des cultures mais aussi des peuplements ligneux. Nous avons distingué deux catégories de sols : les vertisols (sols noirs) et les sols rouges fersiallitiques.
Les limites des forêts réservées nous indiquent, par défaut, le domaine agricole là où l'agroforesterie peut s'exercer.
Enfin, nous avons indiqué le périmètre irrigué par canaux. Les systèmes de production y sont profondément modifiés et incomparables avec le reste du district.

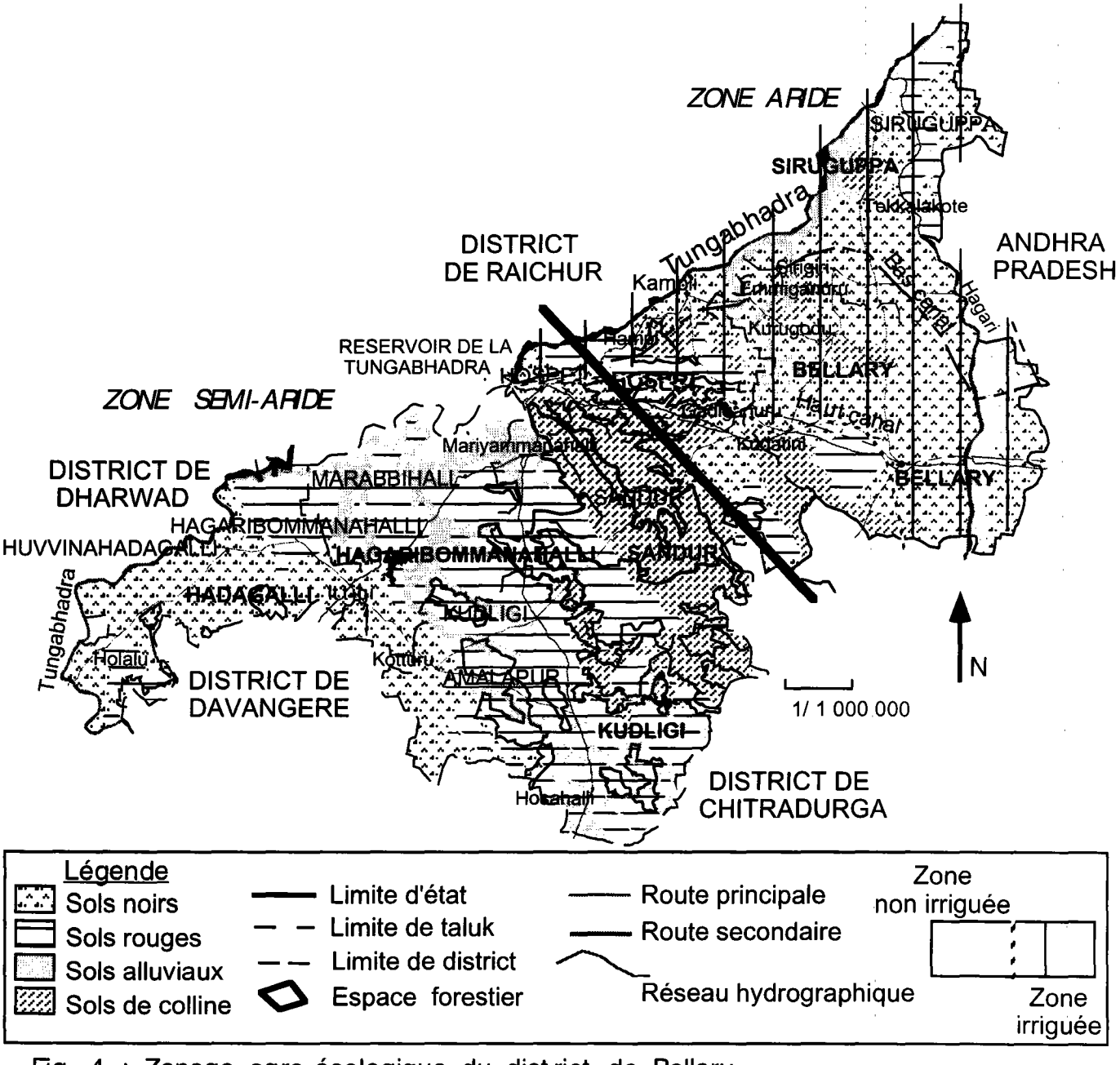


Fig. 4 : Zonage agro-écologique du district de Bellary

Sources :
Carte des sols de l'état du Karnataka (1/100 000),1996, Seghal J. et al, National bureau of soil survey and land use planning (ICAR) et agricultural department

Cartes topographiques 48 M Dharwhad, 48 N Ranibennur, 57 A Bellary, 57 E ADONI et 57 B Chitradurga (1/250 000), 1981

Irrigation atlas of India, 1972, Chatterjee S. P., Ministry of education and youth services for irrigation commission (35 cartes)

A survey on agro-forestry practises in Karnataka, Zonage agroécologique, 1994, S. N. Rai et Shiv Shankar K, Karnataka forest department.

4.2 Déroulement de la campagne de terrain

Après deux mois d'investigation bibliographique et de terrain, le travail de recherche et de collecte des données dans les villages choisis a été mené durant un mois de début mai à la mi juin. Marabbihall est le premier village où ont été réalisés les travaux de collecte et ce durant deux semaines et demi. La dizaine de jours qui ont suivi ont été consacrés à l'étude d'Amalapur.
Pour la logistique, les services forestiers nous ont permis d'occuper leur bâtiment. Nous avons utilisé la moto et le bus pour les déplacements.

4.3 Le choix des sites d'étude

Le Karnataka est depuis longtemps un état sur lequel l'Institut français de Pondichéry (IFP) travaille. Jusqu'à aujourd'hui, les études n'avaient porté que sur les zones humides. Manifestant la volonté de travailler dans les zones sèches, nous avons suivi les conseils donnés par le département forestier qui nous a proposé de travailler dans le district de Bellary.
Les sites d'étude ont été choisis en fonction du zonage agroécologique. Nous avons choisi les villages dans une zone agroécologique homogène caractérisée par leur appartenance:
- au domaine semi-aride
- à la zone des sols rouges fersiallitiques.
- à la zone non irriguée

4.4 Le choix des parcelles

L'objectif de départ était de constituer un échantillonnage de 10 parcelles dans chacun des deux villages. Nous avons choisi de faire correspondre à chaque inventaire biométrique de parcelle, une enquête agroforestière menée auprès de l'exploitant.
Nous avons suivi une méthode stratifiée pour constituer l'échantillonnage.
Deux critères de sélection en ont guidé la constitution :
- la présence d'alignements bien constitués autour de la parcelle
- la taille de l'exploitation

C'est sur la base de l'observation que les parcelles ont été choisies. Nous avons cherché à sélectionner des parcelles qui présentaient des alignements avec une densité d'arbres élevée. Nous avons pris soin, dans un premier temps, d'effectuer un tour de reconnaissance avec une personne-ressource du village afin de pouvoir juger qu'elles étaient les parcelles qui présentaient de l'intérêt, ce en les comparant les unes aux autres.
Précisons de suite, que tous les côtés de la parcelle ne devaient pas forcément présenter de ligneux. Dans le même temps, le nom du propriétaire et la taille de l'exploitation nous étaient communiqués.
Nous avons choisi avec les conseils du fonctionnaire des impôts de Marabbihall, de prendre 10 acres ou 4 hectares comme critère de différenciation des petits des grands exploitants.
Ces 2 principaux critères ont guidé notre choix, ensuite nous avons tenté au mieux de sélectionner des parcelles de même taille, un acre en moyenne, afin d'obtenir un échantillon homogène de parcelles.

4.5 Présentation de l'échantillon

A Marabbihall, 10 parcelles ont été inventoriées et les 10 exploitants propriétaires de chaque parcelle enquêtés (5 petits et 5 grands).
A Amalapur, le temps imparti ne nous a pas permis de réaliser l'inventaire biométrique des 10 parcelles. Contenu du caractère exploratoire de l'étude, il nous ait paru plus intéressant de privilégier les enquêtes auprès des paysans afin de permettre une connaissance plus fine des pratiques agroforestières.

Rapport-Gratuit.com

Dans ce même village, nous ne sommes pas parvenus à constituer un échantillon équilibré. En effet, nous avons rencontré des difficultés à trouver 5 petits exploitants possédant des alignements d'arbres suffisemment bien constitués.

Tableau 1: Présentation de l'échantillon

	Taille de l'exploitation	MARABBIHALL Nombre de travaux réalisés	AMALAPUR Nombre de travaux réalisés
Inventaires biométriques	< 4 ha	5	1
	> 4 ha	5	4
Enquêtes	< 4 ha	5	4
	> 4 ha	5	6

4.6 Les différents types de données récoltées

Nous avons utilisé, de façon complémentaire, deux types d'outils :
- des inventaires biométriques
- des enquêtes agroforestières

4.6.1 Les inventaires biométriques

Les inventaires biométriques avaient pour objectifs la collecte de données permettant de décrire le système : la structure, la composition floristique et la dynamique des alignements d'arbres.
Pour les alignements représentant la limite entre deux parcelles de propriétaires différents, nous avons choisi les arbres situés sur le côté de la diguette appartenant à la parcelle retenue (en général, des pierres situées à chaque bout de la parcelle indique les limites de propriété). De même, lorsqu'une diguette séparait deux champs d'un même propriétaire nous n'avons pas tenu compte des arbres appartenant à l'autre parcelle.
La fiche de terrain est présentée en annexe I.
Pour le matériel, nous avons utilisé : un mètre ruban de 15 m, un mètre métallique de 3 m et un dendromètre pour mesurer la hauteur des arbres.
Les données récoltées sont :
- l'orientation de l'alignement
Nous avons pris soin à chaque fois de tourner autour de la parcelle dans le sens des aiguilles d'une montre.
- le nom botanique et vernaculaire
Si une espèce ne pouvait être déterminée sur place, nous en avons rapporté un échantillon aux botanistes de l'IFP. Sur le terrain, c'est le technicien de l'Institut qui a assuré la détermination des arbres.
- l'écartement entre chaque arbre en cm
La valeur qui est inscrite correspond à la distance entre l'arbre n et l'arbre suivant (n+1).
Pour le 1er arbre, si celui si n'était pas disposé directement au coin de la parcelle, la distance du coin à l'arbre a été relevée, de même que la distance du dernier arbre au coin suivant. Ainsi, nous avions la valeur de la longueur du côté.
- la circonférence à 1 m 30
La circonférence des arbres a été mesurée pour préciser la continuité des haies vives, déterminer leur capacité à faire un rideau brise-vent ou encore pour signifier leur surface d'encombrement et les éventuels effets de compétition sur les cultures associées. Seuls les individus présentant un diamètre supérieur à 10 cm ont été retenus.
Pour les espèces arbustives, nous avons mesuré la branche principale.
- la hauteur mesurée avec le dendromètre
- les dimensions du houppier en mesurant la projection au sol du houppier suivant 2 diamètres :
D1 qui correspond au diamètre pris dans la direction de l'alignement
D2 qui correspond au diamètre pris perpendiculairement à la direction de l'alignement

- l'intensité d'émondage[5]
Après l'observation directe de l'arbre, est attribué un code croissant d'intensité d'émondage de 1 à 5. Les classes suivent le découpage suivant : 0%, 0% -25%, 25%-50%, 50%-75% et 75%-100%.
Nous avons considéré les traces d'émondage récentes mais aussi les anciennes dans notre appréciation.
- la partie émondée
Par observation, nous avons déterminé pour chaque arbre qu'elle était la partie du houppier qui était la plus émondée.
Nous avons distingué 3 parties : la partie haute, la partie basse et la partie latérale des branches. Nous avons envisagé que la coupe pouvait se pratiquer indifféremment dans le houppier.
- l'état sanitaire de l'arbre
Toujours par observation, nous avons distingué 3 catégories codées par ordre croissant :: bonne , moyenne, mauvaise.
Pour Marabbihall, il nous a été possible d'obtenir pour chaque arbre son âge et son origine, renseignement donné par le propriétaire de la parcelle. A Amalapur, ce travail n'a pas été réalisé car alors nous n'avions plus de traducteur.

4.6.2 Les enquêtes agroforestières

Cette enquête nous a renseigné sur les caractéristiques socio-économiques de l'exploitation et nous y avons abordé les thèmes de l'agriculture et de l'élevage.
Le dernier volet portait sur la composante ligneuse de l'exploitation et les pratiques agroforestières qui s'y rattachaient.
Un premier répérage du terrain a été réalisé à la fin du mois d'avril afin de prendre contact avec les habitants des villages. A cette occasion, nous avons récolté des informations à l'aide d'une pré-enquête aux questions ouvertes ce qui nous a donné quelques pistes pour réaliser le questionnaire "définitif".
La fiche d'enquête (Annexe II) a été traduite en anglais car l'entretien était conduit en anglais avec le traducteur (un habitant du village de Marabbihall) qui lui même transposait en "kannada" pour l'interrogé.

4.6.3 Les autres enquêtes et inventaires

4.6.3.1 L'inventaire des parcelles de la zone sèche de Marabbihall

Faute de temps, ce travail n'a pu se réaliser à Amalapur. Cependant, les régions appartiennent au même domaine agroécologique, c'est pourquoi nous estimons que les deux zones présentent une structure et une composition assez proches.
Pour ce travail, 10 parcelles ont été inventoriées suivant la même méthode que celle utilisée pour les parcelles présentant des alignements d'arbres.
Un questionnaire sous forme de grille à remplir a été conduit auprès des propriétaires de chaque parcelle (Annexe III).

4.6.3.2 Les temps informels

Les discussions informelles avec les habitants des villages sont des moments précieux pour récolter des informations.
Les données statistiques concernant la démographie et le mode d'utilisation des terres ont été collectées auprès des fonctionnaires du service des impôts responsables d'une localité

[5]Emondage : activité de coupe des branches d'un arbre. L'objectif de la coupe étant généralement de limiter l'ombre donnée par le feuillage des branches sur les cultures d'un champs ou de produire du fourrage pour les bêtes.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

fiscale (regroupement de plusieurs petits hameaux) ainsi qu'auprès des services des impôts des *taluks* [6] de Hagaribommanahalli et de Kudligi.

4.7 Le traitement statistique des données

Les données des inventaires biométriques et des enquêtes agroforestières ont été traitées statistiquement suivant des méthodes d'analyses multifactorielles. Ces méthodes cherchent les corrélations possibles entre plusieurs variables. Les analyses ont été menées avec le logiciel ADE.

4.7.1 L'analyse factorielle des correspondances

Les données de composition floristique ont fait l'objet d'une analyse factorielle des correspondances (AFC). Cette analyse ne prend en compte que des effectifs. Nous avons tenté d'établir une typologie des parcelles à partir des données d'inventaires floristiques. Le tableau de contingence met en relation l'individu "parcelle" avec la variable "espèce", l'effectif de l'espèce pour chaque parcelle représentant la donnée.

4.7.2 Les analyses en composante multiple (ACM)

Nous avons réalisé deux analyses en composante multiple, une à l'échelle de la parcelle et une à l'échelle du côté.
Cette analyse statistique ne prend en compte que les variables qualitatives discontinues. La donnée introduite dans la matrice est un code.

4.7.2.1 ACM à l'échelle de la parcelle

Nous avons mis en relation des variables se rapportant à des caractéristiques biométriques du peuplement ligneux et des variables socio-économiques caractérisant l'exploitation. L'objectif est de voir s'il existe des stratégies de gestion, des comportements relatifs aux haies vives qui se répartissent selon des critères socio-économiques.

Tableau 2 : Les variables socio-économiques et biométriques et leur modalités prises en compte dans l'ACM réalisée à l'échelle de la parcelle

Variables	Modalités
Socio-économiques	
Age du propriétaire	1- < 35 ans 2- > 35 ans
Taille de l'exploitation	1- < 4 hectares 2- > 4 hectares
Irrigation	1- Présence 2- Absence
Biométriques	
Composition floristique	1- Dominance de fruitiers 2- Dominance d'arbres à bois 3- Equilibre entre les fruitiers et les arbres à bois
Part des individus de la classe 10-50 cm	1- Peuplement jeune 2- Peuplement vieux Peuplement équilibré
Densité d'arbres pour 10 m linéaires	1- de 1 à 2 arbres 2- > à 2 arbres

[6]Taluk : 2 ème division administrative de l'état après le district et qui correspond à un regroupement de plusieurs villages (équivalent des "cantons"français).

4.7.2.2 ACM à l'échelle du côté

Cette analyse a été conduite avec pour objectif de réaliser une typologie des alignements suivant des caractères de structure, d'aménagement et de position dans la parcelle.

Tableau 3 : Les variables et modalités prises en compte dans l'ACM à l'échelle du côté

Variables	Modalités
Type de côté	1- Bord de rivière 2- Bord de chemin 3- Limite individuelle 4- Limite partagée
Ecartement moyen entre les arbres	1- entre 1 et 5 m 2- entre 5 et 10 m 3- au delà de 10 m
La composition floristique	1- la dominance de fruitiers (>60 %) 2- la dominance d'espèces à bois (< 40 %) 3- l'équilibre entre le fruitiers et les espèces à bois (entre 40 % et 60 %)
L'intensité d'émondage *	1- émondage faible 2- émondage fort
La présence ou l'abscence d'agaves	1- absence 2- présence
La présence ou l'abscence d'euphorbes	1- absence 2- présence

*Calcul de la modalité "intensité d'émondage"
Nous avons quatre intensités d'émondage :
- (1) 0 %
- (2) 1 à 25 %
- (3) 25 % à 50 %
- (4) 50 % à 75 %
- (5) 75 % à 100 %

L'émondage d'intensité 75 % à 100 % n'ayant pas été observé, nous n'avons considéré que les 4 premières. La part des intensité 1 et 2 et des intensités 3 et 4 dans l'alignement sont ajoutées , nous obtenons alors 2 valeurs de part d'intensité. Si la valeur de la part d'intensité dépasse 0,5 alors nous attribuons un numéro suivant une répartition émondage faible et émondage fort

5. Présentation des villages de Marabbihall et de Amalapur

5.1 La localisation et le mode d'utilisation des terres

5.1.1 Marabbihall

5.1.1.1 un village planifié

Marabbihall appartient au *taluk* d'Hagaribommanahalli (cf. Fig. 4). Son territoire est situé sur la rive sud du réservoir de la Tungabhadra, à 1 km environ de la zone réservée au projet. Le village est situé au bord d'une route goudronnée qui relie le chef-lieu du taluk, Hagaribommanahalli, à Hospet, la deuxième ville du district située à environ 30 km au nord. L'entretien de cette route appartient aux services de l'équipement du taluk (*public works department*).
La superficie du village est de 1927 hectares. Le village de Marabbihall est un village planifié créé en 1958 . L'ancien village était à l'origine situé dans la zone actuellement submergée par les eaux de la Tungabhadra.
L'essentiel des terres ainsi confisquées aux habitants du village ont été remboursées en argent par le gouvernement. Pour certains paysans, de nouvelles terres appartenant alors à l'état ont été attribuées.

Le nouveau village a bénéficié d'une superficie habitable supérieure à l'ancien, cette superficie est passée de 2,4 hectares à 9,7 hectares. C'est pourquoi l'architecture de Marabbihall n'est pas commune à celle des villages traditionnels, avec ses rues parallèles et larges et un entassement limité des maisons.
Marabbihall possède l'équivalent d'une école maternelle (*primary school*), d'une école primaire (*higher primary school*) et d'un collège (*high school*). Un centre de premiers soins médicaux permet aux femmes d'accoucher sur place et aux enfants de se faire vacciner.

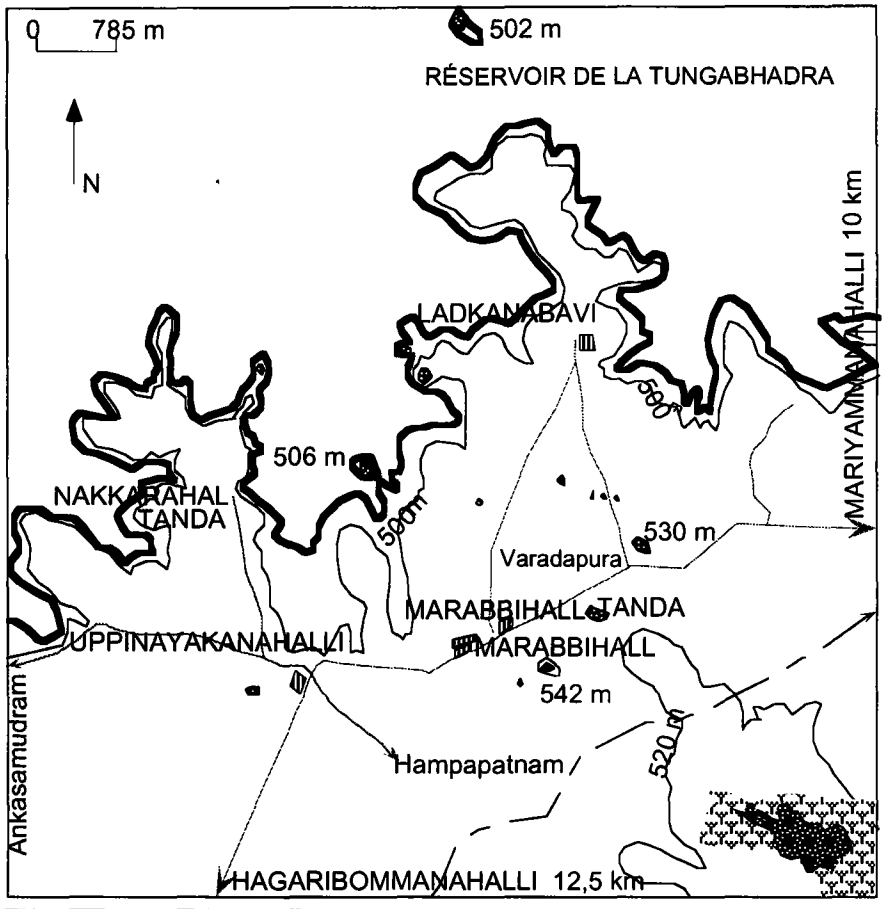
5.1.1.2 Marabbihall, une localité fiscale

Le territoire de ce village regroupe plusieurs hameaux que sont Marabbihall tanda, Uppinayakunihalli et Nakaraltanda.
Le suffixe "*tanda*" se rapporte à des zones d'habitation réservées aux castes inférieures. Dans la tradition, les basses castes ne peuvent partager les mêmes lieux que les hautes castes.
Ces petits villages dépendent fiscalement de Marabbihall, où se trouve le bureau fonctionnaire délégué aux impôts et au cadastre (*village accountant*).
On y trouve le bâtiment des élus locaux (*Gram Panchayat*[7] *house*) et le local de la banque agricole (*coperated bank*). Les services agricoles sont aussi présents par le détachement d'un fonctionnaire qui donne des conseils et facilite l'accès aux intrants et aux semences.
Marabbihall bénéficie de nombreuses infrastructures et d'une bonne desserte assurée par les transports gouvernementaux ou encore privés. Localement, à l'échelle de la dizaine de villages environnants, Marabbihall fait figure de localité importante du fait, entre autre, de la présence de la banque agricole.

5.1.1.3 Un village au bord d'une vaste dépression.

Le territoire du village est une vaste étendue plane d'altitude moyenne de 500 m surmontée de quelques collines rocheuses d'une élévation d'une quarantaine de mètre (cf. Fig. 5). Une légère pente en direction des rives du réservoir est décelable sur le terrain en observant l'augmentation de la hauteur de la nappe d'eau dans les puits.

[7]Panchayat : Représentant élu d'une communauté paysanne



Légende
- Chaos rocheux
- Zone habitée
- Forêt réservée
- Voie ferrée
- Routes
- Ligne de niveau
- Rive du réservoir

Source : Carte topographique au 1/ 50 000, Bellary and Raichur district 57 A/8 , 1976

Figure 5 : Carte topographique du territoire fiscal* de Marabbihall

* Les limites administratives des villages ne sont pas indiquées sur les cartes topographiques au 1/50 000. La zone représentée a des limites approximatives au nord en particulier vers le réservoir. Elle englobe tous les hameaux du territoire fiscal et couvre 3100 ha.

5.1.1.4 Le mode d'utilisation des terres

Le village a une superficie de 1927 hectares. Les données statistiques ne permettent pas d'avoir des renseignements précis et justes sur les superficies irriguées par forage. A Marabbihall, pour l'ensemble du territoire fiscal, d'après les statistiques des services des impôts, la superficie irriguée est de 209 hectares sur 790 hectares dévolus à l'agriculture, ce qui représente 27 % de cette superficie.

D'après la classification indienne se rapportant à l'occupation des terres, on trouve :

Tableau 4 : Mode d'utilisation des terres du village de Marabbihall (Registre des propriétés du village 1998-1999)

STATUT DE LA TERRE	SUPERFICIE en Ha	PART de chaque type (%)
TERRES PRIVEES éligibles pour l'agriculture	1231	64
dont superficies emblavées *	1150,2	93
TERRES GOUVERNEMENTALES		
Terres éligibles pour l'agriculture	47,4	3
Réseau hydrographique	62	= 7
Zone humide	51	
Aires de stockage des foins et du fumier	15,4	
Routes	13,4	
Cimetière	0,8	
Réservoir de la Tungabhadra	506,4	26

* Valeurs pour 1995-1996

Le territoire de Marabbihall ne comprend pas de zones de parcours réservées (*gomal land*), de terres marginales (*wasteland*) ni d'espace forestier. La forêt la plus proche à vol d'oiseau est située à l'est du village à 5 km.
Les terres du réservoir sont un espace privé qui appartiennent à la société qui gère le barrage. L'agriculture n'y est pas tolérée, mais dans les faits de nombreux paysans y trouvent là une réserve foncière. De plus, à la fin de la saison des pluies, des prairies s'installent sur les rives du réservoir qui viennent d'être découvertes suite à la baisse du niveau de l'eau, elles sont utilisées pour le parcours des animaux.

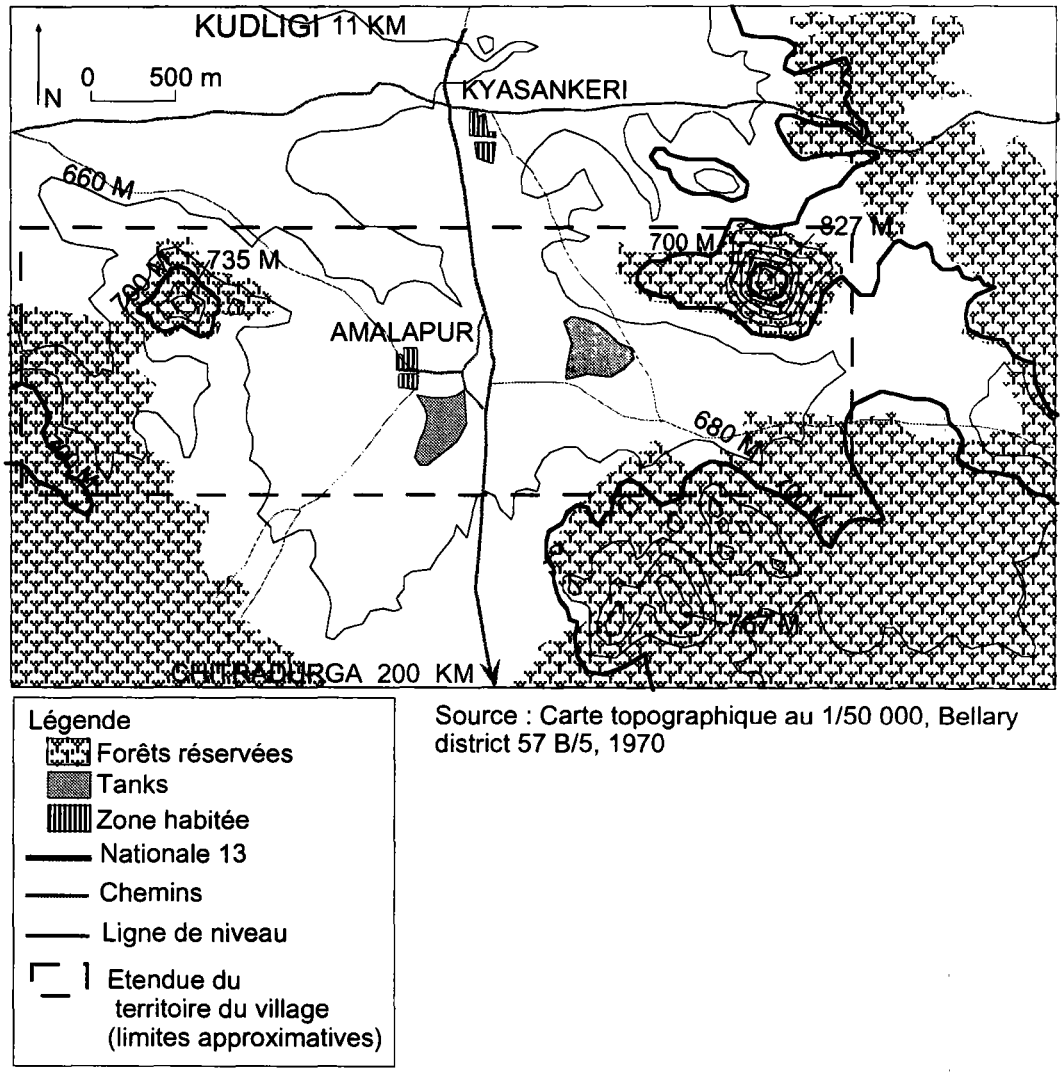
5.1.2 Amalapur

5.1.2.1 Un village traditionnel

Le village d'Amalapur est situé dans le taluk de Kudligi, à une quinzaine de kilomètres au sud de cette ville. Le village est situé en retrait de la route nationale n° 13 qui relie Sholapur du Maharashtra à Bangalore du Karnataka. Cette route nationale est une voie de grande circulation empruntée par les camions des états du Nord de l'Inde qui approvisionnent en marchandises les états du sud en particulier Bangalore.
Ce village a une structure traditionnelle avec ses enchevêtrements de maisons et de ruelles boueuses sans canaux d'évacuation des eaux sales.
Il y a encore quelques années de cela, le village ne comptait qu'une seule pompe à bras pour tirer l'eau.
Les familles appartenant aux basses castes et aux tribaux vivent dans un quartier nommé *colony*. La zone habitée par ces familles et celles appartenant aux hautes castes forment un tout, même si l'on distingue des quartiers.
Le village dépend du territoire fiscal de Kyasankeri qui est situé à 2 km au nord du village sur la route nationale.
Amalapur bénéficie de peu d'infrastructures, il possède une école primaire et une société agricole. La fréquence des bus gouvernementaux est réduite et les compagnies de bus privées desservent mal le village. L'enclavement du village est plus fort, ce qui lui vaut le nom de "village de l'intérieur" (*interior village*).

5.1.2.2 Un village à flanc de collines

Le paysage présente une succession de collines culminant à 730 m, l'altitude moyenne du plateau étant de 660 m (cc. Fig. 6). Ces collines présentent des sommets rocheux qui hébergent une végétation arbustive épineuse très dégradée. La zone habitée domine un réservoir (*tank*) qui, il y a quelques années permettait encore l'irrigation de terres rizicoles situées en contrebas des habitations.



Source : Carte topographique au 1/50 000, Bellary district 57 B/5, 1970

Figure 6 : Carte topographique du territoire du village d'Amalapur

5.1.2.3 L'utilisation des terres

La superficie du village est de 1652 hectares. La superficie irriguée est, d'après des sources non officielles, de 121,5 hectares.

Tableau 5 : Modes d'utilisation des terres du village d'Amalapur (Registre des propriétés du village, 1998-1999)

STATUT DES TERRES	SUPERFICIE en Ha	PART de chaque type (%)
TERRES PRIVEES éligibles pour l'agriculture	790	48
dont superficies emblavés	715,7	91
TERRES GOUVERNEMENTALES		
Terres cultivées sans autorisation	74,3	4
Site habité	3,5	= 18
Terres dévolues au réservoir, routes, réseau hydrographique et terres marginales	289,5	
Zone de forêts réservées	495	30

Comme à Marabbihall, le village ne possède pas de terres de parcours réservées aux troupeaux. L'espace forestier correspond à 30 % de la superficie totale du village qui comprend aussi à la différence de Marabbihall des terres marginales. Ces terres sont impropres à l'agriculture soit parce qu'elles sont situées dans une zone d'affleurements rocheux soit parce que le sol y est salé. Les terres privées représentent un peu moins de 50 % de la superficie du village, ce qui est plus faible comparé à Marabbihall où elles représentent 64 %, ceci alors que la population est plus importante à Amalapur. La pression foncière est plus forte, elle se traduit par un empiètement des terres gouvernementales.

5.2 La démographie

D'après les statistiques du service des impôts (*revenue department)* dans le périmètre du village fiscal de Marabbihall vivent 3105 personnes.
Nous nous sommes intéressés uniquement aux quartiers de Marabbihall même et à Marabbihall tanda. Ces deux quartiers comptent 1641 habitants.
A Amalapur, l'effectif de population est un peu plus élevé avec 1739 habitants.

Tableau 6 : Répartition des effectifs de la population selon le sexe et la caste à Marabbihall et Amalapur (Statistiques du service des impôts 1998-1999)

	MARABBIHALL			AMALAPUR		
	Nombre d'hommes	Nombre de femmes	Total	Nombre d'hommes	Nombre de femmes	Total
Tribaux	0	0	**0**	213	204	**417**
Basses castes	255	230	**485**	103	106	**209**
Hautes castes	585	571	**1156**	568	545	**1113**
Total	840	801	**1641**	886	853	**1739**

Les hommes sont un peu plus nombreux dans les 2 villages, l'équilibre reste cependant maintenu. L'homme occupe une place prépondérante dans la société indienne : par lui se transmettent les biens. Dans le monde paysan, la femme occupe une place secondaire, elle travaille dans les champs de la famille de son mari et doit s'occuper des enfants, de la maison, de collecter du bois de feu et de l'eau.
Au delà de la distinction par sexes, s'opère en Inde une distinction par castes. Cette organisation crée l'originalité de la société indienne.

Le système des castes est défini dans les textes anciens, *Vedas* , comme l'équivalent des corporations de métiers. Des trois grandes castes représentées pas les prêtres (*Brâhmana*), les guerriers (*Kshatriya*) et les travailleurs et artisans (*Vaishya*), une multitude de communautés ou de sous-castes se sont créées au cours des siècles sous l'influence des invasions. Les castes ne comprennent que les hindouistes, donc les peuples à l'origine animistes, les tribaux, ou musulmans en sont exclus. D'autre part, les personnes exerçant des travaux reconnus comme impurs par la société hindoue (tannerie, ramassage des ordures dans les marchés, par exemple) ne sont pas intégrées au système, on les nomme les "Intouchables". Ils sont en générale serviteurs ou vivent complètement en dehors de la société. Après l'Indépendance, J. Nerhu abolit théoriquement le système de castes, mais il est difficile d'effacer d'un coup de plume une institution sociale centenaire. Afin d'intégrer les Intouchables et les tribaux dans le système hindou, Ambedkar Vedi, inscrit dans la constitution deux nouvelles catégories que nous nommerons les tribaux (*Scheduled tribes*) et les basses castes (*Scheduled castes*). Ces catégories bénéficient aujourd'hui d'aides particulières (emplois réservés, aides financières). Les castes qui préexistaient à ces deux groupes sont inclues par les textes officiels dans le groupe "autres", nous les nommerons les hautes castes.
Cette distinction en castes est importante car elle traduit encore aujourd'hui dans le monde rural qui représente 70 % de la population indienne une organisation socio-économique bien marquée. La caste détermine le niveau de trésorerie de la famille et l'accès au foncier.
A Marabbihall (Fig. 7), la population se répartit selon 2 groupes de castes : les basses castes représentent 30 % du total et les hautes castes 70 %. La catégorie des basses castes n'est composée que de la caste de Lambanis. La composition est beaucoup plus variée chez les hautes castes.
A Amalapur, les trois groupes de castes sont présents, les tribaux sont représentés à 24 %, les basses castes à 12 % et les hautes castes à 64 %. Dans les hautes castes, les Lingayats sont la caste qui domine en nombre.

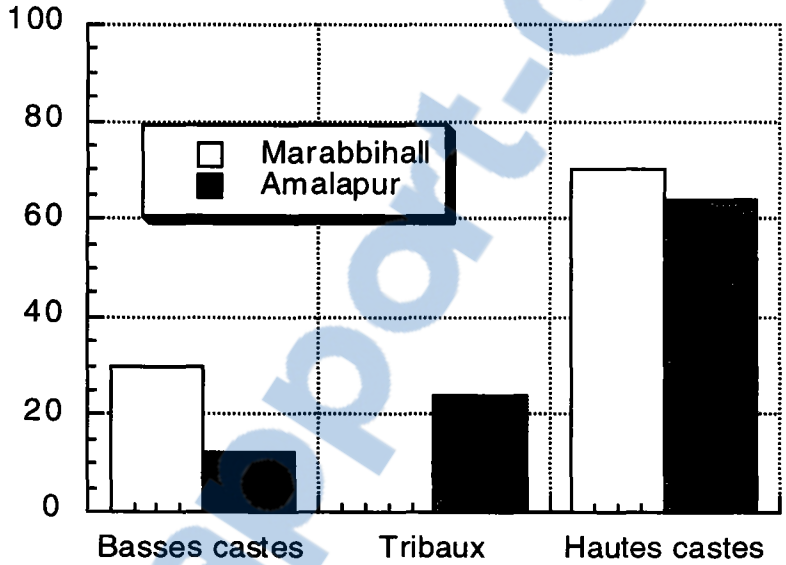


Figure 7: Répartition de la population selon la caste à Marabbihall et Amalapur (Statistiques du service des impôts)

5.3 Le foncier

5.3.1 La propriété

Le propriétaire de la terre est appelé un *Katedar* en référence au registre qui tient à jour les différents transmissions de propriétés et les partitions. La terre peut être enregistrée au nom de plusieurs hommes de la famille, ils choisissent de partager la terre en commun et de faire vivre leur famille, c'est ce que l'on nomme une "joint family". Cependant, ils

peuvent choisir de se séparer et à ce moment là, la terre est partagée en parts égales. Ainsi dans les statistiques, les grands propriétaires correspondent le plus souvent à plusieurs membres d'une famille qui cultivent la terre en commun mais qui ne possèdent qu'un numéro de registre, et non à un propriétaire unique. Dans ces familles on peut compter jusqu'à une vingtaine de membres.

5.3.2 La taille des exploitations

D'après le registre des propriétés foncières du village, on enregistre à Marabbihall 501 propriétaires ce pour l'ensemble de l'unité fiscale qu'est Marabbihall.
Pour ce qui est des sous unités de Marabbihall même et Marabbihall tanda, les données détaillées ne sont pas disponibles. A Amalapur, on dénombre 357 katedars.
A Marabbihall, la part des propriétaires possédant plus de 4 ha est supérieure à 70 % alors qu'à Amalapur, le rapport est inversé puisque ce sont les propriétaires de moins de 2 hectares qui représentent 70 % des exploitants.

Tableau 7 : Répartition des effectifs d'exploitants selon la taille des exploitations (Statistiques du services des impôts, 1998-1999)

	MARABBIHALL		AMALAPUR		
Taille de l'exploitation	Effectifs	%	Effectifs		%
< 2 ha	116	23	250		70
Entre 2 et 4 ha	155	31	> 2 ha	107	30
> 4 ha	230	46			

Le tableau indique que l'irrigation est plus répandue chez les familles de hautes castes. La caste est un critère qui évalue le niveau économique d'une exploitation. L'irrigation est plus répandue à Marabbihall qu'à Amalapur.

CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

1. La localisation des alignements d'arbres sur les territoires des villages et présentation du système

Dans le domaine agricole étudié, l'alignement des arbres sur les limites des champs est la forme sous laquelle les ligneux sont le plus communément agencés.

1.1 La localisation des alignements d'arbres sur le territoire des villages

Après avoir donner un aperçu des systèmes agroforestiers rencontrés à l'échelle du district de Bellary, un zonage à l'échelle des territoires de nos villages a été réalisé selon le critère "densité d'arbres". Ce critère est en partie fonction du facteur "eau". En effet, l'eau détermine la présence de l'arbre.
C'est pourquoi, la présence de l'irrigation dans une parcelle favorise la présence de ligneux. Ainsi, le domaine irrigué est préférentiellement le domaine des alignements d'arbres.
Dans la région étudiée, l'irrigation s'effectue par forage. Les parcelles irriguées sont donc localisées essentiellement dans les zones basses là où la nappe phréatique est la plus proche de la surface.
A Marabbihall, plus l'on s'éloigne des rives de la Tungabhadra plus les forages sont profonds.
A l'inverse, les parcelles situées sur les interfluves ont accès à la nappe de manière plus aléatoire. Cette zone est nommée par les paysans : "zone sèche" ("dryland") ou "zone marginale" ("wasteland"). C'est le domaine des cultures pluviales.
Les densité d'arbres pour 10 mètres linéaires ont été calculées à partir des inventaires biométriques effectués dans les 2 villages et ce pour les 2 zones décrites, ils sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Densités de ligneux en zone irriguée et en zone sèche (Inventaires biométriques, 1999)

Lieux	Densité de ligneux pour 10 m linéaires
Marabbihall , zone irriguée	2
Marabihall , zone sèche[8]	0,27
Amalapur , zone irriguée	1,8

Dans la zone irriguée, la densité d'arbres dans les alignements est plus élevée que dans la zone sèche où l'on peut difficilement parler, avec une si faible densité d'arbres (3 arbres pour 100 m), d'alignements d'arbres bien constitués. Dans la zone irriguée, les haies vives forme un réseau bocager soulignant le parcellaire plus ou moins construit. A Amalapur, l'occurrence des alignements d'arbres est plus faible. Nous avons eu plus de difficulté à trouver des parcelles présentant des alignements d'arbres.

A l'échelle du territoire de nos villages, nous distinguons 2 zones :
- la zone de faible densité d'arbres qui équivaut à la zone des interfluves. L'arbre y est pratiquement absent. Le paysage ne se structure que par la présence des diguettes sur les limites des champs.
- La zone de forte densité d'arbres qui coincïde avec la zone des points bas de la topographie. C'est le domaine potentiel des alignements d'arbres ce qui signifie que les

[8]Un inventaire biométrique de 10 parcelles a été réalisé à Marabbihall. Le travail n'a pu être réalisé à Amalapur faute de temps.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

conditions écologiques sont plus favorables à l'arbre ce qui ne signifie pas que les alignements soient systématiquement présents autour de chaque parcelle irriguée[9].

1.2 La description des alignements d'arbres

Le système auquel nous nous intéressons est constitué d'arbres, palmiers et arbustes plantés ou conservés sur les diguettes et alignés les uns par rapport aux autres le long des parcelles mises en cultures (cf. Fig. 8). L'alignement est composé en majorité d'une seule ligne mais une deuxième ligne peut être ajoutée. L'alignement peut être plus ou moins lâche.
Plusieurs critères peuvent décrire ces alignements: leur composition floristique, la densité d'arbres, l'écartement entre chaque arbre et la régularité ou l'irrégularité de cet espacement.

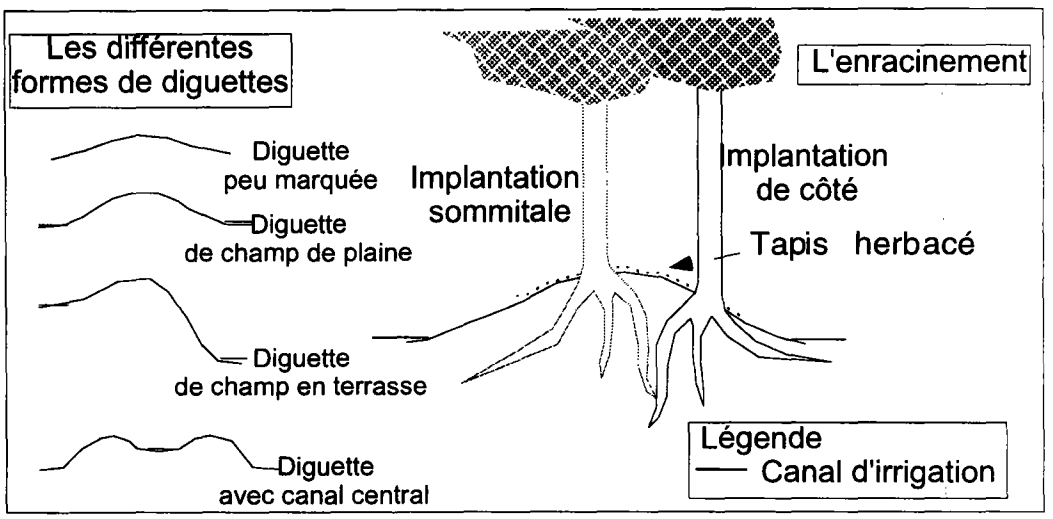


Figure 8 : L'association arbre/diguette : les différentes formes de diguettes et l'enracinement des arbres

La diguette est une levée de terre d'une hauteur de 20 cm à un mètre et de largeur variable allant de 1m à 3 m. Elle fait le tour de la parcelle.
Le système des diguettes est inhérent aux systèmes irrigués, car il permet de convoyer l'eau à l'intérieur de la parcelle, un petit canal est creusé le long de la diguette à l'intérieur de la parcelle. Les arbres sont arrosés tous les jours. Les arbres sont donc associés à un système d'agroforesterie irriguée.
L'origine de ces diguettes est assez controversée et surtout peu connue des uns et des autres. A Marabbihall, d'après les enquêtes agroforestières, elles auraient été construites par les services agricoles. A Amalapur, ce serait par les ancêtres de la famille.
La diguette est un moyen de lutter contre l'érosion des sols en limitant le ruissellement des particules fines et le lessivage des éléments fertilisants. De plus, elle maintient l'humidité du sol en concentrant l'eau.
La première fonction des levées de terre citée par les exploitants est le maintien de la fertilité de la terre (à Marabbihall (80 %) et à Amalapur (60 %)).
Les racines des arbres, généralement non apparentes à la surface, jouent un rôle essentiel dans le maintien de la diguette. Elles limitent le travail consacré à leur entretien assuré par le propriétaire de l'exploitation.
Les diguettes sont aussi un instrument de délimitation foncière, elles construisent le parcellaire.

[9]Dans le nord est du district, dans la région de Siruguppa, cette zone irriguée par canaux est particulièrement déficitaire en ligneux.

La fonction "faire pousser des arbres" a été proposée aux enquêtés mais elle est rarement reconnue comme essentielle. Il faut bien considérer l'association de la haie et de la diguette comme un système où la diguette a plus que l'arbre un rôle de délimitation, anti-érosif ou de conservation de la fertilité. Avec cette distribution, l'arbre peut être conçu pour assurer le seul rôle de production ou surtout celui-là.

2. Les caractéristiques socio-économiques de la population échantillonnée et pratiques agricoles

2.1 La population

2.1.1 Les caractéristiques sociales

Tous les exploitants enquêtés sont des hommes. Ils sont tous propriétaires de leur terre. Les caractéristiques socio-économiques de la population sont résumées dans le tableau 9.

Tableau 9: Caractéristiques socio-économiques de la population échantillonnée à Marabbihall et Amalapur (Enquêtes agroforestières, 1999)

	MARABBIHALL			AMALAPUR
	Exploitation < 4 hectares	Exploitation > 4 hectares	Total	
Taille moyenne de la propriété (ha)	1,7 *1,4 à 2,3*	7,4 *4,5 à 16,2*	4,5 *1,4 à 16,2*	5,2 *2,4 à 16,2*
Taille moyenne des surfaces irriguées (ha)	1,1 *0 à 2,3*	2,8 *0,8 à 6,1*	2 *0 à 6,1*	1,7 *0 à 6,5*
Age moyen du chef de famille	33	45	39,4 écart type : ± 15,4	34,8 écart type : ± 13,6
Hautes castes	1	5	6	9
Basses castes	2	0	2	0
Tribaux	1	0	1	1
Musulmans	1	0	1	0
Nbre moyen d'hommes âgés > à 15 ans	1	4,6	2,8	2,7
Nbre moyen de femmes âgés > à 15 ans	1,2	3,8	2,7	2,2
Nbre moyen d'enfants	3,8	4	3,9	2,3
Nbre moyen membres de la famille	6 *5 à 7*	8,7 *5 à 20*	9,2 *5 à 20*	7,3 *3 à 15*
Activité secondaire	60 %	20 %	40 %	60 %

Les chiffres donnés en italique sont les valeurs extrêmes de la distribution

Globalement, sur les deux villages, ce sont des familles de hautes castes qui possèdent de grandes exploitations et dont les facilités d'accès à l'irrigation sont plus importantes (plus de moyens financiers pour essayer plusieurs fois de suite des forages, si ils échouent).
A Amalapur, ceci est net puisque 90 % des exploitants interrogés sont de la caste des *Lingayats* et possèdent plus de 4 hectares.
A Marabbihall, deux types d'exploitations s'esquissent :
(1) une population de jeunes agriculteurs, appartenant à des basses castes, possédant de petites exploitations et dont la famille est généralement réduite à la famille nucléaire. L'exploitation ne suffit pas à couvrir les besoins de la famille, le père a souvent une deuxième activité (salarié agricole, électricien). Cette activité est en générale pratiquée durant la saison sèche où l'activité agricole est réduite du fait du peu de surface irriguée. Cette activité peut être menée dans le village de Marabbihall, en général, les basses castes vont travailler pour les hautes castes dans leur champs irriguées (couper la canne à sucre, sarcler, labourer) ou encore, des familles partent une partie de l'année vers Davangere ou Chittradurga pour travailler dans des champs de canne d'importantes entreprises.
(1) une population d'agriculteurs plus âgés possédant des exploitations de plus grande taille et dont la famille est une famille étendue, avec les fils ou les frères vivant sur la même exploitation et n'ayant pas divisé la terre.
Ici, se distingue "les familles divisées" (*divided family*) et les "familles étendues" (*jointfamily*).
A Amalapur, les exploitants sont plus jeunes et les familles plus réduites. La taille des exploitations est plus petite ainsi que les superficies irriguées.
60 % de ces chefs d'exploitations ont une seconde activité (ou un des membres de leur famille). En général ce sont des activités de commerce dans le village. Cela ne traduit pas un manque d'argent, au contraire une situation confortable qui permet à l'exploitant de diversifier ses activités.

2.1.2 Les principales sources de revenus

Pour la majorité de ces familles, le premier revenu vient de la vente de produits agricoles sauf pour un exploitant à Marabbihall qui est électricien et un exploitant de Amalapur dont la vente de la récolte de fruits de tamariniers est sa plus importante source de revenu. 70 % des exploitants de Marabbihall n'ont pas de seconde source de revenus. Tandis qu'à Amalapur, c'est l'inverse : 30 % ont une autre activité et 40 % reconnaissent comme leur seconde source de revenus la vente de fruits de tamarinier. Cette ressource représente en moyenne 25 % des revenus.
Dans ce village, La vente de bois intervient lors de difficultés de trésorerie, c'est un capital que l'on entame lorsque l'on a des difficultés d'argent, c'est pourquoi ce revenu est occasionnel.

2.1.3 Les principales difficultés

Les principales difficultés toutes catégories confondues sont résumées dans le tableau 10.

Tableau 10: Difficultés rencontrées par les exploitants de Marabbihall et d'Amalapur (Enquêtes agroforestières, 1999)

	Rang 1	Rang 2	Rang 3
MARABBIHALL	Manque d'argent	Manque d'eau	Manque d'électricité
AMALAPUR	Manque de main d'oeuvre	Manque d'eau	Manque d'argent

Les exploitants des deux villages n'expriment pas leurs difficultés selon les mêmes priorités, à Amalapur il semblerait y avoir d'avantage un consensus qu'à Marabbihall, où les réponses sont finalement assez diverses. Cependant, les problèmes de manque d'eau et d'argent sont cités dans chacune des communautés.

A Marabbihall, les réponses s'homogénéisent entre petits et grands exploitants, il n'y a pas de problèmes spécifiques à l'une ou l'autre des catégories.
Après les problèmes de trésorerie et les problèmes de manque d'eau, les agriculteurs font face à des problèmes d'électricité qui sont à mettre en relation avec la mise en marche des pompes électriques qui lèvent l'eau de la nappe vers la surface. En effet, l'institution gouvernementale s'occupant de délivrer l'électricité ne délivre de l'électricité qu'à une certaine période de la journée et durant un très court moment. Cette période peut être localisée durant la nuit. Il arrive parfois qu'il n'y ait pas d'électricité durant une semaine, ce qui met en péril les cultures.
A Amalapur, la principale difficulté donnée est le manque de main d'oeuvre. Il existe un réel problème de main d'oeuvre dans ces villages isolés, la main d'oeuvre est réduite en quantité et les indemnités journalières demandées sont élévées.
Dans ce village, 3 exploitants interrogés sont obligés de louer toute leur terre ou partie à d'autres agriculteurs car la main d'oeuvre familiale ne suffit pas pour assurer toutes les tâches agricoles. Les frais seraient trop grands si l'exploitant devait employer des travailleurs agricoles chaque jour. Il fait donc le choix de louer sa terre sur la base d'un bail en nature où 50 % de la récolte est partagée avec le fermier. 50 % des intrants (graines, engrais chimiques et naturels, du travail de labour) sont aussi à apporter par le propriétaire de la terre. Le choix des cultures appartient au propriétaire.
Ce bail en nature est favorable au propriétaire de la terre qui est mise en location, en effet il apporte un bien précieux que sont des terres irriguées. A Amalapur, les terres irriguées sont très prisées car assez rares.
Le fermier n'a aucun droit sur les arbres qui appartiennent au propriétaire exclusivement.
Le manque d'électricité ne semble pas être crucial à Amalapur comparé à Marabbihall. Cependant, certains exploitants connaissent des difficultés de faible productivité de la terre.

Les exploitants des deux villages connaissent des difficultés différentes qui témoignent des particularités de chacun des deux villages. Le problème du manque de main d'oeuvre d'Amalapur témoigne de l'enclavement du village.

2.2. Les pratiques agricoles

2.2.1 Les systèmes de culture en zone sèche

Il existe deux types de systèmes de culture: le système de cultures pluviales et le système de culture irriguées.
Pour le système de cultures pluviales, il existe les cultures de *kharif*, qui sont des cultures pluviales arrosées par les pluies de mousson et récoltées à l'automne et, les cultures de *rabi*, qui bénéficient d'une seconde période pluvieuse et de l'humidité résiduelle qui perdure dans les sols après la saison de mousson. Les cultures *rabi*, sont récoltées en février. Généralement, les cultures de *rabi* ne sont possibles qu'avec l'irrigation.
L'irrigation permet d'avoir plusieurs rotations culturales, assure deux cultures dans l'année et offre une gamme plus large de cultures.

2.2.2 Les espèces les plus cultivées

Les espèces les plus cultivées sont citées dans le tableau 11.

Tableau 11 : Les principales cultures de Marabbihall et Amalapur (Enquêtes agroforestières, 1999)

	Rang 1	Rang 2	Rang 3
MARABBIHALL	Sorgho 30% (*Sorghum vulgare*) Canne à sucre 30 % (*Saccharum officinarum*) Riz 20 % (*Oriza sativa*) Bajra 10 % (*Pennisetum typhoides*) Murier 10 % (*Morus alba*)	Sorgho 40 % Maïs 30 % (*Zea mais*) Riz 20% Bajra 10 %	Maïs 60 % Sorgho 20 % Arachide 20 % (*Arachis hypogaea*)
AMALAPUR	Sorgho 90 % Arachide 10 %	Arachide 60 % Bajra 20 % Sorgho 10 Murier 10%	Bajra 40 % Arachide 20 % Riz 20 % Ragi 20 % (*Eleusine coracana*)

Les céréales dominent dans ces systèmes de production.
Les exploitants de Marabbihall sont partagés entre les cultures de rente (canne à sucre/riz/maïs) et les cultures vivrières (sorgho).
A Amalapur, les agriculteurs ont des situations plus précaires, de plus petites exploitations et moins de surfaces irriguées qui les obligent à donner la priorité à la culture du sorgho qui est une culture vivrière puis vient l'arachide qui est une culture de rente. L'arachide convient au sol sableux de la région et est une culture peu exigeante en eau. Dans ce village, la canne à sucre n'est pas cultivée. On attribue cela en premier lieu aux difficultés d'irrigation. Le manque de main d'oeuvre limite aussi la culture de cette plante en particulier pour la récolte, opération qui doit être réalisée rapidement et nécessite beaucoup de main d'oeuvre.
Les exploitants de Marabbihall ont plus de facilité d'irrigation, la polyculture est favorisée. Les facilités d'irrigation permettent d'avoir deux récoltes dans l'année : une culture de rente et une culture vivrière.
Au contraire, à Amalapur, les choix sont plus réduits et les systèmes de production similaires les uns aux autres.
A Marabbihall, chez les petits exploitants, le choix de la première culture est à 50 % pour la culture vivrière et à 50 % pour la culture de rente. Pour les grands exploitants, le premier choix va directement à la culture de rente. Ceci traduit les différence de comportement de chaque type d'exploitant dont le stade de précarité vient déterminer les objectifs de production ainsi que la part de risques pris.

2.2.3 Les techniques agricoles

2.2.3.1 Les outils agricoles

La majorité des exploitants de Marabbihall et de Amalapur possèdent tous leur propres outils agricoles sauf deux qui sont obligés de louer leur outils aux personnes du village.
Les outils (soc, semoir et charrue) sont tous en bois. Un soc peut être utilisé au plus durant deux saisons des pluies et le bras de charrue au maximum 10 années.
La pratique de la charrue attelée est systématique pour tous les exploitants interrogés, et ceux qui ne possèdent pas de paire de boeufs de trait la louent chez les voisins.
On trouve seulement un tracteur à Amalapur.
L'agriculture pratiquée dans ces deux village est donc encore très traditionnelle.
A Marabbihall, les petits et les gros exploitants font tous appel à de la main d'oeuvre rémunérée.

2.2.3.2 Le statut et la gestion de la fertilité des sols

A Marabbihall comme à Amalapur, 70 % des agriculteurs considèrent leur sol de fertilité moyenne. La fertilité du sol ne semble donc pas être un problème majeur.
Pour les deux villages, la priorité est donnée à l'épandage de compost dont la composition de base est un mélange de résidus de récolte (chaumes de riz séchés et de sorgho) à de la fumure animale.
A Marabbihall, cette composition varie peu d'un exploitant à l'autre, les uns ajoutant du sol prélevé dans les *tanks* (terres limoneuses et argileuses) ou des feuilles d'arbres.
A Amalapur, les feuilles d'arbres sont plus systématiquement utilisées, en particulier, *Pongamia pinnata* et *Azadirachta indica.*
Les feuilles d'arbres de *Pongamia pinnata* et d'*Azadirachta indica* sont récupérées en fin de saison sèche et début de saison des pluies à la période où la concentration du principe actif - l'Azadirachtine- aux effets insecticides et nématicides, est la plus élevée.
Cet engrais peut être préparé dans des fosses tout au long de l'année ou encore les feuilles vertes peuvent être introduites directement dans le mélange. Les fosses à fumier sont localisées dans les lieux de parcage des animaux que l'on appelle les "kanas". Dans ces "Kanas" sont aussi entreposés les résidus de récolte.
L'épandage d'engrais naturel est effectué chaque année sur toutes les parcelles en fin de saison sèche. Si cette fumure vient à manquer certaines parcelles sont sélectionnées et l'amendement des terres a lieu tous les deux ans.
A Amalapur, la stabulation des troupeaux de chèvres et de moutons sur les parcelles est une pratique plus développée qu'à Marabbihall, la présence de troupeaux de quelques milliers de têtes dans les villages voisins est facteur déterminant.
Le contrat de fumure est passé avec le propriétaire du troupeau qui peut rester sur la parcelle de quelques jours à une semaine. Les bêtes pâturent dans un premier temps les résidus de récolte restés sur pied, puis lorsque cette ressource est épuisée ne reviennent sur la parcelle que le soir où un parc a été installé pour leur couchage.
Le propriétaire de la parcelle donne en échange une centaine de roupies par jour au berger ainsi que quelques kilos de sorgho. Les parcelles ainsi fumées sont en général les parcelles non irriguées et mises en culture uniquement à la saison sèche.
Les engrais chimiques (N,P,K) sont utilisés quelques jours après que les graines aient été semées et une fois en milieu de cycle.
Les engrais chimiques sont utilisés par l'ensemble des agriculteurs.

2.2.3.3 L'itinéraire technique

Les cultures sont en général cultivées en culture pure. La seule association qui ait eté observée est l'association de légumineuses "arachide/haricot".
La présence de l'irrigation offre beaucoup de marge de manoeuvre à l'exploitant qui est finalement très peu limité dans ses choix de succession culturale.

2.3 L'élevage

2.3.1 La répartition des effectifs de cheptel

Les vaches, les zébus (boeufs de trait), les buffles, les chèvres et les moutons sont les animaux traditionnels de l'élevage indien.

Tableau 12 : Répartition du cheptel (nombre moyen) selon la taille des exploitations à Marabbihall et Amalapur (Enquêtes agroforestières, 1999)

	MARABBIHALL			AMALAPUR
	< 4 hectares	> 4 hectares	Total	
Buffles	0	5,2 *(3 à 10)*	2,6 *(3 à 10)*	3,2 *(0 à 8)*
Vaches	1,2 *(0 à 3)*	14,8 *(2 à 46)*	8 *(0 à 46)*	2,5 *(0 à 10)*
Boeufs de trait	1,2 *(0 à 2)*	3,2 *(2 à 6)*	2,2 *(0 à 6)*	2 *(0 à 4)*
Chèvres et moutons	0,2 *(0 à 1)*	7,8 *(0 à 30)*	4 *(0 à 30)*	4,6 *(2 à 20)*

Les chiffres en italique représentent les valeurs

Les petits exploitants possèdent moins de cheptel que les grands exploitants. Les buffles qui fournissent du lait et du fumier font particulièrement défaut à ces petits exploitants. Ils ont au mieux une vache qui leur fournit le lait.
Les grands exploitants possèdent généralement au moins un animal de chaque type.
Comparé à Marabbihall, les exploitants d'Amalapur possèdent plus de cheptel ovins et caprins. Ces animaux ont une valeur très élevée, un mouton de quelques mois se vend un millier de roupies.

2.3.2 Le fourrage

Le régime alimentaire des animaux varie entre la saison sèche et la saison des pluies. En Inde, l'élevage est intégré à l'agriculture et ce système est très performant.
Pour les buffles, les vaches et les boeufs de trait, les résidus de récolte sont leur principale source alimentaire tout au long de l'année.
En saison des pluies, le pâturage dans les prairies du réservoir à Marabbihall et en forêt à Amalapur constitue la seconde source alimentaire. Le vaches et les buffles sont confiées à des bouviers de village qui rassemblent dans un même troupeau, les animaux de chaque famille.
Les chèvres et les moutons sont confiés à des bergers toute l'année qui vont pâturer dans les champs de cultures pluviales, sur les bords de route, dans les prairies ou en forêt.

2.4 Le bois de feu

A Marabbihall, 70 % de la ressource en bois de feu provient de l'exploitation et 30 % de l'extérieur.
A Amalapur, les exploitants, pour leurs besoins en bois de feu, sont moins exclusifs et reposent à la fois sur la forêt et sur leur exploitation à 70 %. 20 % des interrogés se disent complètement dépendant de la forêt pour le bois de feu.
A Marabbihall, l'absence de forêt à moins de 5 kilomètres autour du village pousse les paysans à être autosuffisants. Cependant, gagner cette autosuffisance pour le bois de feu ne semble pas être la principale motivation des paysans à avoir des arbres. Les produits du bois sont en premier lieu destiné à des mises en valeur plus nobles comme la construction des maisons et la fabrication d'outils.
A Marabbihall, la ressource en bois de feu provenant de l'extérieur vient souvent de la parcelle du voisin.

Les différents types de sources de bois de feu provenant de la propriété sont résumés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Les principales sources de bois de feu à Marabbihall et Amalapur (Enquêtes agroforestières, 1999)

	Rang 1	Rang 2	Rang 3
MARABBIHALL	Emondage	Palmes de cocotier	Sous produit
AMALAPUR	Palmes de cocotier	Emondage	Sous produit

Les produits de l'émondage des arbres et les palmes de cocotiers séchées sont les deux principales sources de bois de feu provenant de la propriété.
La notion de "sous produit" exprime l'idée que de la coupe de l'arbre, plusieurs produits vont être obtenus. L'exploitant coupe un arbre ou une grosse branche avec pour premier objectif la fabrication d'outils agricoles (bras d'attelage ou charrue),les petites branches et les produits de la taille du tronc seront alors utilisés pour le bois de feu. Chaque année ou tous les 2 ans, la charrue doit être changée.
Les palmes de cocotier assurent le lien entre ces différentes périodes d'abattage d'arbres.

2.5 Conclusion

Les profils socio-économiques des 2 villages sont sensiblement différents. Les principaux critères de différenciation se rattache à la capacité de production des exploitations. Les exploitants de Marabbihall sont plus favorisés que ceux d'Amalapur qui connaissent une situation plus précaires. Ces derniers possèdent plus de terres mais des facilités d'irrigation plus réduite lié à la topographie du site. Par conséquent, leur système de production est basé sur les cultures vivrières dont les récoltes sont davantage soumises aux aléas climatiques. A Marabbihall, dont le site est en position de plaine, les exploitants peuvent maintenir un équilibre entre la production de cultures de rente, concentrées sur les terres irriguées et les cultures vivrières.

Rapport-Gratuit.com

3.Le peuplement ligneux : composition, usages et dynamique

3.1 La composition floristique des alignements d'arbres

A partir des inventaires biométriques réalisés dans les 15 parcelles, les compositions floristiques entre les zones irriguées des 2 villages ont été comparées (Listes des espèces et de leur famille, Annexe IV).

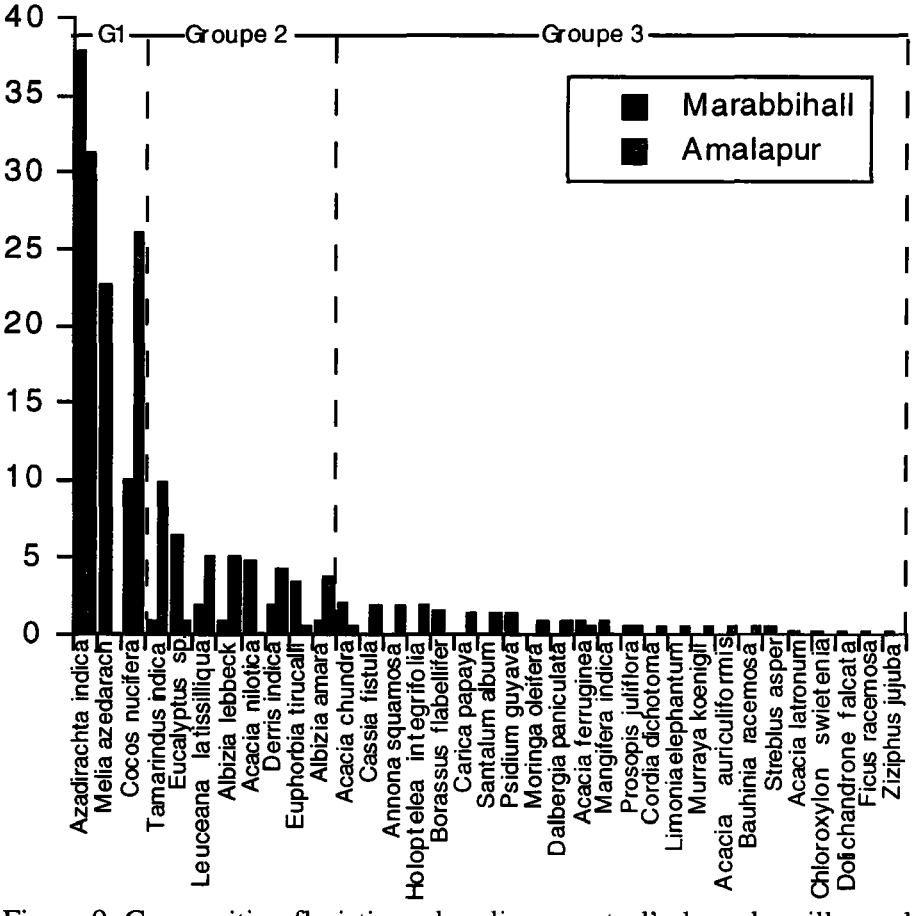


Figure 9: Composition floristique des alignements d'arbres des villages de Marabbihall et d'Amalapur (en %).

Pour les 2 villages confondus, 35 espèces ont été relevées. On dénombre à Marabbihall 23 espèces et à Amalapur 24 espèces.

3.1.1. Les espèces principales (groupe 1) : une similitude pour les 2 villages

La composition des alignements d'arbres peut se résumer à 2 espèces : *Azadirachta indica* et *Cocos nucifera* .

Tableau 14 : Représentativité des 2 principales espèces recensées à Marabbihall et Amalapur (Inventaires biométriques, 1999)

	% calculés / effectif total du village		% calculés / effectifs totaux cumulés des 2 villages
	Marabbihall	Amalapur	
Azadirachta indica	37,8	31,2	36
Cocos nucifera	10	26	15,2
Total	47,8	57,2	51,2

En pourcentage calculé sur les effectifs cumulés des 2 villages, *Azadirachta indica* et *Cocos nucifera* représentent la moitié des effectifs de l'alignement.
Azadirachta indica , plus connu sous le nom vernaculaire de "nime" (ou "neem" en anglais) est l'espèce la plus représentée à 36 % dans les alignements d'arbres (en % effectifs cumulés totaux) et ceux pour les deux villages. Le nime est une espèce de la famille des Méliacées. Cet arbre est l'exemple même d'un arbre à usages multiples, puisqu'il fournit du bois d'oeuvre, du fourrage, et à des vertus phytosanitaires.
Dans la région, il est planté le long des routes. Cette espèce est d'avantage une espèce domestique, une espèce du domaine agricole comme le manguier qu'une espèce forestière. En effet, cette espèce n'est pas directement cité comme entrant dans la composition des formations végétales forestières décrites par N.P. Singh dans sa flore des plaines de l'est du Karnataka (voir Chap. 1, § 3.2.4). Le nime se rencontre dans les zones dégradées là où la pression anthropique est forte.
Cette espèce présente une très grande résistance aux sécheresses édaphiques et climatiques ce qui lui offre une grande capacité d'adaptation et lui permet d'occuper une grande diversité de milieux.
Aujourd'hui, la superficie des forêts de la zone sèche ayant fortement réduit de surface et les reliques de ces forêts ayant atteint un stade avancé de dégradation, nous pouvons considérer le nime d'avantage comme une espèce caractéristique de la zone sèche que les espèces appartenant au cortège forestier.
Le cocotier, *Cocos nucifera*, représente 15 % des effectifs cumulés de ligneux pour les 2 villages, cette espèce se rencontre essentiellement à Amalapur (26 %). Le cocotier est connu pour le fruit qu'il fournit, la noix de coco, mais c'est aussi une espèce à usages multiples, toutes les parties (palmes, tronc) de ce semi-ligneux sont utilisées pour divers usages comme la construction, la fabrication d'outils. Ce fruitier est une espèce à haute valeur économique.
Melia azedarach se rencontre exclusivement à Marabbihall, c'est la seconde espèce en ordre d'importance dans le village (22% de l'effectif total du village). Le mélia appartient comme le nime à la famille des Méliacées. C'est une espèce qui fournit du bois et du fourrage, le nombre de ses usages est beaucoup plus réduit que pour le nime. Le mélia est une espèce native de l'Asie de l'ouest souvent plantée le long des avenues comme une espèce ornementale (R. K. Gupta, 1993). A Marabbihall, le nime, le mélia et le cocotier forment 70 % des espèces inventoriées.

3.1.2 Les espèces secondaires et marginales: principales différences entre les deux villages

3.1.2.1 Les espèces secondaires

Le groupe des espèces secondaires (groupe 2) est composé des espèces suivantes : *Tamarindus indica*, *Eucalyptus sp.*, *Leuceana latissilliqua*, *Albizia lebbeck*, *Acacia nilotica*, *Derris indica*, *Euphorbia tirucalli*. et *Albizia amara*. Ces espèces, toutes des

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

espèces à bois sauf le tamarinier, comptent pour 23,4 % des effectifs totaux cumulés pour les deux villages. Ces espèces se répartissent bien distinctement selon les villages.

A Marabbihall, le choix des paysans s'oriente essentiellement vers des espèces à bois. Après le nime et le mélia, les espèces rencontrées sont *Eucalyptus sp*, *Acacia nilotica* et *Euphorbia tirucalli*.. Ces trois espèces représentent 15 % des effectifs du village.
L'eucalyptus (*Eucalyptus sp.*) est une espèce exotique introduite par les services forestiers dont le principal avantage est une croissance rapide. Les individus qui sont recensés ici sont issus des programmes de foresterie rurale qui a durant quelques année distribué des plants gratuitement dans les villages. La soutenabilité de l'eucalyptus vis à vis de son environnement est aujourd'hui remise en question cependant il reste que cet arbre est une source de bois de construction et que même si sa valeur a diminué, cette espèce est toujours demandée par les scieries et les vendeurs de bois.
Acacia nilotica et *Euphorbia tirucalli* appartiennent à des familles caractéristiques des régions sèches que sont respectivement les Fabaceae (Mimosoideae) et les Euphorbiaceae. Ces deux espèces sont recherchées pour leur bois, bois de construction et de fabrication d'outils pour l'acacia et bois de feu pour l'euphorbe. Leur seconde utilisation est le fourrage pour les fruits de l'acacia et le port arbustif de l'euphorbe conduit souvent cet arbre à être utilisé comme clôture.
Tamarindus indica , *Leuceana latissilliqua*, *Albizia amara*, *Derris indica* et *Albizia lebbeck* sont aussi présents à Marabbihall mais en faible quantité. Ils appartienent d'avantage au cortège des espèces marginales.
A Amalapur, *Tamarindus indica* , *Leuceana latissilliqua*, *Albizia amara*, *Derris indica* et *Albizia lebbeck* sont les 5 principales espèces secondaires rencontrées.
Après le cocotier, la dominance du tamarinier (*Tamarindus indica*) qui représente 9,8 % des effectifs du village vient confirmer l'idée que les paysans ont orienté leur choix vers des espèces fruitières et à haute valeur commerciale. Le cocotier et la tamarinier forment à eux deux 36 % des effectifs de ligneux du village.
Le tamarinier est de la famille des Caesalpiniaceae. Cet arbre, natif d'Afrique (R. K. Gupta, 1993), est très répandu en Inde. Son fruit rentre dans la composition de nombreux plats. Il est souvent cultivé dans des vergers mais on le rencontre aussi le long des routes. Cet arbre présente une très grande longévité et est adapté aux régions sèches.
Le *subabul* (*Leuceana latissilliqua* ou encore *Leuceana leucocephala*) est une espèce dans laquelle les scientifiques portent beaucoup d'espoirs d'où sa promotion par les services de foresterie sociale. C'est une espèce aux usages multiples, en particulier les feuilles qui fournissent un fourrage de haute valeur énergétique et du compost de qualité.
Albizia amara et *Albizia lebbeck* sont de la famille Fabaceae (Mimosoideae). Ils rentrent dans le cortège floristique des forêts naturelles de la région, leur aire de répartition est très large dans le milieu tropical (R. K. Gupta, 1993). Ce sont les 2 seules espèces forestières les plus largement répandues dans les alignements d'arbre. Ce sont des espèces à croissance rapide dont le principal produit recherché est le bois. Les feuilles sont aussi utilisées comme fourrage (R. K. Gupta).
Derris indica est un arbre dont les feuilles sont utilisées comme engrais vert essentiellement dans les rizières. Cet usage de l'arbre implique une taille fréquente si bien que le port observé est généralement arbustif. Cet arbuste est particulièrement présent à Amalapur. Le système de production étant plus tourné vers le vivrier, ces cultures ne nécessitent pas de forts apports d'intrants, c'est pourquoi l'usage d'engrais vert plus économique est répandu.

3.1.2.2. Les espèces marginales (groupe 3):

Ces 24 espèces ne représentent que 14 % des effectifs pour la totalité des effectifs cumulés des 2 villages. Chacune de ces espèces représentent moins de 2 % des effectifs de ligneux pour chaque village. Sur ces 24 espèces, seules 3 ont été inventoriées à la fois à Marabbihall et Amalapur, ce sont *Acacia chundra*, *Acacia ferruginea* et *Prosopis juliflora*.. Le reste des espèces diffère selon les villages.

A Marabbihall, on trouve *Borassus flabellifer, Psidium guyava, Mangifera indica, Streblus asper, Acacia latronum, Chloroxylon swietenia, Dolichandrone falcata, Ficus racemosa* et *Ziziphus mauritania..*
A Amalapur, comparé à Marabbihall, la majorité des espèces marginales sont des espèces forestières : *Cassia fistula, Holoptelea integrifolia, Santalum album, Dalbergia paniculata, Cordia dichotoma* et *Bauhinia racemosa.* On peut expliquer la présence de ces espèces par la localisation de la forêt à proximité du village, la forêt est une source de semences. A Marabbihall, il n'y a pas d'espace forestier à proximité du village. Les autres espèces marginales sont des espèces horticoles : *Carica papaya* (le papayer), *Annona squamosa* (l'anone), *Moringa oleifera* (*drumstick tree*), *Murraya koenigii* (*curryleaf tree*) et *Limonia elephantum..* Enfin, *Acacia auriculiformis* est une espèce exotique reputée pour la pulpe qu'elle fournit pour l'industrie du papier. Ici, la production est trop marginale, cette espèce fournit du bois de feu.

3.1.3 Conclusion

Le point essentiel est que le choix des exploitants s'orientent vers des espèces à usages multiples. Ces espèces, une dizaine au total (groupes 1et 2) contribuent à 89,7 % à la composition des alignements d'arbres. Ce chiffre montre aussi la sélection importante des espèces.

Tableau 15 : Représentativité des groupes d'espèces principales, secondaires et marginales dans la composition floristique des peuplements (Inventaires biométriques, 1999)

	% calculés / effectif total du village		% calculés / effectifs totaux cumulés des 2 villages
	Marabbihall	Amalapur	
Groupe 1	70,4	57,2	66,3
Groupe 2	20,8	29,3	23,4
Groupe 3	8,8	13,9	14,1

Ce choix ne s'est pas tourné vers des espèces forestières mais vers des espèces domestiquées qui produisent du bois de qualité (nime) ou des fruits (cocotier).
A Marabbihall, ce sont pour la plupart des espèces à bois. A la différence d'Amalapur où ce sont à la fois des espèces de fruitiers et des espèces à bois.
Cette orientation pour le espèces à bois à Marabbihall s'explique par l'absence d'espaces forestiers autour du village. Il s'agit donc d'assurer une autosuffisance en bois. De plus, le village a une activité agricole plus intense qui nécessite le renouvellement fréquent des outils.
A Amalapur, la plantation d'espèces fruitières comme le cocotier et le tamarinier est une vieille pratique, certains tamariniers ont 125 ans. Des 2 villages, il est le seul à régénérer en cocotier. Dans le village, beaucoup de plantations de cocotiers ont disparu suite à l'abaissement progressif de la nappe qui ne permettait plus l'irrigation des plantations. Cette orientation vers des espèces fruitières à révolution longue témoigne d'une stratégie de contournement du manque de main de main d'oeuvre. La plantation de cocotiers est un moyen de rendre la terre productive et rentable avec un minimum de main d'oeuvre mobilisée uniquement au moment de la collecte et pour un labour annuel. A la période du programme de foresterie sociale, certains grands exploitants ont suivi le même principe en gelant une partie de leur terre avec des plantations d'eucalyptus pour limiter les coûts de production (D.M. Chandrashekhar et al, 1987).
Sur les 11 espèces considérées comme "principales" et "secondaires", 5 sont soit des fruitiers soit des espèces exotiques ou introduites à croissance rapide dont l'aménagement tend plutôt à favoriser l'obtention d'arbre de haut jet plutôt que d'arbres buissonnants. Ce choix dans les espèces indique que le système que nous étudions se rapproche davantage

d'alignement de production de bois ou de fruits que d'alignements constitué dans un but défensif.
Ces alignements d'arbres prennent, nous le verrons, dans certains cas, l'allure de haies vives ayant pour fonction directe la protection des cultures, cependant ce n'est la tendance qui domine ici.

3.2 Fréquence des espèces

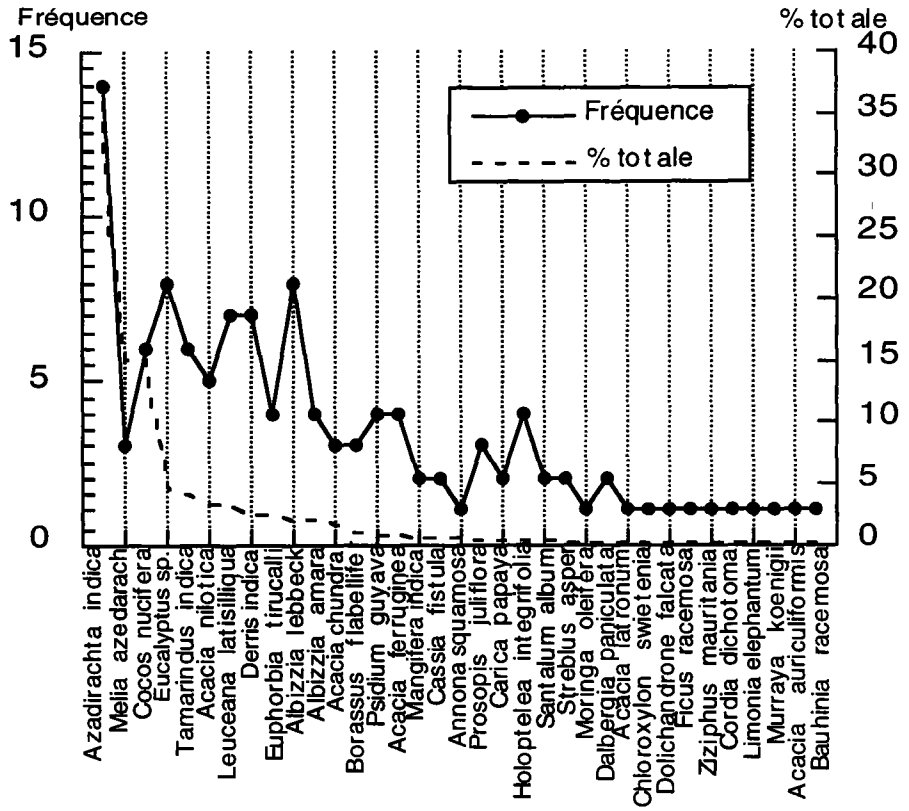


Figure 10 : Fréquence des espèces rencontrées à Marabbihall et Amalapur (Inventaires biométriques, 1999)

La fréquence représente le nombre de parcelles où l'espèce est rencontrée au moins une fois. Cette valeur relativise la valeur d'abondance de l'espèce par rapport à sa représentativité au sein du groupe de parcelle.
D'après la figure, globalement, nous observons que la pente de la courbe des fréquences va dans le même sens que la courbe d'abondance. Ainsi, plus l'abondance de l'espèce est faible plus sa fréquence diminue. *Azadirachta indica* est l'espèce la plus abondante, elle a été répertoriée dans 14 des parcelles. Cependant, nous remarquons que *Melia azedarach* qui est la seconde espèce la plus abondante ne se rencontre que dans 3 parcelles. Cette espèce est peu représentative de la composition floristique et correspond à un phénomène localisé. Au contraire, des espèces comme *Eucalyptus sp.*, *Leuceana latissilliqua*, *Derris indica* et *Albizzia lebbeck*, qui ne représentent que 3 à 4 % de la composition totale des parcelles, apparaissent au moins une fois dans la moitié des parcelles.

3.3 Composition floristique de la zone sèche de Marabbihall

Les arbres que l'on peut y rencontrer sont essentiellement *Acacia nilotica* (40 %), *Acacia ferruginea* (20 %) et *Azadirachta indica* (10 %). Ce sont des espèces rustiques résistantes aux conditions de sécheresse et peu appétables par le bétail, pour les Mimosaceae, du fait de leur épines.
Comparée à la zone irriguée, la zone sèche présente une plus faible diversité d'espèces et la composition floristique s'oriente vers des espèces rustiques et résistantes.
Les enquêtes menées auprès des propriétaires de ces parcelles révèlent que la majorité de ces parcelles (9 sur 10) n'a jamais connu de phase d'irrigation, cependant elles sont mises en culture à chaque saison des pluies, ceci depuis que la terre est possédée (30 ans en moyenne). On y cultive essentiellement le sorgho (*Sorghum vulgare*). L'exploitant ne se rend donc dans sa parcelle que durant 4 mois dans l'année, le reste du temps, la parcelle est laissée pour le parcours des animaux. La régénération de la population de ligneux est compromise du fait du manque d'eau et du passage des animaux qui abroutissent les jeunes pousses ou encore les piétinent. D'après les informations recueillies, la densité de ligneux n'a pas évolué sur ces parcelles au cours du temps (de mémoire d'homme, environ 30 années). Cette stabilité indique que la régénération est lente et explique que l'on trouve une majorité d'individus adultes. D'autre part, elle montre qu'il n'y a pas volonté de planter des arbres autour de ces parcelles. La réponse la plus couramment fournie à ce sujet est que l'arrosage ainsi que la protection des jeunes plantules du broutage par les troupeaux ne peuvent être assurés du fait que la parcelle n'est visitée que 4 mois dans l'année.

3.4 Usages des produits des principales espèces ligneuses de Marabbihall et d'Amalapur

D'après les enquêtes, nous pouvons indiquer les principales utilisation des ligneux par les exploitants interrogés de Marabbihall et de Amalpur.
Les usages des principales espèces citées sont donnés dans les tableaux 16 et 17.
Les espèces sont rangées dans un ordre décroissant suivant le nombre de fois où elles sont citées.

Tableaux 16 : Principales utilisations des espèces citées par les exploitants pour les villages de Marabbihall (Enquêtes agroforestières, 1999)

MARABBIHALL	Rang 1	Rang 2	Rang 3
Azadirachta indica	Bois de construction	Bois outils agricoles	Bois de feu
Acacia nilotica	Bois outils agricoles	Bois de feu	
Cocos nucifera	Fruits conso perso	Fruits vente	Bois de feu
Eucalyptus sp.	Bois de construction	Bois outils agricoles	Bois vente
Mangifera indica	Fruits conso perso	Bois outils agricoles	Bois de feu
Tamarindus indica	Fruits conso perso	Bois de construction	Bois de feu
Acacia ferruginea	Arbre sacré	Fruits conso perso	Bois de feu
Melia dobia	Bois outils agricoles	Bois de construction	Bois de feu
Derris indica	Bois de feu	Feuilles/compost	Bois pour vente
Borassus flabellifer	Bois de construction		
Euphorbia tirucalll	Bois de feu		

Tableau 17 : Principales utilisations des espèces citées par les exploitants pour les villages de Amalapur (Enquêtes agroforestières, 1999)

AMALAPUR	R1	R2	R3
Azadirachta indica	Bois de construction	Bois outils agricoles	Bois de feu
Tamarindus indica	Fruits/vente	Graines vente	
Cocos nucifera	Fruits/vente	Fruits/conso perso	Bois de feu
Derris indica	Feuilles/compost	Graines/huile	Bois de feu
Acacia nilotica	Bois/outils agricoles	Bois de feu	Fourrage
Mangifera indica	Fruits/conso perso	Bois de construction	Bois defeu
Acacia ferruginea	Arbre sacré		
Acacia latronum	Bois/outils agricoles	Bois de feu	
Albizza amara	Bois/outils agricoles		
Albizzia lebbeck	Bois/outils agricoles	Bois de feu	
Murraya koenigii	Légumes/vente	Légumes/conso perso	
Prosopis juliflora	Bois de feu		
Leuceana latissilliqua	Bois de construction	Fourrage	Bois pour la vente

Le bois de construction sert à la réalisation de charpente, de piliers du patio, et de chambranle de porte. Le bois est aussi utilisé pour la fabrication d'outils de travail comme la charrue, bras d'attelage et la charrette.
Comme l'indique ces tableaux, ce sont des usages nobles qui sont recherchés pour les espèces à bois. Ces usages nécessitent l'obtention de fûts et non de perches.

3.5 Dynamique du peuplement

Nous avons classé les circonférences des arbres suivant 6 classes.
La circonférence des arbres renseigne sur la dynamique du système.

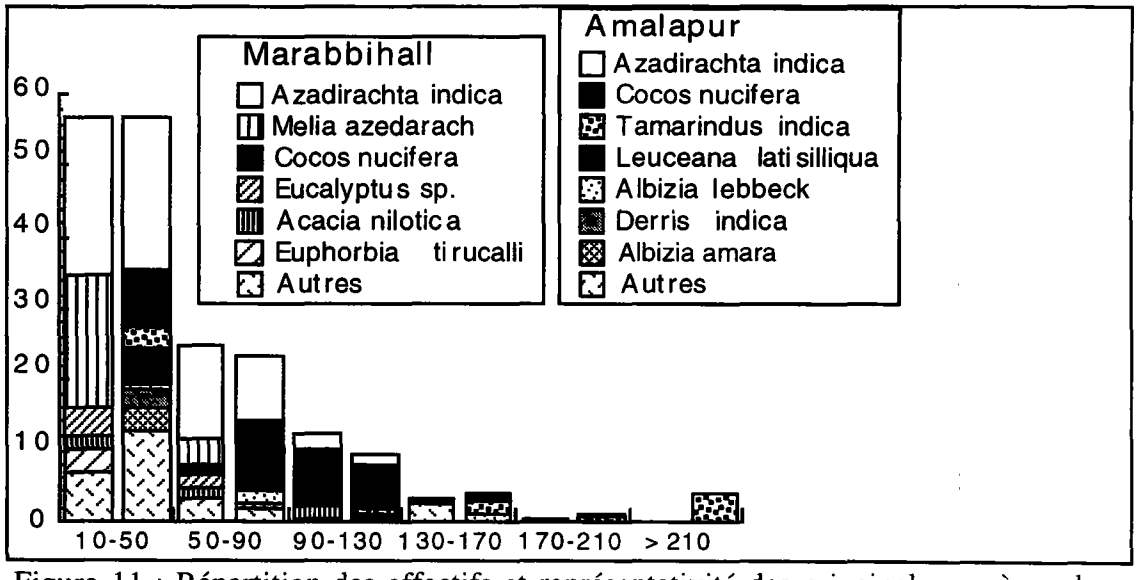


Figure 11 : Répartition des effectifs et représentativité des principales espèces dans chaque classe de circonférence à Marabbihall et Amalapur

La régénération de la population ligneuse est assurée pour chacun des villages car les jeunes individus entre 10 et 50 cm représentent, pour les 2 villages, plus de la moitié de la population ligneuse. La structure du peuplement est similaire concernant les 2 villages, pour les arbres de petites circonférences (les 2 premières classes). Les différences s'établissent dans les grandes classes avec à Amalapur une part d'individus de grandes circonférences plus importante. On peut relier cette constatation à la présence de vieux tamariniers dans la composition floristique.

Les arbres à bois (nime, mélia, acacia, leuceana, eucalyptus et albizias) sont représentés dans les 2 premières classes de circonférence (10-50 cm et 50-90 cm) tandis que les fruitiers (cocotier, tamarinier) appartiennent en majorité aux grandes classes de circonférence (90-130 cm, 130-170 cm, 170-210 cm) : les fruitiers ne sont pas coupés car leur production de fruits se pérennise tout au long de leur cycle de vie.

3.6 Le fonctionnement

3.6.1.Les méthodes de régénération

Les données sur l'origine des arbres renseignent sur le fonctionnement du système : est-il basé sur la régénération naturelle ou bien sur de la régénération artificielle ?
La régénération naturelle consiste en l'obtention de nouveaux individus soit par graines dispersées par voie anémochorie ou zoochorie ou bien encore par multiplication végétative par sauvageons.
La régénération artificielle fait intervenir l'homme qui peut planter une graine, faire du bouturage, mettre un plant en sachet, faire du recépage.
L'obtention de nouveaux individus par rejets de souche est une pratique très répandue dans le système étudié. Cette méthode est très efficace pour avoir des rejet de souche rapidement utilisable comme bois de feu. Cependant, il n'est plus possible d'avoir de beaux fûts avec un taillis, au mieux de belles perches.

3.6.2 L'origine des arbres

Ces données sur l'origine des arbres ne sont disponibles que pour le village de Marabbihall.
A Marabbihall, 53 % des arbres en moyenne sont plantés. Le pourcentage pour chaque parcelle est fonction de la composition floristique.
Ces arbres sont , en effet, à 85 % des espèces à bois introduites comme le mélia, l'eucalyptus, le subabul ou bien une espèce arbustive comme Euphorbia tirucalli.
Les 15 % restant sont des fruitiers : cocotier, goyavier et tamarinier.
A Amalapur, nous pouvons évaluer en suivant ces critères de composition floristique à au moins 30 % d'arbres plantés en tenant compte du pourcentage de cocotiers dans la composition et des autres fruitiers.

3.6.3 La gestion du peuplement ligneux

Lorsque l'objectif est de fournir du bois, la durée de révolution du cycle est plus courte que celui qui fournit des fruits. En effet, il faut attendre que le ligneux entre en phase de fructification (qui diffère selon l'espèce : 10 ans pour le cocotier et 6 ans pour le tamarinier). D'autre part, la production augmentant avec l'âge, la stratégie est de laisser l'arbre grandir jusqu'à ce qu'il meure.
Cette configuration indique aussi que les arbres à bois, le nime, l'eucalyptus, l'acacia et leuceana sont coupés avant d'atteindre des circonférences supérieures à 90 cm sauf pour l'acacia, ils atteignent alors la taille d'exploitation.
Dans la population de jeunes arbres (10-50 cm), le nime correspond à une part importante des individus. D'ailleurs 60 % des arbres de cette espèce ont une circonférence comprise entre 10 et 50 cm.

Tableau 18: Caractéristiques biométriques des classes de circonférences (Inventaires biométriques, 1999)

	Représentativité de chaque classe (%)	Circonférence moyenne (cm)	Age moyen *
10-50 cm	60	25,3	3,1
50-90 cm	33	67,6	6,6
90-130 cm	6	108,1	12,1
130-170 cm	1	143	22

* les moyennes sont calculées à partir des données de Marabbihall uniquement

D'après les données d'inventaires, il y a un fort appauvrissement dans la classe 90-130 cm équivalente à un âge moyen de 12 années ce qui correspond, d'après nos données d'enquête à l'âge moyen, une dizaine d'années, auquel les arbres sont coupés. A cette circonférence moyenne de 67,8 cm, correspond un diamètre d'exploitation de 21,5 cm.
Dans des conditions d'irrigation telles que nous les rencontrons ici, le nime n'est pas une espèce à croissance rapide comparé à l'eucalyptus qui peut atteindre 1 m de circonférence à 5 ans (données de terrain).
Toutefois le nime est une espèce locale qui est bien adaptée, résistante, qui se reproduit très bien naturellement et rejettent de souche facilement. C'est pourquoi elle remporte l'adhésion des paysans. Aujourd'hui, les plants d'espèces exotiques disponibles dans des pépinières des services forestiers ont été rendues payantes. Les agriculteurs préfèrent se retourner vers le nime.
Pour *Acacia nilotica* , l'âge moyen d'exploitabilité de l'arbre est compris entre 6 et 8 ans.
Les espèces à croissance rapide sont souvent utilisées pour leur capacité à rejeter de souche rapidement pour donner des taillis exploitables en bois de feu ou pour des perches. Nous rencontrons dans ces peuplements des individus dont le cycle a été poussé pour l'obtention d'individus âgés.
Rappelons que, dans nos deux villages, les usages des espèces à bois se portent vers des travaux de charpenterie ou de menuiserie, travaux qui nécessitent des fûts et non des perches.
Les fruitiers, cocotiers et tamariniers, sont fortement représentés dans les grandes classes. Ces arbres sont rentrés en phase de production. Cependant, peu de jeunes cocotiers sont plantés. Il semble que cette espèce soit trop fragile aux alternances de phases avec et sans irrigation. Les paysans ne semblent pas avoir confiance en cette espèce.
Euphorbia tirucalli et *Derris indica* disparaissant au delà de 50 cm car ce sont à la base des espèces de taille moyenne, de plus, les tailles répétées les maintiennent à l'état d'arbuste.

Sur les 20 personnes interrogées dans nos enquêtes, 95 % souhaitent planter des arbres dans le futur. Ils souhaitent à 60 % planter des fruitiers (cocotiers et tamariniers) et à 20 % des espèces à bois (teck et eucalyptus).

4. Etude du peuplement ligneux à l'échelle de la parcelle

Afin de distinguer les parcelles de Marabbihall et Amalapur, les lettres "M" et "A" correspondant respectivement à la première lettre des villages précèdent les chiffres des parcelles. L'annexe VI compile un ensemble d'informations sur chaque parcelle.

4.1 La composition floristique

4.1.1 Données générales sur la composition du peuplement

14 sur 15 des parcelles inventoriées présentent une composition plurispécifique, seule une parcelle à Marabbihall a une composition monospécifique.
La diversité spécifique par parcelle est plus élevée à Amalapur qu'à Marabbihall. A Amalapur, on trouve de 7 à 14 espèces par parcelle, 9 espèces en moyenne. A

Marabbihall, on trouve de 1 à 10 espèces par parcelle avec en moyenne 7 espèces par parcelle.
Cependant, pour beaucoup de parcelles, 12 sur 15, une seule espèce domine à 50 % ou plus. Cette espèce appartient au groupe des espèces principales décrites précédemment : c'est soit le nime, soit le cocotier soit le mélia. La diversité des espèces dans la composition floristique d'une parcelle doit donc être relativisée, une espèce pouvant dominer à 70 % et les autres ne contribuer chacune qu'à 2 % (l'espèce est rencontrée une fois par exemple).
La tendance est donc à la domination d'une espèce voire une association de deux espèces au maximum pour ces parcelles.
On cherche peu à diversifier la composition des alignements en particulier pour les espèces à bois puisque le nime domine dans près de la moitié des parcelles. La composition de la parcelle est fortement déterminée par l'accès à l'eau, c'est pourquoi si les espèces choisies sont plutôt des espèces rustiques comme le nime, ce choix tient d'avantage du déterminisme écologique.

4.1.2 Une composition floristique peu différenciée d'une parcelle à l'autre

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) ne s'est pas révélée concluante (Annexe 5). Le graphique des valeurs propres ne présente pas de décrochement particulier ce qui signifie qu'aucune variable n'explique significativement le nuage de points. La composition floristique des parcelles n'est pas différente d'un village à l'autre.
Sur le résultat graphique de notre analyse indiquant la répartition de nos variables et de nos individus en fonction de 2 axes factoriels recalculés, on observe que c'est la variable *Melia azedarach* qui tire l'axe 1. Les parcelles se séparent en fonction de la présence ou non de l'espèce *Melia azedarach* suivant l'axe 1. Cette espèce apparaît dans trois parcelles dont une où elle est l'unique espèce. Nous pensons que c'est cette dernière caractéristique qui explique l'importance que prend cette espèce vis à vis des autres.
Sur l'axe 2, les variables se distribuent le long de l'axe suivant un gradient mais aucun groupe ne s'esquisse véritablement. On peut distinguer cependant une légère organisation. On constatera, en effet, que les fruitiers et arbustes produisant des comestibles (*Cocos nucifera, Mangifera indica, Murraya koenigii et Moringa oleifera*) sont situés à l'opposé du groupe des Acacias. Cette répartition indique que les probabilités sont très faibles pour que les premières espèces citées se rencontrent sur les mêmes parcelles que les secondes.
Cette tendance a été suivie pour présenter la composition floristique des parcelles. Les parcelles ont été regroupées suivant l'espèce dominante qui peut être:
-soit une espèce exotique ou introduite
-soit une espèce locale adaptée aux conditions de sécheresse de la région.

4.1.3 Les parcelles de production M3, M4, M5, M9, M10 et A1, A3, A5 : Présence de fruitiers et d'espèces à croissance rapide

Ces parcelles (Annexe 6, détail de la composition floristique pour chaque parcelle) sont caractérisées par la présence du cocotier ou du mélia. Elles présentent des compositions floristiques assez proches qui ont pour caractéristiques de compter au moins, si ce n'est plus, un fruitier autre que le cocotier ou un arbre donnant des consommables et une espèce à bois exotique à croissance rapide autre que le mélia.
Ce sont des parcelles que l'on pourrait qualifier "de production". Même si l'espèce dominante n'est pas du cocotier ou du mélia, si une de ces 2 espèces est présente alors les autres espèces de fruitiers ou à croissance rapide suivent.
Dans les parcelles M3 et M5, le mélia domine à 100 % pour la première et à 58 % pour la seconde. Dans le même ordre de grandeur, dans la parcelle A3 , le cocotier représente 58 % des effectifs.
Pour M4 et M10, la répartition est plus balancée, le cocotier et le nime représentent respectivement 52 % et 49 % des effectifs. Pour A1, on rencontre du cocotier à 49 %.
Enfin, pour la parcelle M9, la composition floristique est beaucoup plus mitigée puisqu'elle se partage entre le nime à 37 % et le cocotier à 35 %. Pour A5, la composition

floristique est dominé par le nime à 48 %, l'espèce secondaire qui l'accompagne est Albizia lebbeck à 16 %.
Ces 7 parcelles rassemblent la plus grande partie des effectifs des espèces horticoles et des espèces à croissance rapide.
On y rencontre 100 % des effectifs de *Cordia dichotoma*, *Carica papaya*, *Mangifera indica*, *Moringa oleifera.*, *Murraya koenigii.* et *Psidium guyava..*
Eucalyptus sp. est représenté à 50 % et *Leuceana latisilliqua* à 85 %.
Cette caractéristique vient du fait que le cocotier a besoin d'eau en permanence au cours de son cycle pour pousser, les espèces horticoles (le papayer, le goyavier...) ou produisant des consommables (*drumstick tree* et *curryleaf tree*) sont aussi demandeuses d'eau, elles sont donc plantées dans ces parcelles bénéficiant de l'irrigation toute l'année.
Pour les espèces à croissance rapide, si l'agriculteur souhaite obtenir des fûts rapidement son intérêt est de faire pousser des espèces exotiques performantes dans une parcelle où les conditions de croissance seront optimisées.

4.1.4 Les parcelles M1, M2, M6, M7, M8, A2 et A4 : dominance d'espèces à bois rustiques

Les parcelles M1 et M8 et A4 ont une composition floristique qui est dominée par une espèce, le nime, respectivement à 74 %, 66 % et 67 %.
La parcelle M6 est composée à la fois de nime à 43 % et d'Eucalyptus à 27 %.
Les parcelles M2 et M7 et A2 d'Amalapur ne présentent pas de facilités d'irrigation. Cependant, même si elles ne bénéficient pas de ces facilités d'irrigation aujourd'hui, elles en ont bénéficié dans le passé comme la parcelle A2 ce qui a aidé à la mise en place du peuplement ligneux.
Les parcelles de Marabbihall sont aussi dans des environnements où les parcelles adjacentes bénéficient de l'irrigation. Un autre cas de figure, pour la parcelle M2, un des côtés constitue le bord d'un lit de rivière. De plus, l'irrigation est parvenue dans le passé par intermittence.
Cependant, dans ces parcelles, la composition s'oriente exclusivement vers des espèces rustiques appartenant entre autre à la famille des Fabaceae (Mimosoideae) : *Acacia chundra*, *Acacia ferruginea*, *Acacia latronum* et *Acacia nilotica..* Pour les espèces locales forestières, on trouve essentiellement *Dalbergia paniculata*, *Holoptelea integrifolia*, *Derris indica*, *Annona squamosa* et *Dolichandrone falcata.*

4.2 L'origine des ligneux

Les données ne sont disponibles que pour le village de Marabbihall.
L'origine des ligneux, s'ils ont été plantés ou sont issus de plants disséminés naturellement, dépend fortement du type d'arbres.
Ainsi, les parcelles dont la composition floristique est dominée par le cocotier ou le mélia, espèces introduites, comme les parcelles M3, M4 et M5, présentent les plus fort taux d'arbres plantés. La parcelle M3 est une plantation pure.
De même, les parts d'arbres plantés pour les parcelles M9, M10 et M6 sont à mettre en relation avec la part de cocotiers ou bien d'eucalyptus de la parcelle.
La parcelle M2 est l'exception puisque les espèces rustiques (nime et acacias) dominent. Le propriétaire a une stratégie bien particulière, n'ayant pas de facilités d'irrigation, les espèces qu'il choisit doivent résister à des périodes de sécheresse prolongée.
En ce qui concerne les dernières parcelles M1, M7 et M8, la plupart des ligneux sont de régénération naturelle, ce sont des nimes et des acacias. Ces espèces se reproduisent très facilement, les graines sont produites en quantité et tombent au sol pour y germer. La graine de nime est entourée de pulpe qui est appréciée par les oiseaux.

Tableau 19: Part des arbres plantés dans les parcelles de Marabbihall (Inventaires floristiques, 1999)

Parcelles	% arbres plantés
M1	21,1
M2	66,7
M3	100
M4	95,7
M5	77,4
M6	30
M7	5,3
M8	0
M9	41,9
M10	40

4.3 Les densités d'arbres

La densité moyenne d'arbres par parcelle est plus élevée à Marabbihall, 2 arbres pour 10 mètres linéaires, comparé à Amalapur où elle est de 1,8 arbres pour 10 mètres linéaires. Le groupe des parcelles de production (cf. Chap 2 § 4.1.3) présente une densité moyenne plus élevée, 2,2 arbres pour 10 mètre linéaire, comparée au groupe des parcelles composées d'espèces rustiques, 1,6 arbres pour 10 mètres linéaires.
Dans ce groupe, contre toutes attentes, ce sont les parcelles non irriguées M2, M7, et A2 qui présentent les plus fortes densités, en particulier A2 qui dépasse la moyenne du village de 0.5 point.
On doit garder à l'esprit que ces parcelles sont du reste dans des environnements où l'irrigation est présente.
Pour la parcelle M3, les arbres sont plantés particulièrement densément, 1 arbre tous les 3 mètres. On relève ici la stratégie des plantations qui est d'optimiser le rendement des surfaces. C'est aussi une manière d'obtenir des arbres de haute tige mais de faible diamètre en augmentant la compétition entre chaque individu.

Tableau 20 : Densité d'arbres pour 10 mètres linéaires pour chaque parcelle à Marabbihall et à Amalapur (Inventaires biométriques)

Parcelles	Densité d'arbres pour 10 m linéaire	Rang
M1	1,17	10
M2	1,92	5
M3	3,24	1
M4	2,88	3
M5	2,9	2
M6	1,44	8
M7	2,03	4
M8	1,33	9
M9	1,6	7
M10	1,8	6
A1	2,3	1
A2	2,3	1
A3	1,6	2
A4	1,2	3
A5	1,6	2

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

4.4 A Marabbihall, une gestion intensive contre une gestion peu interventionniste des parcelles

D'après la figure 12, la valeur théorique de R avec un degré de liberté de 8 et un risque moyen de 5 % est égale à 0,6319, elle est inférieure à la valeur observée, il existe une corrélation positive entre le pourcentage d'arbres plantés et la densité d'arbres pour 10 m linéaires.
Ainsi plus la part des arbres plantés dans la parcelle augmente plus la densité de ligneux est élevée. Ceci traduit premièrement une volonté de l'exploitant d'aménager son espace, d'autre part, de rentabiliser l'espace irrigué. A cette stratégie de gestion intensive, s'oppose une stratégie plus passive où l'exploitant s'investit peu dans l'aménagement des haies et participe peu à leur maintient.

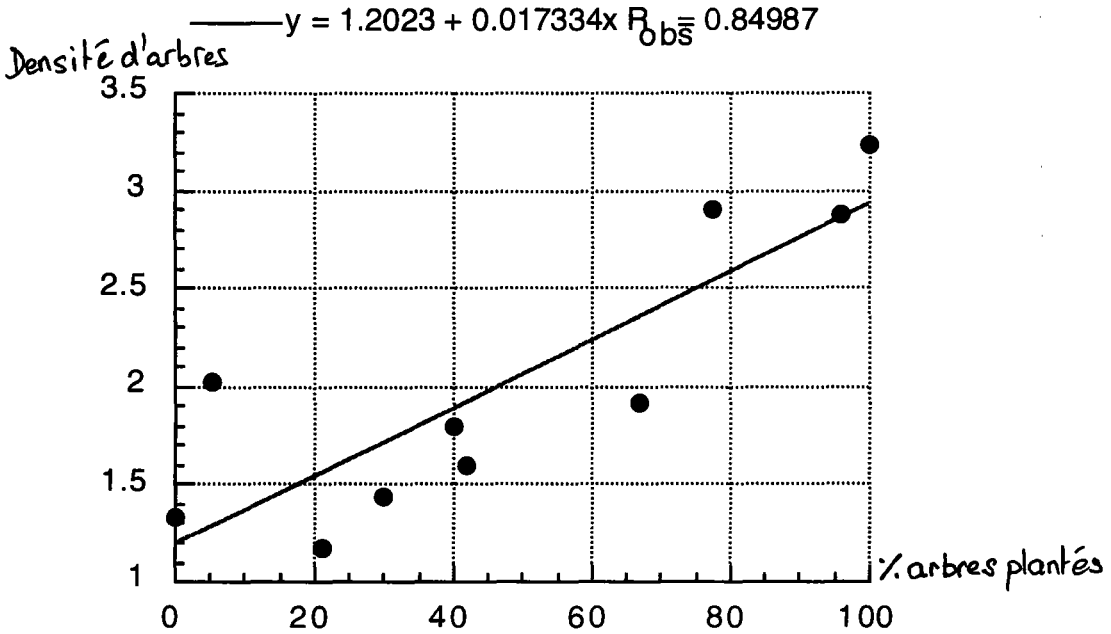


Figure 12 : Régression linéaire entre la variable explicative "% d'arbres plantés dans la parcelle" et la variable expliquée "densité d'arbres pour 10 mètres linéaires" (Logiciel Kaleidagraph)

4.5 La dynamique du peuplement

La majorité des parcelles sont caractérisées par un peuplement jeune où la classe des 10-50 cm représente plus de 70 % des individus du peuplement. La forme du graphique représentant la répartition par classes de circonférence de ces parcelles ressemble à celui édité à l'échelle des 2 villages (cf. Chap. 2, § 3.1). Ce constat est favorable à la pérennisation du système. Ces parcelles sont caractérisées par des coupes de bois fréquentes qui régénèrent le peuplement en petites perches issues de rejet de souche : 42 % du peuplement pour la parcelle M1 est issu de taillis et 25 % des individus pour la parcelle M5. Ces peuplements sont pratiquement équiennes, la parcelle M3 est un peuplement équienne de 4 ans, les variations de taille sont liées à des microvariations de la fertilité du sol des diguettes.
Les parcelles M2 et A1 ont des peuplements équilibré où les arbres de la classe 50-90 cm sont bien représentés. Deux cas de figures bien distincts pour ces deux parcelles. Pour la parcelle M2, la composition floristique est dominée par des espèces à bois, les arbres de la classe 50- 90 cm sont entrés en phase de production, après la coupe de ces arbres, la représentation graphique du peuplement selon les classes de circonférence sera la même que pour le précédent groupe. Une plantation de cocotiers est venue enrichir la parcelle A1. Les plants ont poussé plus ou moins vite, ce qui a réparti les effectifs selon les classes de circonférence.

Pour les parcelles M4, M6, M7, M9 et A3, A5 différents cas de figure se présentent. Pour les parcelles M6, M9 et A3, A5 les peuplements sont vieillissants. La régénération sera plus difficilement assurée car la part de jeunes individus est inférieure aux autres classes. En considérant la mortalité d'une partie des jeunes individus par la compétition naturelle, inhérente à tout peuplement, la régénération ne s'effectuera que de manière déficitaire. D'autre part, ces peuplements semblent sous-exploités car les arbres ayant atteint la taille d'exploitabilité (classe 50-90 cm) ne sont pas coupés. Le peuplement de la parcelle M5 est composé de cocotiers en majorité qui ont atteint en une dizaine d'années des circonférences comprises entre 90 et 130 cm, c' est pourquoi la classe des 10-50 cm est minoritaire.
Pour la majorité des parcelles, la dynamique du peuplement est positive. Au un cycle court de production, chez les fruitiers, se superpose le cycle long des fruitiers, ce qui implique des gestions appropriées à chaque type de ligneux. C'est pourquoi la notion de vieillissement pour un peuplement est à relativiser avec le type de ligneux qui le compose. Si on ne prend pas en compte les fruitiers, seules les parcelles M6 et M9 ont des peuplements vieillissants.

Tableau 21 : Répartition des parcelles selon la part représentée par la classe de circonférence 10-50 cm dans le peuplement

Part de la classe 10-50 cm dans le peuplement	70 % - 90 %	50 % - 70 %	30 % - 50 %	10 % - 30 %
Parcelles	M1, M3, M5, M8, M10, A2 et A4	M2 et A1	M4, M6, M7 et A5	M9 et A3

A l'issue de l'analyse des données biométriques, on constate que les peuplements ligneux ne présentent pas de caractéristiques propres à chaque village. Les caractéristiques des haies vives ne varie pas d'une région à l'autre sauf avec l'apparition ou la disparition de quelques espèces.
La composition des alignements d'arbres est plurispécifique. L'exploitant a des besoins multiples, c'est pourquoi il s'attache à diversifier les espèces, la parcelle représente le jardin où l'on conserve un échantillon de chaque espèce dont on a besoin.
Il maintient cependant une préférence pour une espèce en particulier qui sera l'espèce dominante, un fruitier ou une espèce à bois. L'espèce dominante de la composition floristique est un critère important de différenciation des peuplements. Cette espèce va influer en partie sur le cortège des espèces secondaires et sur les critères d'identification du peuplement, l'origine des arbres et la densité d'arbres.

4. 6 Stratégie de gestion des peuplements ligneux : des critères socio-économiques peu discriminants

A l'échelle de la parcelle s'intègrent les caractéristiques socio-économiques de l'exploitation : l'âge du propriétaire, la taille de l'exploitation et le nombre d'hectares irrigués. Ces critères ont été choisis pour leur valeur explicative de l'organisation du monde rural. Les caractéristiques biométriques des parcelles (composition floristique, densité d'arbre au mètre linéaire, part des arbres plantés, âge moyen des arbres et part de l'effectif de petite circonférence) ont été mises en relation avec ces caractéristiques socio-économiques par la méthode statistique d'analyse en composante multiple (ACM).
Les résultats de l'analyse n'ont rien révélé de très probant (Annexe VII). Le graphique des valeurs propres présente un léger décrochement au niveau de la deuxième variables. Cependant sur le graphique représentant la distribution des variables suivant les 2 axes factoriels, les variables se répartissent suivant des groupes où variables socio-économiques et biométriques n'interagissent pas du tout. Les corrélations sont donc impossibles à établir. Ce manque de résultats est à mettre en relation avec la taille trop réduite d'un l'échantillon qui s'est révélé être composite. Il existe au sein d'un même

parcelle une forte variabilité qui masque la signification statistique des corrélations testées. Le travail réalisé, dans le chapitre qui suit, à l'échelle du "côté" de la parcelle, vient confirmer cette idée.

5. Structure et fonctions des alignements d'arbres

5.1 Les avantages et désavantages des alignements d'arbres

Concernant les services rendus par la haie d'arbres, les exploitants de Marabbihall et Amalapur donnent respectivement la priorité à la fonction "protection des diguettes" à 40% et 50 %.
Les diguettes jouent un rôle essentiel dans le convoyage de l'eau et dans le maintien de la fertilité des sols. Le temps de travail accordé à l'entretien des diguettes est limité par la présence des arbres qui par leur racine maintiennent la terre en place.
La seconde fonction de la haie est perçue différemment par les exploitants des 2 villages.
A Marabbihall, la haie indique les limites de la propriété.
Les arbres permettent d'organiser l'espace et de l'aménager suivant les limites foncières.
A Amalapur, le second service rendu par la haie a été détourné par les paysans en service rendu par les produits de l'alignement qui est le profit obtenu par la vente des produits de l'arbre. Ainsi, à Amalapur, les arbres qui composent les alignements sont essentiellement des cocotiers et des tamariniers, arbres à haute valeur économique.
Concernant les désavantages de la haie, les priorités sont différentes selon les villages. A Marabbihall, le principal désavantage de la présence de ligneux sur les diguettes est qu'elle entraîne une compétition avec les cultures.
A Amalapur, la présence de l'alignement d'arbres n'entraine aucun désavantage. Ceci rejoint la réponse qui a été faite concernant les services, le bénéfice obtenu des arbres peut être supérieur à celui obtenu par les cultures, c'est pourquoi l'espace cultivable stérilisé par l'ombre portée de l'arbre ne représente pas un espace perdu, c'est un espace qui est rentabilisé dans le houppier de l'arbre.
L'alignement des arbres est donc un bon compromis entre une occupation de place limitée mais une rentabilisation économique maximum. Les paysans conservent la plus grande partie de leur espace aux cultures pour couvrir leur besoins alimentaires et ménagent un espace pour le tamarinier. Ils ne plantent pas de tamariniers sous forme de vergers car ce serait immobilisé une surface trop longtemps, environ 10 années avant que l'arbre ne se mette à produire.

5.2 Les différents types de côté

Les alignements forment les côtés de la parcelle. Il n'est systématique de rencontrer un alignement d'arbre sur chaque côté de la parcelle. Ainsi, sur les 15 parcelles inventoriées, 7 parcelles présentent au moins 1 côté sans arbre. D'autre part, pour certains côtés, nous n'avons inventorié que 1 à 3 arbres.
En définitive, nous pouvons considérer avoir relevé 33 alignements d'arbres à Marabbihall et 16 à Amalapur.
Nous avons défini 4 types de côté selon la position qu'ils occupent :
(1) Bord de rivière
(2) Bord de chemin
(3) Limite commune au même propriétaire
(4) Limite commune à deux propriétaires différents

La figure 13 nous indique qu'elle est la représentativité de chacun.

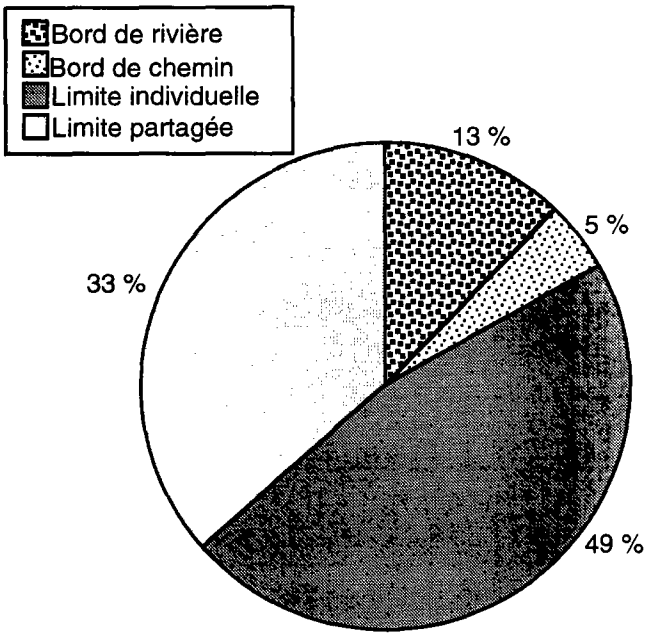
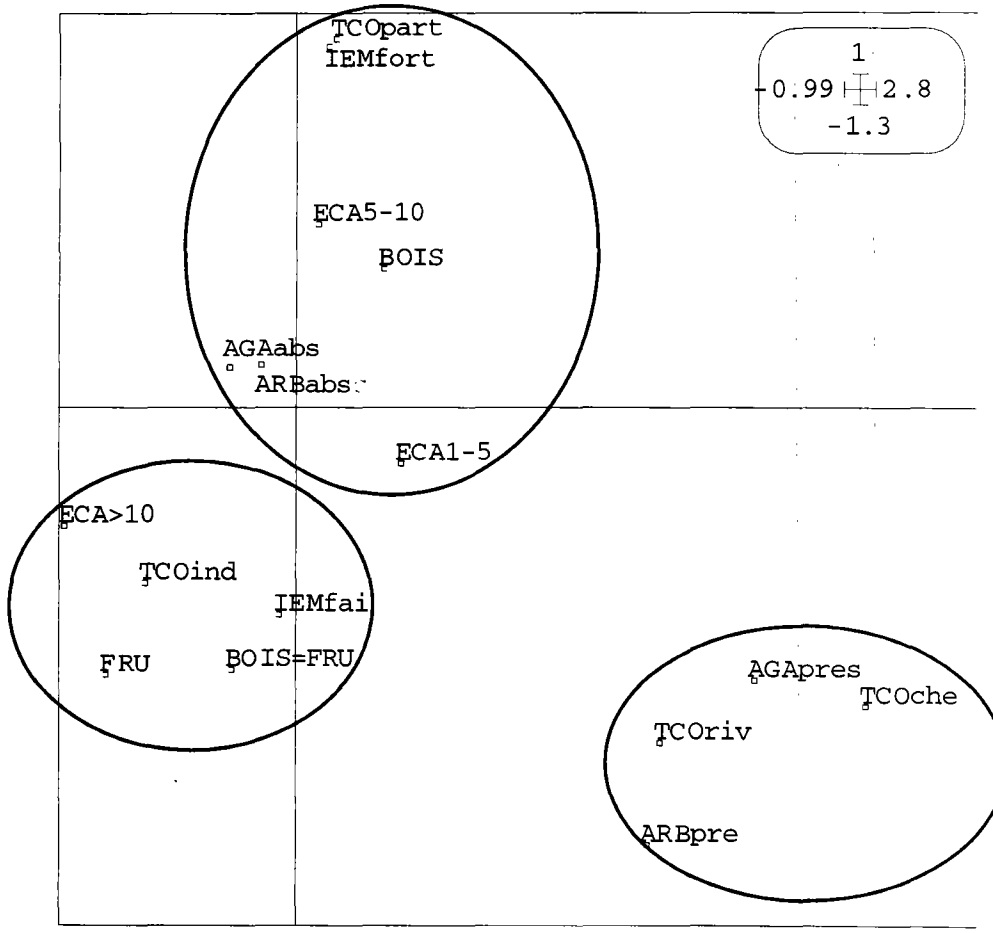


Figure 13 : Part de chaque type de côté rencontré à Marabbihall et Amalapur (Inventaires biométriques, 1999)

5.3 Le côté de la parcelle : l'échelle révélatrice de l'aménagement des haies

5.3.1 Le résultat graphique de l'ACM

Grâce à une analyse statistique en composante multiple (ACM), nous avons pu dresser une typologie des alignements. Cette analyse révèle que la structure et la composition floristique de l'alignements d'arbres varient en fonction du type de côtés : bord de rivière, bord de chemin, limite individuelle et limite partagée. L'alignement remplit alors des fonctions différentes selon le type de côté : protection, production, structuration de l'espace.
L'analyse a distingué 3 groupes que l'on peut observer sur le graphique présentant la répartition des variables suivant les axes factoriels F1 et F2.
Le fait que l'analyse soit plus significative lorsque c'est à l'échelle du côté que nous travaillons confirme que l'unité "parcelle", comme nous l'avions indiqué plus haut, n'est pas une échelle de réflexion pertinente en ce qui concerne la gestion des arbres.
Les décisions de gestion et d'aménagement se réalisent au niveau du côté.



Légende :
TCO riv : type de coté ; bord de rivière
TCO che : " ; bord de chemin
TCO ind : " ; parcelle voisine appartenant au même propriétaire
TCO par : " ; parcelle voisine appartenant à un propriétaire différent

FRU : dominance de fruitiers
BOIS : dominance des espèces à bois
FRU=Bois : Proportion équilibrée de fruitiers et d'espèces à bois

ECA 1-5 : écartement entre les arbres compris entre 1 et 5 m
ECA 5-10 : " compris entre 5 et 10 m
ECA > 10 : " supérieur à 10 m

AGApre : présence d'agaves
AGAabs : abs ence d'agaves

Arbpre : présence d'euphorbes
Arbabs : abs ence d'agaves

IEM faible : intensité d'émondage faible
IEM fort : intensité d'émondage fort

Figure 14 : Graphique de distribution des variables le long des axes factoriels F1 F2 de l'ACM côté.

5.3.2 Les coefficients de contribution

----------Absolute contributions----------

Num	Fac 1	Fac 2
1	1254	513
2	1017	137
3	987	649
4	49	2091
5	441	59
6	11	418
7	1118	139
8	340	58
9	2332	401
10	17	1147
11	30	2008
12	430	543
13	868	817
14	26	212
15	97	72
16	974	728

Les valeurs de contribution de chaque variable à l'élaboration du nouvel axe factoriel montrent que l'axe 1 est défini par les modalités :
- présence d'agaves
- bord de chemin
- bord de rivière
- présence d'arbustes

L'axe 2 est défini par les modalités :
- Intensité d'émondage fort
- Côté partagé
- Intensité d'émondage faible

La composition floristique est un facteur secondaire dans l'explication des axes.
On remarquera que les valeurs des coefficients des modalité d'écartement entre le arbres sont parmi les plus bas, ce qui signifie que cette variable de structure n'est pas significative quant à l'explication de la distribution des variables le long des axes factoriels.
Ces deux variables "composition floristique" et "écartement entre les arbres" ne sont donc pas déterminantes pour expliquer la structure des alignements. Ceci peut s'expliquer par le fait que la moitié des arbres ne sont pas plantés mais viennent de régénération naturelle. Ce qui signifie que 50 % de ce système n'est pas contrôlé et ne dépend pas de la décision de l'exploitant. Cette caractéristique suppose une grande part de hasard quant à l'agencement des arbres les uns par rapport aux autres, d'où le fait que la variable "écartement" soit peu significative. Quant aux jeunes plants qui s'installent, il est certain que c'est l'espèce la mieux représentée qui fournira un nombre de graines en quantité suffisante pour que l'espèce domine de nouveau dans la strate des jeunes plantules.
Cependant, comme vu précédemment avec l'analyse factorielle des correspondances, il est difficile d'expliquer la logique de composition des alignements d'arbres, d'où le faible pouvoir discriminant de cette variable.

5.3.3 La typologie

Des planches photographiques représentant des alignements d'arbres sont présentées en annexe VIII

5.3.3.1 Les alignements situés en bord de chemin et en bord de rivière : des haies défensives

Ces alignements d'arbres sont caractérisés par la présence d'agaves et d'euphorbes. L'exploitant aménage cet espace afin d'empêcher la pénétration des troupeaux et individus extérieurs dans la parcelle. L' euphorbe est un arbuste très dense qui convient à ce genre de fonction. La taille amplifie la densité de ses branches.
L'aiguillon des feuilles des agaves dissuadent la pénétration, de plus elles se densifient rapidement créant un véritable mur impénétrable.
Ces haies défensives ne sont pas constituées uniquement d'agaves et d'euphorbes, on trouve aussi d'autres espèces présentées dans le graphique suivant :

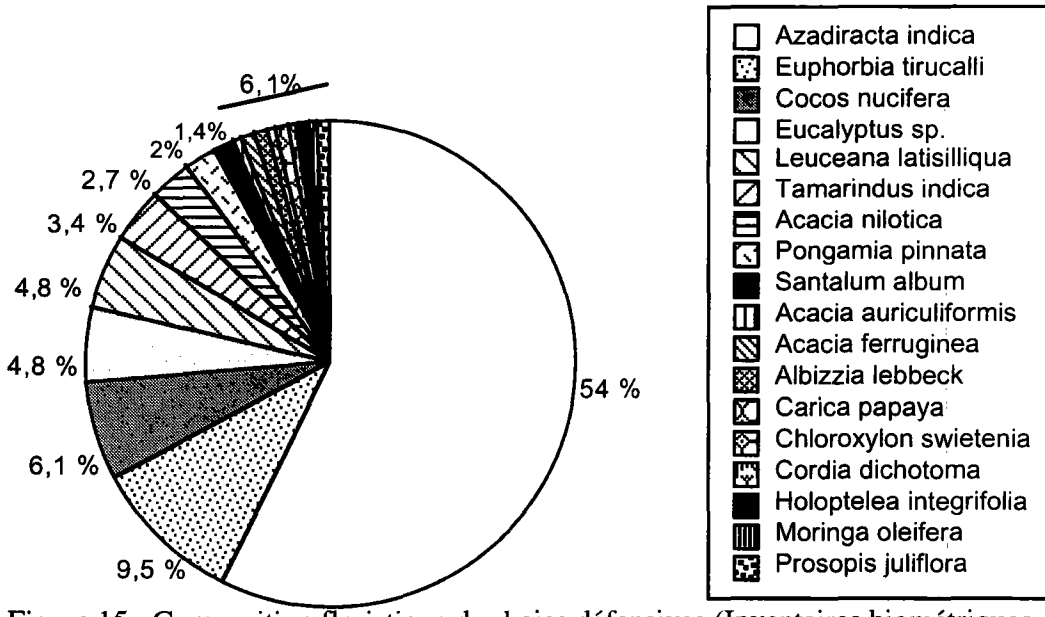


Figure 15 : Composition floristique des haies défensives (Inventaires biométriques, 1999)

La composition de ces haies est toujours plurispécifique. Aux espèces rapportées dans le graphique, on trouve parfois des espèces buissonnantes et des lianes comme : *Lantana camara*, *Pithecelobium dulce*, *Securinega leucopyrus*, *Jatropha glandilufera* et *Vitex negundo*.
La structure est pluristratifiée avec une strate basse d'arbustes composée des euphorbes et une strate haute d'arbres de hautes tiges. La hauteur moyenne des arbres est comprise entre 6 et 7 m. Entre les arbres de haute tige, sont disposées les agaves. Les euphorbes par leur houppier dense forme comme une muraille dans laquelle des jeunes plants peuvent trouver refuge et pousser.
La densité moyenne des arbres pour les haies défensives est à Marabbihall de 2,7 arbres pour 10 mètres linéaires et à Amalapur de 3,4 arbres.
L'espacement entre chaque arbre n'est pas homogène, et souvent les houppiers s'entremêlent, ce qui donne des structures très denses.

5.3.3.2 Les alignements de production

Les alignements de production sont situés sur les diguettes qui délimitent des sous-parcelles de culture à l'intérieur d'une grande parcelle de production.
Les arbres sont donc situés dans une zone protégée.
Les alignements sont plurispécifiques pour la majorité.
Ces alignements sont composés principalement de fruitiers comme le cocotier. Les fruits sont à protéger du vol et de la dégradation, c'est pourquoi ont les met en retrait à l'intérieur de la parcelle.
De plus, dans le cas du cocotier, l'architecture de l'arbre avec son tronc très grand et très lisse et son houppier en toupet ne convient pas du tout à des fonctions défensives, ce peut être une seconde raison à sa présence sur ce type de diguette.

L'architecture de l'alignement se structure autour d'une strate d'une hauteur moyenne de 8 à 9 m (influence des cocotiers), la strate secondaire est peu développée.
La composition floristique ne se limite pas aux fruitiers, des espèces à bois sont aussi présentes. Le peuplement s'équilibre entre les espèces à bois et les fruitiers.
On remarquera que les tamariniers sont particulièrement bien représentés dans ce type d'alignements. Or les houppiers de ces arbres sont très développés, une superficie non négligeable de parcelle est alors rendue improductive par l'ombrage qu'il produit. On pourrait penser que cette stratégie n'est pas la meilleure. Lorsque ce point est soulevé avec le paysan, la réponse immédiate est que la récolte de fruits obtenue de l'arbre compense largement la perte de cultures.

L'espacement entre les arbres est en général supérieur à 10 m. En effet, à l'intérieur de la grande parcelle, l'exploitant n'a pas intérêt à trop densifier le peuplement ligneux car sinon il augmente la compétition des arbres avec les cultures, surtout par l'ombrage que produirait un alignement trop dense.
La densité d'arbres est en moyenne à Marabbihall de 1,9 arbres pour 10 m et de 1,2 arbres à Amalapur.
A l'intérieur de la parcelle, les arbres étant protégés, l'émondage est faible. Dans le même temps, les fruitiers ne sont pas des arbres qui sont émondés ce qui peut expliquer la faiblesse de l'émondage.

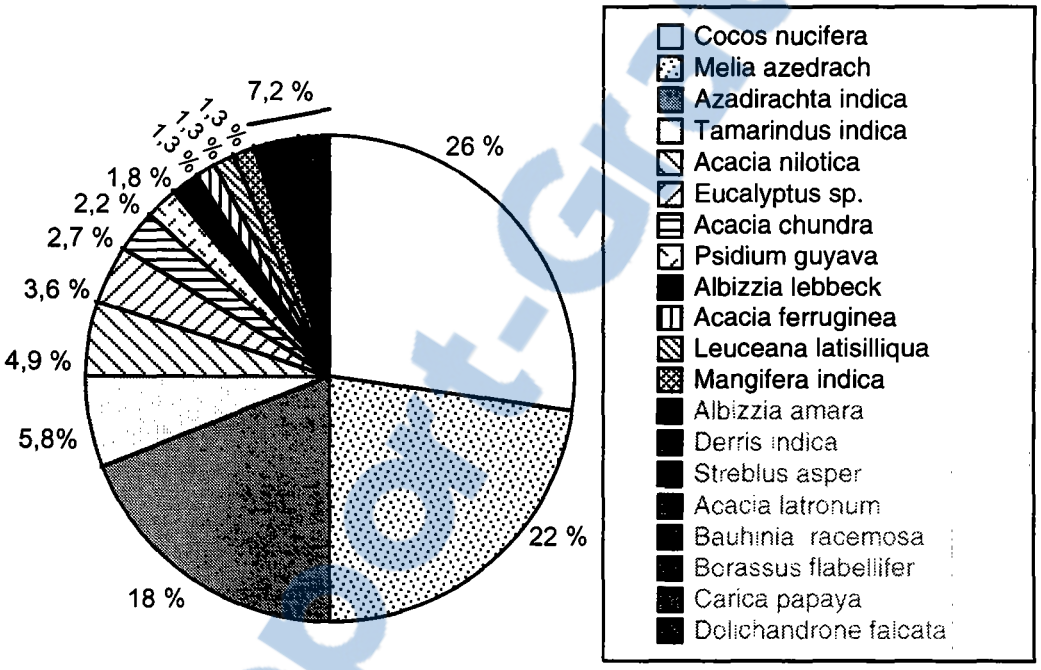


Figure 16 : Composition floristique des alignements de production (Inventaires biométriques, 1999)

5.3.3.3 Les haies de délimitation

Les alignements de délimitation sont situés sur les diguettes qui sont communes avec un autre propriétaire. Dans la réalité, la haie est constituée des arbres des 2 propriétaires, elle est donc beaucoup plus dense. L'écartement moyen entre les arbres que nous avons inventorié est cependant généralement compris entre 5 et 10 m.
Les paysans auxquels nous nous sommes intéressés ne font pas face à des problèmes de sécurisation foncière. Les haies de ligneux sont un moyen d'organiser l'espace et non un outil d'appropriation de la terre. L'alignement indique les limites de la parcelle.
En général, les arbres suffisent à la délimitation, mais il arrive que des agaves viennent souligner d'avantage la haie d'arbres. Nous avons aussi observé des haies mortes constituées de branchages de *Prosopis juliflora* ou d'*Acacia nilotica* qui viennent renforcer la haie d'arbres.

Sur le graphique, la modalité la plus proche de la modalité "type de côté" est celle se rapportant à un émondage fort.
La densité d'arbres étant élevée, un émondage fort est nécessaire pour limiter les effets négatifs des arbres sur les cultures.
Trois strates organisent cet alignement, une strate basse pour les jeunes plants jusqu'à 1 m 50/ 2m. Deux autres strates qui ont une part équivalente dans l'alignement. La hauteur moyenne des arbres est de 6 m.
Les peuplements des haies de délimitation sont généralement composés d'espèces à bois. Ces espèces induisent moins d'enjeux économiques que les fruitiers, de plus ces arbres ne sont pas émondables. On remarquera que le tamarinier est peu représenté sur ce genre de haie. L'ombre créée par le houppier peut être source de conflits entre les deux propriétaires, c'est pourquoi cette position n'est pas très stratégique.

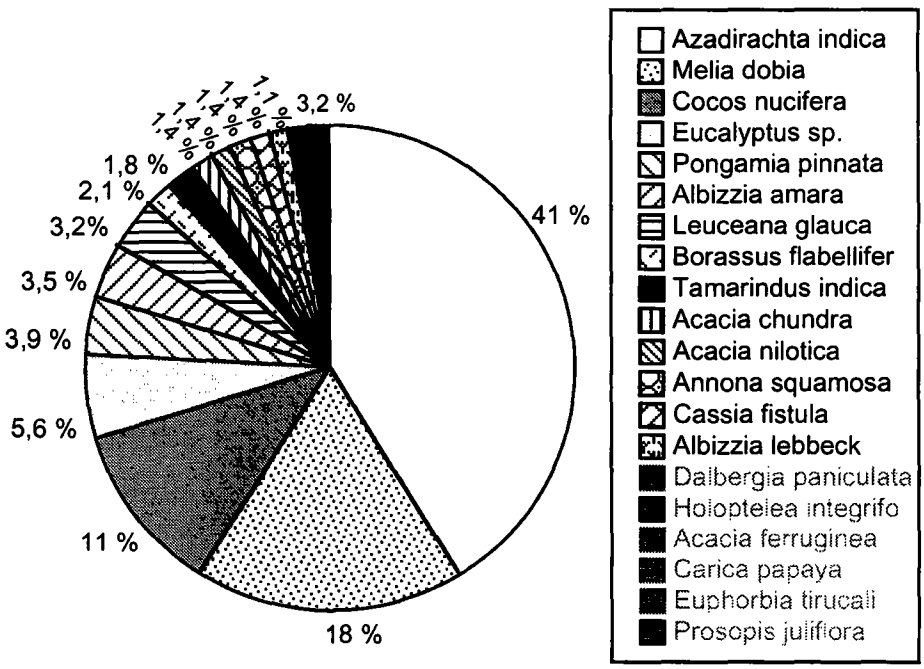


Figure 17 : Composition floristique des haies de délimitation (Inventaires biométriques, 1999)

La haie d'arbres peut avoir trois fonctions qui dépendent de la localisation de l'alignement par rapport à son environnement. Les enquêtes agroforestières indiquent que les haies d'arbres sont essentiellement vécue par les paysans comme un moyen de protéger les diguettes de l'érosion et comme un outil de délimitation des parcelles.
Cette typologie va au delà puisqu'elle montre que les ligneux ne sont pas disposés sur les mêmes côtés selon que ce sont des fruitiers ou des espèces à bois.
La fonction de brise-vent ne nous a jamais été signalée dans les enquêtes. L'érosion éolienne et les dégâts aux cultures provoqués par le vent n'affectent pas la région.

6. La gestion des arbres dans l'interface arbres/cultures

6.1 Les effets des arbres sur les cultures

Lorsque les arbres sont disposés le long des parcelles de cultures, des interactions positives et négatives se mettent en place entre les 2 composantes du système. Dans le temps imparti, aucune mesure n'a pu être réalisé pour quantifier ces effets.
Les paysans n'ont jamais signalé d'effets positifs des arbres sur les cultures ou une quelconque augmentation de rendement par la présence d'une ou de plusieurs espèces d'arbres. Cependant, ils reconnaissent les effets positifs des feuilles de *Derris indica* qui

augmentent la fertilité du sol. Ils signalent aussi que le cocotier est une espèce qui entraîne peu de nuisances sur les cultures.
Ils constatent tous que les arbres ont un effet négatif (baisse de rendement) par l'ombre produite par leur feuillage. Le riz est la seule culture pour laquelle les effets sont limités, car cette espèce a besoin de beaucoup d'humidité pour pousser. Sous certains arbres comme *Acacia nilotica* et le tamarinier les graines n'arrivent pas à germer.

Pour limiter les effets de l'ombre des arbres sur les cultures, on peut soit associer une culture qui supporte l'ombre soit couper les branches d'arbres qui produisent l'ombre.
Le compromis que l'on trouve dans ce type d'association ne remporte pas l'adhésion des paysans, ils préfèrent favoriser leur libre choix dans les cultures et émonder les arbres.

6.2 L'émondage des arbres

La pratique de l'émondage consiste en la coupe répétée de branches choisies du houppier. Dans le système que nous étudions, l'émondage des arbres n'est pas systématiquement pratiqué chaque année. Le propriétaire fait le tour de ses haies en fin de saison sèche et repère les branches qui ont besoin d'être coupées. Il pourra les couper lui même ou faire appel aux bergers qui sont reconnus comme des spécialistes car ils sont habitués à monter dans les arbres. A cette occasion le berger peut récupérer les feuilles et les donner à son troupeau.
Pour éviter que le tronc de l'arbre ne soit trop branchu, les jeunes plants sont systématiquement ébranchés. Cette pratique rend plusieurs services puisqu'elle permet au paysan de s'assurer d'avoir de grands troncs droits, élancés, caractéristiques, qui donnent de la valeur aux arbres. Elle permet aussi de limiter l'effet de l'arbre sur le cultures car elle diminue la surface du houppier.

6.2.1 L'intensité de l'émondage

D'après les données d'inventaire, les arbres sont peu ou pas émondés et l'émondage est beaucoup moins pratiqué à Amalapur qu'à Marabbihall.
Aucun arbre n'est émondé à plus de 75 %.
Les espèces émondées sont les espèces à bois, les fruitiers ne sont pas émondés.

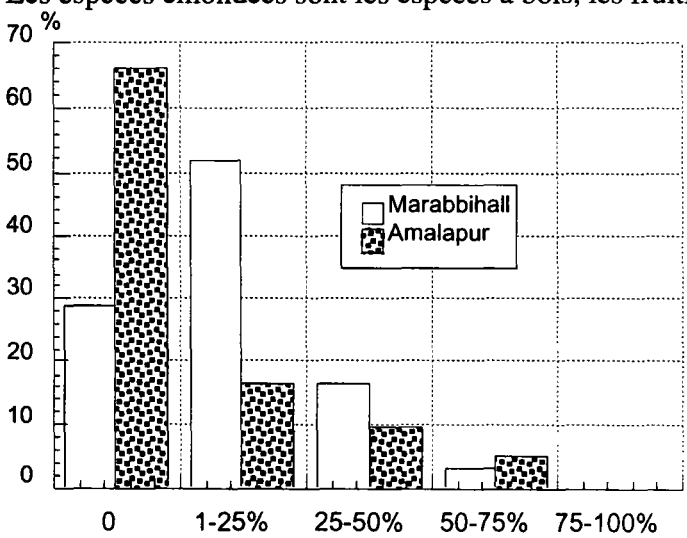


Figure 18 : Intensité de l'émondage à Marabbihall et Amalapur (Inventaires biométriques, 1999)

6.2.2 Les parties émondées du houppier

La partie basse du houppier est la partie la plus émondée chez les arbres et ce pour les 2 villages. Souvent, les traces d'émondage sont anciennes et sont relatives à la période ou le

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

jeune plantule était ébranché. Pour les mélias, les cicatrices sur le tronc sont caractéristiques. Nous avons pu les observer dans la parcelle 3 de Marabbihall, le tronc droit était systématiquement ébranché jusqu'à 4 m. D'autre part, la partie haute ne connaît pratiquement pas l'émondage. Lorsque l'émondage n'est pas pratiqué systématiquement dans une région il est dit "indifférent". Ce type d'émondage est caractéristique de celui effectué par les bergers qui avec leur perche atteignent toutes les parties de l'arbres.

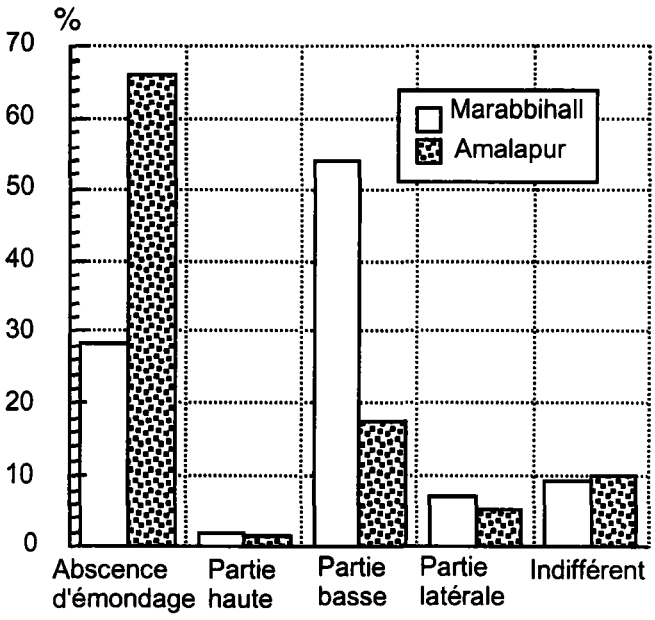


Figure 19 : Les parties émondées du houppier (Inventaires biométriques,1999)

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail est une première approche à l'étude du système d'agroforesterie irriguée de la zone sèche portant sur des haies vives disposées sur les diguettes des champs . L'observation et la description ont dominé cette étude qui se devait en premier lieu de décrire le système.

Le système des haies vives est circonscrit au domaine irrigué. Il ne concerne donc pas tous les exploitants des villages, en particulier les petits exploitants qui ont essentiellement des terres agricoles en zone sèche.
Les haies vives forment un bocage plus ou moins lâche ne formant pas rigoureusement un réseau. L'alignement est composite qu'elle que soit la fonction qu'il doit remplir (production, délimitation et défense). Ce sont les aménagements (plantation d'agaves, émondage) qui diiférencient les alignements des uns des autres. La gestion des alignements n'est pas complexe, dans le sens où les tâches d'entretien sont peu nombreuses (1 fois par an) et la régénération se fait à 50 % naturellement.
La priorité des exploitants est toujours dirigée en premier vers les cultures que les alignements d'arbres entourent. La productivité de la terre irriguée est un bien précieux qu'il faut rentabiliser au mieux. C'est pourquoi l'arbre est repoussé sur les limites des parcelles et aux bords de route.
L'association des alignements d'arbres a un système d'irrigation confère à ce système une fonction productive essentielle qui est plus importante que les fonctions de délimitation et de défense. Ces systèmes ne sont pas des systèmes fourragers, ni des brise-vents.
La reproductibilité du système des alignements d'arbres dépend de la proximité ou non de la forêt qui viendra suppléer au manque de bois de feu. L'absence de forêt conduit les exploitants a se rendre autosuffisant en bois ce qui redynamise le système.
Le système des haies vives est plus vivace à Marabbihall comparé à Amalapur car depuis le déclin des plantations de cocotiers la population ne prend plus de risques avec les arbres.
Les exploitants sélectionnent des espèces à usages multiples parce qu'elles sont robustes, que le travail de leur bois est connu et qu'elles ont l'avantage de produire plusieurs produits.

Cette première étude ouvre la voie à de prochains travaux pour lesquels il est souhaitable de travailler avec des échantillons plus grands que celui utilisé ici, trop petit et composite.
Les thèmes de recherche pourront approfondir la question des stratégies de gestion des arbres et de la corrélation attendue avec des variables socio-économiques de la population.
Ils pourront affiner la typologie qui a été proposée dans cette étude.
Un travail de reconnaissance de l'étendue et de la localisation du bocage ainsi que de sa structure verticale permettrait de mieux relativiser l'importance de ce système par rapport à la zone sèche et de comprendre sa répartition dans l'espace suivant des critères physiques. Ce travail peut être réalisé avec des photographies aériennes.
Des investigations plus poussées s'intéressant à l'interface arbre/culture seraient souhaitables. D'autant plus, que les effets des arbres sur les cultures intéressent aussi les paysans qui s'interrogent beaucoup sur la question.

Pour nos partenaires forestiers, en particulier ceux de la branche de la foresterie sociale, cette étude, aussi modeste soit elle, peut donner une idée simple de la démarche prélimiaire qu'il est conseillée d'adopter pour réaliser un travail ou mettre en place un projet de developpement en milieu rural.
De nombreux projets de foresterie rurale échouent encore aujourd'hui car ce sont des arbres exotiques à croissance rapide qui ne produisent ni fourrage, ni bois d'oeuvre ni compost qui sont distribués dans les serres or les exploitants sélectionnent des essences à usages multiples. Il y a un besoin urgent de développer des programmes qui font la promotion de la diversité ligneuse et non de la monospécifité. Ces programmes peuvent s'appuyer sur des techniques qui soient proches des méthodes traditionnelles et utiliser les savoirs traditionnels.

BIBLIOGRAPHIE

Armitage F. B., 1986, Foresterie irriguée en pays arides et semi-arides : une synthèse, Ottawa, 192 p.

Baumer M., 1987, Agroforesterie et désertification, CTA, Wageningen, 260 p.

Bhimaya C. P. et Chowdhapury M. D., 1961, Plantations of wind-breaks in the central mechanised farm, Suratgarh, an appraisal techniques and results, Indian Forester, Vol. 87, pp 554-367.

Daksha C. Darai et Naganna C., 1979, Criteria for delimiting drought prone areas, a case study in Karnataka, Proceedings of the symposium on drought prone areas of India, Rayalseema geographical society, Sri Venkateshwara university, Tirupati, 1979.

Deckers J. A., Nachtergaele F. O. et Spaargaren O. C., 1998, World reference base for soil resources, Leuven, 165 p.

Département de l'irrigation, gouvernement du Karnataka, 1985, Irrigation project in Karnataka.

Depommier D. et Freycon V., 1993, Note sur l'expérimentation en agroforesterie appliquée aux zones sèches, les brise-vents, Stage de formation ICRAF-SALWA Dakar, 22 p.

Depommier D., 1993, Les haies vives défensives : recherche-développement et applications en zones sèches, Stage de formation ICRAF-SALWA Dakar, 12 p.

Depommier D., 1993, Les haies vives sur courbe de niveau et la conservation de l'eau et du sol, Stage de formation ICRAF-SALWA Dakar, 19 p.

Gill A. S. et Deb Roy R., 1992, Agro-forestry situation in India, Agricultural situation in India, pp 345-354.

Gupta R. K., 1993, Multipurpose trees for agroforestry and wasteland utilisation, New Delhi, 561 p.

Jambulingam R. et Fernandes E. C. M., 1987, Multipurpose trees and shrubs on farmlands in Tamil Nadu state (India), reprinted from Agroforestry systems, 4: 17-32.

Jha L. K., 1995, Advances in Agroforestry, New Delhi, 669 p.

Karnataka forest department, 1995, Forestry in Karnataka, Aranya Bhavan, Bangalore.

Kuchelmeister G., 1989, Hedges for resource-poor land users in developing countries, GTZ, Francfort, 256 p.

Legris P. et Gaussen H., 1966, Notice de la feuille de Mysore, Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques au 1/ 1000 000, Pondicherry, 109 p.

Mary F. et Besse F., 1996, Guide d'aide à la décision en agroforesterie, Tome 1, GRET, Min. de la coopération, CTA, 301 p.

Nadkarni M. V., 1985, Socio-economic conditions in drought prone areas, New Delhi, 235 p.

Radhakrishna B. P. et Vaidyanadhan R., 1997, Geology of Karnataka, Bangalore, 353 p.

Ravindranath N. H., Mohan Nayak M., Hiriyur R. S. et Dinesh C. R., 1991, The status and use of tree biomass in a semi-arid village ecosystem, Biomass and bioenergy, Vol. 1 n°1, pp 9-16.

Singh N. P., 1988, Flora of eastern Karnataka, Delhi, vol I, 421 p.

Suryanarayana G., Hedge B. R., Kulkarni K. R., 1984, Climatological approach to cropping pattern in Karnataka, Mausam, 35,1, 75-80.

Tejwani K. G., 1994, Agroforestry in India, New Dehli, 233 p.

Thornthwaite C. W., 1948, An Approach towards a rational classification of climate, Geogr. rev., 38, 55-94.

ANNEXES

ANNEXE I

FICHE BIOMETRIQUE

Date :
Nom de l'exploitant : Parcelle n°: Côté :
Surface :

N°	ESP	ECAR (cm)	CIR (cm)	HAU (m)	D1 (m)	D2 (m)	IE	PE	ES	OBS

ECAR entre n et n+1

IE (Intensité émondage)
1. 0%
2. 1 à 25 %
3. 25 à 50%
4. 50 à 75 %
5. 75 à 100 %

PE
1. Haut
2. Bas
3. Latérale
4. Indifférent

Partie émondée

ES
1. Bon
2. Moyen
3. Mauvais

Etat sanitaire

ANNEXE II

Rapport-Gratuit.com

ENQUETES AGROFORESTIERES

Date : Village : Parcelle n° : |_|_|

1. Identification de l'interrogé :

1. Name : 2. Age : __ 3. Sex : __

4. How many fellows live in this private holding :

Men above 15:
Women above 15:
Children less than 15:

5. Is everyboby above 15 work in the field?: __

6. Have you got an other work? yes ☐ Which one?
no ☐

7. Are you the owner of the land ? yes ☐
no ☐

So what is your status regarding this land?

8. Do you emply some agricultural workers ? __

How many weeks a year? __
Which period ? 1. Rainy season
2. Dry season

9. How many acres do you have ? __

10. How many plots do you have in your private holding ? __

11. How many acres are irrigated? __

12. Irrigation mode
1. by canals ☐
2. by well ☐
3. by moto-pomp ☐

13. Are there any plots in fallow ? yes ☐
no ☐
Since how many years ? __

14. What are your main tools :
1. for ploughing:
2. for transport :
3. for sowing :
4. for harvest :
5. for manuring :
6. Others :

15. What are your main sources of energy?
1. for cooking __
2. for heating water __
1. Gas
2. Fuelwood
3. dry cow-dung
4. biogas
5. wastes of crops
6. others

2 . Sols et agriculture

1. What are your 5 main crops? :

1.
2.
3.
4.
5.

S : for sell
F : for food producing
% if it is shared

2. What is the level of fertility of your soil :

1. high
2. Medium
3. less

3. How do you maintain the fertility of your soil ?

1. I do nothing ☐
2. Manuring some dung/compost * ☐
3. Manuring some fertilizers ☐
4. rows of stones along the hill following contour lines ☐
5. rows of ground along the hill following contour lines ☐
6. Vegetative barrier ☐
7. contour bunding ☐
8. Mulching with leaves, grasses, wastes of crops * ☐
9. Others (precise) ☐

* Precise species and composition

4. How do plough and weed ?

1. Ploughing with hands ☐
2. Ploughing with plow ☐
3. Ploughing with tractor ☐
4. Weeding with hands ☐
5. weeding with plow ☐
6. Weeding with herbicides ☐

5. Distribution of soils and crops in plots with irrigation facilities

n° P	Acres	soil	1999 crop(s) (pure/associated)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

9			
10			

6. Distribution of soils and crops in plots with no irrigation facilities

n° P	Acres	soil	1999 crop(s) pure/associated
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

7. In which year the bund have been built ? __

8. Which people or services have built the bunds? :

1. agricultural services ☐
2. parents ☐
3. yourself ☐
4. others ☐

9.What are there functions (priorities)?

__to maintain the fertility
__to indicate the boundaies of the private holding
__to grow trees
__to canalize the water
__others

10. How do you maintain the bunds?

3. Elevage

1. How many animals do you have?

1. Cattle (identify they are bullocks, buffalos or cows) : __
   How many bullocks do you have for ploughing ? __
2. Small stock : __
3. Porcines : __
4. Others : __

2. In dry season, What is the fodder for? :

	1 st	2 nd
Cattle		
Small stock		
Porcines		
others		

1. Wastes of crops
2. pastures
3. leaves of trees
4. Fruits
5. wastes of home
6. Others

3. In rainy season, what is the fodder for ?

	1 st	2 nd
Cattle		
Small stock		
Porcines		
others		

4. About tree fodder and fruits

	ESP	PER	FRE	SOU
Cattle				
Small stock				
Porcines				
Others				

FRE : 1. oftently
2. some times
3. Rarely

PER : 1. Rainy season
2. Dry season

SOUR : 1.come from private holding
2. come from outside
3. both

5. What are the main aims of cattle rearing :

	1 st	2 nd	3 rd
Bullock			
Cattle			
Small stock			
Porcines			
Others			

1. For meat
2. for milk
3. for selling
4. formanure
5. for work power
6. for carrying
7. Others (precise)

6. Have you got a sheperd ?

1. a worker ☐
2. member of your family ☐
3. no ☐

7. Does the herd come every night at home ? yes ☐ no ☐

4. La composante ligneuse

1.Where tree's density is the highest in your private holding ? (priorities)

__ on the boundaries of fields
__ in your kitchengarden
__ around your "kana"
__ in woodlots form
__ others

2. What are the effect of the hedge of trees which is planted on the boundaries of fields?

Positiv :

1. protect the bund ☒
2. indicate the boundaries ☐
3. breack the wind ☐
4. provide shade ☐
5. Others ☐

negativ :

1. Competition with crops ☐
2. Attract birds and rodents ☐
3. attract pests and insects ☐
4. Limit the mecanisation ☐
5. Others ☐

3. In accordance with the places quoted above, what is the origin of trees :

Lieux	Origine (si mixte donner un %)
1	
2	
3	
4	

1. You parents have protected/planted it
2. You have planted yourself small seedlings
3. You don't know
4. Others (Precise)

4. Approximatively, how many trees do you have ? __
5. What is on average the age of trees ? __

6. What are, in order of decreasing density, the 5 species of trees or scrubs planted or kept in your private holding?:

1.
2.
3.
4.
5.

7. What are your main uses of trees quoted :

ESP	1 st	2 nd	others
1			
2			
3			
4			
5			

1. give fodder
2. give fruits
3. give fuelwood
4. give timber for building (house, cowshed)
5. give timber for sell
6. give timber for making tools and furniture
7. give medicals
8. give leaves for mulching
9. sacred tree

8. Your resources in fuelwood come from? :

__ your private holding only
__ deadwood (coconut palms,)
__ products of lopping
__ wastes of crops
__ dry leaves
__ Prosopis juliflora
__ Others (Precise)

__ outside only
__ Prosopis juliflora
__ deadwood
__ wood market
__ Others (Precise)

9. For timber which is for sell, précise :

specie	Age of falling	Outlets , company cooperative, towns	middlemen	prices

10. How many trees do you sell per year, an average ? __
11. For fruits, precise :

specie	annual yield	outlets	middlemen	prices

12. How do you harvest the tree?

13. For medicins, what part of the tree do you use?

14. During the last 5 rainy seasons, did you plant some tree ?

Specie how many where origin reason
-
-
-
-
-

Origin :
1. seedlings from forest department (free of cost/charged/age))
2. seedling stemming from natural regeneration
3. Seedling stemming from cutting
4. other

15. Do you have your own nursery ? yes ☐ no ☐
16. Do you want to plant some tree in the future ? yes ☐ no☐
which species?
17. When do you plant a tree, how do you provide him care ?

5. Aménagement de l'arbre et associations culturales :

1. What the positiv and the negativ effects of these trees on crops?

POSITIV

	1 st	2 nd	crops	of yield % increase	lengh of tree	effects on phenology
1						
2						
3						
4						
5						
Others						

1. improve the fertility of soil and the yield
2. give shade to cattle
3. maintain soil moisture
4.Others
5. no

NEGATIV

	1 st	2 nd	crops	Loss of yield %	lengh of tree	effects on phenology
1						
2						
3						
4						
5						
Others						

Effects
1. Competition with crops by shade of tree canopy
2. Competition with crops by roots
3. Attract of rodents, and birds
4. Favour pests and insects
5. Others (precise)
6. no

Lengh of tree :
1. Small
2. big
3. both

2. Which species have no effect on crops ?

3. What are the best associations between tree specie and crops ?

4. To limit the effects of trees on crops, do you ?:

1. lop some branches yes ☐ no ☐
2. lop the roots yes☐ no ☐
3. others (precise) ☐
4. you don't do anything ☐

5. On which specie of tree do you lop the canopy :

specie	Freq	uses of products
1		
2		
3		
4		
5		
others		

Freq :
1. once a year (Precise the period)
2. twice a year
3. once a month
4. more than once a month

6. On which specie do you lop the roots :

7. Do you allow sheperd lopping your trees ? yes ☐ no ☐

6. Principales sources de revenus et difficultés

1. What are your main incomes ?
   - __ Sale of agricultural products (Précise)
   - __ Sale of animals
   - __ Sale of timber
   - __ Others

2. What are your main difficulties ?

1. no problem	☐	6. lack of fodder
2. Lack of money	☐	7. lack of labour
3. low productivity of ground	☐	8. Getting into debt
4. lack of food	☐	9. lack of water
5. lack of acres	☐	10. lack of electricity

ANNEXE III

Rapport-Gratuit.com

Questions to fill up the sheet n°2

(1)=(Column 1) : serial number
(2) In which place the the owner is living?
0 - Marabihall
1 - Tanda
(3) How many acres do you have ?
(4) How many acres were irrigated in 1998 during the the dry season ?
(5) How many cattle do you have ?
example for filling the column (5):

The answer is :"one cow"	→	C1, "C for cow and the number for the quantity"
"no buffalo"	→	B0, "B for buffalo..."
" one pair of oxes"	→	O2, "O for oxe..."

You write the 3 answers in the column the one beyong the others
(6) How many sheeps and goats do you have ?
(7) Do you have an other work ? (write fully the name of the job in english in the column n° 7 if the answer is positiv)
(8) On your private holding, how many trees do you have totally ?
(9) Where the density of trees is the highest in your private holding ?
1- on the bunds of fields with irrigation facilities
2- on the bund of fields with no irrigation facilities
3- around your kana
4- other (write the answer in the column n°20)
(10) What are the 3 species of trees you have in highest density in your private holding ?

1. Azadirachta indica Neem
2. Acacia Nilotica
3. Acacia ferruginea
4. Pongamia pinnata
5. Cocos nucifera
6. Tamarindus indicus
7. Psycidium goyava
8. Eucalyptus
9. Melia dubia
10. Albizzia amara
11. Euphorbia tirucali
12. Other (precise in "observations" ~~colonn~~ column)

(11) Did this plot have been irrigated in the past ?
0- No
1- Yes
(12) During how many years the plot has been irrigated ?
(13) Since how many years do you grow some crop on this plot ?

(14) If the plot is only cultivated since less than 5 years, what was the previous status ? (for example : wasteland, government land, forest area) (write the answer fully in english in the column n°14)

(15) Do you grow some crop in this plot **every year** ?

0- No
1- Yes

(16) If you don't grow crops every year on this plot, how many years you have leaved this plot under fallow ?

(17) What is the main crop you grow on this plot ?

1- Jowar
2- Groundnut
3- Bajra
4- Ragi
5- Wheat
6- Maïs
7- Other (write the answer in column n°20)

(18) In the past, did the density of trees on the bund of this plot was lower, higher or equal?

0- lower
1- higher
2- equal to nowadays

(19) If the density of trees was higher in the past, what did happen to the trees ?

1- You have cutted them to maintain your requirements in **firewood**
2- You have cutted them to make some agricultural **implements**
3- You have cutted them for **building purposes**
4- They have **dried up** by themselves
5- Other (write the answer in column n°20)

(20) Observations

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Sheet n°2

Jambana

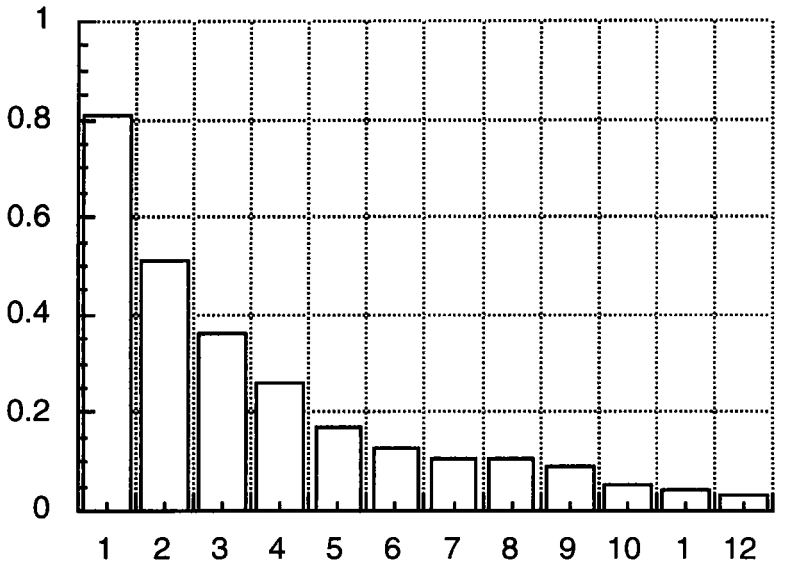
										Specific questions about the selected plot in dry lands									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

ANNEXE IV

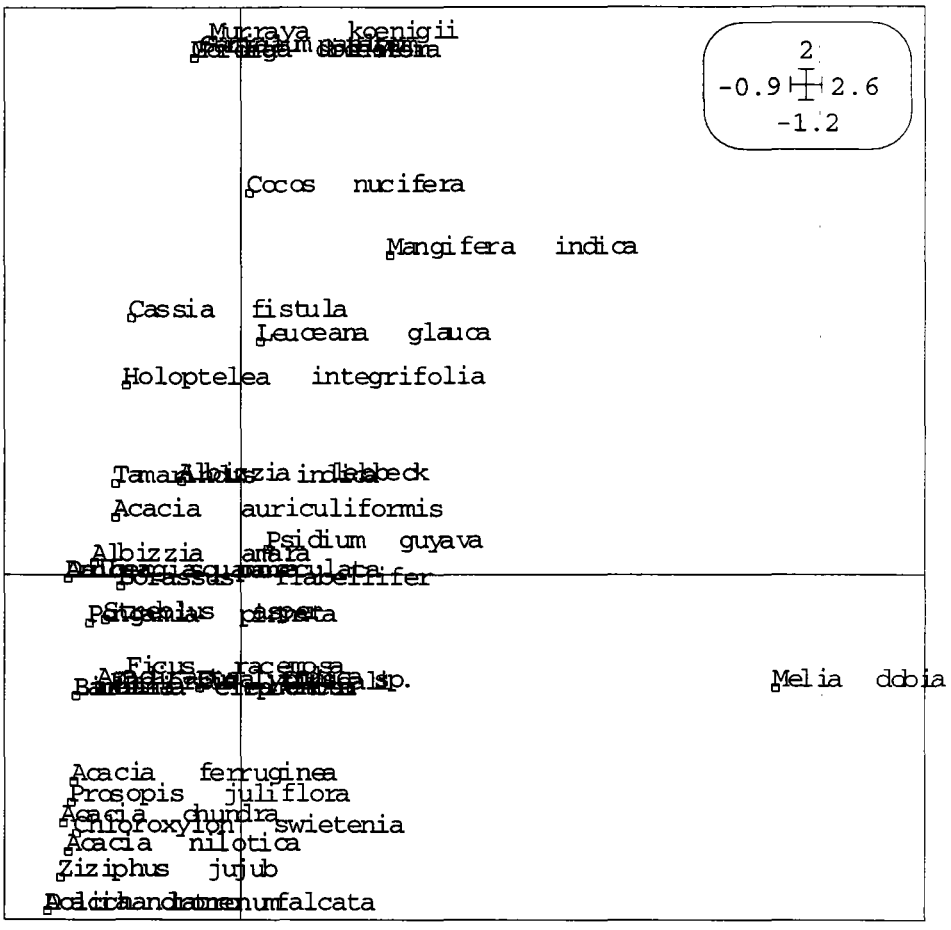
	LISTE DES ESPECES		
1	Acacia auriculiformis	Fabaceae (Mimosoideae)	
2	Acacia chundra Rottl. Willd	Fabaceae (Mimosoideae)	
3	Acacia ferruginea DC	Fabaceae (Mimosoideae)	
4	Acacia latronum Willd.	Fabaceae (Mimosoideae)	
5	Acacia nilotica L. Delile	Fabaceae (Mimosoideae)	
6	Albizia amara Boiv.	Fabaceae (Mimosoideae)	
7	Albizia lebbeck Benth.	Fabaceae (Mimosoideae)	
8	Annona squamosa L.	Annonaceae	
9	Azadirachta indica A. Jussieu	Meliaceae	
10	Bauhinia racemosa Lam.	Fabaceae (Ceasalpinoideae)	
11	Borassus flabellifer L.	Arecaceae	
12	Carica papaya L.	Caricaceae	
13	Cassia fistula L.	Fabaceae (Ceasalpinoideae)	
14	Chloroxylon swietenia DC.	Rutaceae	
15	Cocos nucifera L.	Arecaceae	
16	Cordia dichotoma Forst. f.	Boraginaceae	
17	Dalbergia paniculata Roxb	Fabaceae (Mimosoideae)	
18	Derris indica (Lam) Bennet	Fabaceae (Faboideae)	
19	Dolichandrone falcata Seem.	Bignoniaceae	
20	Eucalyptus sp.	Myrtaceae	
21	Euphorbia tirucali L.	Euphorbiaceae	
22	Ficus racemosa L.	Moraceae	
23	Holoptelea integrifolia Pl.	Ulmaceae	
24	Leuceana latissilliqua L. Gillis (= Leuceana leucocephala)	Fabaceae (Mimosoideae)	
25	Limonia elephantum (Corr.) Pamigrahi	Rutaceae	
26	Mangifera indica L.	Anacardiaceae	
27	Melia azedarach L.	Meliaceae	
28	Moringa oleifera Lam.	Moringaceae	
29	Murraya koenigii L. Spreng	Rutaceae	
30	Prosopis juliflora	Fabaceae (Mimosoideae)	
31	Santalum album	Santalaceae	
32	Psidium guyava L.	Myrtaceae	
33	Streblus asper Lour.	Moraceae	
34	Tamarindus indica L.	Fabaceae (Caesalpinioideae)	
35	Ziziphus jujuba Lam.	Rhamnaceae	
	Flora of the Presidency of Madras		
	J.S Gamble C.E.C Fisher		
	vol III,1956, Calcutta		

ANNEXE V

Analyse factorielle des correspondances (AFC)
Composition floristique des parcelles



Graphique des valeurs propres



Représentation graphique de la dispersion des modalités "espèce" le long des axes factoriels F1 et F2

----------Absolute contributions----------

Num	Fac 1	Fac 2
1	4	1
2	84	221
3	37	77
4	10	40
5	166	586
6	68	0
7	11	42
8	32	0
9	1259	1041
10	7	5
11	26	0
12	1	302
13	12	97
14	7	24
15	2	5369
16	0	98
17	16	0
18	10	40
19	14	141
20	69	75
21	3	3
22	10	40
23	2	383
24	7	5
25	24	151
26	7852	458
27	1	196
28	0	106
29	98	12
30	23	56
31	1	1
32	1	302
33	9	1
34	110	78
35	8	33

Coefficients de contribution de chaque modalité "espèce"

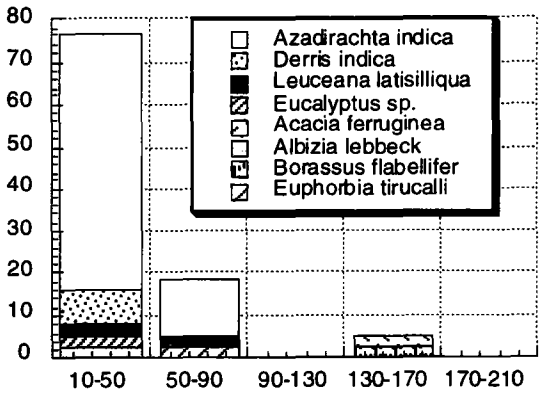
ANNEXE VI

Rapport-Gratuit.com

COMPOSITION FLORISTIQUE ET CLASSES DE CIRCONFERENCE
DES PARCELLES DE MARABBIHALL ET AMALAPUR

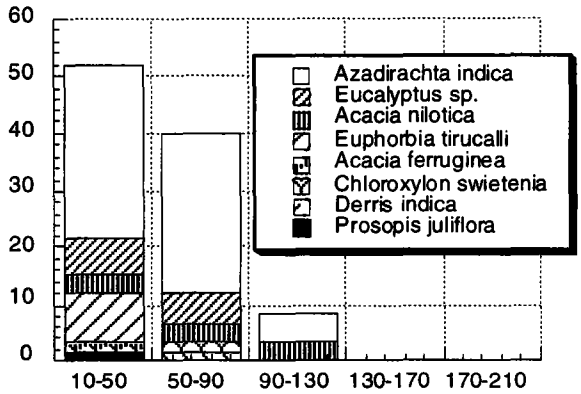
Les parcelles de Marabbihall

Parcelle 1



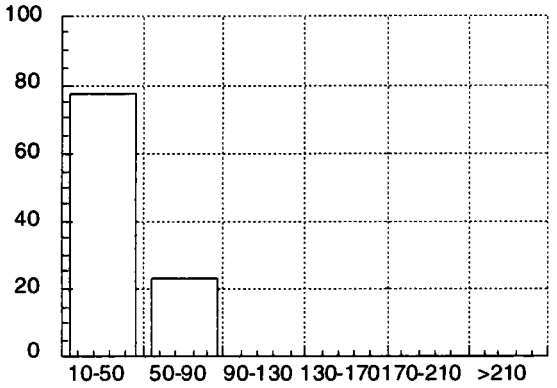
Le peuplement est particulièrement jeune, la régénération est assurée. Un peu moins de la moitié des jeunes arbres (42 %) sont issus de rejets de souche.

Parcelle 2



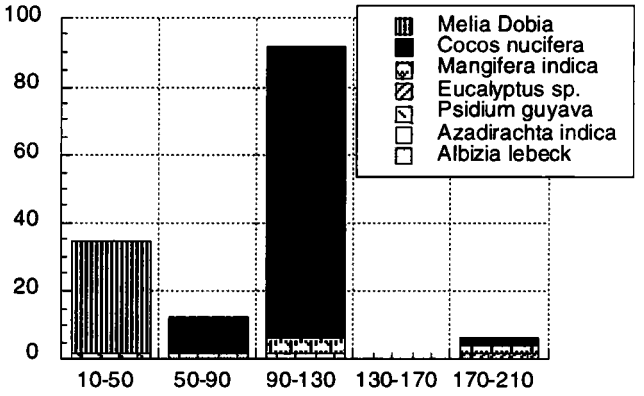
Le peuplement de jeunes arbres s'équilibrent avec le peuplement d'arbres plus âgés qui sont rentrés en phase d'exploitation. Les nimes et les acacias de la classe 90-130 cm sont en moyenne âgés de 15 ans.
Dans la classe 50-90 cm, les arbres sont âgés en moyenne de 7 ans et dans la classe inférieure la moyenne est de 4 ans.
Dans cette exploitation 67 % des arbres sont plantés. Il semble que le propriétaire ne souhaite pas couper les arbres, peut être n'en a t-il pas encore l'utilité ?.
On remarquera que la composition floristique est orientée vers des espèces à bois rustiques.
Euphorbia tirucalli et *Prosopis juliflora* sont des arbustes , c'est pourquoi on ne trouve des individus que dans la classe la plus petite.

Parcelle 3



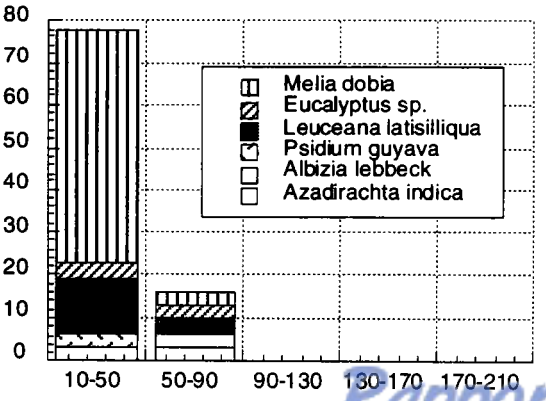
La parcelle 3 est une parcelle où 100 % des arbres sont plantés. C'est une plantation équienne de 4 ans. La circonférence moyenne des individus est de 37 cm pour la première classe et de 55 cm pour la seconde. Ces différences de circonférence tiennent lieu à des micro-variations de la fertilité au sein des diguettes.

Parcelle 4



Nous observons deux phases :
Une première phase de plantations, il y a une dizaine d'années qui a concerné les cocotiers.
Puis une phase de régénération, avec les mélias,qui sont âgés de deux ans et issus pour la majorité de rejet de souche.
Deux cycles de développement se cotoient, un cycle long pour les fruitiers et un cycle court pour les arbres à bois.

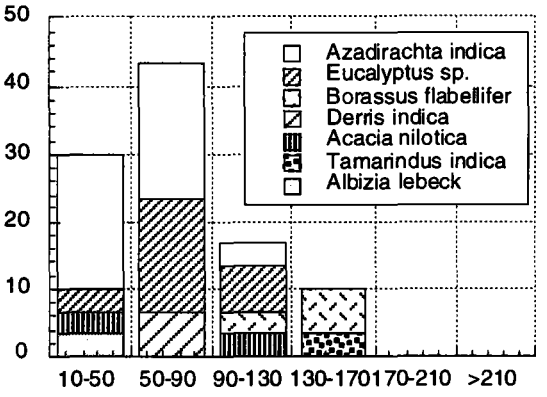
Parcelle 5



Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

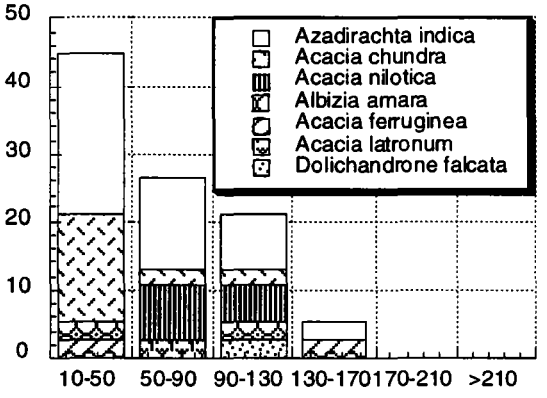
C'est une peuplement équienne de 2 ans en moyenne. 25% des arbres sont issus de rejets de souche.

Parcelle 6



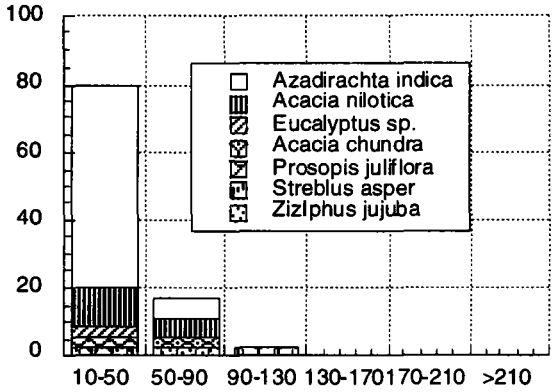
Le peuplement est vieillissant, la moyenne d'âge est de 7 ans.
Il y a plus d'eucalyptus âgés que de jeunes, l'exploitant ne semble pas vouloir utilisé ses arbres qui sont laissés sur pied.
Les fruitiers ont les circonférences les plus élevés, ce sont les arbres les plus âgés.

Parcelle 7



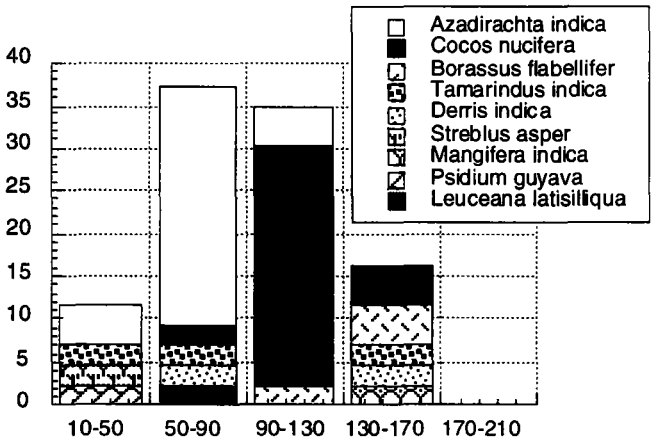
La régénération du peuplement est assurée. Les arbres adultes dominent le peuplement, la moyenne d'âge est de 9 ans, l'exploitation des arbres ne semblent pas être envisagée. Le recepage n'est pas pratiqué. Comparé à la parcelle précédente où le peuplement est vieillissant avec une dominance d'arbres appartenant à des classes de circonférence élevée, l'âge moyen des arbres est plus elevé, 9 ans, pour cette parcelle, comparé à la précédente où l'âge moyen des arbres est de 7 ans. Ceci est à mettre en rapport avec l'abscence d'irrigation dans la parcelle qui influe sur la vitesse de croissance.
Le peuplement n'est pas renouvelé avec les mêmes espèces et Acacia nilotica disparait des jeunes plants.

Parcelle 8



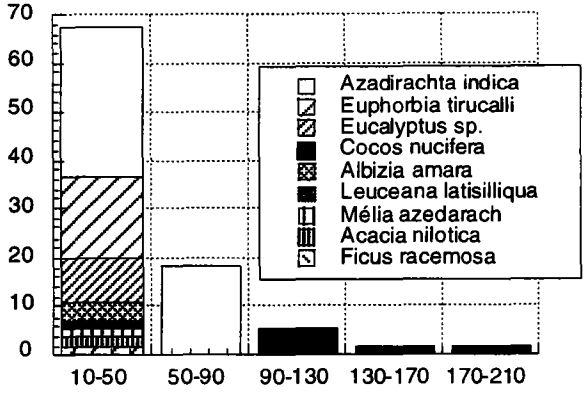
Les ligneux sont de jeunes individus pour la majorité, très peu sont issus de rejets de souche, le peuplement se constitue très nouvellement. L'exploitation des classes 50-90 cm et 90-130 cm est forte et peu de ligneux sont sur pied.
La moyenne d'âge des arbres de la classe 10-50 cm est de 4 ans et la circonférence moyenne de 27 cm.

Parcelle 9



Le peuplement est vieillissant parce qu'il y a un déficit de jeunes individus. Cependant, la forte part de fruitiers vient appuyer cette tendance car les fruitiers ne sont pas abattus avant la mort naturel. Les nimes sont rentrés en phase d'exploitabilité (10 ans) et la jeune génération (10-50 cm) ne pourra renouveler le peuplement à la hauteur des effectifs adultes.
Chez les fruitiers de la classe 130-170 cm ont en moyenne 20 ans. L'exploitant renouvèle le peuplement avec des fruitiers, tamariniers et goyaviers, mais pas avec des espèces à bois (Leuceana disparait dans la catégorie 10-50 cm). Il souhaite peut être réorienter sa production vers les fruitiers.

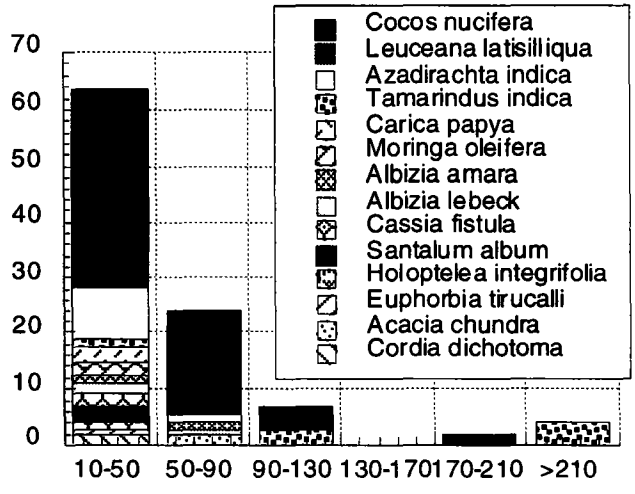
Parcelle 10



La régénération du peuplement est assurée, plus de 60 % de l'effectif est inclus dans la classe 10-50 cm. La diversité spécifique est la plus grande dans la classe 10-50 cm, avec monospécificité du nime et du cocotier pour les grandes classes.
Cette répartition en particulier, chez les jeunes plants, donne l'impression d'une coupe récente.
D'autant plus que, 47 % des arbres sont issus de rejets de souche dont Acacia nilotica, Eucalyptus sp., Melia azedarach, de même que 37% des nimes, 88 % des Euphorbes et 50 % des goyaviers.

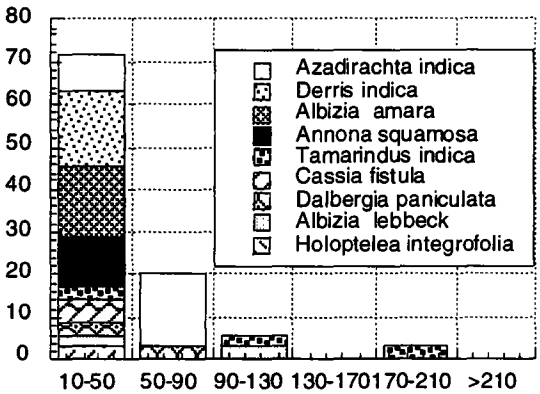
Les parcelles de Amalapur

Parcelle 1



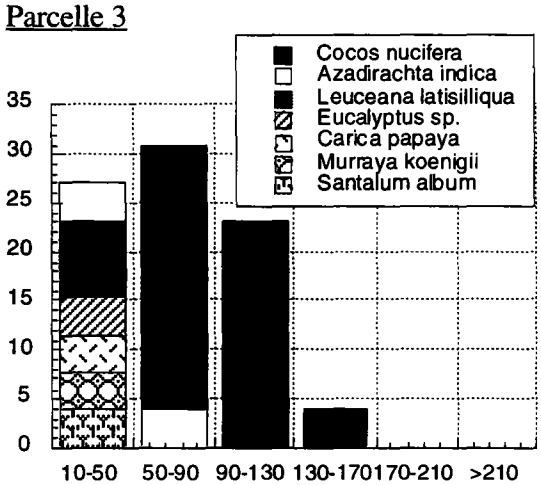
Les individus de la classe 10-50 cm représentent plus de 60 % des effectifs, avec une très grande diversité d'espèce. La parcelle est en phase de repeuplement par des espèces forestières et des fruitiers.
C'est la seule parcelle où il y a régénération en cocotiers. Des plants adultes, il ne subsiste que quelques individus dans les classes 90-130 cm et 170-210 cm.
Les espèces à bois comme le nime, leuceana, et les 2 albizias ne sont représentées que par de jeunes individus ce qui peut laisser supposer qu'une coupe à eu lieu récemment.
Le taillis n'est pas la méthode de régénération, ici, ce sont des plants à part entière.

Parcelle 2



La régénération est assurée. La classe 10-50 cm présente un nombre d'espèces très varié au contraire des classes suivantes qui sont monospécifiques. Les nimes sont en phase d'exploitation.

Parcelle 3

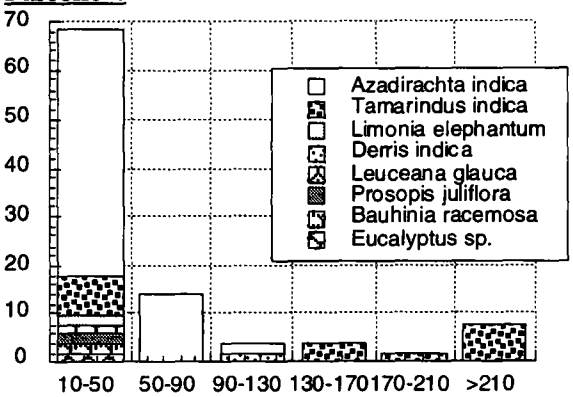


On reconnait 2 peuplements :
- un peuplement équienne de cocotiers plus âgés que la moyenne
- un peuplement de jeunes arbres composés d'espèces à bois et de fruitiers

Il y a un léger déficit quant à la représentativité de la classe 10-50 cm. Les espèces à bois, leuceana et eucalypus, ne sont pas représentées dans les grandes classes de circonférence, ce sont de jeunes arbres qui n'ont pas encore atteint la phase d'exploitation. Tous les arbres sont issus d'une graine et non d'un taillis.

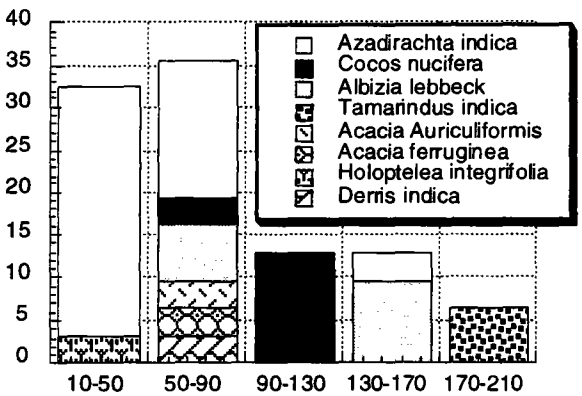
Murraya koenigii et *Carica papaya* sont des ligneux de petite taille, il n'atteindront jamais les classes de circonférences supérieures. C'est pourquoi, en ne se reférant qu' à la circonférence, on ne peut conclure sur leur âge ou les assimiler au contingent des espèces à bois.

Parcelle 4



Les arbres de petite circonférence sont dominants. Les tamariniers sont de vieux arbres mais le propriétaire renouvèle aussi avec de jeunes plants. La dynamique de renouvellement est positive, mais il semble que seuls les nimes ne sont favorisés à grandir puis que la classe 50-90 cm est composée uniquement de cette espèce.

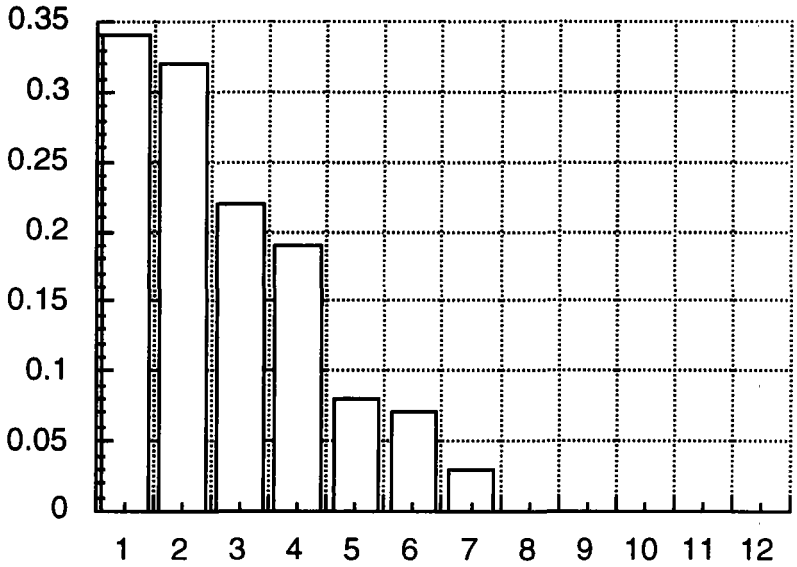
Parcelle 5



Toutes les classes de circonférence sont bien représentées. Il y a un léger déficit de la classe 10-50 cm où la régénération est monopolisée par le nime. Il semble que l'exploitation des espèces à bois comme Albizia lebbeck et le nime ne soit pas d'un grand intérêt pour le propriétaire de la parcelle car il persiste beaucoup d'individus adultes (classe 130-170).
Les peuplements de cocotiers et de tamariniers sont équiennes.
Il y a un grand potentiel d'arbres exploitables.

ANNEXE VII

Analyse en composante multiple (ACM)
Croisement des variables socio-économiques et de variables biométriques à l'échelle de la parcelle

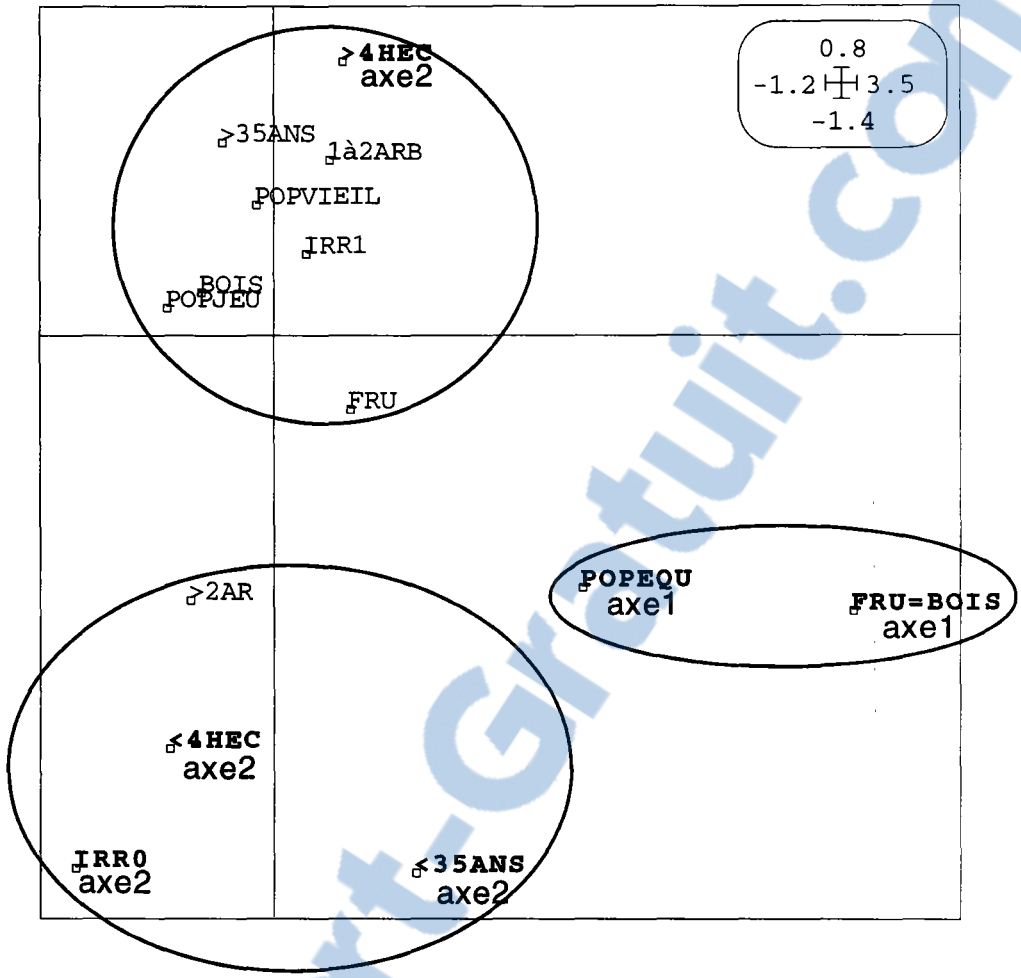


Graphique des valeurs propres

----------Absolute contributions----------

Num	Fac 1	Fac 2
1	689	2312
2	250	840
3	557	2032
4	371	1355
5	680	1136
6	104	174
7	147	31
8	505	44
9	2869	149
10	776	12
11	11	140
12	2441	380
13	238	555
14	357	833

Coefficients de contribution



Représentation graphique de la répartition des modalités des modalités le long des axes F1 et F2
(en gras, modalités dont les coefficients de contribution sont les plus élevés)

Age <35 ans
> 35 ans

Taille de la propriété < 4 ha
> 4 ha

IRR 0 Absence Irrigation
IRR 1 Présence de l'irrigation

FRU Composition floristique dominée par le fruitiers
BOIS Composition floristique dominée par les espèces à bois
FRU=BOIS Composition équilibrée entre les fruitiers et les espèces à bois

POP vieil Peuplement vieillissant
POP jeu Peuplement jeune
POP equ Peuplement équilibré

1à2 arb Densité d'arbres 1 à 2 arbres pour 10 m linéaire
>2 arb Densité d'arbres supérieure 2 arbres pour 10 m linéaire

Rapport-Gratuit.com

ANNEXE VIII

PHOTOGRAPHIES D'ALIGNEMENTS D'ARBRES ET DE HAIES VIVES A MARABBIHALL ET AMALAPUR

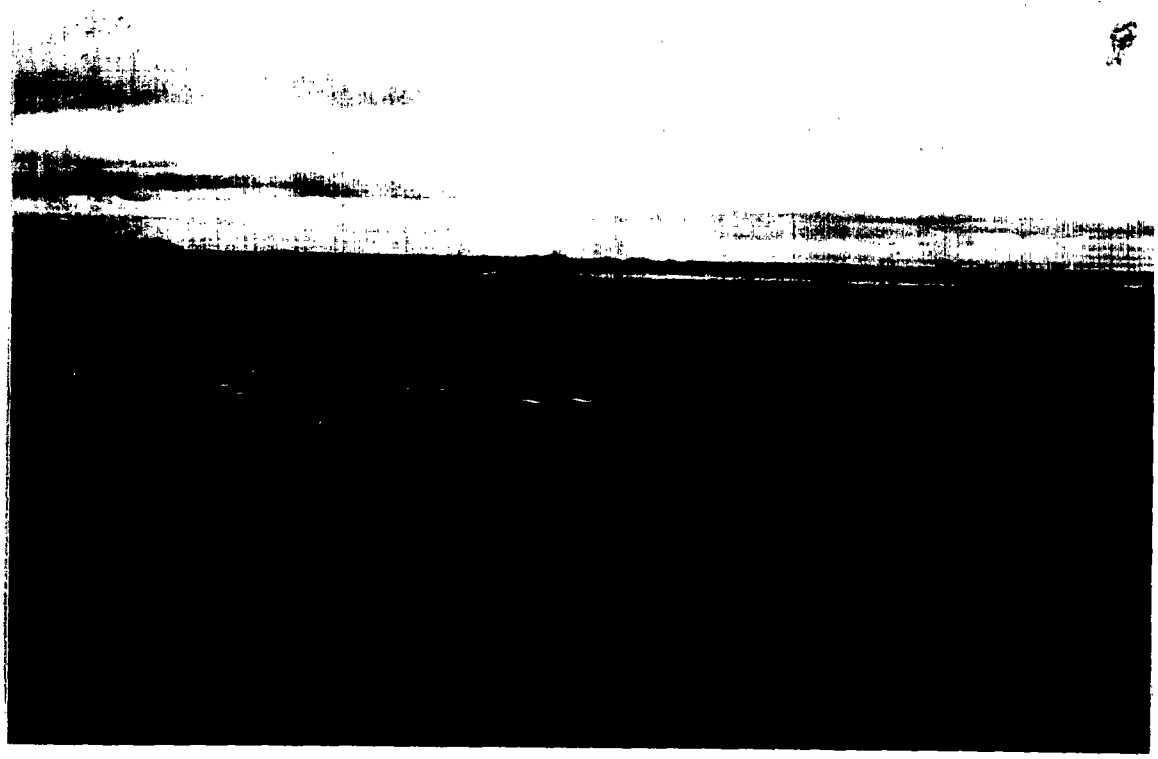


Planche 1 : Plan large sur Marabbihall : un réseau de haies vives qui souligne le parcellaire.
Les haies vives sont constituées d'arbres et d'arbustes, en proportion variable, ce qui leur confère leur caractère composite. Au premier plan, des haies vives composées uniquement d'agaves (Mai -Juin 1999).

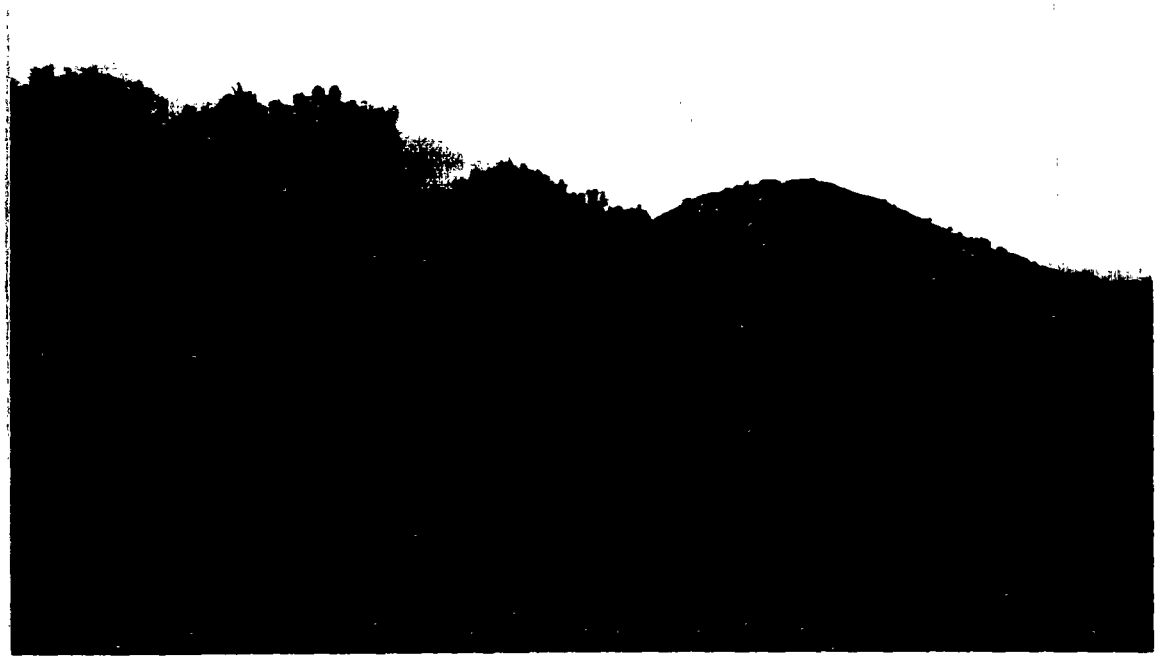


Planche 2 : Des haies défensives constituées d'une strate basse continue d'agaves et d'une strate haute de nimes discontinue . La parcelle sera labourée 2 semaines plus tard à l'arrivée des pluies. Les jeunes pousses qui la parsèment sont des plants de Leuceana latissilliqua cultivés en culture pure quelques années auparavant (Marabbihall, Mai-Juin 1999).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Planche 3 : Alignement de production composé de cocotiers disposés en contrebas de la diguette-canal (le canal d'irrigation est creusé sur le sommet de la diguette). Les autres arbres (nimes, manguiers) poussent sur le sommet de la diguette. La strate arbustive est composée essentiellement par Derris indica (Marabbihall, Mai-Juin 1999).

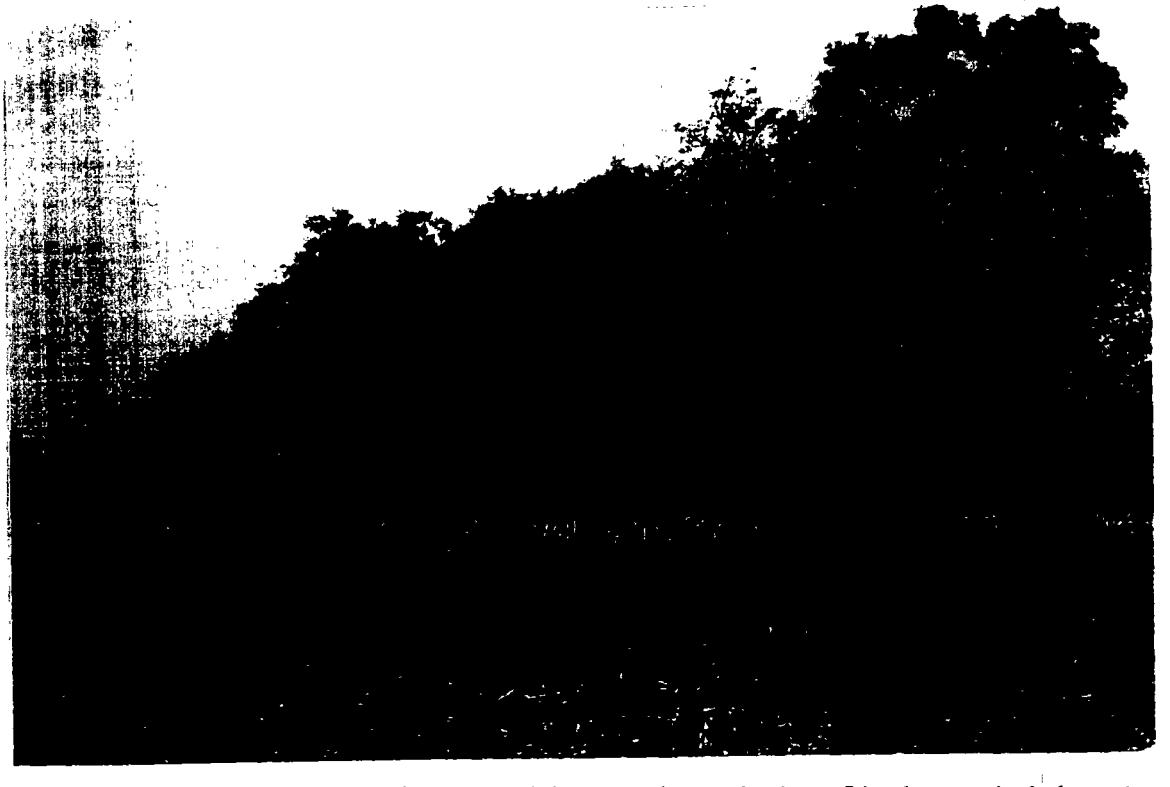


Planche 4 : Alignement de production composé de tamariniers et de nimes. L'ombre portée du houppier des tamariniers est très large (10 m à 15 m). L'alignement est monostratifié (Amalapur, Mai-Juin 1999).

Planche 5 : Alignement de délimitation composé presque exclusivement de mélias. Les deux lignes de mélias sont disposées en quinconce. Le peuplement est équienne. Les troncs sont très droits et l'insertion des premières branches à 4 à 5 m du sol. L'objectif est double : délimiter et produire. Les arbres sont plantés dans le canal d'irrigation (Marabbihall, Mai-Juin 1999).

Planche 6 : Alignement de délimitation de composition floristique variée (nimes, mélias, eucalyptus, cocotiers). Les arbres sont très jeunes et l'espacement régulier. La parcelle est cultivée en canne à sucre. Dans le coin gauche de la parcelle, les plants n'ont pas connu de croissance similaire au reste de la parcelle du fait de l'ombrage causé par la haie vive (Marabbihall, Mai-Juin 1999)

L'AGROFORESTERIE DANS LE DISTRICT DE BELLARY, KARNATAKA, INDE DU SUD; LE CAS DES HAIES ET ALIGNEMENTS D'ARBRES DE MARABBIHALL ET AMALAPUR

par Julie Laurent, Mémoire de DESS, année 1995-1996

RESUME

La recherche agroforestière indienne est particulièrement dépourvue de connaissances sur les pratiques agroforestières des paysans de la zone sèche qui couvre les 2/3 du pays.
Deux villages de la zone sèche du district de Bellary au Karnataka, Marabbihall et Amalapur, ont été sélectionnés en vue d'étudier les systèmes de haies vives et d'alignements d'arbres de l'espace agricole.
Les arbres, arbustes et palmiers sont disposés en ligne sur les diguettes des champs irrigués. Ils constituent un bocage plus ou moins construit qui ne se rencontre que dans le domaine irrigué par forage des territoires des villages. Les faibles totaux pluviométriques annuels et l'irrégularité des pluies sont peu favorables à l'installation de l'arbre en dehors de cet espace.
Les exploitants sélectionnent des espèces à usages multiples : *Azadirachta indica, Cocos nucifera, Tamarindus indica, Acacia nilotica, Eucalyptus sp., Leuceana latissilliqua, Derris indica, Mélia azedarach, Euphorbia tirucalli et Albizia amara*.. Ces arbres produisent du bois de feu, des fruits, du bois de construction, du compost. Les exploitants aménagent différemment les alignements selon qu'ils sont au bord d'un chemin, à l'intérieur de leur grande parcelle irriguée, en partage avec un voisin. Ainsi, les alignements peuvent être des haies défensives, des alignements de production ou des alignements de délimitation.

Mots clés : haies vives, diguette, zone sèche, arbre à usages multiples, Inde du sud

ABSTRACT

Not much has been written on practical agroforestry inthe dry areas of India which cover two thirds of the subcontinent.
Two villages of the dry area of Bellary district (Karnataka), Marabbihall and Amalapur, have been selected to study hedges and row plantation systems in rural areas.
Trees, shrubs and coconut palm are lined out on bunds between fields. These live hedges are criss crossing a more or less dense network of the irrigated area of the village territories. Low annual rainfall and high variability are not suitable for trees except in this area.
Landowners especially select multipurpose trees : *Azadirachta indica, Cocos nucifera, Tamarindus indica, Acacia nilotica, Eucalyptus sp., Leuceana latissilliqua, Derris indica, Mélia azedarach, Euphorbia tirucalli et Albizia amara*.. They give firewood, fruit, hardwood for building and leaves for mulching.
They manage the live hedges in different ways if they are near a cart-road or near a spring, inside the main irrigated plot or on a bund shared with a neighbour. In this way, hedges have different functions : protection, production or demarcation

Key-words : live hedge, bund, dry area, multipurpose tree, South India

DESS "Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zones tropicales
Faculté des sciences du Général de Gaulle, 94 010 CRETEIL Cedex
Tél : 01 45 16 58 ; Fax : 01 45 17 19 99