

# UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



Faculté des Sciences et Techniques  
Département de Biologie Végétale

## DYNAMIQUE DU PEUPEMENT LIGNEUX AU FERLO (NORD - SENEGAL), CONSEQUENCES ET PERSPECTIVES POUR UNE GESTION DURABLE .

### THÈSE

Présentée et soutenue publiquement *le 27 décembre 2011* pour l'obtention  
du grade DE DOCTEUR DE 3<sup>ème</sup> CYCLE DE BIOLOGIE VEGETALE

Option : Écologie

Par

**Joseph Coly DIOUF**

Jury :

Président : Aliou GUISSÉ, Maître de conférences (FST/UCAD)

Membres : Paul NDIAYE, Chargé d'enseignement (FLSH/UCAD, Sénégal)

Alexandre ICKOWICZ, Zootechnicien, Chercheur pastoraliste (CIRAD, PPZS)

Amadou Tamsir DIOP, Maître de recherche (ISRA/LNERV, PPZS)

Léonard Elie AKPO, Professeur titulaire (FST/UCAD)

*A mon Père*

*A ma Mère*

*A mes Frères et Sœurs*

*A Yandé...*

## TABLE DE MATIERES

|   |           |
|---|-----------|
| <b>TABLE DE MATIERES</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>AVANT PROPOS</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>REMERCIEMENTS</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>RÉSUMÉ</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>LISTE DES ILLUSTRATIONS</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>GRAPHIQUES</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>ANNEXES</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>SCHEMAS</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>LISTE DES SIGLES</b> .....   | <b>13</b> |
| <br>  |           |
| <b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....  | <b>14</b> |
| <br>  |           |
| <b>1ère Partie : CADRE CONCEPTUEL -PRESENTATION DE LA ZONE</b> .....  | <b>19</b> |
| <br>  |           |
| <b>CHAPITRE 1 : DÉFINITIONS DES CONCEPTS</b> .....  | <b>20</b> |
| <b>1. 1. STRUCTURE ET DYNAMIQUE</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>1. 2. RESSOURCES LIGNEUSES - GESTION - DURABILITE</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>1. 3. ECHELLES D'ANALYSES ET QUELQUES DEFINITIONS</b> .....  | <b>24</b> |
| 1. 3. 1. Niveaux de perception .....  | 24        |
| 1. 3. 2. Définitions de quelques caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols .....                 | 25        |
| <br>  |           |
| <b>CHAPITRE 2 : ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES LIGNEUX</b> .....  | <b>27</b> |
| <b>2. 1. METHODES D'ETUDES DES RESSOURCES PASTORALES LIGNEUSES</b> .....  | <b>27</b> |
| 2. 1. 1. Inventaire et description ressources ligneuses : Phase descriptive .....                                 | 27        |
| 2. 1. 1. 1. La phase analytique .....   | 27        |
| 2. 1. 1. 2. La phase de synthèse ou étude phytosociologique .....   | 28        |
| 2. 1. 1. 3. La phase cartographique .....   | 29        |
| 2. 1. 2. Etude de la production et de la valeur nutritive ligneuse .....  | 29        |
| 2. 1. 3. Etude de la dynamique de la végétation ligneuse .....  | 30        |
| <b>2. 2. BILAN DES ETUDES SUR LES LIGNEUX</b> .....   | <b>31</b> |
| 2. 2. 1. Couvert ligneux, Production et Composition floristique en zone sahélienne .....                          | 31        |
| 2. 2. 2. Caractéristiques des ligneux sahéliens.....  | 33        |
| 2. 2. 2. 1. La litière aérienne ligneuse .....  | 33        |
| 2. 2. 2. 2. Système racinaire (in Breman & Kesler, 1995) .....  | 34        |
| 2. 2. 3. Rôle, Gestion et Conduite des ligneux.....   | 35        |
| 2. 2. 3. 1. Rôle des ligneux .....  | 35        |
| 2. 2. 3. 2. Gestion et la conduite des ligneux : (in Breman & Kessler, 1995 ; Niamir, 1996).....                  | 39        |
| <b>2. 3. CONCLUSION DE LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....  | <b>42</b> |
| <br>  |           |
| <b>CHAPITRE 3 : ZONE D'ETUDE - LE FERLO A L'ECHELLE DU TEMPS</b> .....  | <b>44</b> |
| <b>3. 1. CADRE PHYSIQUE OU ABIOTIQUE</b> .....  | <b>44</b> |
| 3. 1. 1. Le Ferlo ou Sahel sénégalais.....  | 44        |
| 3. 1. 2. Géologie - Géomorphologie- Pédologie .....   | 45        |
| 3. 1. 3. Traits climatiques et évolutions .....   | 46        |
| 3. 1. 4. Hydrographie .....   | 49        |
| <b>3. 2. CADRE BIOTIQUE : VEGETATION</b> .....  | <b>49</b> |
| <b>3. 3. CADRE HUMAIN - GESTION DE L'ESPACE AGROSILVOPASTORAL</b> .....   | <b>50</b> |
| <b>3. 4. CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....  | <b>52</b> |
| <br>  |           |
| <b>2ème Partie : DYNAMIQUE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX</b> .....  | <b>54</b> |
| <br>  |           |
| <b>CHAPITRE 4 : DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX AU SAHEL : FERLO, NORD-SENEGAL – APPROCHE ECOLOGIQUE</b> ..... | <b>55</b> |
| <b>4. 1. INTRODUCTION</b> .....   | <b>55</b> |
| <b>4. 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES</b> .....   | <b>55</b> |
| 4. 2. 1. Les données : origines et types .....  | 55        |
| 4. 2. 1. 1. Données cartographiques : Description des groupements végétaux .....                                  | 55        |
| 4. 2. 1. 2. Données floristiques .....  | 56        |
| 4. 2. 1. 3. Données climatiques .....   | 57        |
| 4. 2. 2. Etude du peuplement ligneux .....  | 58        |
| 4. 2. 2. 1. Choix des sites de relevés .....  | 58        |
| 4. 2. 2. 2. Méthodes de collecte .....  | 58        |
| 4. 2. 3. Traitement des données .....   | 58        |
| <b>4. 3. RESULTATS</b> .....  | <b>60</b> |
| 4. 3. 1. Evolution de la Flore .....  | 60        |
| 4. 3. 1. 1. Etat initial de la flore .....  | 60        |
| 4. 3. 1. 2. Flore en 2000 .....   | 61        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4. 3. 1. 3. Diminution du nombre d'espèces.....                                    | 62        |
| 4. 3. 2. Variabilité spatiale .....  | 63        |
| 4. 3. 3. Variabilité temporelle : Analyse diachronique par groupement végétal..... | 67        |
| 4. 3. 3. 1. Zones humides et agropastorales de Thieul (JPa) .....                  | 67        |
| 4. 3. 3. 2. Zones sèches et pastorales de Tatki (Pa).....                          | 70        |
| 4. 3. 3. 3. Zone humide et pastorale (JPa) (dominante) .....                       | 74        |
| 4. 3. 4. Evolution de l'écart floristique entre les groupements végétaux .....     | 77        |
| <b>4. 4. DISCUSSION &amp; CONCLUSION .....</b>                                     | <b>77</b> |

**CHAPITRE 5 : STRUTURE DES PEUPEMENTS LIGNEUX AU SAHEL (FERLO) - NORD SENEGAL) - APPROCHE ECOLOGIQUE .....**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. 1. INTRODUCTION .....</b>                              | <b>83</b> |
| <b>5. 2. MATERIEL ET METHODES .....</b>                      | <b>83</b> |
| 5. 2. 1. Les données : origines et types.....                | 83        |
| 5. 2. 2. Etude du peuplement ligneux.....                    | 83        |
| 5. 2. 2. 1. Choix des sites de relevés .....                 | 83        |
| 5. 2. 2. 2. Méthodes de collecte .....                       | 84        |
| 5. 2. 3. Traitement des données.....                         | 84        |
| <b>5. 3. RESULTATS.....</b>                                  | <b>85</b> |
| 5. 3. 1. Flore et Diversité .....                            | 85        |
| 5. 3. 1. 1. La fréquence spécifique .....                    | 86        |
| 5. 3. 1. 2. Densité - Importance spécifique.....             | 87        |
| 5. 3. 1. 3. Diversité spécifique du peuplement ligneux ..... | 89        |
| 5. 3. 1. 4. Importance écologique.....                       | 90        |
| 5. 3. 2. Recouvrement .....                                  | 90        |
| <b>5. 3. 3. Structure du peuplement ligneux .....</b>        | <b>92</b> |
| 5. 3. 3. 1. Distribution selon la hauteur .....              | 92        |
| 5. 3. 3. 2. Distribution selon la circonférence .....        | 94        |
| 5. 3. 3. 3. Mortalité dans le peuplement.....                | 96        |
| 5. 3. 3. 4. Régénération du peuplement .....                 | 96        |
| <b>5. 4. DISCUSSION &amp; CONCLUSION.....</b>                | <b>97</b> |

**CHAPITRE 6 : DYNAMIQUE DES PEUPEMENTS LIGNEUX AU SAHEL : FERLO, NORD-SENEGAL APPROCHE ENQUETE OU PERCEPTION POPULATION .....**

|   |            |
|---|------------|
| <b>6. 1. INTRODUCTION .....</b>   | <b>104</b> |
| <b>6. 2. MATERIEL ET METHODES .....</b>   | <b>104</b> |
| 6. 2. 1. Choix des campements.....  | 104        |
| 6. 2. 2. L'enquête.....   | 105        |
| 6. 2. 3. Traitement des données .....   | 105        |
| <b>6. 3. RESULTATS .....</b>  | <b>106</b> |
| 6. 3. 1. Caractérisation globale de la perception locale : .....                  | 106        |
| 6. 3. 2. Dynamique du peuplement ligneux selon les populations.....               | 108        |
| 6. 3. 3. Caractérisation actuelle du peuplement ligneux par les populations ..... | 113        |
| 6. 3. 3. 1. La flore actuelle vue par les populations .....                       | 113        |
| 6. 3. 3. 2. La végétation actuelle vue par les populations .....                  | 114        |
| 6. 3. 3. 3. Renouvellement du peuplement vu par les populations .....             | 116        |
| <b>6. 4. DISCUSSION &amp; CONCLUSION .....</b>                                    | <b>116</b> |

**CHAPITRE 7 : DYNAMIQUE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS LIGNEUX AU SAHEL (FERLO-NORD SENEGAL) : SYNTHESE DES PERCEPTIONS ECOLOGIQUE ET LOCALE .....**

|  |            |
|--|------------|
| <b>7. 1. INTRODUCTION .....</b>                          | <b>122</b> |
| <b>7. 2. MATERIEL ET METHODES .....</b>                  | <b>122</b> |
| <b>7. 3. RESULTATS.....</b>                              | <b>122</b> |
| 7. 3. 1. Synthèse des deux types de caractérisation..... | 122        |
| 7. 3. 2. Comparaison des listes d'espèces .....          | 125        |
| <b>7. 4. DISCUSSION &amp; CONCLUSION.....</b>            | <b>125</b> |

**3ème Partie : CONSEQUENCES DE LA DYNAMIQUE DES PEUPEMENTS LIGNEUX ET GESTION ... 129**

**CHAPITRE 8 : CONSEQUENCES DES MODIFICATIONS DES PEUPEMENTS LIGNEUX SUR LE FONCTIONNEMENT DES SOLS .....**

|   |            |
|---|------------|
| <b>8. 1. INTRODUCTION.....</b>  | <b>130</b> |
| <b>8. 2. MATERIEL ET METHODES.....</b>  | <b>130</b> |
| 8. 2. 1. Dispositif expérimental.....   | 130        |
| 8. 2. 1. 1. Sites expérimentaux .....   | 130        |
| 8. 2. 1. 2. Matériel végétal.....   | 131        |
| 8. 2. 1. 3. Protocole de terrain .....  | 132        |
| 8. 2. 2. Analyses au laboratoire .....  | 133        |
| 8. 2. 2. 1. Activités potentielles microbiennes.....                          | 133        |
| 8. 2. 2. 2. Biomasse microbienne potentielle.....                             | 133        |
| 8. 2. 2. 3. Minéralisation potentielle de l'azote.....                        | 133        |
| 8. 2. 2. 4. Fixation d'azote : Nodulation et dénombrement de rhizobiums ..... | 134        |

|   |            |
|---|------------|
| 8. 2. 2. 5. Test de fertilité ou potentiel agronomique des sols.....  | 134        |
| 8. 2. 2. 6. Matière organique : Carbone (C) et Azote total (N) .....  | 134        |
| 8. 2. 3. Traitements des données.....   | 135        |
| <b>8. 3. RESULTATS .....</b>  | <b>135</b> |
| 8. 3. 1. Activité potentielle microbienne.....  | 135        |
| 8. 3. 1. 1. Effet espèce.....   | 136        |
| 8. 3. 1. 2. Effet site.....   | 136        |
| 8. 3. 1. 3. Effet distance au tronc d'arbre .....   | 137        |
| 8. 3. 2. Fixation d'azote : Nodulation et dénombrement de rhizobiums .....  | 140        |
| 8. 3. 2. 1. Effet espèce .....  | 140        |
| 8. 3. 2. 2. Effet site .....  | 141        |
| 8. 3. 3. Test de fertilité .....  | 142        |
| 8. 3. 3. 1. Effet espèce .....  | 142        |
| 8. 3. 3. 2. Effet site.....   | 143        |
| 8. 3. 3. 3. Effet distance au tronc d'arbre .....   | 144        |
| 8. 3. 4. Dynamique des peuplements et fertilité des sols .....  | 148        |
| 8. 3. 4. 1. Dynamique des légumineuses et de <i>Balanites aegyptiaca</i> dans les peuplements ligneux du Ferlo ..   | 149        |
| 8. 3. 4. 2. Impacts prévisibles d'une régression des légumineuses et de la progression de <i>Balanites aegyptiaca</i> 150   |            |
| <b>8. 4. DISCUSSION &amp; CONCLUSION .....</b>  | <b>152</b> |
| <br>  |            |
| <b>CHAPITRE 9 : CONSEQUENCES DE LA DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX SUR LES USAGES ET LES PRATIQUES, ET PERCEPTION DE LA GESTION DES RESSOURCES LIGNEUSES .....</b> | <b>158</b> |
| <b>9. 1. INTRODUCTION .....</b>   | <b>158</b> |
| <b>9. 2. MATERIEL ET METHODES.....</b>  | <b>158</b> |
| 9. 2. 1. Enquête.....   | 158        |
| 9. 2. 2. Traitements des données.....   | 159        |
| <b>9. 3. RESULTATS .....</b>  | <b>159</b> |
| 9. 3. 1. Evolution des usages .....   | 159        |
| 9. 3. 2. Impacts sur les usages .....   | 160        |
| 9. 3. 2. 1. Conséquences sur l'utilisation du bois de feu et de service .....   | 161        |
| 9. 3. 2. 2. Conséquences sur la pharmacopée traditionnelle.....   | 163        |
| 9. 3. 2. 3. Conséquences sur l'alimentation humaine.....  | 164        |
| 9. 3. 2. 4. Impacts sur le commerce des produits ligneux ou non ligneux.....  | 165        |
| 9. 3. 2. 5. Impacts sur le fourrage et les coupes .....   | 166        |
| 9. 3. 3. Impacts sur les pratiques.....   | 167        |
| 9. 3. 3. 1. Impacts sur les pâturages : le mode de conduite et la productivité .....  | 167        |
| 9. 3. 3. 2. Impacts sur la fertilité des sols.....  | 170        |
| 9. 3. 4. Gestion des ressources ligneuses au Ferlo .....  | 171        |
| 9. 3. 4. 1. Perception des règles d'accès.....  | 171        |
| 9. 3. 4. 1. 1. Accès actuel aux ressources ligneuses selon les populations .....  | 171        |
| 9. 3. 4. 1. 2. Les règles anciennes comparées aux règles actuelles par les populations.....   | 172        |
| 9. 3. 4. 2. Perception des interventions sur le milieu par les populations .....  | 173        |
| 9. 3. 4. 2. 1. La mise en défens.....   | 173        |
| 9. 3. 4. 2. 2. Les reboisements .....   | 174        |
| 9. 3. 4. 3. Contraintes à l'implication dans la gestion et aux aménagements .....   | 177        |
| <b>9. 4. DISCUSSION &amp; CONCLUSION .....</b>  | <b>178</b> |
| <br>  |            |
| <b>CHAPITRE 10 : IDENTIFICATION ET SELECTION D'INDICATEURS DE CARACTERISATION DES RESSOURCES LIGNEUSES ET DE DURABILITE DES ECOSYSTEMES PASTORAUX .....</b>           | <b>191</b> |
| <b>10. 1. INTRODUCTION .....</b>  | <b>191</b> |
| <b>10. 2. MATERIEL ET METHODES .....</b>  | <b>191</b> |
| 10. 2. 1. Choix des indicateurs .....   | 191        |
| 10. 2. 1. 1. Définition d'un indicateur .....   | 191        |
| 10. 2. 1. 2. Identification d'indicateurs biologiques.....  | 191        |
| 10. 2. 2. Caractéristiques des indicateurs.....   | 192        |
| <b>10. 3. RESULTATS &amp; DISCUSSIONS.....</b>  | <b>193</b> |
| 10. 3. 1. Identification d'indicateurs biologiques .....  | 193        |
| 10. 3. 1. 1. Indicateurs d'état de la végétation ligneuse.....  | 193        |
| 10. 3. 1. 2. Indicateurs du fonctionnement de l'écosystème ou Indicateurs de stabilité et de durabilité .....   | 196        |
| 10. 3. 1. 3. Indicateurs de la gestion des ressources ligneuses .....   | 199        |
| 10. 3. 2. Sélection et proposition d'indicateurs.....   | 200        |
| 10. 3. 2. 1. Indicateurs biologiques sélectionnés.....  | 200        |
| 10. 3. 2. 2. Choix des paramètres ou des indicateurs écologiques associés aux indicateurs biologiques retenus201  |            |
| 10. 3. 2. 3. Descriptions des paramètres associées aux indicateurs biologiques retenus.....   | 202        |
| <b>DISCUSSION GENERALE .....</b>  | <b>207</b> |
| <b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>   | <b>228</b> |
| <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>  | <b>233</b> |
| <b>ANNEXES .....</b>  | <b>246</b> |

## AVANT PROPOS

Cette thèse n'est pas un mémoire de sociologie, ni de microbiologie, encore moins de biopédologie ou d'ethnobotanique. Elle appartient au champ de l'écologie<sup>1</sup> végétale stricto sensu. Toutefois, elle essaie d'être au carrefour de ces différentes disciplines en tentant par une approche interdisciplinaire d'apporter des réponses pertinentes pour une meilleure gestion des ressources ligneuses en zone sahélienne. Elle traduit une volonté d'imprimer à la recherche actuelle une dynamique qui tend vers une réelle prise en compte de la perception des populations dans toute action de recherche-développement. Ainsi, elle vise à rendre plus opérationnels les résultats de cette recherche.

L'idée de combiner autour d'une même thématique ces différentes disciplines, est née au cours de mes travaux de terrain du DEA. Elle a été affinée après la soutenance de celui-ci. En effet, à la soutenance du DEA en décembre 2001, Le Professeur Amadou Tidjane BA (alors Président du jury et chef du département de biologie végétale), après tous mes analyses et commentaires pour caractériser la dynamique du peuplement ligneux de Thieul (Ferlo-Sud), m'avait posé la dernière question suivante :

«Comment comptes-tu restituer aux populations pastorales et agropastorales, l'ensemble de ces résultats intéressants décrits essentiellement à partir d'outils scientifiques (statistiques : Analyses multivariées...) ?

Cette question devenue récurrente, gêne le plus souvent les scientifiques. Néanmoins, mes encadreurs et moi avons fourni une réponse à la fois explicative et prospective.

Elle était explicative, car nous avons essayé de répondre à sa question à partir des résultats obtenus par la démarche écologique. Elle était prospective, car les perspectives de recherche dans le cadre de la thèse visaient à adjoindre à ce point de vue scientifique, la perception des populations devenue au fil du temps incontournable dans l'analyse de la dynamique de l'écosystème et de ses conséquences.

Ces deux réponses constituaient pour nous, des pistes pour solutionner ou amoindrir le problème permanent de la restitution des résultats de recherche aux populations. Par conséquent, elles ont inspiré notre démarche dans la thèse. C'est donc dans cet esprit de quête de résultats restituables aux populations, parce que découlant d'une synthèse où elles ont eu à donner leur point de vue, que nous avons écrit cette thèse.

Ce mémoire a été réalisé dans le cadre d'un programme de recherches sur les dynamiques des écosystèmes pastoraux du Ferlo initié par le Pôle pastoral zones sèches (PPZS). Le pôle pastoral zones sèches est un groupement d'intérêt scientifique constitué par l'UCAD, l'ISRA, le CIRAD, le CSE et l'ENEA. Il s'agit

---

1 : Certes, l'écologie lato sensu est une discipline intégrale qui englobe à l'origine toutes ses sous-disciplines (sociologie, microbiologie, biopédologie, ethnobotanique...). Cependant, ces dernières ont évolué et sont devenues des disciplines à part entière distinguées dans des facultés ou des départements, avec chacune, ses particularités qui les distinguent de l'écologie végétale stricto sensu. C'est dans ce sens qu'elles sont utilisées ici.

d'une équipe pluridisciplinaire regroupant des compétences en biologie, en socio-économie et en géographie. Ce groupement étudie les fonctionnements, les dynamiques des écosystèmes arides et semi-arides et les sociétés pastorales qui les valorisent en abordant en particulier les interactions entre systèmes sociaux et systèmes biologiques. Par une approche pluridisciplinaire, il analyse la viabilité de ces écosystèmes en relation avec leur durabilité écologique ou biologique, socioéconomique et institutionnelle. Le thème de ce mémoire porte sur les ligneux qui est une ressource primordiale pour les sociétés pastorales et un bon indicateur des tendances de changement des écosystèmes.

Cette thèse est aussi le fruit d'un long et passionnant travail entamé depuis 1999 au sein d'une équipe dynamique constituée alors, d'étudiants hyper motivés. Elle garde toujours sa valeur, car les résultats qui y sont exposés sont toujours d'actualité et se veulent innovants.

Elle m'a permis d'asseoir mes compétences en écologie, sur la gestion des ressources naturelles, le pastoralisme, les outils informatiques et les méthodes d'analyse multivariées. Elle aussi m'a procuré diverses expériences de terrain sur la flore et sur les méthodes d'études de celle-ci. Outre l'assise en écologie, elle m'a donné l'occasion d'analyser mes résultats avec un regard différent s'approchant de celui du sociologue, de l'ethnobotaniste, du microbiologiste, du pédologue, du pasteur, de l'agriculteur ou de l'agropasteur. Cette interdisciplinarité implique une collaboration avec les différents acteurs des institutions et des activités cités précédemment que je tiens à remercier.

## REMERCIEMENTS

Le travail rapporté dans cette thèse est le fruit d'un effort personnel et celui toute une équipe. C'est la raison pour laquelle, je tiens à remercier tous ceux ont aidé à son élaboration.

Ces remerciements s'adressent d'abord à mon directeur de thèse, le Professeur **Léonard Elie AKPO** qui m'a accepté depuis 1999 dans son laboratoire pour faire le DEA et la Thèse. Je n'ai jamais oublié une parole qu'il m'a dite la veille d'une de mes premières missions au Ferlo : « Il faut te débrouiller seul et prendre des initiatives ». Depuis, cette parole m'a habité et a été mon leitmotiv. Tout en ayant une écoute sur l'ensemble de ses orientations, j'ai essayé de me forger à partir de cette parole, une indépendance et un esprit critique et scientifique. Je retiens la rigueur scientifique que vous m'avez inculqué. Merci !

J'adresse ma profonde gratitude à mon directeur de stage Dr. **Alexandre ICKOWICZ**, Docteur en sciences, vétérinaire pastoraliste qui a guidé mes premiers pas dans la recherche. Il a tenu coûte que coûte à ce que cette thèse soit soutenue. Merci pour votre rigueur et vos qualités humaines remarquables.

Je remercie le **Dr. Aliou GUISSÉ** pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de juger ce travail et d'être le président du jury. Merci aussi d'avoir contribué à l'aboutissement de ce travail.

Mes remerciements vont également au **Dr Paul NDIAYE** et au **Dr Amadou Tamsir DIOP** qui par leur disponibilité et leur présence, rehausse la composition de ce jury. Malgré leurs charges, ils ont accepté de juger ce travail. Ils ont tenu eux aussi à ce que cette thèse soit soutenue.

Je remercie :

- Tonton Benoît DIOUF, sa femme Tata Rose et leurs enfants. Que Dieu vous bénisse et vous rende au centuple ce que vous avez fait pour moi !
- Ma belle famille en particulier Tonton Léon DIOB et Tata Véronique DIONE pour leur entière confiance.
- Tata Elisabeth NDOUR secrétaire du Doyen de la FST, et Mme Antoinette DIOUF secrétaire à la scolarité de la même Faculté, pour leur aide et soutien,
- L'ISRA qui m'a accordé une allocation de recherche pendant 2 ans,
- Mon "Jaam" Ibra Touré qui m'a épaulé tant sur le plan moral, matériel que financier.
- Les chercheurs du PPZS et mes ex-collègues stagiaires Aliou DIOUF, Astou DIAW CAMARA et Oumar Sy pour les échanges, le soutien, les remarques pertinentes et les conseils,
- Marie Fatima DEMBELE, que j'appelle affectueusement « mafati » en souvenir des bons moments vécus au PPZS et de ton appui permanent,
- Moustapha DIA, surnommé « GPS du Ferlo », mon Papa Baye Oumarou DIALLO et à maman Viviane SAMBOU,
- Tous les habitants de Thieul, Tatki et Revane pour l'hospitalité et les informations précieuses qu'ils nous ont fournies,
- Toutes les personnes qui de près ou de loin, m'ont soutenu pendant les périodes difficiles ou ont participé à ce travail. Je veux nommer M. DIATTARA, Joseph Saturnin DIEME, Pierre Sonar DIOUF, le Frère Luc BRUNETTE, Alphonse NGOM, Tonton Henry VARORE, Elie Joe mon « Homo », Abdou DJIBA, Bruno DIANDY, Tonton Silmari SÈNE, Alexis MANGA, Tonton Jean Baptiste SAGNA, Maurice DIOUF.

Je ne saurai terminer sans remercier ma Famille ; en premier ma Mère Germaine DIOUF pour ses prières maternelles et son soutien indéfectible ; ma sœur Marie Louise, mes frères Nicolas, Léon, Jean Pierre, Jean Paul et Gabriel. Florence « *Mama Yandé* », ce travail est le tien, donc le notre...Merci d'avoir raviver en moi le goût de la recherche.



## RÉSUMÉ

L'étude est une analyse de l'évolution des peuplements ligneux en relation avec les sols des formations sahéliennes du Nord-Sénégal (Ferlo), les usages et les pratiques pastorales et leur gestion durable. Elle combine une approche écologique et des enquêtes sur la perception des populations. Cette démarche pluridisciplinaire répond à l'impératif que constitue la mise en place d'outils de diagnostic pertinents, et de méthodes de gestion durable des écosystèmes semi-arides en adéquation avec le mode de vie des populations.

L'étude diachronique de la végétation ligneuse (lato sensu), montre un appauvrissement du nombre d'espèces selon des processus d'homogénéisation qui s'explique par une réduction du nombre de groupements originels et une convergence des cortèges floristiques en 2000. Les déterminants écologiques de cette évolution régressive sont le climat, l'agriculture, l'exploitation forestière et l'élevage. L'action du climat est sélective, immédiate, directe et décisive dans les zones pastorales arides. Elle est rémanente dans la zone agropastorale où elle est combinée à celles de l'agriculture et des autres déterminants. Le retour d'une bonne pluviométrie et le pâturage (zoochorie) ont favorisé la régénération d'espèces ligneuses en milieu strictement pastoral, tandis que l'agriculture et l'exploitation forestière sont inhibitrices de celle-ci dans la zone agropastorale humide. Ainsi, l'hypothèse du rôle prépondérant de l'élevage extensif dans l'évolution de la flore ligneuse n'est pas confirmée. La régénération est assurée par des espèces pionnières caractéristiques des zones dégradées. La perception des populations est en harmonie avec les caractéristiques et les tendances évolutives observées par l'approche écologique.

L'évolution régressive a engendré une diversification et une monétarisation progressive des usages sur les ligneux. Elle a entraîné d'une part des changements des stratégies qui ont consisté à adapter le choix des espèces utilisées, d'autre part à accroître la pression sur les essences fourragères non substituables. Il y a une compensation quantitative de la perte de qualité énergétique et mobilière pour l'usage du bois de feu et pour l'utilisation du bois de service ; un maintien du mode d'habitat traditionnel et de la sélection, là où la meilleure ressource est disponible ; une timide orientation vers un habitat moderne utilisant d'autres matières premières, là où les ressources ligneuses sont rares ou défendues d'exploitation. La gamme de produits alimentaires d'origine ligneuse s'est réduite. La substitution progressive du commerce des légumineuses par d'autres essences forestières abondantes et sources de gains, a généré un manque à gagner. Ces stratégies évitent aux femmes les grands déplacements qui se font toujours pour la quête des meilleures ressources ligneuses pour les fourrages et la pharmacopée traditionnelle. L'évolution des peuplements ligneux a également entraîné sur les pratiques pastorales, des modifications qui se traduisent par une augmentation de la mobilité des troupeaux et une réduction de la productivité du bétail. La perception de la gestion des ressources ligneuses révèle la nature indirecte lourde et privative du rapport usagers-ressources et une connaissance parcellaire et limitée du code forestier. Il y a un sentiment de rejet de la technique des mises en défens et une perception favorable des reboisements, mais variable selon le type d'acteurs communautaires.

L'étude des conséquences de la dynamique sur le fonctionnement des sols a mis en évidence un effet espèce, site, couvert et rhizosphérique sur l'activité potentielle des sols, la fixation d'azote, la fertilité et la productivité potentielle des sols. La minéralisation et la production sont meilleures sur les sols des légumineuses notamment d'*Acacia tortilis* qui régressent à la faveur des populations d'espèces pionnières telles que *Balanites aegyptiaca* dont les effets positifs sur la fertilité potentielle des sols, sont plus réduites.

L'étude a également permis d'identifier et de sélectionner un groupes d'indicateurs écologiques, ethnobotaniques pertinents, précis, repérables, rentables et opérationnels qui validés, serviront à mieux caractériser l'état, le fonctionnement et la gestion des ressources ligneuses.

Les stratégies de repeuplement ligneux au Sahel doivent donc tenir compte des facultés de résistance des ligneux, de leur usage, de leur impact sur les sols et des impératifs de sauvegarde de la biodiversité, mais aussi des savoirs locaux qui enrichissent, corrigent et complètent les connaissances des scientifiques.

**Mots clés** : Ligneux, Fertilité, Usages, Pratiques, Gestion, Ferlo, Sénégal.

## LISTE DES ABREVIATIONS

**ATEF** : Agent Technique des Eaux et Forêts  
**Aug-mobilité** : Augmentation mobilité  
**Dim-crois-prod** : Diminution embonpoint des animaux  
**Dim-écoulement** : Diminution durée écoulement  
**Dim-effect** : Diminution des effectifs  
**Dim-fert** : Diminution fertilité  
**Dim-fou** : Diminution fourrage  
**Dim-gros-prod** : Diminution embonpoint des animaux  
**Dim-hum** : Diminution humidité  
**Dim-omb** : Diminution ombre  
**Dim-qualité** : Diminution qualité  
**Dim-rend** : Diminution rendement  
**Ero-éol** : Erosion éolienne  
**HC** : Hectare Circulaire  
**Ind. / ha** : Individus par hectare  
**kgMS/ha** : Kilogramme de Matière sèche par hectare  
**MAD** : Matières Azotées Digestibles,  
**Manq-Matériaux Habitats** : Manque de matériaux pour l'habitat  
**MAT** : Matières Azotées Totales  
**PDI** : Protéines Digestibles dans l'Intestin grêle, g/kgMS  
**QCP** : Quadrant Centré sur Point  
**Réchauff** : Réchauffement  
**Recouv / esp** : Recouvrement par espèce  
**U. V.** : Unité de Végétation  
**UF/kgMS** : Unités Fourrages dites Leroy,;  
**UFL** : Unité Fourragère Lait  
**UFV** : Unité Fourragère Viande

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

### TABLEAUX

|   |     |
|---|-----|
| Tableau 1: Evolution des surfaces attribuées (en ha) pour l'agriculture à Thieul.....   | 51  |
| Tableau 2 : Répartition des années excédentaires et déficitaires par rapport à la normale.....  | 57  |
| Tableau 3 : Correspondance période de référence (cumul) et Années de relevés pour l'analyse diachronique.....   | 59  |
| Tableau 4: Espèces recensées entre 1970 et 1987.....  | 61  |
| Tableau 5: Cortège floristique du peuplement ligneux dans les sites de relevés en 2000.....   | 62  |
| Tableau 6: Évolution floristique des peuplements ligneux dans les sites de relevés suivis entre 1970 et 2000.....   | 62  |
| Tableau 7: Proportion relative des anciennes unités de végétation dans les trois groupements identifiés.....  | 66  |
| Tableau 8: Matrice de confusion de l'Analyse Factorielle Discriminante.....   | 67  |
| Tableau 9: Evolution des indices de similitude (Jaccard) entre groupements.....   | 77  |
| Tableau 10: Cortège floristique du peuplement ligneux du Ferlo en 2000.....   | 86  |
| Tableau 11: Fréquences (%) spécifiques ligneuses au Ferlo en 2000.....  | 87  |
| Tableau 12: Densités et diversités au Ferlo en 2000.....  | 88  |
| Tableau 13: Importance spécifique au Ferlo en 2000.....   | 89  |
| Tableau 14: Importance écologique en 2000 (IE, ou IVI : Importance value index) au Ferlo.....   | 90  |
| Tableau 15 : Variation du taux de recouvrement moyen dans les trois sites en 2000.....  | 91  |
| Tableau 16: Contribution des espèces dans le recouvrement global au Ferlo en 2000.....  | 91  |
| Tableau 17 : Caractérisation de l'évolution des peuplements ligneux (en % de citations).....  | 108 |
| Tableau 18 : Principaux facteurs d'évolution des peuplements ligneux (en % de citations).....   | 108 |
| Tableau 19 : Autres facteurs de l'évolution des peuplements ligneux, cités par les populations.....   | 110 |
| Tableau 20 : Espèces disparues selon les populations (en % de citations).....   | 111 |
| Tableau 21 : Espèces apparues selon les populations (en % de citations).....  | 111 |
| Tableau 22 : Stabilité ou maintien des espèces selon les populations (en % de citations).....   | 112 |
| Tableau 23 : Cortège floristique du Ferlo selon les populations.....  | 113 |
| Tableau 24 : Principales espèces du Ferlo selon les populations.....  | 114 |
| Tableau 25 : Espèces vieillissantes selon les populations (en % de citations).....  | 115 |
| Tableau 26 : Espèces menacées selon les populations (en % de citations).....  | 115 |
| Tableau 27 : Régénération selon les populations (en % de citations).....  | 116 |
| Tableau 28 : Récapitulatif de la caractérisation du peuplement ligneux par les deux perceptions.....  | 124 |
| Tableau 29 : Comparaison des paramètres de structure et de dynamique des deux approches par le coefficient de similitude de Jaccard.....  | 125 |
| Tableau 30 : Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés au Ferlo (Source : Données expérimentale IRD 2004).....  | 131 |
| Tableau 31: Biomasse microbienne ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) et concentrations en $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) et $\text{NH}_4^+$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) des sols d'Acacia tortilis, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca.....                                   | 136 |
| Tableau 32 : Biomasse microbienne ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) et concentrations en $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) et $\text{NH}_4^+$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) des sols de Tatki, Revane et Thieul.....   | 136 |
| Tableau 33 : Biomasse microbienne ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) et concentrations en $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) et $\text{NH}_4^+$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) mesurées par zone (SC et HC) sur les sols d'Acacia tortilis, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca..... | 137 |
| Tableau 34 : Biomasse microbienne ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) et concentrations en $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) et $\text{NH}_4^+$ ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) mesurées par zone (SC-HC) sur les sols de Tatki, Thieul et Revane.....                                   | 138 |
| Tableau 35 : Coefficients de corrélation entre carbone-azote total et texture des sols.....   | 139 |
| Tableau 36 : Coefficients de corrélation entre indicateurs de l'activité potentielle et caractéristiques chimiques des sols.....  | 139 |
| Tableau 37 : Coefficient de corrélation entre Biomasse microbienne et formes minérales d'azote.....   | 140 |
| Tableau 38 : Coefficients de corrélation entre nombre de rhizobiums et indicateurs de l'activité potentielle chez les trois espèces ligneuses.....  | 142 |
| Tableau 39 : Hauteurs moyennes de croissance du maïs sur les sols d'Acacia tortilis, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca (cm) : *différence significative à $p < 0,05$ ; NS : Non significative.....   | 143 |
| Tableau 40 : Quantités moyennes de matière sèche produite sur les sols d'Acacia tortilis, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca.....   | 143 |
| Tableau 41 : Hauteurs moyennes de croissance du maïs sur les sols d'Acacia tortilis, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca (cm) : * différence significative à $p < 0,05$ ; ** à $p < 0,01$ ; *** à $p < 0,001$ .....  | 144 |
| Tableau 42 : Quantité moyenne de matière sèche produite sur les sols Tatki, Revane et Thieul.....   | 144 |
| Tableau 43 : Hauteurs moyennes (cm) de croissance du maïs mesurées par zone (SC et HC) sur les sols d'Acacia tortilis, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca : * différence significative à $p < 0,05$ ; ** à $p < 0,01$ ; NS non significative.....                               | 145 |
| Tableau 44 : Hauteurs moyennes (cm) de croissance du maïs mesurées par zone (SC et HC) sur les sols de Tatki, Revane et Thieul : * différence significative à $p < 0,05$ ; ** à $p < 0,01$ ; *** à $p < 0,001$ ; NS non significatif.....   | 146 |
| Tableau 45 : Quantité moyenne de matière sèche (MS) aérienne (A), racinaire (R) et totale (T) produite par zone sur les sols d'Acacia tortilis, Acacia senegal et Balanites aegyptiaca.....   | 147 |
| Tableau 46 : Quantité moyenne de matière sèche (MS) aérienne (A), racinaire (R) et totale (T) produite par zone sur les sols de Tatki, Revane et Thieul.....  | 148 |
| Tableau 47 : Coefficients de corrélation entre paramètres chimiques, activité potentielle, croissance et production.....  | 148 |

|  |     |
|--|-----|
| Tableau 48 : Evolution du spectre floristique entre 1970 et 2000.....  | 149 |
| Tableau 49 : Importance spécifique (%) des légumineuses par rapport à celle de <i>Balanites aegyptiaca</i> dans les peuplements en 2000 selon les relevés écologiques..... | 150 |
| Tableau 50 : Amélioration de la fertilité potentielle par <i>Acacia tortilis</i> .....   | 151 |
| Tableau 51 : Règles actuelles d'accès aux ressources ligneuses selon les populations.....  | 171 |
| Tableau 52 : Règles anciennes d'accès aux ressources ligneuses selon les populations.....  | 172 |
| Tableau 53 : Perception des règles actuelles (R.A.) de gestion.....  | 172 |
| Tableau 54 : Perception locale des mises en défens :.....  | 174 |
| Tableau 55 : Perception locale de l'importance des opérations de reboisements.....   | 175 |
| Tableau 56 : Motivations à la participation aux campagnes de reboisements.....   | 175 |
| Tableau 57 : Liste des essences plantées par les populations au cours des reboisements.....  | 176 |
| Tableau 58 : Essences préférées par les populations.....   | 177 |
| Tableau 59 : Formes d'implications à la gestion des ressources ligneuses.....  | 177 |
| Tableau 60 : Contraintes liées à l'installation de vergers.....  | 178 |
| Tableau 61 : Classification par type d'activité des espèces utilisées par les populations.....   | 195 |
| Tableau 62 : Groupes d'espèces ou d'indicateurs biologiques retenus.....   | 201 |
| Tableau 63 : Paramètres sélectionnés pour les trois critères d'indicateurs identifiés.....   | 202 |

## GRAPHIQUES

|  |     |
|--|-----|
| Figure 1 : Schémas des trois types de systèmes racinaires ligneux des régions semi-arides.....   | 35  |
| Figure 2 : Carte de localisation de Tatki, Revane et Thieul (a, b) : La zone sylvo-pastorale (Ferlo) au Sénégal (b), dans le sahel (a) – Sources : FAO & CIRAD copyright : I. Touré et PPZS ; I. Touré, cartographie : PPZS, juin 2010.....  | 44  |
| Figure 3 : Evolution des écarts moyens normalisés annuels de la pluviométrie à Linguère et à Dagana entre 1951 et 2000.....  | 47  |
| Figure 4 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie à Tatki (a), Thieul (b), Revane (c).....   | 48  |
| Figure 5 : Variabilité spatiale de la végétation ligneuse au Ferlo : Diagramme des relevés (1970-2000) dans le plan principal de l'AFC.....  | 63  |
| Figure 6 : Variabilité spatiale de la végétation ligneuse au Ferlo : Diagramme des espèces (1970-2000) dans le plan principal de l'AFC.....  | 64  |
| Figure 7 : Evolution du peuplement ligneux à Thieul (groupe JPa) entre 1970 et 2000 : Chronogramme et Cénogramme du plan principal de l'AFC (PS : périodes sèches ; PH : périodes humides).....  | 68  |
| Figure 8 : Evolution du peuplement ligneux à Tatki (groupe Pa) entre 1970 et 2000 : Chronogramme et Cénogramme du plan principal de l'AFC (PS : périodes sèches ; PH : périodes humides).....  | 71  |
| Figure 9 : Evolution du peuplement ligneux à Revane (groupe IJPa) entre 1970 et 2000 : Chronogramme et Cénogramme du plan principal de l'AFC (PS : périodes sèches ; PH : périodes humides).....   | 74  |
| Figure 10 : Variation de la densité ligneuse en fonction de l'éloignement au forage (pression anthropique) au Ferlo.....   | 88  |
| Figure 11 : Distribution par classe de hauteur des individus du peuplement ligneux au Ferlo en 2000.....   | 92  |
| Figure 12 : Distribution par classe de hauteur des individus des 12 principales espèces au Ferlo en 2000.....  | 93  |
| Figure 13 : Distribution selon la circonférence des individus du peuplement ligneux au Ferlo, en 2000.....   | 94  |
| Figure 14 : Distribution selon la circonférence des individus des 12 principales espèces au Ferlo en 2000.....   | 95  |
| Figure 15 : Mortalité spécifique (%) au Ferlo en 2000.....   | 96  |
| Figure 16 : Régénération spécifique au Ferlo en 2000.....  | 97  |
| Figure 17 : Caractérisation de la structure actuelle et de la dynamique du peuplement ligneux au Ferlo par la perception locale et par l'AFC.....  | 107 |
| Figure 18 : Variation de la Biomasse microbienne (a) et des concentrations en NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (b) et NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (c) des sols en fonction de la distance au tronc d' <i>Acacia tortilis</i> , <i>Acacia senegal</i> et <i>Balanites aegyptiaca</i> ..... | 137 |
| Figure 19 : Variation de la Biomasse microbienne (a) et des concentrations en NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (b) et NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (c) moyennes des sols en fonction de la distance au tronc d'arbre, à Tatki, Revane et Thieul.....                                       | 138 |
| Figure 20 : Variation du nombre de nodules piégés (a) et de rhizobiums dénombrés (b) sur les sols d' <i>Acacia tortilis</i> , <i>Acacia senegal</i> et <i>Balanites aegyptiaca</i> .....   | 140 |
| Figure 21 : Variation intersites du nombre de rhizobiums dénombrés sur les sols d' <i>Acacia tortilis</i> (a), <i>Acacia senegal</i> (b) et <i>Balanites aegyptiaca</i> (c).....   | 141 |
| Figure 22 : Variation du nombre de rhizobiums dénombrés et de la biomasse microbienne mesurée sur les sols d' <i>Acacia tortilis</i> (a), <i>Acacia senegal</i> (b) et <i>Balanites aegyptiaca</i> (c).....  | 142 |
| Figure 23 : Croissance du maïs en fonction de la distance au tronc d' <i>Acacia tortilis</i> (a), <i>Acacia senegal</i> (b) et <i>Balanites aegyptiaca</i> (c).....  | 145 |
| Figure 24 : Croissance du maïs en fonction de la distance au tronc d'arbre à Tatki (a), Revane (b) et Thieul (c).....  | 146 |
| Figure 25 : Variation de la quantité de matière sèche (MS) aérienne (a), racinaire (b) et totale (c) en fonction de la distance au tronc d' <i>Acacia tortilis</i> , <i>Acacia senegal</i> et <i>Balanites aegyptiaca</i> .....  | 147 |
| Figure 26 : Variation de la quantité de matière sèche (MS) aérienne (a), racinaire (b) et totale (c) produite.....   | 147 |
| Figure 27 : Evolution d'ensemble des usages, analysée à partir d'une AFC (F1 & F2 : 80.4%).....  | 160 |
| Figure 28 : Fréquences d'usages des ligneux pour le bois de chauffe au Ferlo (Passé-Présent).....  | 161 |
| Figure 29 : Fréquences d'usages des ligneuses pour le bois de service au Ferlo (Passé-Présent).....  | 162 |
| Figure 30 : Fréquences d'usages des ligneuses pour la pharmacopée traditionnelle au Ferlo (Passé-Présent).....   | 164 |

|  |     |
|--|-----|
| Figure 31 : Fréquences d'usages des ligneuses pour l'alimentation humaine au Ferlo (Passé-Présent) ..... | 165 |
| Figure 32 : Fréquences d'usages des ligneuses pour le commerce au Ferlo (Passé-Présent).....             | 166 |
| Figure 33 : Fréquences d'usages des ligneuses pour le fourrages au Ferlo (Passé-Présent) .....           | 166 |
| Figure 34 : Fréquences d'usages des ligneuses à travers les coupes au Ferlo (Passé-Présent) .....        | 167 |
| Figure 35 : Impacts sur les pâturages.....   | 168 |
| Figure 36 : Impacts sur la strate herbacée .....   | 168 |
| Figure 37 : Impacts sur les mares .....  | 169 |
| Figure 38 : Impacts sur les modes de conduite du bétail.....   | 169 |
| Figure 39 : Impacts sur la productivité des animaux .....  | 170 |
| Figure 40 : Impacts sur les sols.....  | 170 |
| Figure 41 : Impacts sur les cultures .....   | 170 |

## ANNEXES

|   |     |
|---|-----|
| Annexe 1 : Groupements végétaux décrits par Valenza & Diallo (1972).....  | 246 |
| Annexe 2 : Surfaces attribuées (en ha) à Thieul par type d'activités .....  | 246 |
| Annexe 3 : Coordonnées géographiques des sites de relevés.....  | 247 |
| Annexe 4 : Schéma de la méthode de l'hectare circulaire .....   | 247 |
| Annexe 5 : Schéma de la méthode des quadrants centrés sur un point .....  | 248 |
| Annexe 6 : Schéma de l'échantillonnage des mesures de sols .....  | 248 |
| Annexe 7 : Nombre et lieux de prélèvements des échantillons de sols.....  | 249 |
| Annexe 8 : ACP préliminaire pour l'échantillonnage des mesures de sols .....  | 249 |
| Annexe 9 : Questionnaire .....  | 251 |
| Annexe 10 : Liste par famille des espèces rencontrées ou citées entre 1970 et 2000 .....  | 255 |
| Annexe 11 : Liste des espèces nommées dans le document .....  | 256 |
| Annexe 12 : Photos illustrant les types de peuplements ligneux sur sols seeno, sangré et baldiol ; et les actions anthropiques<br>(exploitation du bois, du charbon et les coupes abusives) à Tatki, Revane et Thieul. .... | 258 |

## SCHEMAS

|   |    |
|---|----|
| Schéma 1 : Démarche globale de l'étude..... | 53 |
|---|----|

## LISTE DES SIGLES

**CBD** : Convention sur la Diversité Biologique  
**CIRAD** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement  
**CIRAD-EMVT** : Département d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux du CIRAD (ex. IEMVT)  
**CNRS** : Centre National de Recherche Scientifique  
**CSE** : Centre de Suivi Ecologique  
**DEA** : Diplômes d'Etudes Approfondies  
**DEFCCS** : Direction des Eaux, Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols  
**DFID** : Département du développement international du Royaume Uni  
**DMN** : Direction de la Météorologie Nationale  
**ENDA-GRAF** : Environnement et Développement du Tiers-monde (Environmental development Action in the third World) - Groupe de Recherche-Action-Formation  
**ENEA** : Ecole Nationale d'Economie Appliquée  
**GTZ** : Coopération Technique allemande pour le développement (*Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*)  
**IEMVT** : Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux  
**IIED** : International Institute for Environnement and development  
**IRD** : Institut de Recherche et de Développement  
**IREF** : Inspections régionales des Eaux et Forêts  
**ISRA** : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles  
**LNERV** : Laboratoire Nationale de Recherche Vétérinaire  
**LOASP** : Loi d'Oriention Agro- Sylvopastorale  
**LPDE** : Lettre de politique de développement de l'élevage  
**NOAA** : National Oceanic and Atmospheric Administration  
**OCDE** : Organisation de Coopération pour le Développement Economique  
**ORSTOM** : Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer (devenu IRD)  
**P.I.B** : Produit Intérieur Brut  
**PAFS** : Plan d'Actions Forestières du Sénégal  
**PAPEL** : Projet d'Appui à l'Elevage  
**PAPF** : Programme d'Autopromotion Pastorale dans le Ferlo  
**PNAT** : Programme National d'Aménagement du Territoire  
**PNUE** : Progamme des Nations Unies pour l'Environnement  
**PPZS** : Pôle Pastoral Zones Sèches  
**UCAD** : Université Cheikh Anta Diop

# **INTRODUCTION GENERALE**

Les zones sèches couvrent environ 40 % des terres émergées du globe (5.1 milliards d'ha) et constituent l'habitat et la source de subsistance de plus d'un milliard d'êtres humains (PNUE, 1992). Les écosystèmes arides et semi-arides à eux seuls, représentent 25,8% de la superficie de ces terres et renferment plus de 14% de la population humaine mondiale (CBD, 2005). En Afrique, ces écosystèmes s'étendent sur 10 millions de km<sup>2</sup> et dépassent largement toute la zone sahélienne (WRI, 2002).

Dans les pays sahéliens, l'élevage extensif est la principale activité valorisante des terres arides et semi-arides. Au Sénégal, le sous-secteur de l'élevage contribue pour 7,4% au P.I.B national (LPDE, 1999). Il revêt une grande importance sociale et écologique (Tielkes, 2001).

Au cours de ces quatre dernières décennies, les écosystèmes pastoraux ont été confrontés à de nombreuses sécheresses, à l'accroissement démographique et à l'avancée du front agricole. La pression foncière des cultures a réduit l'espace pastoral. Elle est devenue une menace pour la mobilité des troupeaux, indispensable à la mise en valeur de ces écosystèmes par le pastoralisme (Behnke & al., 1993). Les conséquences de cette succession de contraintes ont été biologiques et socioéconomiques. Sur le plan biologique, des modifications sur la végétation des parcours sont signalées par des études réalisées dans la zone sahélienne (Gaston, 1981 ; Valenza, 1981 ; Klug, 1982 ; Barral & al., 1983 ; Grouzis, 1988 ; Boudet, 1989 ; Hiernaux & al., 1990). De nouveaux concepts apparaissent pour qualifier l'état ou l'évolution des ressources végétales des parcours. La notion de dégradation ou perte de productivité biologique ou économique (Carrière & Toutain, 1995 ; Behnke & Scoones, 1990), est très vite et amplement employée. Elle est à l'origine de la suspicion à l'égard de l'élevage extensif considéré dès lors comme le principal facteur de désertification suite aux phénomènes de surpâturage. La pertinence du maintien d'un tel système de production déjà jugé archaïque, contemplatif et peu productif, est alors mise en doute. C'est le début (vers les années 85), du désengagement des bailleurs de fonds et des scientifiques sur la recherche consacrée au pastoralisme et à son développement (Baxter, 1994 in Scoones, 1994).

Pourtant, tous ces facteurs combinés n'ont pas entraîné la disparition de l'élevage traditionnel extensif. En effet, le caractère simpliste des premières tentatives d'explication des évolutions et de leurs mécanismes au sein des écosystèmes a été rapidement décelé. Les concepts de dégradation et de désertification font l'objet de plusieurs interprétations contradictoires (Sandford, 1983 ; Warren & Agnew, 1988, cités par Behnke & Scoones, 1990). La complexité des facteurs en jeu (Carrière & Toutain, 1995), des interactions entre les systèmes biologiques et sociaux et des impacts du pastoralisme, justifie dès lors la poursuite des études sur l'évolution des écosystèmes pastoraux (Grouzis, 1988, Behnke & al., 1993).

De ce fait, les débats actuels portent non seulement sur les évolutions à venir, mais aussi sur le caractère durable des activités pastorales. Ils font également référence à la dégradation supposée et à la viabilité à long



terme de ces écosystèmes (Behnke & Scoones, 1990), notamment lorsque l'on prend en considération les critères de plasticité et de résilience de la végétation sahélienne (Cornet, 1981, Mische, 1997). Par ailleurs, des difficultés persistent pour différencier les causes des changements de végétation imputables à l'homme et/ou aux pluies (Ahlchrona, 1989 ; Warren & Agnew, 1988). Des difficultés apparaissent également pour distinguer les modifications temporaires et permanentes des couvertures végétales (Grouzis, 1990 in Behnke & Scoones, 1990). Les travaux de synthèse et de modélisation des mécanismes de production et de renouvellement des ressources sur les parcours, restent limités sur le plan spatio-temporel par l'état parcellaire des études entreprises ou par l'absence de données récentes (Carrière & Toutain, 1995).

Or, on dispose à présent d'un recul suffisant dans le temps pour aborder les questions relatives aux changements de la végétation des zones pastorales et à leurs conséquences. Ces questions peuvent-être résumées par la question fondamentale suivante :

*"Quels changements ont été observés depuis plus d'une trentaine d'années sur la végétation des zones pastorales, et quels impacts ont-ils eu sur ces écosystèmes et sur leur durabilité ?"*. Cette interrogation a été scindée en trois sous-questions.

Dans le Ferlo en zone sahélienne du Sénégal, le Pôle Pastoral Zones Sèches a entrepris depuis 2000 de suivre les dynamiques des écosystèmes pastoraux. Par une approche pluridisciplinaire, ce groupement scientifique analyse la viabilité de ces écosystèmes en relation avec leur durabilité écologique ou biologique, socio-économique et institutionnelle. Sur le plan biologique, un intérêt particulier est porté sur l'arbre, bon indicateur des tendances de changement des écosystèmes et ressource majeure pour les sociétés pastorales. Des résultats partiels ont été obtenus dans la zone agropastorale (Thieul), dans le cadre de ce programme (Diouf, 2001).

Ce travail tente de répondre sur le plan fondamental, à ce contexte d'interrogations et de besoins d'actualisation des données sur la durabilité des ressources ligneuses des espaces pastoraux par la sous-question suivante :

- *Quels ont été au cours de ces quatre dernières décennies, les modifications et les processus en jeu qui ont affecté les peuplements ligneux du Ferlo ?*

Pour assurer de meilleures conditions de vie aux pasteurs, l'état des parcours doit être maintenu et si possible amélioré (Sharman, 1988). Les bilans mitigés des plans d'aménagements et de gestion des ressources naturelles, ont orienté les scientifiques vers la prise en compte de la dimension socio-économique de la dégradation (Wincke, 1995). C'est pourquoi la perception des populations vivant dans ces milieux a été

intégrée dans les recherches. Elle a été mise en parallèle avec les observations écologiques pour analyser la dynamique des peuplements ligneux.

L'efficacité sur la régénération des peuplements ligneux des expériences de mise en défens (1980-2005) et de contrôle de la charge animale des périmètres pastoraux, n'a pas été établie (Miehe, 1991). En outre, les expériences de reboisement avec *Acacia senegal* au cours des années 1980 n'ont également pas été un grand succès au Ferlo. Beaucoup de dispositifs ont disparu après une quinzaine d'années (Diouf, 2001). Pourtant, des études ont montré sur le terrain le rôle important de la strate ligneuse dans les usages et les pratiques des sociétés pastorales (Le Houerou, 1980 ; Breman & Kessler, 1995) et dans l'amélioration des conditions de développement et de la production de la strate herbacée (Akpo, 1998, 1992). L'arbre procure aux populations pastorales du bois-énergie, des fruits, du fourrage pour les animaux, de produits de pharmacopée traditionnelle ou alimentaires. Le fourrage aérien, aliment essentiel du bétail au cours des 3 ou 4 derniers mois de la saison sèche, constitue respectivement jusqu'à 40 et 90 % du régime des bovins et petits ruminants (Guérin, 1987, Ickowicz 1995).

Ces travaux ont aussi montré une augmentation du niveau de fertilité des sols situés sous l'arbre, liée en grande partie aux retombées de litière (Weltzin & Coughenor, 1990 ; Isichei & Muoghalu, 1992, Akpo, 1998) ou au renouvellement des racines (Grego & al., 2003). Or la quantité et la qualité de litière (Soumaré, 1996 ; Sanon & al., 2005) et l'effet rhizosphérique (Grego & al., 2003), varient en fonction de l'espèce et de la structure du peuplement.

Partant de ces résultats et de l'hypothèse que des changements dans le peuplement peuvent avoir des répercussions directes sur les sociétés pastorales et leur milieu de vie, ce travail essaie également d'apporter des réponses aux deux dernières sous-questions ci dessous :

- *Quels sont les impacts des modifications du peuplement végétal sur le fonctionnement des écosystèmes, analysés à travers le rôle joué par l'arbre sur l'activité biologique des sols et leur productivité ?*
- *Quelles sont les conséquences de ces modifications sur le fonctionnement des systèmes sociaux et de production, perçues notamment à travers les usages et les pratiques ?*

Sur le plan méthodologique, ce travail essaie par notre démarche interdisciplinaire, de mettre en place des outils de diagnostic et de gestion durable des ressources, pertinents, opérationnels en adéquation avec le mode de vie et la perception des populations. Il s'agira de dégager des pistes d'identification et de sélection d'indicateurs d'état, de changement d'état, de durabilité de cette ressource, et de viabilité de l'écosystème en termes de fertilité.

Les autres applications attendues de ces résultats, s'appuient sur l'hypothèse d'une nécessité d'interventions

actives sur le milieu pour une régénération des peuplements ligneux, et concernent les recommandations à formuler pour les futures campagnes de reboisement.

Le premier chapitre de cette thèse précise les concepts écologiques utilisés et fait un rappel de l'état des connaissances sur les ressources ligneuses. Il décrit également d'une façon évolutive la zone d'étude. Le second chapitre est consacré à l'étude de la dynamique du peuplement ligneux et de ses facteurs déterminants. Les chapitres III et IV traitent respectivement des impacts de cette dynamique sur le fonctionnement des sols et sur les usages et pratiques des populations. La perception des populations sur la gestion des ressources ligneuses, est également abordée dans ce chapitre IV puisqu'elle peut être influencée par cette dynamique. Dans le chapitre V, des indicateurs de caractérisation des ressources ligneuses et de durabilité des écosystèmes pastoraux sont identifiés et sélectionnés. La discussion et la conclusion générale sur l'ensemble des résultats, font suite à ces cinq chapitres et terminent ce travail.

# **1<sup>ère</sup> Partie : CADRE CONCEPTUEL - PRESENTATION DE LA ZONE**

# CHAPITRE 1 : DÉFINITIONS DES CONCEPTS

## 1. 1. STRUCTURE ET DYNAMIQUE

La description d'un peuplement végétal fait référence à sa structure et sa dynamique. **La structure** d'une végétation en un moment donné, est l'expression et la résultante de l'ensemble des interactions entre individus d'espèces d'une communauté, et entre ceux-ci et le milieu abiotique. La phytoécologie résume ce concept en deux aspects spatial et numérique ou statistique (Garcia, 1982). Le premier aspect concerne la répartition et l'agencement des individus d'espèces les uns par rapport aux autres, tandis que le second fait référence à la distribution des classes de fréquences d'occurrences des individus des différentes espèces. Guinochet (1973) distingue une structure verticale (stratification) et une structure horizontale (abondance-dominance, sociabilité, notion de mosaïque). La notion de structure comporte aussi un aspect dynamique ou fonctionnel.

**La dynamique** traduit le caractère non statique permanent d'un écosystème. Elle montre que l'état de l'écosystème est constamment modifié par les mécanismes responsables de changements de structure et de fonctionnement. Ces mécanismes sont les perturbations et les stress. Les peuplements végétaux actuels résultent donc de la dynamique et de la réponse des espèces face aux perturbations et aux stress qu'ils subissent depuis des millénaires (Jauffret, 2001). Nous retiendrons les définitions de ce dernier auteur qui indique que :

- **la perturbation** est liée à tout événement ou mécanisme qui désorganise la structure de l'écosystème, de la communauté ou de la population. Elle modifie les ressources, la disponibilité du substrat ou l'environnement physique, et limite la biomasse d'un individu ou d'une population en causant sa destruction partielle ou totale (fréquence faible et aléatoire, intensité forte).
- **le stress** est un facteur (ou ensemble de facteurs), qui limite la vitesse de production de biomasse, la capacité de reproduction, de régulation, de changement morpho-physiologique. Il sélectionne en même temps les taxons adaptés (fréquence forte et régulière, intensité faible).

Aux perturbations naturelles se rattache le concept de succession végétale ou écologique. La succession est « un ensemble de processus par lesquels un écosystème naturellement (**succession primaire**) ou artificiellement altéré ou détruit (**succession secondaire**), entreprend spontanément de se reconstituer pour recouvrer un état qui soit en quelque sorte, un fac-similé de son état initial », (Blondel (1979) in Jauffret, 2001).

Les **successions primaires** caractérisent l'établissement d'une biocénose climacique sur un biotope récemment formé (eutrophisation d'un lac, coulée de lave récente). La dynamique d'occupation se fait sur

une surface nue au départ (Jaufret, 2001). Quant aux **successions secondaires**, elles concernent les phénomènes de reconstitution du climax sur un biotope antérieurement perturbé (régénération d'une forêt après culture ou incendie).

On parle également de successions **autogéniques** et **allogéniques**. Les premières découlent d'un processus biotique qui s'exerce à l'intérieur de l'écosystème. Il s'agit des successions liées aux interactions entre les organismes sans influence extérieure. Les secondes sont liées à l'influence des facteurs perturbateurs d'origine extérieure à l'écosystème.

Les successions autogéniques résultent du développement d'une communauté sur un biotope initialement perturbé et de son évolution vers un écosystème de plus en plus complexe. Elles décrivent divers stades successifs qui correspondent essentiellement à des **séries progressives**.

Les successions allogéniques aboutissent généralement à des biocénoses instables ou à des destructions totales d'écosystèmes. Elles peuvent cependant conduire dans certains cas favorables, à la constitution d'un **disclimax** très différent dans sa composition spécifique, de la phytocénose primitive. Les stades évolutifs décrits par les successions allogéniques correspondent le plus souvent à des **séries régressives** et renferment des peuplements de plus en plus appauvris.

Les modèles de succession ont été l'objet de débats contradictoires entre les écoles de pensées (Clements, 1916 ; Margalef, 1974 ; Odum, 1969 in Jauffret, 2001) et de plusieurs synthèses qui distinguent 3 catégories (Hiernaux, 2001 in Botoni, 2003) :

- le **modèle climacique** : le climax est défini comme le stade final d'équilibre d'une évolution linéaire de la végétation depuis un stade de dégradation ultime ou stade pionnier. Il s'agit d'une évolution progressive ou régressive (souvent assimilée à une dégradation), selon que la végétation se rapproche ou s'éloigne de cet état d'équilibre (Guinochet, 1973). La notion de climax a progressivement disparu du vocabulaire de certains pastoralistes, du fait de l'exclusion de l'action humaine dans la définition primaire, du perpétuel changement de la composition floristique, de l'ignorance de l'état d'équilibre du système ou de l'impossibilité pour la gestion à rétablir les conditions du climax (Sharman, 1988).
- le **modèle « état et flux »** : C'est un « modèle d'équilibre dynamique » dans lequel l'évolution n'est pas linéaire. Il est caractérisé par des états entre lesquels les changements ne sont pas toujours réversibles et par l'inexistence d'un état final d'équilibre (Botoni, 2003).
- le **modèle de « non équilibre »** : Ce modèle est attribué à la végétation des "zones de précipitations irrégulières (arides et semi-arides)". Il souligne les changements brutaux que peut subir la végétation (sécheresses, inondations) et remet en cause la notion d'équilibre entre végétation et les conditions écologiques de l'écosystème.

L'analyse de la dynamique d'une végétation ou d'un écosystème, fait également appel au terme de « stabilité ». La notion de **stabilité** est un concept dynamique qui traduit la capacité d'un écosystème à revenir à sa position d'équilibre après qu'une perturbation l'en ait éloigné (Mommaerts, 2005). L'écosystème étant caractérisé par l'ensemble biocénose-biotope, les interactions entre les êtres vivants, et entre ceux-ci et leur milieu de vie, sa stabilité va dépendre de la complexité de ces interactions, de leurs propriétés adaptatives, de leurs évolutions, donc du nombre d'espèces. Plus il y'aura d'espèces dans le milieu, plus cette complexité sera élevée, et plus la stabilité du système sera maintenue. La diversité spécifique joue ainsi un rôle écologique fondamental dans l'écosystème. Elle contribue à sa stabilité et au maintien des fonctionnalités avec la richesse en espèces redondantes.

La stabilité peut être perçue comme une constance approximative de certains caractères quantitatifs du peuplement (**invariance quantitative**), en dépit des variations des conditions ambiantes et des changements de composition spécifique (Frontier, 1999). **L'invariance** (stabilité) **qualitative** ou **résilience** correspond à une constance de la composition du système écologique.

La dynamique d'un peuplement peut aboutir à des **disparitions** ou **apparitions** d'espèces. Le petit robert définit le mot disparition comme le fait de ne plus être visible, l'action de partir d'un lieu, de ne plus s'y manifester ou de cesser d'y exister suite à une mort, une fin ou une suppression. Il l'associe aussi au mot « extinction ». L'UICN (Barbault, 1997), considère qu'un taxon est éteint lorsqu'il n'a plus été observé dans la nature depuis cinquante ans.

D'après le wikipédia, une espèce est réputée « disparue » quand le dernier membre de cette espèce est mort. L'extinction devient alors une certitude quand il n'y a plus d'individus survivants capables de se reproduire et de créer une nouvelle génération. Une espèce est dite « fonctionnellement éteinte », lorsque les individus survivants ne peuvent plus se reproduire, à cause d'une santé faible, de l'âge ou d'une distribution éparse sur une grande étendue, d'un manque d'individus d'un des deux sexes (pour les espèces à reproduction sexuée), ou encore à cause d'un nombre trop réduit d'individus ....

En écologie, le terme extinction ou disparition est souvent utilisé en référence au phénomène d'extinction locale (ou extirpation), dans lequel une espèce cesse d'exister dans une zone d'étude donnée mais vit encore ailleurs. En effet, l'absence d'une espèce en un endroit où elle a été observée par le passé ne signifie pas qu'elle se soit totalement éteinte. Mais peut être qu'elle s'est déplacée passagèrement (Schütz, 1997).

La disparition d'espèce peut être utilisée pour traduire les baisses extrêmes de densités de populations dans une zone. Les individus sont tellement dispersés que les probabilités de reproduction sont limitées. De même, la probabilité de les rencontrer dans un relevé floristique est également infime.

Dans ce travail, la notion de disparition correspond à cette extirpation ou extinction locale pendant une certaine durée (au moins supérieure à 20 ans) qui peut aussi être assimilée à une raréfaction extrême comme

le considère Jauffret (2001).

Le mot apparition traduit d'après le dictionnaire le fait de venir à l'existence, de se révéler de se manifester pour la première fois. Ce terme désigne dans ce travail, la première manifestation d'une espèce qui n'a pas été rencontrée dans la zone par le passé.

Une extinction locale peut être suivie d'une recolonisation ou **réintroduction** naturelle d'individus d'une espèce. Ainsi, des espèces d'abord considérées comme « éteintes », faute d'individus observés pendant plusieurs années ou décennies, peuvent ainsi être redécouvertes. Une régénération à partir du stock de semences d'une espèce considérée disparue peut également avoir lieu à la faveur d'une amélioration des conditions pluviométriques. Pour ces espèces préexistantes qui repoussent en masse (augmentation de densité) ou se sont revenues naturellement après avoir déserté le milieu pendant un long moment, le terme de « **réapparition** » ou « **réintroduction** » a été utilisé.

## **1. 2. RESSOURCES LIGNEUSES - GESTION - DURABILITE**

**Les ressources** naturelles d'un biotope font référence à l'ensemble des constituants, des richesses ou des potentialités naturelles qui déterminent la vie des habitants dans un milieu. Elles sont caractérisées par leur disponibilité, leur accessibilité, leur qualité, leur vulnérabilité et leur degré de renouvellement.

**Les ligneux** par opposition aux herbacées, sont des ressources végétales dont les tissus des tiges, des racines ou des branches renferment de la lignine, constituant principal du bois. C'est une substance organique compacte, fibreuse, composée de cellulose et d'hémicellulose. Elle donne nature au bois par ses propriétés : imperméabilité, inextensibilité et rigidité. Les ligneux comprennent les arbres, les arbustes, les arbrisseaux et quelques lianes (chaméphytes et phanérophytes).

**La gestion des ressources naturelles (GRN)**, est définie comme une administration qui consiste en l'exploitation et la conservation de biens naturels, s'appuyant généralement sur une planification (Daget & Godron, 1974). D'après Jund & al. (2000), c'est la mise en valeur et l'emploi d'un ensemble de mesures ou de moyens (techniques, financiers et organisationnels), pour le :

- maintien d'un état de fonctionnement jugé optimum pour les ressources,
- retour vers une situation antérieure jugée meilleure par rapport à une présente dégradée du fait de l'action des facteurs biotiques et abiotiques.

Le concept de **durabilité** ajoute à celui de la gestion une dimension rationnelle et pérenne, c'est-à-dire une utilisation des ressources qui satisfait les besoins actuels des populations sans compromettre ceux des générations futures (CMED, 1989). La notion de développement durable traite de quatre grands aspects la multidimensionnalité (DFID, 2001), (environnementale, économique, sociale, institutionnelle), l'irréversibilité de certaines situations engendrées par le développement, l'équité intra et intergénérationnelle et les situations



de risque et d'incertitude qui en découlent. L'analyse de la durabilité demande donc un repérage de ces différents aspects et la mise en place d'indicateurs capables d'en mesurer les interactions. Selon Botoni (2003), la réponse à la durabilité ou viabilité du système devient délicate une fois que ce concept est transféré à l'échelle des systèmes pastoraux ou agropastoraux. A ce niveau, la durabilité met en relation l'éleveur, son troupeau, l'exploitation et le système. Ces composantes doivent être analysées tour à tour ou simultanément : durabilité écologique ou de l'exploitation (évolution des ressources, satisfaction des besoins fourragers pour une bonne productivité du troupeau, du bien être socio-économique de l'éleveur, de l'accès à l'espace et aux ressources).

### **1. 3. ECHELLES D'ANALYSES ET QUELQUES DEFINITIONS**

#### **1. 3. 1. Niveaux de perception**

Les relations entre la végétation et le milieu ne sont pas de même nature qualitativement et quantitativement suivant les échelles auxquelles on les examine (Long, 1974). En ce qui concerne l'approche écologique, trois niveaux de perception relatifs au site d'étude, à la station écologique et au site de prélèvement, ont été identifiés.

**Le site d'étude** correspond au secteur écologique dont les variables prépondérantes sont les unités ou groupements végétaux, les types de sol, la géomorphologie, la topographie, le type d'utilisation de l'espace (pratiques agricoles, pastorales), Akpo (1992) et le climat. Cette échelle qui définit mieux le terroir pastoral ou agropastoral, est caractérisée par des limites souvent approximatives.

**La station écologique** désigne la surface où les conditions écologiques sont homogènes. Elle est caractérisée par une végétation uniforme (Godron & al, 1983 in Grouzis, 1988). C'est à cette échelle que les interactions milieu-végétation sont plus significatives, et l'impact des facteurs biologiques (zoo-anthropiques), mieux perçus (Grouzis, 1988). La station peut contenir une ou plusieurs placettes pour l'exécution des relevés de végétation.

**Le site de prélèvement** se rapporte à la portion du terroir occupée par un arbre et son correspondant ou zone située hors de la projection de sa couronne.

Pour l'approche enquête sur la perception locale, les niveaux d'analyse correspondent au terroir (pastoral ou agropastoral), déjà défini et au campement.

Le campement (ou *Wuro* chez les peuls), est ensemble constitué d'un ou de plusieurs Gallé. Ce dernier composé d'un ou plusieurs ménages, correspond à l'unité socio-économique de base représentative de la structure familiale, et relationnelle à l'intérieur d'un même espace (généralement localisé autour d'une mare),

à travers laquelle la gestion du troupeau est dévolue au chef de famille (ou Jom Gallé), (Vireton, 2002). Le Jom Gallé a la responsabilité de prendre les décisions nécessaires à la survie du groupe familial.

### 1. 3. 2. Définitions de quelques caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols

**Les phases minérale et organique** sont deux caractéristiques principales de l'état d'un sol.

La texture est un indicateur des propriétés physiques du sol. Elle permet de distinguer les différentes fractions de la phase minérale du sol. Ses principales composantes sont :

- la fraction grossière composée de particules dont la taille est supérieure à  $2\mu$  (sables et limons). Elle joue le rôle de squelette du sol et est important pour la quantité d'eau qu'elle retient.
- la fraction fine qui renferme essentiellement les argiles dont les dimensions sont inférieures à  $2\mu$ . La teneur en colloïdes argileux et l'importance de leur floculation jouent un rôle très important dans l'absorption des ions, la rétention et la circulation d'eau dans les sols.

La phase organique d'un sol comprend les molécules de carbone, d'hydrogène, d'azote, de soufre et de phosphore, issues de la décomposition des animaux et des plantes mortes. L'azote représente 1 à 5% de la matière végétale et constitue un élément nutritif vital pour la plante (Benjelloun & al, 2002). La matière organique du sol en contient 5%, mais seulement 1 à 3 % de cette fraction est mise annuellement à la disposition des plantes via le processus de la minéralisation (Donahue & al, 1983 in Benjelloun & al, 2002).

**La minéralisation** est un processus de transformation de la matière organique en éléments solubles ou gazeux : ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), produits au cours de l'ammonification et de la nitrification (minéralisation primaire). **L'humification** est la transformation de la litière et des débris animaux en humus composé de grosses molécules organisées en colloïdes humiques. Ces complexes humiques différents selon les conditions climatiques et le type de végétation du milieu, vont être transformés au cours de la minéralisation secondaire en molécules minérales plus simples assimilables par les plantes. La minéralisation s'accompagne de la diminution de la teneur en carbone et de l'augmentation de la teneur en azote. Donc plus un sol sera pauvre, plus il renfermera du carbone, contrairement à la forte teneur en azote qui est synonyme de fertilité. Le rapport C/N renseigne sur la vitesse et l'importance de la minéralisation d'un sol, et donc sur la richesse en azote d'un humus (MCD, 1991). L'humidité, la température et la disponibilité du substrat organique sont les principaux facteurs influençant le processus de minéralisation de l'azote (Power, 1990 in Benjelloun & al, 2002). Cependant, cette dernière est la conséquence de l'activité des micro-organismes (surtout nitrifiants) présents dans le sol. Ainsi, la **qualité biologique des sols** ou « **Fertilité des sols** » dépendra en plus des propriétés physico-chimiques, de l'abondance, de la diversité et de l'activité de ces micro-organismes (Chaussod, 1996).

Plusieurs indicateurs pertinents, parmi lesquels la **biomasse microbienne**, le **dénombrement de micro-organisme**, la fixation symbiotique de l'azote et la **minéralisation**, permettent d'apprécier la qualité biologique des sols. **La biomasse microbienne** est de nos jours, l'un des indicateurs les plus pertinents pour évaluer la quantité de micro-organismes présents dans un sol. C'est une notion qui informe sur l'importance de la population microbienne sans toutefois renseigner sur son activité métabolique (Grego & al, 2003). Elle a un taux de renouvellement important, mais ne représente qu'un faible pourcentage (1 à 3%), de la matière organique totale (ITAB, 2002). Un pool de matière organique active ou labile a été défini entre la biomasse microbienne et l'humus très stable (Parton & al, 1987 ; Biederbeck & al, 1994 ; in ITAB, 2002). La quantification par extraction à l'eau chaude (Juma & Paul, 1984 ; in ITAB, 2002), a révélé l'origine essentiellement microbienne de ce pool labile et l'existence pour un type de sol donné, d'une relation entre la taille de ce compartiment et la taille de la biomasse microbienne (Lemaître & al, 1995 (a, b) ; Sparling & al, 1998 ; in ITAB, 2002).

Ces définitions et ces concepts servent de cadre de référence à cette étude.

## **CHAPITRE 2 : ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES LIGNEUX**

### **2. 1. METHODES D'ETUDES DES RESSOURCES PASTORALES LIGNEUSES**

Elles peuvent être divisées en trois catégories selon l'objectif visé (Ickowicz, 1995) :

- les méthodes d'inventaires et de description de pâturages (typologie des parcours) ;
- les techniques d'évaluation de la productivité et de la valeur nutritive des pâturages aériens ;
- les méthodes d'études de leur dynamique.

#### **2. 1. 1. Inventaire et description ressources ligneuses : Phase descriptive**

Les travaux de reconnaissance et de description des parcours naturels comprennent trois phases (Dièye & Gaston, 1986 ; Heinrich & al, 1990) :

- la phase analytique,
- la phase synthétique,
- la phase cartographique.

##### **2. 1. 1. 1. La phase analytique**

La phase analytique correspond à la phase d'investigation et de collecte d'information décrivant l'écologie d'une zone (Sharman, 1988). Elle rassemble toutes les opérations allant du choix des sites d'échantillonnage (stations), à l'exécution proprement dite des relevés phytosociologiques.

Le choix et la délimitation des stations nécessitent le recours à la photographie aérienne ou à la cartographie (cartes d'occupations de l'espace, de végétation, climatiques, géomorphologiques, pédologiques, à petit ou moyenne échelle (1/500 000 à 1/200 000), ou des photos aériennes (1/50 000 à 1/20 000)). Les produits fournis par ces outils donnent des indications sur l'hétérogénéité du milieu et permettent de différencier des ensembles ou unités écologiques sur lesquels, le choix des sites de relevés est effectué.

L'inventaire écologique ne peut être effectué de manière exhaustive, mais il faut procéder à un échantillonnage statistique (PROGEDE, 2002), pour la détermination du nombre de relevés nécessaires. L'échantillonnage peut être aléatoire, systématique ou stratifié. Le relevé correspond à l'ensemble des observations écologiques et phytosociologiques effectuées sur une station (Emberger & al, 1968 in Poissonnet & al., 1985). L'homogénéité de la station est définie à partir de la notion d'aire minimale qui correspond à la surface la plus petite au-delà de laquelle, les nouvelles espèces sont absentes ou rares. Dans la zone sahélienne, les contraintes liées au manque de moyens, de main d'œuvre ou à la densité ligneuse, limitent cette surface minimale à 2500 m<sup>2</sup> ou 10 000 m<sup>2</sup> (1ha), (Dièye & Gaston, 1986).

En plus de la liste floristique exhaustive, le relevé phytosociologique est complété par des indications sur la

physionomie de la végétation, la stratification, le recouvrement, l'abondance-dominance, la sociabilité et la vitalité des espèces. Les échelles utilisées pour l'abondance-dominance et la sociabilité sont celles de Braun-Blanquet (Guinochet, 1973).

Les techniques de collecte et d'échantillonnage de la végétation sont l'objet d'un grand nombre d'écrits et d'expérimentations. Celles qui sont fréquemment utilisées pour les ligneux sont (Ickowicz, 1995) :

- le comptage total sur des parcelles-échantillons carrées (Walker, 1970), rectangulaires (bandes ou transects), (Touré & Gillet, 1987 in Ickowicz, 1995 et Daget & al, 1999) ou circulaires (Hiernaux & al., 1990), d'au plus 1ha. L'applicabilité de ces méthodes est souvent confrontée aux problèmes d'hétérogénéité spatiale de la végétation (comptage dans les peuplements denses > 300 individus/ha).
- la ligne d'interception (Walker, 1970), qui estime le recouvrement des ligneux et non leurs densités, par calcul sur une ligne tendue au sol du rapport de la longueur d'interception des couronnes sur la longueur totale.
- La méthode du quadrant centré sur un point (QCP) ou celle du plus proche individu (PPI), (Gaston & Boerwinkel, 1982 ; Touré & Gillet, 1987, Ickowicz & al.) : Ces méthodes consistent à inventorier les ligneux les plus proches de points espacés régulièrement le long d'une ligne ou de deux axes perpendiculaires au centre du site, et à mesurer leur distance à chacun de ces points (cf. chapitre matériel et méthodes chapitre II). Des formules permettent de calculer la densité à l'hectare à partir de la distance moyenne :
  - Pour le QCP :  $D = 10\,000 / d^2$
  - Pour le PPI :  $D = 10\,000 / 4d^2$  ; D est la densité estimée/ha ; d est la distance moyenne (m)

### **2. 1. 1. 2. La phase de synthèse ou étude phytosociologique**

Elle correspond à la phase d'identification, de définition des groupements végétaux (typologie) et de caractérisation écologique. Les relevés sont comparés entre eux, triés puis classés en groupes homogènes selon des critères physiologiques ou floristiques et en fonction des finalités des études envisagées. Cette typologie permet d'identifier respectivement :

- des formations végétales : groupement de physiologie homogène et constante du fait de la dominance sociale d'une espèce ou d'un certain nombre d'espèces sociales, soit d'espèces ayant un caractère biologique commun (Guinochet, 1973).
- des associations végétales : groupements végétaux de composition floristique déterminée. L'association végétale diffère de la formation végétale, cependant toutes ces deux notions sont reliées au concept de groupement végétal qui désigne un ensemble de végétaux réunis en un lieu (Guinochet, 1973).

La typologie basée sur les critères floristiques peut être manuelle ou automatique. La première qui permettait d'obtenir après un travail fastidieux, des tableaux élaborés ou tableaux phytosociologiques, a été abandonnée au profit des techniques d'analyse numérique, moins lourdes et plus objectives : coefficients de similitude (Jaccard), la classification hiérarchique et les méthodes multifactorielles (AFC, ACP).

### **2. 1. 1. 3. La phase cartographique**

C'est la phase qui permet de cartographier les groupements végétaux (ou les types de pâturages), définis à partir des phases analytique et synthétique. Il s'agit en général d'une évaluation qualitative des ressources à des échelles moyennes (1/500 000 à 1/200 000), grâce aux outils de télédétection : photographies aériennes (1/50 000 à 1/20 000), images satellitaires (NOAA, SPOT, LANDSTAT etc.), (Dièye & Gaston, 1986).

### **2. 1. 2. Etude de la production et de la valeur nutritive ligneuse**

Il y a lieu de préciser ici, quelques termes relatifs à cette production tels que la biomasse, la production primaire et la production fourragère.

La biomasse correspond à la quantité de matière végétale en place en un instant donné. Elle est exprimée en général en g ou kg de matière sèche. La production primaire est une mesure standard de la productivité qui indique la matière végétale produite en une année sur une surface donnée. Quant à la production fourragère, elle correspond à la masse végétale consommable par le bétail dans un système d'exploitation donné.

L'étude de la production ligneuse en zone sahélienne est complexe car elle intègre plusieurs facteurs : la composition floristique, la structure des espèces, la densité, le recouvrement, la partie de la plante qui est étudiée (troncs, branches, fruits, feuilles..) et la zone climatique (pluviométrie).

Cette évaluation est encore plus difficile quand elle porte sur la production fourragère. Dans ce cas, elle prend aussi en compte la notion d'accessibilité par rapport à l'animal ou à l'homme (hauteur de feuilles, action de l'éleveur), la digestibilité, la palatabilité de la biomasse et la phénologie des espèces. Dans la zone sahélienne environ 25 % du fourrage est accessible dans la périphérie du houppier comprise entre 0 et 2 m (Le Houérou (1979) ; Hiernaux (1980), in Breman & Kessler, 1995).

La productivité ligneuse a été peu étudiée jusque-là. Cependant, la baisse de la production herbacée au cours des sécheresses a mis en exergue son rôle dans l'alimentation des petits ruminants et a permis d'expérimenter de nouvelles méthodes d'étude. Ces méthodes sont regroupées en deux catégories : les méthodes destructives et celles non destructives (Ickowicz, 1995).

Les méthodes destructives (directes), concernent les coupes complètes ou partielles (défoliations, récoltes des fruits), exécutées à l'échelle de la parcelle ou de la station. Elles sont fastidieuses et coûteuses et nécessitent un échantillonnage important.

Les méthodes non destructives (indirectes), regroupent les méthodes visuelles (Sharman, 1988, Ickowicz, 1995), allométriques (Cissé, 1980 ; Piot & al, 1980, Cissé & Sacko, 1987; Poupon, 1980 ; Le Houerou, 1980) et radiométriques (Sharman, 1988). Ces méthodes ont été explicitées et détaillées par plusieurs auteurs, dont Sharman (1988) et Ickowicz, (1995). Elles sont respectivement basées sur :

- des calibrages entre estimations visuelles et des mesures individuelles directes,
- des équations de régressions (corrélations), entre mesures individuelles et paramètres facilement accessibles tels que la densité, le recouvrement, la hauteur, diamètre ou volume de la couronne ou du tronc, le nombre de tiges ou de cépées, les branches, branchettes ou feuilles...,
- des visées et des calibrages entre indice de végétation (NDVI) et des mesures de terrains.

Actuellement, les relations allométriques (Ickowicz, 1995 ; Le Houerou, 1980), très utilisées en raison de caractère destructeur et fastidieux des mesures directes, nécessitent des études complémentaires de validations du fait de la structure variable des espèces suivant les sites écologiques. La méthode utilisant les indices de végétation (CSE), est inadaptée aux zones arides à faible recouvrement (< 300 individus/ha), pour l'étude de la biomasse foliaire (Tueller, 1991 in Ickowicz, 1995), à cause de la microphyllie.

L'apport de la végétation naturelle à l'élevage peut être évalué à partir des critères de production appétible (kgMS/ha), de valeur énergétique ou azotée (Bellefontaine & al. 1997). Les concentrations en énergie (Unités Fourrages dites Leroy, UF/kgMS ; plus récemment l'UFL ou Unité Fourragère Lait et l'UFV ou Unité Fourragère Viande), en matières azotées (MAT ou Matières Azotées Totales ; MAD ou Matières Azotées Digestibles, PDI ou Protéines Digestibles dans l'Intestin grêle, g/kgMS) et en minéraux utilisables par le bétail, sont des paramètres de la valeur nutritive des fourrages. Leur évaluation est basée sur des équations de prévisions qui relient la composition chimique et les mesures sur les animaux (Ickowicz, 1995, Rivière, 1978, Guérin & al, 1989).

La valeur nutritive d'un pâturage naturel dépend de la composition floristique et de la qualité fourragère (Akpo & al, 2003).

### **2. 1. 3. Etude de la dynamique de la végétation ligneuse**

Au Sahel, l'étude de la dynamique de la végétation a eu pour objectif de prévoir et de gérer les irrégularités de la production des parcours naturels. Elle a concerné les programmes de surveillance à l'échelle régionale et de suivi des formations végétales (Ickowicz, 1995) et a porté sur :

- l'évaluation de la variabilité de la production des pâturages,
- l'étude des mécanismes de sa mise en place,
- l'appréciation de son utilisation par l'homme et son bétail.

Les outils de télédétection (satellites : NOAA), sont mieux adaptés à la surveillance régionale pour

l'évaluation et le suivi de la production ligneuse. Le suivi des formations végétales apporte une plus grande précision sur l'évolution de la production, mais ne permet pas d'appréhender les variations spatio-temporelles de la composition floristique. Le suivi de la strate ligneuse peut être effectué avec les paramètres de densités, ou de phénologie. Cependant, l'échelle temporelle varie en fonction du paramètre étudié : intervalles de temps journaliers (phénologie), ou annuels (densité).

## **2. 2. BILAN DES ETUDES SUR LES LIGNEUX**

De 1950 à 1990, les investigations scientifiques sur les terres de parcours sont passées d'une phase de mise en valeur des ressources (1950-1970), de quantification, d'étude des mécanismes de production et de renouvellement (1970-1980), à la surveillance des écosystèmes (1980-1990), (Carrière & Toutain, 1995).

Les politiques d'hydraulique pastorale initiées avec les actions d'amélioration de la santé animale, eurent pour effet de faire disparaître les modes d'exploitations traditionnelles des ressources. Cette tentative de sédentarisation des populations pastorales entraîna également un accroissement démographique, une extension des surfaces cultivées et une augmentation de la pression sur les ressources qui évoluèrent vers un niveau critique. Cet état fut aggravé par les grandes crises de sécheresses (1970-1973, 1983-1985...), à la suite desquelles de nombreux travaux (inventaires, cartographies...), furent menés sur les différents pâturages naturels. Ces études ont mis en évidence :

- les différentes communautés végétales (Valenza & Diallo, 1972), leurs différentes composantes (strate herbacée, strate ligneuse) et leur production potentielle en fourrage (Bille, 1971 ; Poupon, 1980),
- la variation de la structure spécifique de ces écosystèmes en relation avec les conditions édapho-climatiques (Bille, 1977 ; Poupon, 1980 ; Cornet, 1981 ; Barral & al., 1983 ; Cissé, 1986 ; Grouzis, 1988),
- leurs tendances évolutives et leur état de dégradation (Valenza, 1979, 1984 ; Klug, 1982 ; Akpo, 1990 ; Akpo & al., 1995 ; Mïche, 1990,1992,1994 et 1997); un accent particulier a été mis sur la variabilité spatiale par rapport aux points d'eau de saison sèche (forages), pour analyser l'impact du pâturage,
- le rôle des fourrages ligneux (Le Houerou, 1980).

### **2. 2. 1. Couvert ligneux, Production et Composition floristique en zone sahélienne**

Au Sahel, l'une des principales caractéristiques mises en exergue par ces études, est la variabilité spatiale des ressources ligneuses en fonction de la nature du substrat (Leprun, 1992), du climat lié aux disponibilités hydriques, et des facteurs biotiques (perturbations anthropiques, dispersion des semences), (Cornet, 1992, Sharman, 1988). Cette hétérogénéité du couvert végétal constitue la spécificité et la difficulté du milieu sahélien. Elle caractérise la structure en mosaïque de la végétation.

Des études ont mis en évidence l'influence du substrat sur la composition botanique et sur la productivité



ligneuse. A Fété Olé (Sahel sénégalais), Poupon (1980), indique une variabilité spatiale de la strate ligneuse, liée au substrat et à la composition des peuplements. Il évalue la biomasse foliaire pour l'année 1975, à 864kgMS/ha dans les dépressions et 18kgMS/ha sur les sommets. Les valeurs sont intermédiaires sur les versants, les replats et les bas de versants.

Il a également montré que la biomasse foliaire ligneuse, en fin de saison des pluies, était variable selon l'année et l'évolution de la population ligneuse (42 à 172 kgMS/ha). Cette production régressait lors des années sèches et augmentait pendant les années humides. En 1976, Poupon souligne les effets négatifs des sécheresses sur les phénophases (feuillaison, floraison, fructification, production) et la forte sensibilité de *Commiphora africana*, *Gniera senegalensis* et *Grewia bicolor* à la pluviosité. Cependant, la strate ligneuse apparaît moins sensible aux sécheresses que la strate herbacée. Breman & Kessler (1995), ont souligné les réelles capacités morphologiques et physiologiques d'adaptation développées par les espèces ligneuses face à l'aridification du milieu. Les espèces prédominantes sont selon eux, celles qui présentent des caractéristiques de xérophyllie, microphyllie, sclérophyllie ou de mésophyllie. Le climat agit également comme un facteur de zonation et permet de distinguer les types de formations qui passent d'une steppe ouverte au nord, à une steppe ou une savane arbustive au sud dans la zone sahélienne. L'influence des facteurs morphopédologiques sur la variabilité spatiale des ressources ligneuse, est perceptible à des échelles de quelques décimètres carrés (Ickowicz, 1995). L'élevage avec les phénomènes de surpâturage, a été indexé comme un principal facteur de dégradation du couvert végétal et du milieu (Barral & al, 1983).

Les données sur le couvert ligneux (densité et recouvrement), apparaissent ponctuelles et dispersées. Cependant, des travaux de synthèse (Breman & Kessler, 1995), dans la zone sahélienne, indiquent une nette diminution après les sécheresses des années 70.

En résumé, la strate ligneuse a été peu étudiée comparée à la strate herbacée. Toutefois, les résultats dispersés obtenus jusqu'à présent, ont fait état :

- d'une variabilité spatiale du couvert ligneux et de la productivité, liée à l'hétérogénéité des conditions écologiques (substrat, humidité, topographie...);
- d'une physionomie commune au sahel qui correspond à la "brousse tigrée";
- d'un processus de sahélistation ou de désertification le plus souvent attribué au surpâturage et au climat (sécheresses).

Peu d'études ont été consacrées à la production ligneuse, mais aussi à la variabilité temporelle compositionnelle de cette strate, et rares ont été celles qui l'ont abordée avec une profondeur temporelle dépassant la dizaine d'années. Or, la composition botanique ligneuse des peuplements a une grande importance sur la productivité, la valeur pastorale et le fonctionnement de l'écosystème.

## 2. 2. 2. Caractéristiques des ligneux sahéliens

### 2. 2. 2. 1. La litière aérienne ligneuse

L'analyse de l'impact des ligneux sur le fonctionnement des sols, requiert une bonne connaissance des retombées de litière aérienne. En effet, outre les fientes d'oiseaux (Tréca & al. (1996), in Grouzis & Akpo, 2003) et le renouvellement des racines, l'apport de matière organique riche en azote se fait également grâce aux chutes de litière dont 80 à 94% sont réparties sous le houppier (Soumaré, 1996). L'enrichissement du sol en azote à partir de la litière, est un processus complexe qui fait intervenir la **quantité et la qualité des litières** (Palm & Sanchez (1990), Cortez & al. (1996) in Bernhard-Reversat, 1998).

La quantité de litière et l'enrichissement en C et en N varient selon l'espèce ligneuse et augmentent sous les feuillages avec l'âge de la plante ligneuse (Breman & Kessler, 1995). La contribution des organes dans la composition de cette litière, est également variable (Soumaré, 1996). Ainsi, la production foliaire et fruitière constitue la plus grande partie de cette litière (Breman & Kessler, 1995), (environ 2/3 de la production non ligneuse, avec les fleurs). Soumaré (1996) a montré que les litières respectives une steppe arbustive sableuse de la zone sahélienne du Burkina Faso (465mm), Sanon & al. (2005) ont obtenu des quantités de litières de feuilles et de fruits supérieures pour *Acacia tortilis*, soit respectivement 1373 et 4107g, contre 569 et 70g pour *Balanites aegyptiaca*, 248 et 1743g pour *Ziziphus mauritiana*. Cette quantité de feuilles et fruits collectée au sol, augmentait proportionnellement avec la hauteur des arbres. La litière d'*Acacia tortilis raddiana* contribuait à 90,4 et 99,9% dans la production pastorale potentielle respectivement sur les glacis (53, 3 kg/ha) et les sols sableux (97, 9 kg/ha). Bille (1980) a trouvé dans une zone recevant en moyenne 400mm de précipitations par an, une production foliaire annuelle de 1600 kg MS/ha pour *Acacia tortilis*. A Fété Olé (Sénégal), Poupon (1976) a obtenu pour *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* des productions foliaires annuelles voisines respectives de 12,5 et 13,9 kg/ha. Dans des plantations du secteur naturel de Mbidi (nord Sénégal), Sylla (1986) a estimé des productions foliaires de 0,4 à 43,3 kg/ha pour *Balanites aegyptiaca* ; de 3,3 à 315,5 kg/ha pour *Acacia senegal* et de 10,8-1029,4 kg/ha pour *Acacia tortilis* et pour des densités respectives de 227 à 697 arbres/ ha ; 12 à 186 arbres/ ha et 92 à 400 arbres/ ha.

L'aspect qualitatif fait référence à la décomposition de la litière et à l'absorption des éléments nutritifs issus de cette décomposition par les végétaux. La décomposition de la litière doit permettre l'accumulation d'humus tout en assurant un taux de minéralisation de l'azote satisfaisant pour la nutrition des plantes (Gower & Son (1992) in Bernhard-Reversat, 1998). Sa vitesse varie suivant plusieurs facteurs dont le climat (Knutson, 1997), l'humidité, la température (Edmonds, 1980 ; Moore, 1986), la fertilité du sol (Witkamp & al, 1961) et la nature du matériel en décomposition (in Samba, 1999). Les études relatives à la décomposition de la litière dans la zone sahélienne sont rares. Cependant, Soumaré (1996) a montré que les feuilles se

décomposent plus vite que les autres organes pour *Acacia seyal* et *Sclerocarya birrea*. Dans des biotopes d'Afrique de l'ouest et centrale (300- 1350mm de pluies annuelles), Bernhard-Reversat (1998) a observé une décomposition plus rapide sous les peuplements d'acacias comparés à ceux des non-acacias. Sous Acacias, les coefficients de décomposition (K) étaient de  $1,48 \pm 0,67$  et de  $0,74 \pm 0,10$  respectivement pour les feuilles et la litière totale, contre  $0,65 \pm 0,22$  et  $0,48 \pm 0,16$  sous les autres espèces.

En résumé, le peu de travaux réalisés dans la zone sahélienne sur cet aspect, fait état d'une **variabilité quantitative et qualitative de la litière, selon l'espèce et l'âge de la plante**. Les résultats obtenus montrent des quantités de **litières d'acacias (notamment *Acacia tortilis*), plus élevées** que celles de beaucoup d'autres espèces ligneuses des peuplements naturels sahéliens. La décomposition de la litière également peu étudiée, serait également plus rapide sous les peuplements d'acacias.

Bien que la production foliaire absolue des espèces ligneuses soit variable, les tendances de production en relation avec l'âge et la taille des ligneux sont similaires (Breman & Kessler, 1995).

#### **2. 2. 2. 2. Système racinaire (in Breman & Kesler, 1995)**

L'analyse de l'impact des ligneux sur le fonctionnement des sols (**effet rhizosphérique**), requiert également une bonne connaissance du système racinaire des ligneux. Celui-ci est différencié en biomasses racinaires fine et grosse. Les racines fines qui ne constituent qu'une petite fraction de la biomasse racinaire totale, représentent la quasi-totalité de la surface d'absorption du système. En plus de leurs propriétés d'absorption de l'eau et des éléments nutritifs, les racines fines sont également associées au transfert mycorhizien et à l'enrichissement des sols en matière organique, et en nutriments lors de leur renouvellement. Elles sont situées aux extrémités des grosses racines qui jouent le rôle de support. Trois types de racines sont en général distingués (Hellmers & *al.* 1955 ; Hairiah & Van Noordwijk, 1986), (Figure 1) :

- le **type 1** : il a une pénétration profonde des racines primaires et de faibles ramifications secondaires superficielles ;
- le **type 2** : il est caractérisé par une pénétration profonde des racines primaires et de fortes ramifications secondaires superficielles ;
- et le **type 3** : il montre une pénétration à faible profondeur et un grand étalement horizontal des racines.

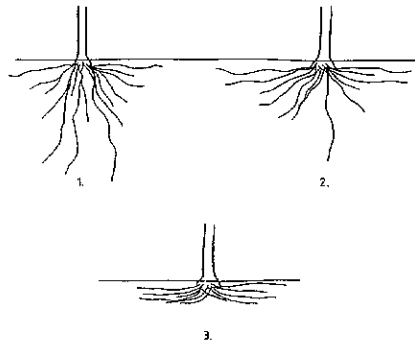


Figure 1: Schémas des trois types de systèmes racinaires ligneux des régions semi-arides

Les plantes ligneuses des régions semi-arides ont des racines le plus souvent peu profondes (Menaut, 1983), bien qu'au départ certains auteurs eût pensé à la présence de systèmes racinaires bien développés de type 1. Des travaux réalisés par la suite dans ces régions, sur des espèces ligneuses indigènes, ont montré une prédominance des systèmes racinaires de types 2 ou 3 (Batanouny & Abdel Wahab, 1973). Bille (1977) observe dans la zone semi-aride du Sénégal (300 mm), les mêmes types de systèmes racinaires avec plus de 80 % de la biomasse racinaire située entre 0 et 1m de profondeur du sol, et 5 % seulement à plus de 3m.

En moyenne, 47 % de la biomasse racinaire des six espèces qu'il a étudiées se trouve entre 0 et 20cm (34 % pour *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* uniquement). Grouzis & Akpo (1997) ont montré que 80 à 90 % de la biomasse racinaire des arbres constituant les peuplements naturels du Ferlo, se situaient dans le premier mètre.

La densité des racines fines est plus élevée sous le feuillage (e.g. Kummerow & al. 1977), cependant l'espace occupé par les racines latérales, dépassent généralement la surface couverte par la couronne des arbres. Cette extension latérale permet à ces plantes d'explorer d'une manière efficace la surface du sol, malgré les faibles densités. Glover (1951) indique en Somalie, une pleine exploitation des couches supérieures du sol par les racines latérales des plantes ligneuses, malgré un couvert ligneux inférieur à 10%. Des études réalisées dans le désert mauritanien et à Niono (Mali), ont montré une plus grande extension moyenne latérale pour *Acacia tortilis* (50m) et *Acacia senegal* (40m), comparées à *Balanites aegyptiaca* (10m).

Globalement, les systèmes racinaires ligneux de notre zone d'étude sont en général peu profonds. Ils présentent de grandes ramifications latérales avec des longueurs variables selon les espèces. Le système racinaire des acacias, notamment celui d'*Acacia tortilis*, disposerait des plus grandes couvertures spatiales.

### 2. 2. 3. Rôle, Gestion et Conduite des ligneux

#### 2. 2. 3. 1. Rôle des ligneux

L'arbre est un élément clé dans les interactions complexes au sein des écosystèmes pastoraux. Des études ont montré son rôle multiple et essentiel, en particulier fourrager, dans l'équilibre et l'exploitation par

l'homme et ses animaux, des écosystèmes sahéliens et soudaniens (Le Houerou, 1980). En milieu pastoral, les ligneux présentent des avantages socioculturels, économiques et écologiques (Robins in Breman & Kessler, 1995).

Les avantages socioculturels concernent les droits de propriété sur les ligneux et leurs produits, la valeur culturelle ou religieuse de certaines espèces, et leur utilisation pour la délimitation des terres.

L'arbre est une ressource alimentaire importante pour les populations pastorales et leurs animaux. La contribution à l'alimentation humaine porte sur la production de denrées diverses telles que les fruits, les feuilles, les condiments ou les corps gras. De nombreuses espèces sont utilisées dans les usages domestiques comme combustibles pour la cuisine (bois de feu, charbon de bois : 90% de la consommation énergétique sahélienne et soudanienne), ou en tant que matériaux de construction d'habitations, de clôtures, d'outils (Goudet, 1986), d'ustensiles en bois et en fibre (cordes simples ou à usages vestimentaires, nattes). Les ligneux entre autres produits, procurent à la pharmacopée traditionnelle, la médecine moderne (Le Houerou, 1980) et à l'industrie, des produits médicinaux et des colorants. Ces produits fournis par les ligneux, constituent des sources significatives de revenus pour les populations locales et leur économie.

La valeur fourragère des feuilles et des fruits de nombreuses espèces d'arbres et arbustes, est assez bien connue pour l'alimentation des animaux (Le Houerou, 1980). Au cours des 3 ou 4 derniers mois de la saison sèche, le fourrage aérien constitue respectivement jusqu'à 40 et 80 % du régime des bovins et des petits ruminants (Ickowicz, 1995).

Des travaux ont montré le rôle bénéfique des ligneux sur les facteurs de production végétale et sur la strate herbacée, principale ressource fourragère des milieux arides et semi-arides, en saison des pluies (Kennard & Walker, 1973 ; Belsky & al, 1993 ; Akpo, 1998, 1992). Cette thématique des interactions arbre-herbe a été développée dans plusieurs pays et zones bioclimatiques par divers auteurs (zones tropicales : Kennard & Walker, 1973 ; Belsky & al., 1993 ; région subhumide (chili) : Ovalle & Avendaño, 1988 ; milieu tropical humide : Isichei & Muoghalu, 1992 ; zone sèche : Vetaas, 1992). Les résultats relatifs aux effets du couvert ligneux sur les facteurs de production végétale et sur la strate herbacée, sont synthétisés ci-dessous. Ils montrent que l'action de l'arbre s'exerce sur le microclimat, les propriétés édaphiques, la structure, la flore et la production de la strate herbacée.

En milieu sahélien, **l'influence de l'arbre sur le microclimat** se traduit par une réduction de la vitesse du vent et de la quantité de précipitations d'environ 15% sous les frondaisons (Akpo, 1998). L'arbre intercepte par son feuillage, les pluies de faible ou de forte intensité et diminue ainsi l'infiltration par réduction respective de la quantité d'eau atteignant le sol (Breman & kessler, 1995), et de la capacité d'érosion des gouttes de pluies (Akpo, 1998). Cependant, l'écoulement le long du tronc des arbres favorise une meilleure humidité du sol par rapport à la zone découverte (Miska (1986) in Akpo, 1992).

L'arbre atténue les amplitudes thermiques journalières par une élévation des minima ou un abaissement des maxima (Kennard & Walker, 1973 ; Ovalle & Avendaño, 1984 ; Dancette & Niang, 1979). La diminution de la vitesse du vent (Charreau & Vidal, 1965) et de la température, et l'augmentation de l'hygrométrie sous les arbres, réduit l'évapotranspiration (Akpo, 1998). Cette réduction améliore l'humidité des strates superficielles du sol servant de support de croissance à la strate herbacée. Le relèvement de l'humidité du sol sous les arbres par rapport à la zone hors couvert, peut donc être dû à une bonne infiltration favorisée par de meilleures caractéristiques physiques et biologiques des sols (activités microbiologiques, racines et matières organiques) et une régularisation de l'intensité des pluies et des vents violents accompagnant ces dernières (Radersma, 1996).

Le rayonnement est atténué sous l'arbre (Kennard & Walker, 1973), surtout dans les zones à bosquets d'arbres feuillus où ce facteur devient limitant pour le développement de la strate herbacée (Akpo, 1998).

- **L'arbre influence les propriétés édaphiques** des sols et les conditions de développement de la strate herbacée. Les études d'Isichei & Muoghalu (1992), Belsky & al. (1993) et d'Akpo (1998), montrent que la texture n'est pas influencée par l'arbre. Cependant, sur des sols argilo-calcaires, Hamidou (1987) souligne une amélioration de la structure liée à une complexation de la matière organique. Selon Vacher (1984) in Akpo, 1992, la grande quantité de racines sous les arbres augmente la perméabilité du sol. Joffre (1987) note une capacité de rétention plus élevée et une macroporosité liée au taux de matière organique, qui facilite la circulation de l'eau.

Le taux de matière organique positivement corrélé avec la hauteur des arbres (Isichei et Muoghalu, 1992), est plus important sous couvert et varie selon les espèces. Sae-lee & al. (1992) montrent des taux plus élevés sous la canopée de la légumineuse *Samanea saman* que sous celle des espèces n'appartenant pas à cette super famille. L'arbre améliore le niveau trophique des sols par recyclage de la matière organique (Bille, 1977) et d'éléments nutritifs (Gonzalez-Bernaldez & al. (1969) in Akpo, 1992). Stuart & Tainton (1989), formule l'hypothèse d'une remise en circulation par le système arbre-herbe, d'éléments minéraux puisés en profondeur ou de la litière notamment l'azote, le phosphore, le potassium et le magnésium (Charreau & Vidal, 1965 ; Bernard & Reversat, 1986, Bernard & Reversat, 1987). Les apports annuels ont été estimés à 75kg de N, 27kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 183kg de CaO par ha/an (Charreau & Vidal, 1965).

La plupart des études ont indiqué des teneurs en carbone, azote et phosphore (Belsky & al., 1989), sensiblement plus élevées sous les arbres. La fertilité potentielle du sol, mesurée à partir des teneurs en C, N et P assimilable, varie selon la profondeur et la distance à l'arbre dans des rapports (SC/HC), de 0.6 à 2.7 pour le phosphore, 1 à 3 pour le carbone et de 0.79 à 4 pour l'azote (Akpo, 1998).

Le rapport C/N de la matière organique du sol est plus faible sous couvert (Ovalle & Avendaño, 1988), du fait d'une minéralisation intense au détriment de l'humification (Bernhard-Reversat, 1982). Les résultats

obtenus concernant l'effet de l'arbre sur le pH des sols, varient selon les auteurs. Si Ovalle & Avendaño (1988) montrent des différences peu significatives entre le sous couvert et la zone découverte, d'autres par contre notent un pH plus élevé sous les arbres (Isichei & Muoghalu, 1992). Il l'est encore plus sous *Samanea saman* que sous des non légumineuses (Sae-lee & al., 1992).

**L'influence de l'arbre** sur le microclimat et les facteurs édaphiques, a des répercussions **sur la strate herbacée**. Des auteurs avaient déjà signalé une hétérogénéité de la distribution de la strate herbacée sous l'influence de l'arbre et l'existence de trois zones (Montoya, 1980 et Ovalle, 1981 in Akpo, 1992 ; Boubaker Ben, 1988) : environs immédiats du tronc (pauvres en espèces et en production), zone très influencée par l'arbre (très riche en espèces et très productive), zone peu ou pas influencée (plus riche que la première). D'autres travaux réalisés dans des zones géographiques différentes (Espagne, Chili), ont signalé l'influence positive de l'arbre sur le développement des graminées pérennes (Vacher, 1984 ; Jaksic & Fuentes (1980) in Akpo, 1992). Akpo (1998) a observé en rapport avec l'influence de l'arbre sur la structure de la strate herbacée, deux systèmes écologiques : système herbe (zone découverte) et le complexe arbre/herbe (sous couvert). Le couvert ligneux agit sur la structure de la végétation herbacée organisée en mosaïque, par le facteur éclaircissement ou ombrage. Cet effet ne dépend pas de l'espèce selon le même auteur.

L'arbre améliore la richesse spécifique (rapports SC/HC > à 1) et le niveau d'organisation de la strate herbacée. Il fait observer dans sa zone d'influence, un plus grand nombre d'espèces sciaphiles par comparaison aux espèces héliophiles (Akpo, 1998). Ainsi, le même auteur distingue deux groupes d'espèces en fonction de la présence de l'arbre : les espèces exclusives (sciaphiles et/ou héliophiles) et les espèces indifférentes. Les espèces indicatrices du couvert ligneux sont réparties dans les familles des *Amaranthacées*, *Poacées*, *Cucurbitacées* et *Convolvulacées* Akpo, 1993. Les taxons à tendances héliophiles appartiennent aux familles *Poacées*, *Aizoacées*, *Borraginacées* et *Capparidacées*.

La production est 2 à 5 fois plus élevée sous couvert que hors couvert (Akpo & al, 2003). Les analyses faites sur *Balanites aegyptiaca* et *Acacia tortilis* par cet auteur, ne montrent pas un effet espèce. Les relations arbres/herbes et l'effet bénéfique de l'arbre sur la production de phytomasse herbacée ( $EA = SC/HC$ ), varie en fonction de la zone climatique, et dans une zone climatique, en fonction du recouvrement (Akpo, 1998). L'effet favorable semble se limiter exclusivement dans les zones semi- arides (200-750mm), où l'eau est le facteur limitant. Cet effet est annulé lorsque le couvert dépasse 60%. Dans les zones où le recouvrement est supérieur à ce seuil, l'éclaircissement devient le facteur limitant ; l'arbre présente en ce moment un effet dépressif sur la production herbacée. Kennard & Walker (1973) avaient déjà signalé que cette production diminuait avec la densité du couvert ligneux.

Dans les zones pâturées des régions sahéliennes et soudano-sahéliennes, l'influence positive de l'arbre est

améliorée de 5 à 6% par rapport à celles mises en défens ou protégées (Akpo, 1998). Selon le même auteur, la limite de l'effet de l'arbre sur la fertilité et la production est située environ entre 4 et 6m en zone sahélienne, soit 1.5 fois le rayon de la projection verticale de la couronne de l'arbre.

A l'échelle du système d'exploitation, l'arbre améliore la production de 12 à 50 % selon les parcours (25% en moyenne), la richesse spécifique, la valeur pastorale et les éléments nutritifs (Akpo & al, 2003). La quantité de matières azotées digestibles est plus élevée pour le système arbre-herbe, et l'impact de l'arbre sur la valeur alimentaire des herbages se traduit par un allongement de l'ordre de 3 semaines à 1 mois de la période de forte productivité de l'élevage, selon les mêmes auteurs.

Outre ses rôles socioculturel, économique et dans les usages-pratiques domestiques, l'arbre favorise les conditions de développement in situ de la végétation herbacée dans les zones semi-arides (Akpo, 1998, 1992). Son action se traduit par :

- une réduction de la demande évaporative de l'air,
- une amélioration du bilan hydrique du sol,
- et un relèvement du niveau de fertilité du sol.

### **2. 2. 3. 2. Gestion et la conduite des ligneux : (in Breman & Kessler, 1995 ; Niamir, 1996)**

Les techniques les plus utilisées pour pérenniser le rôle écologique des ligneux et optimiser leur emploi dans les régions semi-arides sont : la protection (mise en défens) et la stimulation de la régénération naturelle par action sur l'une des deux principales strates végétales ou sur les conditions de site (sous-solage, hersage, "zai", paillage); la sélection des espèces ligneuses, la configuration des plantations (densités et orientations) et les apports requis pour une **régénération artificielle** ; l'émondage, l'écimage, la taille, l'éclaircissage, la coupe et l'exploitation par récolte contrôlée, et le sarclage des adventices pour mieux optimiser le rôle des ligneux dans le système. Certains parmi ces procédés (mises en défens et les reboisements), relèvent des techniques de restauration des terres de parcours. Les autres techniques s'appliquent directement sur la strate ligneuse.

**La mise en défens** est une technique qui consiste à soustraire la végétation de toute exploitation pendant un temps donné (Sanon, 1978). Elle nécessite une surveillance permanente, la mise en place de clôtures (grillages, haies mortes et/ou vives) et une concertation entre utilisateurs des ressources. Sa durée est variable, et la période nécessaire pour une constitution des semences croît avec l'état de la dégradation d'au minimum 2 saisons de pluies à 5 ans.

Cette technique était de mise dans les plans d'aménagements forestiers. Cependant, depuis quelques années, son intérêt est de plus en plus remis en cause. En effet, Peltier & Eyog Matig (1989) ont montré dans une savane soudano-sahélienne du nord-Cameroun que le pâturage avait peu d'impact sur la régénération post-



exploitation. Par ailleurs, la mise en défens favorisait un embroussaillage d'espèces épineuses difficiles à détruire dans la forêt de Mindif (nord-Cameroun). L'expérience des « pâturages contrôlés » de Widou Thiengoly a mis en évidence une productivité, une stabilité et une résistance aux sécheresses plus élevées pour le tapis herbacé des pâturages communautaires, bien qu'une plus grande richesse spécifique et une meilleure régénération d'espèces ligneuses aient été observées dans les parcelles mises en défens. Cette régénération concernait essentiellement des espèces ne présentant pas un grand intérêt pour le pastoralisme. Celle des légumineuses a été par contre meilleure dans les parcelles pâturées que dans les mises en défens. A ces résultats s'ajoutent les problèmes socio-économiques engendrés par cette technique (disparition du principe de réciprocité, frustrations, relations tendues entre acteurs, conflits, etc.). Les autres difficultés rencontrées avec cette technique, portent sur le coût élevé de la mise en place, le manque de précision sur la durée efficace et suffisante pour une levée de la mise en défens.

Malgré ces difficultés, les mises en défens continuent d'être préconisées dans les options d'aménagement des zones pastorales semi-arides (DEFCCS, 2001)<sup>2</sup> **sans l'avis des populations autochtones.**

**Les opérations de reboisement** entrent dans le cadre des programmes de lutte contre la désertification et de restauration du couvert végétal. Elles ont revêtu plusieurs formes au Sahel : brise-vents, plantations pour l'amélioration des pâturages aériens et des abords des forages, réhabilitation du couvert végétal, fixation des dunes ou production de bois ou de produits forestiers non ligneux. Trois types d'opérations ont été initiés (Mbaye, 1991 ; DEFCCS, 2001) :

- les plantations en régie (ou industrielles), entreprises par l'état à travers le service forestier et quelques projets de développement forestier, qui visaient à étendre le domaine forestier de l'état et à solutionner le problème de l'approvisionnement des villes en bois (énergie, services, œuvres) et en produits forestiers non ligneux. Elles ont été très coûteuses et nécessitaient d'importants moyens mécaniques et techniques.
- les opérations de reboisements menées par les collectivités locales, les sociétés de développement rural et autres établissements publics et privés, qui faisaient participer les populations à travers la création de « bois de village » et de plantations communautaires. La stratégie adoptée ici, présentait des ressemblances avec les formes traditionnelles de régénération du couvert végétal (protection des arbres les plus utiles), mais elle visait aussi à stimuler des initiatives individuelles. Ainsi, elle devait conduire à la production ou à l'achat des plants par les populations, au-delà de la demande, de la mise en place et de la surveillance des plants.
- les opérations de reboisements menées dans le cadre de la foresterie villageoise ou rurale, visant une implication plus effective des populations. Cette implication était basée sur une prise de conscience de

---

2 : DEFCCS, 2001 : Les mises en défens des formations naturelles figurent parmi les actions prioritaires de reboisement dans la zone sylvopastorale. Dans le même document la FAO (1984) souligne que seule une mise en défens sérieusement contrôlée des sites, une réglementation stricte des pâturages, et surtout une moindre charge des parcours sont susceptibles, à terme, de reconstituer la steppe arbustive, puis la steppe arborée.

la nécessité d'intégrer l'arbre dans les systèmes ruraux de production.

Ces opérations ont permis de réaliser entre 1970-2000, des campagnes de grande envergure dont les plus notables sont :

- les plantations en régie du projet « Aménagement et reboisement Sylvopastoral en zone nord », (1975-1983) ;
- les plantations en régie du projet « gommier de Mbidi », (1977-1986) ;
- les opérations de protection et d'aménagements des forêts naturelles menées par le CSE (1985).

En dépit du travail abattu entre 1961 et 2000 pour perfectionner les techniques de plantations et de vulgarisations, le constat général a été un **échec des projets de reboisement**. En effet, **l'effort national de reboisement a été très insignifiant**, soit 1,8% de la superficie du territoire national selon la DEFCCS (2001). Au Ferlo, les **taux de réussite ont été faibles, soit 5 à 34%** (13% à Tatki), (Mbaye, 1991). Ces taux variables selon l'espèce, montraient une **meilleure survie pour *Acacia tortilis*** hors des dépressions. Par ailleurs, une régression continue des actions de reboisement a été observée entre 1993 et 2000 (DEFCCS, 2001), suite au **dépérissement des projets de plantation en régie** au profit de la foresterie rurale (CSE, 2000). L'analyse des projets de reboisement réalisée par Enda-Graf (1992), faisait état d'une **ignorance des innovations locales**, d'un culte du chiffre (surfaces plantées, nombre de plants, taux de réussite, etc.), qui embrouillaient les populations habituées à des critères qualitatifs, de logiques exogènes des modes d'intervention, de contraintes non techniques négligées (socio-économiques) et des approches sectorielles (cloisonnement des disciplines).

**La mobilité** est une autre forme de gestion des pâturages qui atténue la pression sur les ressources et favorise indirectement une régénération de la végétation avec la dispersion des graines par zoochorie (Carrière & Toutain, 1995).

**La régénération naturelle** (passive) et **la protection des repousses** contre le broutage et le feu, semblent appropriées dans les régions semi-arides à faible couvert ligneux, pour maintenir la durabilité.

L'utilisation des arbres et des arbustes par les éleveurs a fait l'objet de plusieurs études. Bien que les fins de ces utilisations soient connues, il existe peu de détails sur leurs techniques de récolte, de régénération et de protection (Niamir, FAO, 1996 ; Savenije, 1993 in Breman & Kessler, 1995). Pourtant, de nombreux groupes d'éleveurs possèdent des règles précises pour la récolte des produits ligneux (date et lieu de coupe), pour la protection des essences utiles et pour l'établissement de jeunes plants (Niamir, 1996). Selon elle, les négligences et les abus ne sont généralement notés qu'en dehors des territoires de ces groupes.

**L'émondage** est une pratique courante chez les pasteurs des zones tropicales sèches pour augmenter la disponibilité en fourrage en fin de saison sèche (Bellefontaine & al, 1997). C'est un élagage qui consiste à

prélever les branches ou les rameaux proches du tronc d'un arbre, ou situés à la périphérie de la cime.

L'émondage au sahel est plus productif en saison transitoire (octobre à janvier), qu'en saison sèche chaude (Sepp, 1986 in Bellefontaine & al., 1991). D'autres techniques apparentées à l'émondage telles que le recépage, l'ébranchage ou l'effeuillage, sont citées dans les écrits. L'élagage peut entraîner la destruction des arbres ou des arbustes, s'il est mal fait.

**L'obtention du bois de feu** chez les éleveurs, se fait généralement par un ramassage des branches mortes et sèches (sauf en période de pénurie). Pour le bois de construction (poteaux), les éleveurs procèdent à des abattages d'arbres et d'arbustes. Il semble que la coupe des arbres destinés à ces usages, est beaucoup plus destructrice que l'élagage à des fins fourragères. Niamir (1996) rapporte que les Foulani du nord du Sénégal utilisent souvent le feu pour stimuler la production de gomme arabique et en faciliter la récolte. Cette technique peut parfois avoir des effets négatifs sur la végétation.

**La régénération** des arbres et arbustes à partir de semences ou par des coupes de régénération, est très rarement mentionnée dans les études des pratiques pastorales. Lorsqu'elles existent, il peut s'agir de techniques passives de protection des jeunes plants, mais aussi de techniques actives telles que la germination et la propagation.

La **protection** spécifique des arbres et arbustes chez les éleveurs, se présente sous deux formes : l'interdiction ou la restriction de l'utilisation de certaines espèces considérées comme précieuses, et la protection de tous les arbres et arbustes se trouvant dans des bosquets sacrés. Les quatre principales espèces communément protégées par les agropasteurs et les cultivateurs sont : le baobab ou *Adansonia digitata* ; le karité ou *Vitellaria paradoxa Gaertn. f.* ; le néré ou *Parkia biglobosa* et le kad ou *Faidherbia albida*.

### 2. 3. CONCLUSION DE LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Beaucoup d'études<sup>3</sup> ont été réalisées sur les ligneux des terres de parcours arides et semi-arides. Malgré cette multitude de travaux, il reste cependant des champs de recherche à explorer. D'autres champs nécessitent des réactualisations de données, des précisions et des validations d'outils méthodologiques.

Sur le plan méthodologique, les protocoles expérimentés jusque là au Ferlo ont été pour la plupart unilatéraux et relevaient uniquement du domaine scientifique (Ecologie, Botanique, la zootechnique, etc.). A notre connaissance, aucune étude n'a associé la perception locale ou les savoirs locaux à la démarche scientifique, pour analyser les dynamiques de la végétation et les mécanismes de production et de renouvellement des ressources ligneuses. Or, certains outils utilisés jusqu'ici en écologie n'ont pas bien été perçus ou assimilés par les populations (associations ou formations végétales, capacité de charge, etc.) ; ou ont été confrontés à des biais (hétérogénéité spatiale ou temporelle). Seules quelques rares études sur la typologie des sols de la zone sahéenne, ont effectué cette combinaison (Diallo, 2004 ; Valenza & Diallo,

---

3 : Cependant, insuffisantes par rapport à la strate herbacée.

1972).

La description du rôle des ligneux dans les usages et pratiques semble être l'unique champ où la perception locale a été sollicitée, mais elle a été utilisée seule. A l'état actuel de nos connaissances, aucun travail ne s'est appesanti sur les rapports usages et pratiques/ressources respectivement (1) → / ← (2), pour l'analyser dans le sens inhabituel (2), qui traduit les conséquences de l'évolution des ressources sur les usages et pratiques, et sur le fonctionnement de l'écosystème.

Concernant les interactions arbre-herbe, l'effet espèce ligneuse ou densité sur la production herbacée n'est pas clairement établi (Bernhard-Reversat & al, 1998 ; Sae lee & al, 1992), de même que les conséquences prévisibles d'une modification floristique ou structurale des peuplements ligneux sur le fonctionnement de l'écosystème, et leurs implications dans les options d'aménagements (interventions, reboisements...). En outre, aucune étude préliminaire réalisée avant ces interventions, n'a pris en compte ces aspects dynamiques des peuplements naturels existants. Or, il y a une grande variabilité selon l'espèce et l'âge des individus, des facteurs d'enrichissements des sols tels que le système racinaire (effet rhizosphérique), la litière aérienne et sa décomposition.

A défaut d'être inexistant, rares sont les travaux qui ont abordé la perception des populations vis à vis des interventions et par rapport aux choix des espèces au cours des reboisements.

Les méthodes d'estimation de la production très fastidieuses et peu précises, doivent être améliorées et validées. A ce niveau, les données quantitatives de production fourragère ligneuse disponible et accessible, et de retombées de litière sont rares pour les différentes espèces rencontrées au Sahel.

L'essentiel des travaux a été consacré aux inventaires descriptifs de la flore (variabilité spatiale) et aux analyses de la composition chimique du fourrage et de sa digestibilité (Sanon & al, 2005). Excepté l'expérience de suivi de la végétation dans les périmètres pastoraux à Widou (GTZ), peu d'études sur la dynamique des peuplements végétaux au Ferlo ont eu un recul temporel de plus d'une dizaine d'années et une couverture spatiale à cheval sur plusieurs zones écogéographiques distinctes. Toujours à propos de cette dynamique, des ambiguïtés persistent sur les facteurs explicatifs, notamment sur le rôle de l'élevage.

C'est à quelques uns de ces champs<sup>4</sup> de recherche non encore élucidés ou partiellement étudiés, que ce travail tente d'apporter des réponses. Il s'inscrit dans un cadre géographique aux multiples caractéristiques physiques, climatiques, biotiques et évolutifs.

---

4 : Excepté le champ relatif à la production ligneuse

## CHAPITRE 3 : ZONE D'ETUDE - LE FERLO A L'ECHELLE DU TEMPS

### 3. 1. CADRE PHYSIQUE OU ABIOTIQUE

#### 3. 1. 1. Le Ferlo ou Sahel sénégalais

La région sahélienne en Afrique septentrionale, correspond à une étroite bande de terre large de 500 à 700km, qui s'étend de l'Atlantique à la mer Rouge (Atlas, 1998). Elle est comprise entre les latitudes 15° et 20°N et les isohyètes 100 et 600mm, et couvre une superficie de 5,378 millions de km<sup>2</sup> (Akpo, 1990). Cette région se singularise du reste de l'Afrique par ses traits physiques et biologiques dont les principales caractéristiques sont l'aridité et la fragilité des écosystèmes.

Au Sénégal, le Sahel correspond à une zone appelée Ferlo ou zone sylvopastorale située au sud de la vallée (Figure 2).

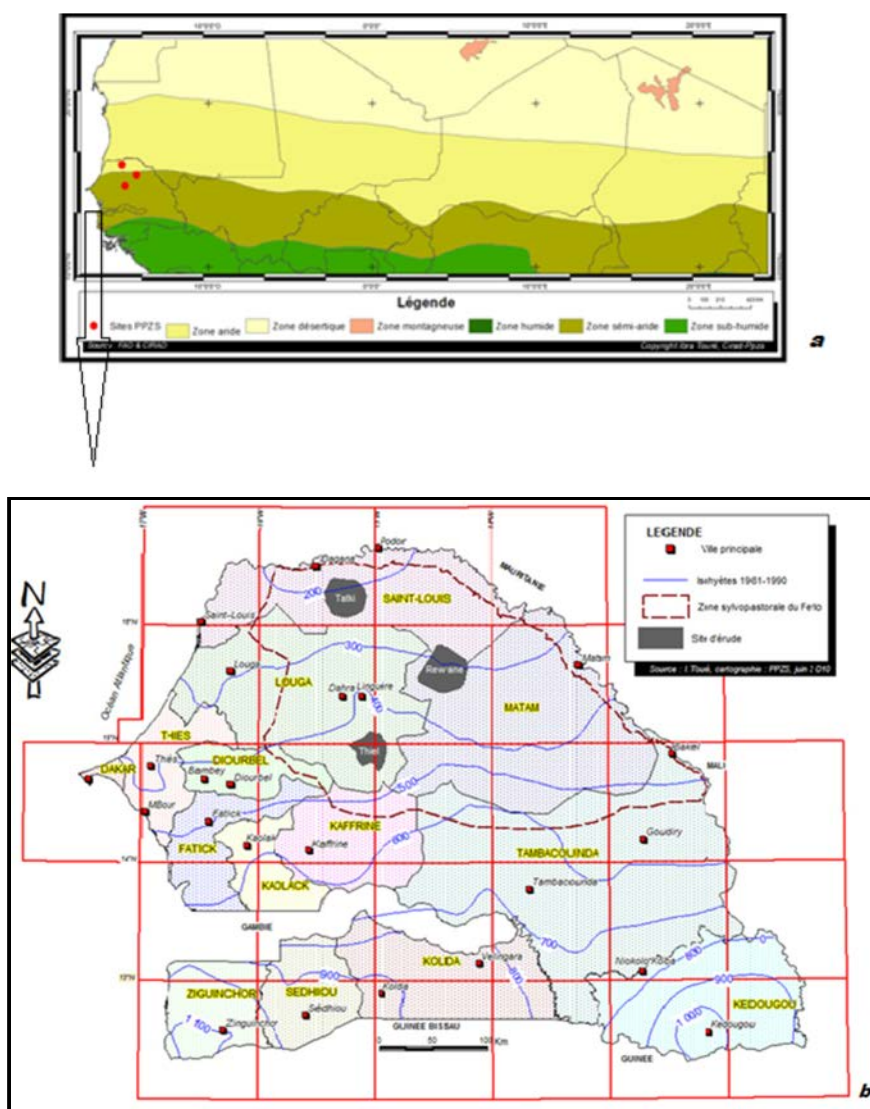


Figure 2: Carte de localisation de Tatki, Revane et Thieul (a, b) : La zone sylvopastorale (Ferlo) au Sénégal (b), dans le sahel (a) – Sources : FAO & CIRAD copyright : I. Touré et PPZS ; I. Touré, cartographie : PPZS, juin 2010

Avec une superficie de 54.380 km<sup>2</sup>, soit 27,64 % du territoire national (Gueye, 2000), cette zone écogéographique englobe essentiellement la région de Louga et une partie des régions de Saint-Louis et de Matam, correspondant respectivement aux départements de Linguère, Dagana et Podor, et Ranérou. L'étude est réalisée dans l'aire de desserte de trois forages du Ferlo : **Tatki**, **Thieul** et **Revane** (Figure 2).

Le forage de Tatki est situé au Ferlo nord entre les latitudes 16°04'-16°18'N et les longitudes 15°04'-15°27'W, à mi-chemin entre la vallée du fleuve Sénégal et les vallées Fossiles. La communauté rurale de Thieul est localisée dans la partie méridionale du Ferlo qui correspond à la zone de transition soudano-sahélienne. Quant à l'unité pastorale de Revane, elle est positionnée un peu plus à l'Est, entre les deux précédents sites d'étude. Les coordonnées géographiques des forages qui desservent Thieul et Revane sont respectivement 14°56'12" et 15°37'80"N pour les latitudes, 15°03'06" et 14°23'23"W pour les longitudes.

### **3. 1. 2. Géologie - Géomorphologie- Pédologie**

Le substrat géologique du Sénégal appartient dans son ensemble au bassin sénégalo-mauritanien constitué en surface, de sédiments et de roches du tertiaire et du quaternaire (Roselt, 2002). La séquence sédimentaire du Continental terminal remarquable au Ferlo, résulterait de l'altération des sédiments marins du Miocène, au cours de l'Eocène supérieur (Sagne, 2002).

Malgré une apparente homogénéité géomorphologique, le relief présente une succession de dunes qui s'aplanissent progressivement du nord au sud (Sagne, 2002). Dans la partie septentrionale, les cordons dunaires longitudinaux à orientation générale SW- NE sont séparés par des sillons interdunaires plus ou moins marqués. Dans la partie Sud du Ferlo, les unités géomorphologiques sont constituées par les vallées fossiles, les dunes, les plateaux et les buttes résiduelles. La cuirasse et les gravillons affleurent au nord-est et à l'est de la zone, ou se retrouvent à une faible profondeur sur les plateaux.

Trois unités pédologiques peuvent ainsi être distinguées : le Ferlo sableux au nord, sablo-argileux au sud et le Ferlo latéritique à l'est et au nord-est. La partie Nord sableuse du Ferlo est caractérisée par des sols du type isohumique brun-rouge et ferrugineux tropicaux peu lessivés. Ces sols sont pauvres en matières organiques, neutres à légèrement alcalins avec plus de 80% de sable dans leur texture (Sagne, 2002). La zone sablo-argileuse au sud est constituée de sols ferrugineux tropicaux non lessivés sur les dunes et lessivés sur les plateaux anciens et les buttes résiduelles, et de sols hydromorphes sur les bas de pente des vallées fossiles (Roselt, 2002). Ces sols renferment une meilleure teneur en matière organique et présentent des textures variant du sableux au limon argileux. Le Ferlo latéritique à l'est et au nord-est, est caractérisé par les régosols gravillon et les lithosols sur cuirasse, situés respectivement au niveau des bas de pente et sur les pentes de la vallée du Ferlo. Ces sols pauvres, présentent une texture sableuse à sablo-limoneuse.

Les pasteurs peuls distinguent quatre types d'unités géomorphologiques qu'ils assimilent à des parcours (Barral, 1982 ; Valenza & Diallo, 1972 ; Barral & al., 1983) :

- le *Seeno* situé selon eux, sur les sables éoliens meubles (Annexe 12),
- le *Baldiol* (Annexe 12) et le *Tiangol* sur les sols sablo-argileux de versants et des bas inondables,
- et le *Sangré* (Annexe 12) ou sols gravillonnaires des plateaux (appelé *Niargo* sur les pentes de ces mêmes plateaux).

Tatki, Thieul et Revane appartiennent respectivement au Ferlo sableux (*seeno*), sablo-argileux (*Baldiol* et *Tiangol*) et latéritique (*Sangré*).

En résumé, la zone d'étude repose sur trois entités pédologiques et géomorphologiques, homogènes par rapport à leurs évolutions géologiques.

### 3. 1. 3. Traits climatiques et évolutions

Les traits climatiques du Ferlo sont le résultat d'une combinaison de facteurs géographiques et aérologiques (Ndione, 2002). Ces deux facteurs confèrent au Ferlo ses caractéristiques climatiques tropicales et continentales. Ils sont à l'origine des deux principaux flux d'air de la zone : l'harmattan et la mousson, nés respectivement des anticyclones des Açores et de Ste Hélène. Le premier est un vent du nord-est à est, chaud et sec, souvent chargé de poussières, tandis que le second est un flux d'air humide du sud-ouest. Les fluctuations du front intertropical (FIT) ou zone de séparation de ces deux vents, déterminent le rythme des saisons. Ainsi, la zone présente une saison sèche longue de 9 mois (octobre en juin), pendant laquelle souffle l'harmattan, et une saison humide d'une durée de 3 mois (juillet en septembre), soumise au passage de la mousson.

Selon le rapport de synthèse de l'observatoire du Ferlo (Roselt, 2002), le régime pluviométrique distingue deux sous zones climatiques : le Nord sahélien (100 et 300mm de pluies) et le Sud sahélien (300 et 500mm). Cette dernière partie correspond à la zone de transition entre les domaines sahélien et soudanien. Tatki appartient au domaine nord sahélien. Il est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle qui oscille autour de 250mm d'eau de pluies. Thieul et Revane situés dans la sous zone sud sahélienne ou sahélo-soudanienne, enregistrent des moyennes annuelles respectives de 450 et 300mm de pluies.

Les températures moyennes annuelles sont élevées (1990 - 1998 : 29,6 °C) et les mois les plus chauds sont les mois de mai et de juin. Les moyennes mensuelles au niveau de la station synoptique de Linguère, varient de 25,1°C en janvier à 32,6°C en mai. L'humidité relative de l'air est faible, et la moyenne annuelle calculée pour la même période est de 47,2 %. Les taux d'humidité relative les plus faibles sont notés de novembre en mai (32,4 à 39,6%). Les valeurs s'élèvent de juin en octobre avec un pic au mois d'août (73,4%). Les vitesses moyennes mensuelles des vents varient de 1,3 en octobre à 2,4 m/s en avril. La zone d'étude est caractérisée par une demande évaporative très élevée et qui est très variable pendant l'année (3,2mm en août contre 9,6mm en mai).

L'analyse des données enregistrées au niveau des stations de Linguère et de Dagana, permet de suivre les tendances évolutives de la pluviométrie au Ferlo. Linguère est la station de référence du Ferlo. La station de Dagana a été ajoutée pour suivre le gradient climatique nord-sud. Les séries analysées, correspondent respectivement pour ces deux stations, aux pluviométries annuelles recueillies de 1951 à 2000 et de 1951 à 1997.

Les pluviométries annuelles de Thioul (1951-2000), Widou Thiengoly (1951-2000) et Ranérou (1963- 1997), ont été exploitées pour mieux préciser l'évolution des conditions climatiques de la zone.

La moyenne des pluviométries annuelles réparties sur 23 et 58 jours de pluie, est de 432.9 mm pour Linguère et de 240.6mm pour Dagana. Les coefficients de variation élevés (30 à 48 %), illustrent la forte variabilité de la pluviométrie.

L'analyse des tendances évolutives de la pluviométrie est effectuée grâce à l'indice de l'écart moyen normalisé (Dacosta, (1992) in Ndione, 2002), appliqué aux deux séries chronologiques. Les résultats distinguent pour chacune d'elles, deux périodes (Figure 3) :

- la première (1951 à 1969), caractérisée par des précipitations annuelles supérieures à la moyenne normale,
- la seconde période (1970 à 2000), qui se distingue par ses pluviométries annuelles déficitaires.

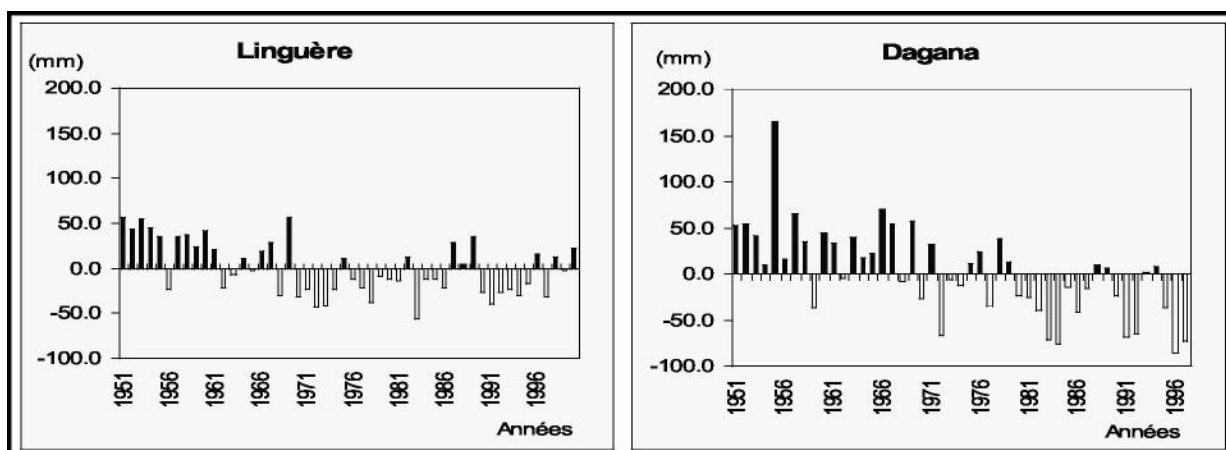


Figure 3: Evolution des écarts moyens normalisés annuels de la pluviométrie à Linguère et à Dagana entre 1951 et 2000

A Linguère, 52% des moyennes annuelles de la série sont en dessous de la normale 1961-1990 (399.8mm) et 84.6 % d'entre elles sont enregistrées à partir 1970 (Figure 3). Par ailleurs, la médiane (396.7mm) inférieure à la moyenne, indique une distribution asymétrique des pluviométries annuelles et une fréquence plus élevée d'années sèches. Les écarts les plus drastiques, (déficit d'au moins 25% par rapport à la normale de 1970 à 2000), concernent (par ordre décroissant de déficit), les années 1983, 1972, 1973, 1991, 1978, 1997 et 1970.



La normale n'a été dépassée que 9 fois et 4 fois avec un écart supérieur ou égal à 25 % (1996, 2000, 1987, 1989).

Sur la série chronologique de Dagana, 46.8 % des moyennes annuelles sont en dessous de la normale 1960-1989 (237.7) et 86.4% parmi elles sont enregistrées à partir de 1970 (Figure 3). Les écarts les plus sévères ont été notés au cours des années 1996, 1984, 1997, 1983, 1991, 1972, 1992, 1986, 1982, 1995, 1977, 1970 et 1981 (déficit d'au moins 25 % par rapport à la normale). 9 moyennes annuelles comprises entre 1970 et 1997, sont supérieures à la normale et 2 d'au moins 25 %.

Les fréquences élevées d'années sèches, remarquées entre 1970 et 2000, **illustrent bien l'aridification persistante des écosystèmes pastoraux**. Cette réduction drastique de la pluviométrie au Ferlo signalée par Akpo (1992) et Ndione (2002), est également observée à Tatki (Widou Thiengoly), Thieul et Revane (Figure 4).

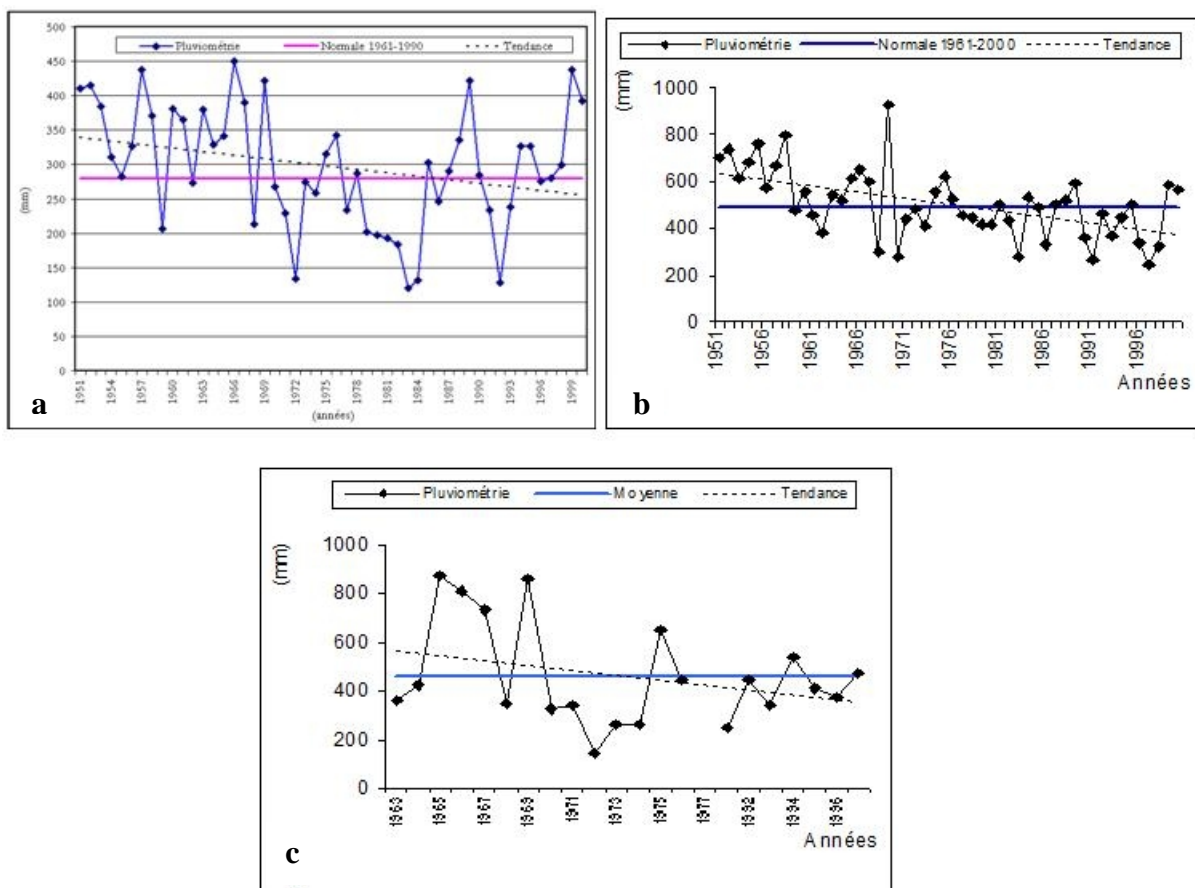


Figure 4 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie à Tatki (a), Thieul (b), Revane (c)

Le calendrier saisonnier peut distinguer 5 saisons sur la base de trois critères principaux (Akpo, 1998 ; Diémé, 2002) : les paramètres climatiques (températures, pluies), l'évolution de l'eau des mares et la phénologie de la végétation. Ces saisons sont le *Dabunde* (saison fraîche, novembre à février) ; *Ceedu* (deuxième partie de la saison sèche, chaude, mars à avril) ; *Deminaare* ou *setselle* (mai à juin, période prépluviale) ; *Ndungu* (saison des pluies, juin à septembre) et le *Kawle* (octobre à novembre, période de transition saison humide et saison

sèche). Cette distinction reflète le niveau de perception locale des notions climatiques et phénologiques de la végétation.

L'aptitude à différencier les saisons et à les mettre en relation avec les autres éléments du milieu, fait de ces populations des personnes ressources pour analyser les dynamiques dans l'écosystème.

Ces écosystèmes sahéliens sont liés au rythme climatique qu'imposent la longue saison sèche et la grande variabilité quantitative et spatiale des précipitations (Akpo, 1998).

### **3. 1. 4. Hydrographie**

Le réseau hydrographique du Ferlo est composé de nappes souterraines et d'eaux superficielles (Diémé, 2002). Les premières correspondent aux nappes du Maastrichtien et du Continental terminal, tandis que les eaux superficielles regroupent les vallées fossiles et les mares. L'écoulement des eaux des vallées fossiles et des mares varie en fonction de la quantité de pluies tombées. Les mares peuvent contenir de l'eau jusqu'en décembre en fonction de la nature du sol et de la fréquentation du bétail.

La découverte de la nappe du Maastrichtien au début des années 50 a été à l'origine du maillage de la zone sylvopastorale par un vaste réseau de forages réalisés dans le cadre de la politique d'hydraulique pastorale.

### **3. 2. CADRE BIOTIQUE : VEGETATION**

La végétation du Ferlo a été l'objet de plusieurs études (cf. chapitre I, II.2). L'inventaire et la cartographie des pâturages par Valenza & Diallo (1972) a permis de distinguer sept formations sur la base de la nature géomorphologique et pédologique du substrat. Ces formations ne correspondent pas exactement à des unités phytosociologiques. Cependant, elles représentent une bonne caractérisation de la végétation pastorale (Akpo, 1998). Les types de végétation divisés en groupements, puis en parcours, ont été décrits à partir de la composition floristique des strates ligneuse et herbacée. Dans la zone d'étude, 5 types de formations comportant 9 groupements végétaux, ont été décrits (Valenza & Diallo, 1972). Ce sont les formations sur :

- sols squelettiques sur lesquels se trouvent les groupements à *Pterocarpus lucens* : G1 et G2 de la savane arbustive à combrétacées et papilionacées ;
- sols sablo-argileux à argilo-sableux portant les groupements à *Balanites aegyptiaca* et *Schoenefeldia gracilis* : Pa1 et Pa3, de la steppe arbustive épineuse parfois dense ou arborée ;
- sols sableux à sablo-argileux avec les groupements sur pénéplaine haute à *Sclerocarya birrea* et *Balanites aegyptiaca* (Ps4) de la steppe arbustive lâche à épineux et combrétacées ; et ceux sur pénéplaine basse à *Balanites aegyptiaca* et *Schoenefeldia gracilis* (Ps5) de la steppe arborée relativement dense, de composition variable ;

- sols sableux, substrat des groupements à *Combretum glutinosum* et *Tephrosia purpurea* : D1a de la steppe arbustive claire ;
- sols argilo-sableux à argileux sur lesquels poussent les groupements sur pénéplaine basse à *Balanites aegyptiaca* et *Aristida funiculata* : A1a de la steppe arbustive lâche.

Le groupement BC1 a été décrit sur les formations des sols sableux à sablo-argileux de la savane arbustive fortement anthropisée par les cultures (IEMVT, 1989).

Ainsi, les formations végétales décrites du nord au sud de la zone, variaient respectivement des steppes arbustives lâches devenant par endroit denses ou arborées, composées d'un mélange d'épineux et de combrétacées, aux savanes arbustives à combrétacées et à papilionacées.

Les principales caractéristiques des groupements végétaux (ou unités de végétation), décrits par Valenza & Diallo (1972), sont présentées en annexes (Annexe 1).

L'optimum de développement de la végétation coïncide avec la fin de la saison des pluies. En cette période, la végétation est sous la forme d'un tapis herbacé plus ou moins continu essentiellement composé de graminées annuelles. Ce tapis est parsemé d'arbres et d'arbustes, épineux à mimosées (au nord) ou combrétacées (vers le sud), ne formant jamais une strate continue (Le Houerou, 1988).

L'analyse des paysages réalisée dans un rayon de 5km autour des sites d'étude (Tatki, Revane, Thieul), (Diouf A., 2001), montre deux tendances :

- Une amélioration entre 1978 et 1999, de la surface occupée par la couverture végétale au niveau des steppes arbustives, imputable à l'abandon de l'agriculture (baisse de 69 à 92% des superficies cultivées) et au retour de bonnes conditions pluviométriques (Revane et Tatki),
- Une diminution de cette couverture de l'ordre de 7% entre 1969 et 1999, au niveau de la savane arbustive de Thieul. Cette régression est liée à l'augmentation des surfaces cultivées qui sont passées de 423 à 724ha.

### 3. 3. CADRE HUMAIN - GESTION DE L'ESPACE AGROSILVOPASTORAL

La population de la zone sylvopastorale est composée de Peuls autochtones, mais aussi de Wolofs et de Sérères venus de l'ouest et du sud à la recherche de terres neuves de cultures.

L'élevage est la principale activité de la zone. L'agriculture associée ou non à l'élevage, est devenue marginale au nord et s'étend très rapidement au sud avec l'avancée du front agricole, et suite à la saturation du bassin arachidier. Le renforcement du pouvoir des collectivités locales (lois sur la décentralisation de 1973, 1996), s'est traduit avec l'arrivée des « colons Wolofs et Sérères », par une augmentation des terres de cultures attribuées à Thieul entre 1975-1979 (1975) et 1995-1999 (1995), (Tableau 1). Cette agriculture de rente est

exercée principalement par les marabouts (58.4%) et les agriculteurs Wolofs ou Sérères (32.1%), (Annexe 2 - Tableau 1).

Tableau 1: Evolution des surfaces attribuées (en ha) pour l'agriculture à Thieul

| 1975   | 1980 | 1985  | 1990  | 1995   | 2000   |
|--------|------|-------|-------|--------|--------|
| 22 219 | -    | 6 947 | 2 000 | 26 350 | 12 400 |

Ainsi, dans la zone agropastorale de Thieul, la population est très diversifiée. Elle est composée essentiellement de Peuls (70%), de Sérères (20%) et de Wolofs (7%). A Tatki, l'élevage extensif est pratiqué comme à Thieul par l'ethnie majoritaire (Peul, 90%). La zone agrosylvopastorale de Revane est habitée par des pasteurs Peuls (90%), mais aussi par des Wolofs et des Maures (10%) qui s'adonnent également à l'exploitation forestière de la gomme.

La gestion de l'espace sylvopastoral a connu plusieurs phases d'évolution : La première phase concerne avant la mise en place des forages, le mode de gestion traditionnelle des parcours. L'utilisation de ces espaces en saison humide, était articulée autour du système des "*bouroums*" (Barral, 1982) ou domaine pastoral exploité par un *Rumano*, d'environ 5 à 6km de rayon autour de celui ci (Akpo, 1998). Après la saison des pluies, la transhumance s'effectuait du Ferlo ou Jeeri vers le Walo (zone d'inondation de la vallée du fleuve). Elle permettait de soulager les pâturages d'hivernage de la pression animale, les cultures de décrue, mais surtout l'abreuvement des troupeaux au cours de la saison sèche. En outre, cette transhumance favorisait la variation des types de fourrages consommés et les cures salées (Boudet, 1984).

La seconde phase est marquée par l'amélioration des conditions sanitaires du cheptel, la découverte de la nappe du mæstrichtien et le maillage de la zone en forages et puits-forages dès le début des années 50 (32 forages profonds et 33 puits-forages créés entre 1950 et 1980). Cette politique d'hydraulique pastorale (Barral, 1982) visant au départ à sédentariser les pasteurs, a entraîné une perturbation du système de gestion traditionnelle et communautaire des ressources avec l'abandon progressif de la grande transhumance. Barral & al., (1983) soulignent une réduction de 47 % du taux des transhumants et une augmentation de 20 % du cheptel entre 1950 et 1980.

Le mode de gestion actuel est caractérisé par des déplacements sur des distances faibles (moins de 20km), entre les campements d'hivernage (*Rumano*) ou de saison sèche (*Sedano*) d'une part, les points d'eau (forages, puits-forages ou antennes) et les parcours d'autre part. L'éloignement des parcours et des points d'eau par rapport aux campements, est variable suivant les saisons. Les abreuvements sont quotidiens pendant la saison des pluies, mais peuvent se faire un jour sur deux pendant la saison sèche du fait de l'éloignement des forages. Sy (2003) parle d'une complexification de la mobilité pastorale. Il note à côté des spécificités locales (mouvements autour du forage), d'autres mouvements zonaux d'échelles spatiales différentes, pratiqués par

divers groupes sociaux ayant les mêmes objectifs d'une meilleure production animale (Peul, Sérères, Maures, Haal-pulaar).

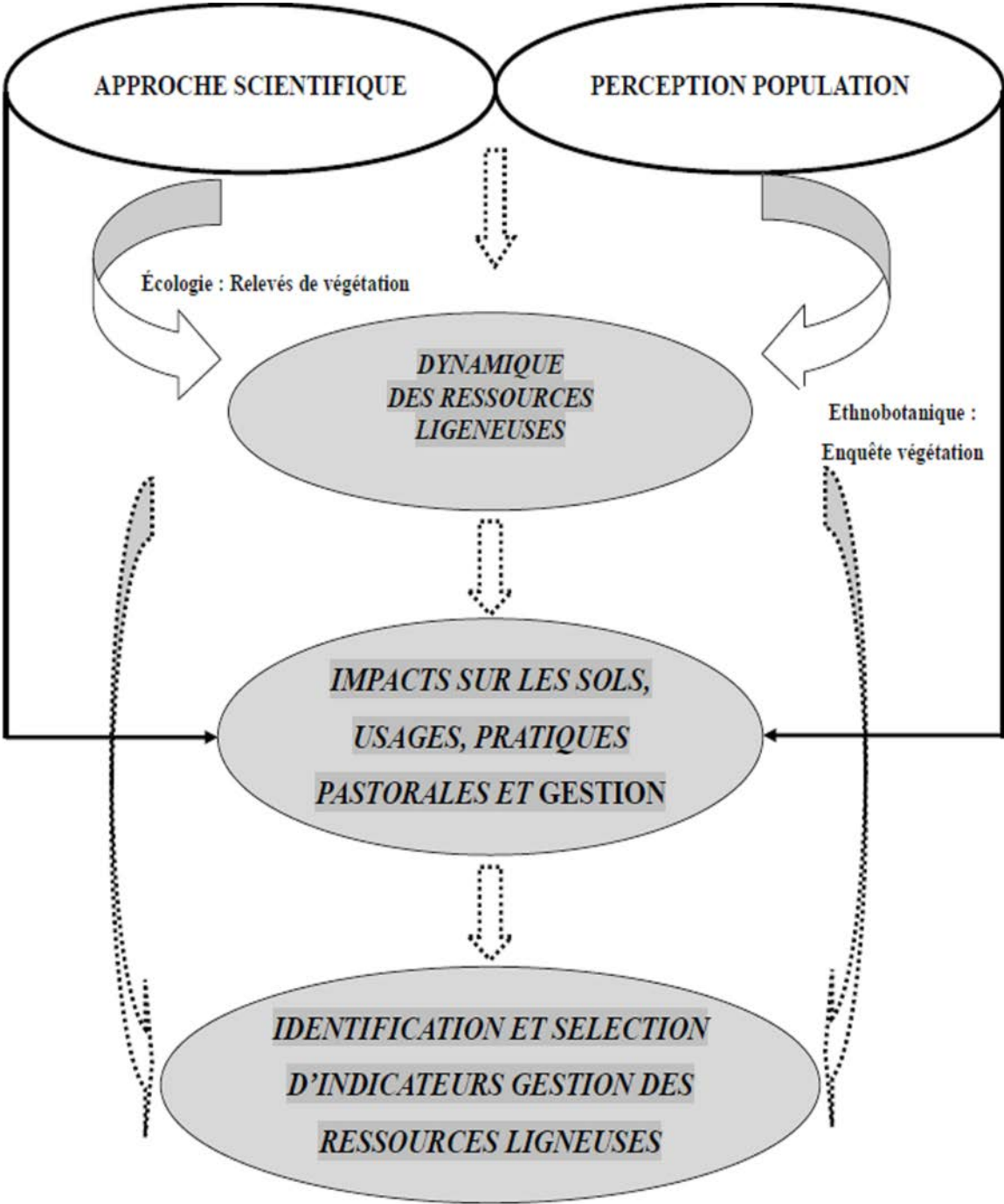
Ces modifications dans le mode gestion du milieu, accentuées par les sécheresses, vont poser un réel problème d'exploitation des ressources pastorales et orienter les décideurs vers divers plans d'aménagement. En résumé, ces descriptions mettent en évidence le caractère évolutif des populations du Ferlo et celui du mode d'utilisation de cet espace sahélien. Cette évolution a certes accru la diversité démographique, mais elle a aussi contribué à la métamorphose du système pastoral. L'ethnie autochtone voit ses parcours se réduire. Les pasteurs peuls sont ainsi appelés à cohabiter et à partager leurs ressources avec d'autres ethnies étrangères dont les intérêts diffèrent, et à revoir leurs stratégies de gestion (pratiques et usages).

### **3. 4. CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE LA ZONE D'ETUDE**

Le Ferlo a connu au cours de ces quatre dernières décennies de profondes modifications d'ordre climatique (sécheresses, aridification du milieu) et anthropique (pression démographique, avancée du front agricole, surpâturage, etc.). Ces modifications ont sans doute eu une influence sur l'état et l'évolution des ressources végétales du milieu. Les études réalisées pour caractériser les changements des ressources et les mécanismes, ne sont pas parvenues à décrire d'une manière bien précise, les interactions complexes au sein des écosystèmes. Face aux mutations dans la gestion de l'espace sylvopastoral et aux bilans mitigés des projets d'aménagements, la dimension socio-économique et les questions de durabilité des ressources et de viabilité des écosystèmes, sont devenues des enjeux majeurs pour le développement du pastoralisme. Dès lors, il y a eu nécessité de réactualiser les données sur l'état et l'évolution des ressources fourragères et d'analyser les conséquences des changements intervenus, sur les pratiques et le fonctionnement des écosystèmes. Cette analyse s'appuie sur des approches qui intègrent un peu plus les savoirs locaux.

L'étude s'inscrit dans ce contexte de mutations propre à la zone sahélienne du Sénégal caractérisée par une grande hétérogénéité géomorfo-pédologique, climatique et socio-économique. Elle tente d'apporter par une démarche interdisciplinaire (Approche écologique et perception locale), plus de précisions à la dynamique du peuplement ligneux au cours de ces quatre dernières décennies et aux conséquences de ses modifications (Schéma 1).

Schéma 1 : Démarche globale de l'étude



## **2<sup>ème</sup> Partie : DYNAMIQUE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX**

# CHAPITRE 4 : DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX AU SAHEL : FERLO, NORD-SENEGAL – APPROCHE ECOLOGIQUE

## 4. 1. INTRODUCTION

La dynamique d'un écosystème fait référence à l'évolution dans sa structure et son fonctionnement. L'évolution d'un écosystème résulte de changements de l'un ou de plusieurs facteurs biotiques ou abiotiques du milieu (Carrière & Toutain, 1995) qui peuvent correspondre soit aux perturbations, soit aux stress (cf. chapitre I). Ces deux mécanismes constituent les principaux moteurs de la dynamique des systèmes écologiques et sont omniprésents à toutes les gammes d'échelle de temps et d'espace (Jaffret, 2001).

Le Ferlo à l'image du sahel, a subi au cours des quatre dernières décennies de nombreuses perturbations liées aux sécheresses chroniques ou aux changements dans le mode de gestion de l'espace agrosylvopastoral (pression des cultures ou surpâturage). Depuis 1970, ces perturbations ont dû modifier les écosystèmes et orienter leurs évolutions vers des structures et des fonctionnements différents de ce qui avaient été décrit.

Cette étude se propose d'analyser l'évolution dans le temps et dans l'espace des peuplements ligneux du Ferlo. Il s'agit d'une analyse diachronique de l'évolution des peuplements ligneux.

## 4. 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 4. 2. 1. Les données : origines et types

#### 4. 2. 1. 1. Données cartographiques : Description des groupements végétaux

Les cartes des pâturages du Nord-Sénégal (Valenza & Diallo, 1972) et de l'IEMVT (Atlas du Sénégal en 1989), ont servi de support d'échantillonnage et à la description des unités de végétation des sites de relevés retenus. Valenza & Diallo(1972) ont distingué à une échelle de 1/200000, sept formations sur la base de la nature géomorphologique et pédologique du substrat ; des groupements et des parcours à partir de la composition floristique des strates ligneuse et herbacée.

La zone d'étude s'étale sur 5 types de formations et comporte 9 groupements végétaux (G1, G2, Pa1, Pa3, Ps4, Ps5, BC1, D1a et A1a : cf. Annexe 2), représentant 62,1% de la superficie totale des 18 unités de végétation identifiées au Ferlo. Ce sont les formations sur :

- sols squelettiques sur lesquels se trouvent les groupements à *Pterocarpus lucens* : G1 et G2 de la savane arbustive à combrétacées et papilionacées ;
- sols sablo-argileux à argilo-sableux portant les groupements à *Balanites aegyptiaca* et *Schoenefeldia gracilis* : Pa1 et Pa3 de la steppe arbustive épineuse parfois dense ou arborée ;
- sols sableux à sablo-argileux avec les groupements sur pénéplaine haute à *Sclerocarya birrea* et *Balanites aegyptiaca* (Ps4) de la steppe arbustive lâche à épineux et combrétacées ; et ceux sur pénéplaine basse à *Balanites aegyptiaca* et *Schoenefeldia gracilis* (Ps5) de la steppe arborée relativement dense, de composition variable ;



- sols sableux, substrat des groupements à *Combretum glutinosum* et *Tephrosia purpurea* : D1a de la steppe arbustive claire ;
- sols argilo-sableux à argileux sur lesquels poussent les groupements sur pénéplaine basse à *Balanites aegyptiaca* et *Aristida funiculata* : A1a de la steppe arbustive lâche.

Le groupement BC1 a été décrit sur les formations des sols sableux à sablo-argileux de la savane arbustive fortement anthropisée par les cultures (IEMVT, 1989).

Les données floristiques exploitées, proviennent des inventaires effectués dans la zone d'étude par divers chercheurs de l'IEMVT, l'ISRA, l'ORSTOM et du CNRS et intégrés dans la base Flotrop (Daget & Gaston, 1999). Ces relevés ont été complétés par nous même en 2000.

### **La base Flotrop**

La base de données Flotrop a été créée en 1993 par le CIRAD-IEMVT. Elle contient plus de 18 000 relevés de végétation réalisés dans les pâturages de la zone comprise entre 5 et 25 ° de latitude N, et allant des îles du Cap-Vert à la mer rouge (Daget & Gaston 1999). Ces relevés sont ceux propres à l'IEMVT (devenu CIRAD-IEMVT depuis 1993) et ceux d'autres organismes français et africains (ORSTOM, Muséum national d'histoire naturelle, universités, ISRA Sénégal, Laboratoire de Farcha Tchad). Son objectif est de rassembler la masse de relevés dispersés, effectués au cours d'une période de plus de 60 années ; d'en homogénéiser la présentation et la nomenclature et d'intégrer le corpus ainsi réuni, dans une banque de données floristiques et agrostologiques. Selon ses auteurs, la base Flotrop est fondée sur une nomenclature botanique solide et unifiée, l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale de Lebrun & Stork (1991, 1992, 1995 et 1997). Son format matrice (fichier espèces, fichiers relevés et matrice présence - absence), est un type de sortie qui ouvre l'accès aux méthodes de phytosociologie utilisant l'analyse factorielle de correspondance (AFC, CAH). Ainsi, cette base peut déboucher sur les grandes méthodes d'analyse synécologique du tapis végétal. Selon les concepteurs, elle offre diverses possibilités d'exploitation dont celle portant sur l'évolution de la flore et de la végétation (biodiversité), sous des influences climatiques et humaines. La biodiversité situationnelle ou régionale, de même que les spectres pastoraux sur la flore ou la végétation peuvent aussi être analysés à partir des informations fournies par cette banque de données.

Les précisions de la date du relevé, du géoréférencement du site (de l'ordre de la minute d'angle, donc à 2 kilomètres près) et de l'identité du collecteur constituent les principales conditions pour l'enregistrement d'une observation dans la base.

#### **4. 2. 1. 2. Données floristiques**

Les données exploitées proviennent de deux sources :

- des inventaires ont été effectués dans la zone d'étude par divers chercheurs de l'ITEMVT, l'ISRA, l'ORSTOM et du CNRS, et intégrés dans la base Flotrop (Daget & Gaston, 1999), sous forme de tableaux de présence - absence (format matrice).
- des relevés que nous même avons complétés en 2000.

L'identification des espèces a été effectuée à l'aide de la Flore du Sénégal (Berhaut, 1967). L'actualisation des synonymies a été réalisée à partir de l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale (Lebrun & Stork, 1991-1997) et de l'ouvrage d'Arbonnier (2000).

#### 4. 2. 1. 3. Données climatiques

Les données climatiques recueillies sont les précipitations et le nombre de jours de pluies annuels trouvés dans les archives de la Direction nationale de la météorologie (DMN). L'analyse des tendances évolutives de la pluviométrie appliqué aux deux séries chronologiques de Linguère et de Dagana a permis de distinguer les années excédentaires et les années déficitaires (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition des années excédentaires et déficitaires par rapport à la normale

| Stations références | Années excédentaires  | Normale (mm) | Années déficitaires  |
|---------------------|---|--------------|--|
| <b>Linguère</b>     | 1975, 1982, <b>1987</b> , 1988,<br><b>1989, 1996</b> , 1998, 1999,<br><b>2000</b> | 399.8        | <b>1970</b> , 1971, <b>1972</b> , <b>1973</b> ,<br>1974, 1976, 1977, <b>1978</b> ,<br>1979, 1980, 1981, <b>1983</b> ,<br>1984, 1985, 1986, 1990,<br><b>1991</b> , 1992, 1993, 1994,<br>1995, <b>1997</b>   |
| <b>Dagana</b>       | <b>1971</b> , 1975, 1976, <b>1978</b> ,<br>1979, 1988, 1989, 1993,<br>1994        | 237.7        | <b>1970</b> , <b>1972</b> , 1973, 1974,<br><b>1977</b> , 1980, <b>1981</b> , <b>1982</b> ,<br><b>1983,1984</b> , 1985, <b>1986</b> ,<br>1987, 1990, <b>1991</b> , <b>1992</b> ,<br><b>1995, 1996, 1997</b> |

(En gras) : Années dont les écarts sont  $\geq$  de 25% à la normale soit positivement ou négativement

Les données de ce tableau sont combinées à celles de l'analyse de la variabilité temporelle pour distinguer les périodes humides et sèches.

L'analyse de la pluviométrie à Tatki et à Revane est effectuée à partir des données respectives des postes pluviométriques de Widou Thiengoly et de Ranérou (chapitre 3 : traits climatiques et évolutions). Ces choix s'expliquent par l'absence de postes au niveau de ces forages étudiés, et par la plus grande proximité de ces deux derniers distants d'environ 25 à 30km. Pour Thieul, nous disposons de données qui datent de 1951 à nos jours.

## **4. 2. 2. Etude du peuplement ligneux**

### **4. 2. 2. 1. Choix des sites de relevés**

L'uniformisation des relevés de la base et le choix des sites de relevés à étudier, ont nécessité respectivement des analyses factorielles préliminaires et un recours aux critères de couverture spatiale et d'étalement temporel. L'échantillonnage a consisté d'abord à regrouper les observations stockées dans la base Flotrop en fonction des coordonnées géographiques, afin de localiser les sites de relevés. L'étape suivante est une vérification de la représentativité spatiale par une projection sur la carte des pâturages, des unités de végétation auxquelles appartiennent les sites de relevés. La dernière étape de l'échantillonnage a consisté à choisir dans les unités représentatives, les sites de relevés les mieux suivis dans le temps.

Ainsi, sur la base de la superficie de l'unité de végétation et de l'étalement temporel du suivi des sites de relevés, l'échantillonnage a abouti au choix de 21 sites de relevés (soit 28,7% du total des sites trouvés dans la base), répartis sur 9 des 14 unités de végétation identifiées dans les limites de la zone d'étude (soit 64%). Il s'agit 14 sites de relevés à Tatki, 4 à Revane et 3 à Thieul (cf. Annexe 3), qui serviront à caractériser la structure et la dynamique des peuplements ligneux dans les 9 unités de végétation (Pa1, Pa3, Ps4, Ps5, A1a, G1, BC1, G2 et D1a). Cinq autres sites (DolA, R13, R17, R26, R27), (cf. Annexe 3), sélectionnés en superposant l'image satellitale (CSE, 1999) et les cartes de pâturages (Valenza et Diallo, 1972, IEVMT, 1989), ont complété la série des sites de relevés sélectionnés afin de caractériser la structure actuelle du peuplement ligneux à Thieul.

### **4. 2. 2. 2. Méthodes de collecte**

Les données de la base Flotrop ont été collectées entre 1970 et 1987 selon quatre critères (présence - absence, abondance-dominance, recouvrement, listes botaniques). Les données actuelles ont été récoltées au cours de deux séjours effectués en novembre-décembre et mars-avril des années 1999 et 2000 à partir de deux techniques d'échantillonnage : L'aire circulaire (cf. Annexe 4).

La technique de l'aire circulaire s'applique autour d'un quadrilatère matérialisé par quatre arbres marqués à la peinture. L'intersection de ses diagonales représente le centre du plateau à partir duquel deux cordes de 56,4 m de long servent à délimiter la superficie d'un cercle et à déterminer des secteurs de comptages exhaustifs par espèce. Les individus morts sont comptés. Pour les espèces multicaules, seule la touffe est comptée pour un individu.

### **4. 2. 3. Traitement des données**

Le traitement des données a nécessité le recours aux logiciels Excel, Spss, Mapinfo, ADE4 et Xlstat ; et aux méthodes d'analyse multivariées : L'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC) et l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD).

Les fluctuations de la composition floristique du peuplement sont étudiées en fonction de la variabilité spatiale et de la variabilité temporelle. Pour ce faire, la matrice Espèces (58)/Relevés (105) a été soumise à une AFC (Benzeckri, 1966), puis uniformisée. Les données traitées par cette méthode sont sous la forme de tableaux de présence - absence.

L'AFC (variabilité spatiale) a été affinée par une analyse factorielle discriminante (AFD) afin de préciser et valider le classement des relevés dans les groupements identifiés. Cette méthode permet de fidéliser l'appartenance à un groupe d'individus en fonction des valeurs prises par plusieurs variables. Elle sert à déterminer le groupe le plus probable pour un individu, connaissant uniquement les valeurs des variables qui le caractérisent. Son but est donc de prédire une variable qualitative (groupe) à k catégories à l'aide de p prédicateurs, généralement numériques. La méthode Disqual ou méthode de discrimination sur variables qualitatives (Saporta, 1990 ; Akpo & al, 1995), a été utilisée.

Pour l'analyse de la variabilité temporelle, les relevés sont cumulés dans des groupes d'années à intervalles réguliers de cinq ans. Chaque année de référence mentionnée, représente le cumul des observations effectuées entre cette date et les quatre autres années suivantes. En guise d'exemple, 1970 et 1980 correspondent respectivement aux groupes d'années 1970 à 1974 et 1980 à 1984 (Tableau 3).

Tableau 3 : Correspondance période de référence (cumul) et Années de relevés pour l'analyse diachronique

| <b>Année ou période de référence (cumul)</b> | <b>1970</b>                  | <b>1975</b>                  | <b>1980</b>                   | <b>1985</b>                  | <b>2000</b>                  |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Années de relevés correspondantes</b>     | 1970, 1971, 1972, 1973, 1974 | 1975, 1976, 1977, 1978, 1979 | 1980, 1981, 1983, 1984, 1985, | 1985, 1986, 1987, 1988, 1989 | 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 |

Cette démarche ne suit pas une analyse de la variabilité d'une année à une autre. Cette variabilité annuelle est plus adaptée à la strate herbacée. Elle a l'avantage d'atténuer les risques éventuels d'hétérogénéité entre les relevés, liés aux écarts interannuels<sup>5</sup> et respecte un pas de temps pertinent et suffisant pour déceler une évolution réelle et globale au sein d'un peuplement ligneux<sup>6</sup>.

Par ailleurs, les groupes d'années de relevés issus du cumul coïncident en grande partie avec les périodes de variations climatiques qui ont caractérisé la zone sylvopastorale. Les années de référence 1970 et 1980

5 : Il n'y a pas eu de relevés pour certaines années.

6 : Pour les ligneux, la probabilité de déceler une variation d'une année à une autre est faible. Généralement un pas de temps d'au moins 4 ans est respecté pour étudier leur évolution

coïncident avec les périodes sèches. Les années 1975 (1975-1979), 1985 (1985-1989) et 2000 sont relativement plus humides sur l'ensemble des 2 stations de référence (Linguère et Dagana).

Le traitement par l'AFC des matrices Espèces/ Relevés des différentes années d'observation (1970- 2000) permet d'effectuer une analyse diachronique des populations complexes (Daget & Tranchefort, 1974 in Akpo & al, 1995). Dans ce type d'analyse, le chronogramme représente le diagramme des relevés. Le cheminement décrit est défini comme la ligne reliant les différentes années. Il traduit les stades successifs de l'évolution de la végétation ligneuse. Le cénogramme représente le diagramme des espèces qui matérialise les relations mutuelles entre espèces.

La description de la flore a aussi nécessité l'utilisation des relevés de la base Flotrop pour l'état initial (1970-1987) et nos propres relevés pour l'état actuel : 2000). L'état initial décrit la flore d'avant 2000 et prend en compte toutes les espèces rencontrées (au moins une fois), entre 1970 et 1987 (année des derniers relevés). L'indice de Jaccard a été utilisé pour apprécier les similitudes floristiques (homogénéité) entre les groupements végétaux. Il a permis de suivre l'évolution de l'hétérogénéité floristique entre les groupements afin de voir si leurs écarts floristiques s'accroissent ou si les ensembles s'homogénéisent.  $S_{ij} = a/a+b+c$  avec  $a$ = nombre d'espèces communes à deux relevés  $i$  et  $j$  ;  $b$ = nombre d'espèces présentes seulement dans le relevé  $i$  ;  $c$ = nombre d'espèces présentes seulement dans le relevé  $j$ .

### **4. 3. RESULTATS**

#### **4. 3. 1. Evolution de la Flore**

##### **4. 3. 1. 1. Etat initial de la flore**

La flore ligneuse du Ferlo inventoriée de 1970 à 1987 sur les sites de référence renfermait 53 espèces réparties en 38 genres et 21 familles (Tableau 4 et 6). Les Mimosacées, les Combrétacées, les Capparacées et les Caesalpiniacées constituaient les familles les plus représentées. *Acacia*, *Combretum* et *Grewia* étaient les principaux genres recensés.

La richesse spécifique variable selon les sites en cette période (1970-1987), était de 36, 22 et 37 espèces respectivement pour Tatki, Thieul et Revane. Ces espèces étaient réparties dans le même ordre en 29, 19 et 27 genres et entre 18,12 et 15 familles (Tableau 6).

Tableau 4: Espèces recensées entre 1970 et 1987

| Familles                     | Genres        | Espèces (nombre) | Importance relative (%) |
|------------------------------|---------------|------------------|-------------------------|
| Anacardiaceés                | Lanea         | 2                | 5,7                     |
|                              | Sclerocarya   | 1                |                         |
| Annonacées                   | Hexalobus     | 1                | 1,9                     |
| Apocynacées                  | Adenium       | 1                | 1,9                     |
| Asclépiadacées               | Calotropis    | 1                | 3,8                     |
|                              | Leptadenia    | 1                |                         |
| Balanitacées (Simaroubacées) | Balanites     | 1                | 1,9                     |
| Bombacacées                  | Adansonia     | 1                | 3,8                     |
|                              | Bombax        | 1                |                         |
| Burséracées                  | Commiphora    | 1                | 1,9                     |
| Caesalpiniacées              | Bauhinia      | 1                | 7,6                     |
|                              | Cassia        | 1                |                         |
|                              | Piliostigma   | 1                |                         |
|                              | Tamarindus    | 1                |                         |
| Capparacées                  | Boscia        | 1                | 11,3                    |
|                              | Cadaba        | 1                |                         |
|                              | Capparis      | 2                |                         |
|                              | Maerua        | 2                |                         |
| Célastracées                 | Mavtenus      | 1                | 1,9                     |
| Combretacées                 | Anogeissus    | 1                | 13,2                    |
|                              | Combretum     | 4                |                         |
|                              | Guiera        | 1                |                         |
|                              | Terminalia    | 1                |                         |
| Ebénacées                    | Diospyros     | 1                | 1,9                     |
| Fabacées (Papilionacées)     | Dalbergia     | 1                | 3,8                     |
|                              | Pterocarpus   | 1                |                         |
| Loganiacées                  | Strychnos     | 1                | 1,9                     |
| Malvacées                    | Gossypium     | 1                | 1,9                     |
| Mimosacées                   | Acacia        | 8                | 18,9                    |
|                              | Dichrostachys | 1                |                         |
|                              | Entada        | 1                |                         |
| Rhamnacées                   | Ziziphus      | 1                | 1,9                     |
| Rubiaceés                    | Feretia       | 1                | 5,7                     |
|                              | Gardenia      | 1                |                         |
|                              | Mitragyna     | 1                |                         |
| Salvadoracées                | Salvadora     | 1                | 1,9                     |
| Sterculiacées                | Sterculia     | 1                | 1,9                     |
| Tiliacées                    | Grewia        | 3                | 5,7                     |
| <b>Total : 21</b>            | <b>38</b>     | <b>53</b>        | <b>100</b>              |

#### 4. 3. 1. 2. Flore en 2000

En 2000, la flore ligneuse des sites de relevés suivis renferme 29 espèces réparties en 22 genres et 16 familles (Tableau 5 et 6). Les mimosacées et les combretacées sont les familles les plus représentées, suivies des Capparacées et des Papilionacées. Le genre Acacia est le plus dénombré suivi, des genres Combretum, Pterocarpus, Ziziphus. Elle est plus riche à Tatki et plus pauvre à Thieul dans les sites suivis (Tableau 6).

Tableau 5: Cortège floristique du peuplement ligneux dans les sites de relevés en 2000

| Familles       | Genres        | Nombre d'espèces | Importance relative (%) |
|----------------|---------------|------------------|-------------------------|
| Anacardiaceés  | Sclerocarya   | 1                | 3,4                     |
| Apocynacées    | Adenium       | 1                | 3,4                     |
| Asclépiadacées | Calotropis    | 1                | 6,3                     |
|                | Leptadenia    | 1                |                         |
| Balanitacées   | Balanites     | 1                | 3,4                     |
| Bombacacées    | Adansonia     | 1                | 3,4                     |
| Burséracées    | Commiphora    | 1                | 3,4                     |
| Capparacées    | Boscia        | 1                | 17,2                    |
|                | Cadaba        | 1                |                         |
|                | Maerua        | 1                |                         |
| Combretacées   | Combretum     | 3                | 13,8                    |
|                | Guiera        | 1                |                         |
| Euphorbiacées  | Jatropha      | 1                | 3,4                     |
| Mimosacées     | Acacia        | 4                | 17,2                    |
|                | Dichrostachys | 1                |                         |
| Fabacées       | Dalbergia     | 1                | 10,3                    |
|                | Pterocarpus   | 2                |                         |
| Rhamnacées     | Ziziphus      | 2                | 6,9                     |
| Rubiaceés      | Feretia       | 1                | 3,4                     |
| Sterculiacées  | Sterculia     | 1                | 3,4                     |
| Tiliacées      | Grewia        | 1                | 3,4                     |
| Vitacées       | Cissus        | 1                | 3,4                     |
| Total          |               | 29               | 100                     |

#### 4. 3. 1. 3. Diminution du nombre d'espèces

Entre les années 1970/80 et 2000, les résultats révèlent une réduction nette du nombre d'espèces des peuplements ligneux du Ferlo (Tableau 6). La régression est importante puisqu'elle représente globalement la perte de 45 % des espèces et 40 des genres présents il y a 30 ans (et 24% des familles), dans les sites de relevés suivis. Cependant, cette évolution n'est pas similaire d'un site à l'autre : à Thieul site le plus humide, agricole, et anthropisé et le moins pastoral, la régression du nombre d'espèces plus accentuée est de 55 % en ne prenant en compte que les sites suivis<sup>7</sup>, contre 50 % à Tatki et 51 % à Revane.

Tableau 6: Évolution floristique des peuplements ligneux dans les sites de relevés suivis entre 1970 et 2000

| Sites d'étude | Tatki     |           | Revane    |           | Thieul    |           | Ferlo     |           |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               | 1970/1987 | 1999/2000 | 1970/1987 | 1999/2000 | 1970/1987 | 1999/2000 | 1970/1987 | 1999/2000 |
| Famille       | 18        | 13        | 15        | 10        | 12        | 7         | 21        | 16        |
| Genres        | 29        | 15        | 27        | 13        | 19        | 9         | 38        | 22        |
| Espèces       | 36        | 18        | 37        | 18        | 22        | 10        | 53        | 29        |

<sup>7</sup> : Le nombre d'espèces à Thieul et conséquemment au Ferlo en 2000, ne prend pas en compte les 5 sites ajoutés à Doli pour mieux caractériser la structure des peuplements et qui n'ont pas été suivis depuis 1970 (cf. Matériel & Méthodes).

### 4. 3. 2. Variabilité spatiale

L'AFC a été appliquée sur la matrice uniformisée Espèces (40) / Relevés (85) regroupant les observations effectuées entre 1970 et 2000, sur les 9 unités de végétation décrites précédemment. Les quatre premiers axes expliquent 28,1% de la variabilité totale dont 58,9 % (16,6 %) sont apportées par le plan principal (F1-F2) sur lequel l'analyse est conduite. La figure 5 représente la projection des relevés sur ce plan principal.

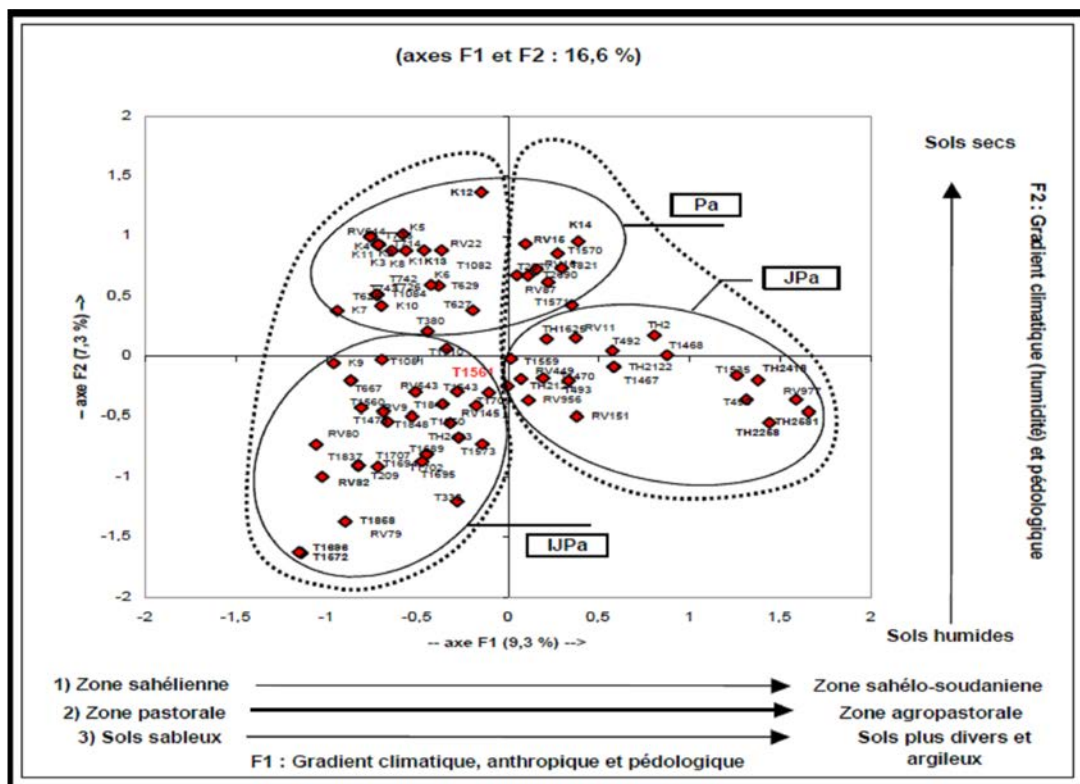


Figure 5 : Variabilité spatiale de la végétation ligneuse au Ferlo : Diagramme des relevés (1970-2000) dans le plan principal de l'AFC

L'axe F1 de cette figure oppose les relevés appartenant majoritairement à Tatki (T1572 ; T1696) (abscisses négatifs) et ceux de Thieul (TH2581, TH2258, TH2418) (abscisses positifs).

A un premier niveau d'analyse, le groupe de Tatki est expliqué par les espèces à affinité saharienne ou sahélienne : *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Acacia senegal*, *Leptadenia pyrotechnica* et *Calotropis procera*. Par contre, le groupe de Thieul est caractérisé par des essences sahélo-soudaniennes à soudano-guinéennes telles que : *Lannea acida*, *Guiera senegalensis*, *Bombax costatum*, *Sterculia setigera*, *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Combretum nigricans* et *Combretum glutinosum*.

La figure 6 représente le diagramme des espèces qui expliquent la répartition des groupes de relevés.



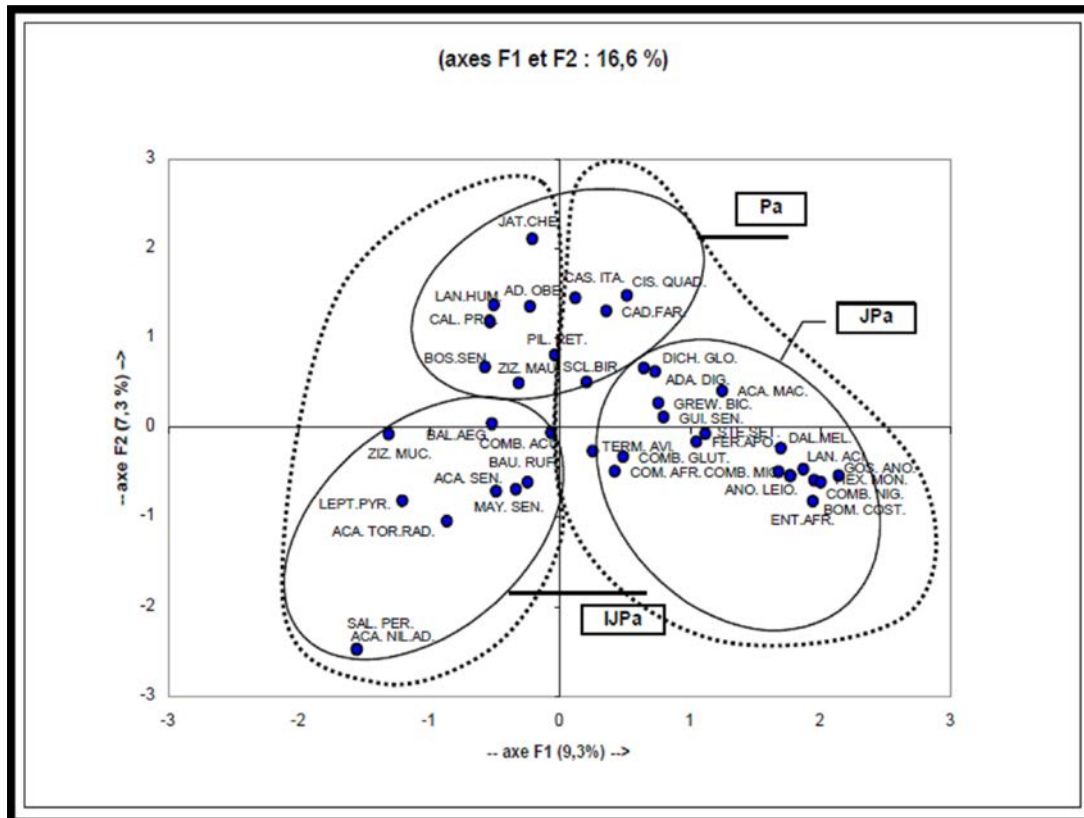


Figure 6: Variabilité spatiale de la végétation ligneuse au Ferlo : Diagramme des espèces (1970-2000) dans le plan principal de l'AFC

A un second niveau d'analyse, les deux groupes de relevés sont caractérisés respectivement par des espèces indicatrices des zones de pâturages telles qu'*Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca* (indicatrices de surpâturage) et des espèces typiques des milieux cultivés comme *Guiera senegalensis* (indicatrice de pâturages sur des jachères). A un troisième niveau d'analyse, les espèces associées aux relevés de Tatki ont un habitat préférentiel qui correspond aux sols sableux. Quant aux espèces du groupe de Thieul, elles se localisent sur divers types de sols notamment ceux épuisés, pierreux, latéritiques, cuirassés gravillonnaires, plus argileux (Figure 6).

Cet axe F1 représente ainsi (dans un ordre d'importance décroissante), un gradient climatique (aridité ou humidité), anthropique et pédologique qui oppose :

- la zone pastorale de Tatki plus sèche (climat sahélien) et plus sableuse,
- à la zone agropastorale de Thieul plus humide (climat Sahélo-soudanien), avec divers types de sols, plus argileux.

L'axe F2 (Figure 5) séparent deux groupes de relevés appartenant à la fois à Tatki et à Revane (zones exclusivement ou à dominante pastorale). Ce sont d'une part les relevés K12, K14, RV15, K13 (ordonnées

positives) appartenant majoritairement à Tatki, et d'autre part T1572, T1696, RV82, T1858 (ordonnées négatives). Ce dernier groupe contient des relevés de Tatki, mais renferme l'essentiel des relevés de Revane.

Ces deux groupes de relevés sont respectivement caractérisés par des espèces rencontrées (Figure 6) :

- sur les sols secs pierreux, compacts ou sableux dégradés (*Calotropis procera*, *Boscia senegalensis*, *Adenium obesum*)
- et sur les sols sableux ou latéritiques bien drainés (*Acacia tortilis*, *Acacia senegal*, *Salvadora persica*, *Acacia nilotica subsp adstringens*).

Les deux groupes d'espèces sont typiques des endroits pâturés, et à travers cette distribution une opposition entre zones sèches (relativement par rapport à Thieul), est remarquée.

L'axe F2 représente donc un gradient d'humidité qui sépare la zone pastorale sèche (Tatki) de la zone pastorale humide (Revane).

Par ces gradients climatique, anthropique puis pédologique distingués successivement, les axes F1 et F2 mettent en évidence trois groupes de relevés ligneux qui correspondent sur les figures 5 et 6 :

- au groupement nommé JPa<sup>8</sup> constitué essentiellement par les relevés de la zone humide agropastorale (Thieul), localisés sur des sols divers humides à tendance argileuse. Les pâturages sont situés sur des jachères de courtes durées liées à l'accroissement de la pression foncière avec l'avancée du front agricole.
- au groupement Pa<sup>9</sup> correspondant à la zone sèche pastorale (Tatki) des sols secs sableux dégradés, compacts, parfois cuirassés. L'élevage y est exclusif.
- et au groupement IJPa<sup>10</sup> de la zone intermédiaire agrosylvopastorale à dominante pastorale (Revane) des sols humides sableux ou latéritiques. Les pâturages sont localisés sur des jachères relativement anciennes, et la sylviculture constitue la seconde activité (abandon de l'agriculture, exploitation de la gomme arabique).

Le tableau 7 représente la proportion relative de chacune des anciennes unités (Valenza & Diallo, 1972), dans les trois groupements identifiés. Il montre que les relevés décrivant la zone agropastorale humide de Thieul correspondent essentiellement aux unités de végétation BC1 et D1a. La zone pastorale sèche de Tatki renferme exclusivement les unités A1a et Ps5. Quand à la zone agrosylvopastorale humide de Revane, elle regroupe les relevés réalisés sur Pa1, Pa3, Ps4, G1et G2. Ces unités caractérisent la zone intermédiaire et sont de ce fait représentés dans les deux précédents groupements.

---

8 : JPa : Jachères transformées en Parcours ;

9 : Pa : Parcours ou pâturages stricts ;

10 : IJPa : milieu Intermédiaire entre zone de jachères et zone de parcours stricts.

Tableau 7: Proportion relative des anciennes unités de végétation dans les trois groupements identifiés

| Groupements identifiées                | A1a          | Ps5          | G2          | Pa3         | Ps4         | Pa1         | G1          | D1a         | BC1         |
|--|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Zone sèche pastorale (Pa)</b>       | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | 50,0        | 50,0        | 42,9        | 40,0        | 16,7        | 28,6        | 0,0         |
| <b>Zone humide pastorale (IJPa)</b>    | 0,0          | 0,0          | <b>50,0</b> | <b>40,0</b> | <b>42,9</b> | <b>42,5</b> | <b>50,0</b> | 14,3        | 14,3        |
| <b>Zone humide agropastorale (JPa)</b> | 0,0          | 0,0          | 0,0         | 10,0        | 14,3        | 17,5        | 33,3        | <b>57,1</b> | <b>85,7</b> |
| <b>TOTAL (SUR LES TROIS ZONES)</b>     | 100          | 100          | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         |

Une analyse factorielle discriminante (AFD) a été appliquée pour préciser et valider le classement des relevés dans les trois groupements identifiés. Sa matrice de confusion (Tableau 8) indique que 98,5% des relevés sont bien classés dans les trois groupements. Le taux d'erreur apparent ou ratio du nombre d'observations reclassées sur le nombre total d'observations, est très faible (1,2%) et se traduit par reclassement d'un seul relevé du groupement JPa dans le groupement IJPa. Les trois groupements sont ainsi bien classés et peuvent être considérés comme distincts et homogènes.

En conclusion, l'étude de la variabilité spatiale qui s'est proposée de vérifier l'homogénéité des unités originelles et d'identifier les éventuels nouveaux groupements, montre :

- une tendance d'homogénéisation des unités de végétation par rapport à celles jadis définies par Valenza & Diallo (1972), à l'échelle de 1/200 000), qui se traduit par une réduction<sup>11</sup> du nombre de groupements originels ;
- que sur les 9 groupements végétaux qui avaient été décrits (G1, G2, Pa1, Pa3, Ps4, Ps5, BC1, D1a et A1a), l'analyse de la variabilité spatiale (1970-2000) du peuplement a discriminé 3 groupements (JPa, Pa IJPa). Ces derniers ensembles sont constitués essentiellement à partir de regroupements des premières unités. Leurs traits caractéristiques (floristiques, puis écologiques) correspondent respectivement à ceux de Thieul, Tatki et Revane ; donc aux zones agropastorale humide, pastorale sèche et sylvopastorale ou intermédiaire humide.

Ces groupements ont été dans, un ordre d'importance décroissante, mis en évidence par les gradients climatique<sup>12</sup>, anthropique<sup>13</sup> puis pédologique<sup>14</sup>. Ils ont servi de support à l'analyse de la variabilité temporelle.

11 : Des analyses complémentaires effectuées sur la période 1970-1983 et 1970-1987 ont respectivement identifié 7 puis 5 ensembles homogènes. Ce qui traduit une réduction progressive des unités de végétation.

12 : Zones sahélienne et sahélo-soudaniennes

13 : Zones pastorale, agropastorale à dominante pastorale, agropastorale à dominante agricole

14 : Sableux, latéritiques au sableux argileux

Tableau 8: Matrice de confusion de l'Analyse Factorielle Discriminante

| Groupes  | Groupes d'affectation |           |          | Statistiques |                             |                                   |
|--|-----------------------|-----------|----------|--------------|-----------------------------|-----------------------------------|
|  | Groupes d'origine     | vers IJPa | vers JPa | vers Pa      | Nombre de relevés au départ | % par rapport au total de relevés |
| De IJPa  | 30                    | 0         | 0        | <b>30</b>    | 35.3%                       | 100                               |
| De JPa   | <b>1</b>              | 21        | 0        | <b>22</b>    | 25.9%                       | 95,5                              |
| de Pa  | 0                     | 0         | 33       | 33           | 38.9%                       | 100                               |
| <b>Nombre final de relevés</b>                     | <b>31</b>             | <b>21</b> | 33       | Total= 85    | % Total =100                | <b>Moyenne</b>                    |
| <b>Pourcentage moyenne de relevés bien classés</b> |                       |           |          |              |                             | <b>98,5</b>                       |

#### 4. 3. 3. Variabilité temporelle : Analyse diachronique par groupement végétal

Ce sous-chapitre est consacré à l'analyse de l'évolution du peuplement ligneux. Il s'agit d'une analyse diachronique qui caractérise les différentes successions végétales du peuplement ligneux entre 1970 et 2000, et précise les facteurs responsables de ces évolutions. Elle est réalisée sur chacun des trois groupements identifiés.

##### 4. 3. 3. 1. Zones humides et agropastorales de Thieul (JPa)

L'analyse diachronique du groupement de Thieul porte sur la matrice Espèces (26)/ Années de relevés (5). La figure 7 constituée par la superposition du chronogramme et du cénogramme, présente les résultats de l'AFC portant sur l'évolution du peuplement ligneux.

Les deux premiers (F1 et F2) axes absorbent 68,4 % de la variabilité totale. Ils nous serviront de support d'analyse.

Le chronogramme du plan principal F1-F2 (Figure 7) décrit de fortes oscillations qui traduisent une grande variabilité temporelle. L'axe F1 oppose deux périodes sèches<sup>15</sup> : 1980 en abscisses positives et 1970 en abscisses négatives. L'axe F2 discrimine ces périodes sèches (1970 et 1980 en ordonnées négatives) d'une période humide (1985 en ordonnées positives).

Les deux groupes sont constitués d'un mélange d'espèces sahéliennes, sahélo-soudaniennes à guinéennes et soudano-guinéennes. Le groupe d'années 1980 est caractérisé par des espèces typiques des zones de pâturage (sols lourds, latéritiques, rocheux, pierreux, cuirassés ou gravillonnaires, drainés, termitières talus.). *Combretum micranthum* est un indicateur de mauvais sols. Par contre, le groupe 1970 est expliqué par des espèces poussant en majorité sur des sols propices à la culture (sols sableux ou argileux). *Terminalia avicennioides* et *Zizyphus mauritiana* indiquent les jachères. L'axe F1 représente ainsi, un gradient d'anthropisation (années de culture), qui sépare les périodes cultivées et celles non cultivées (1970 et 1980).

<sup>15</sup> : Période sèche (1970, 1971, 1972, 1973, 1974) et non une année, en référence aux tableaux 2 et 3 de la partie Matériel et Méthodes

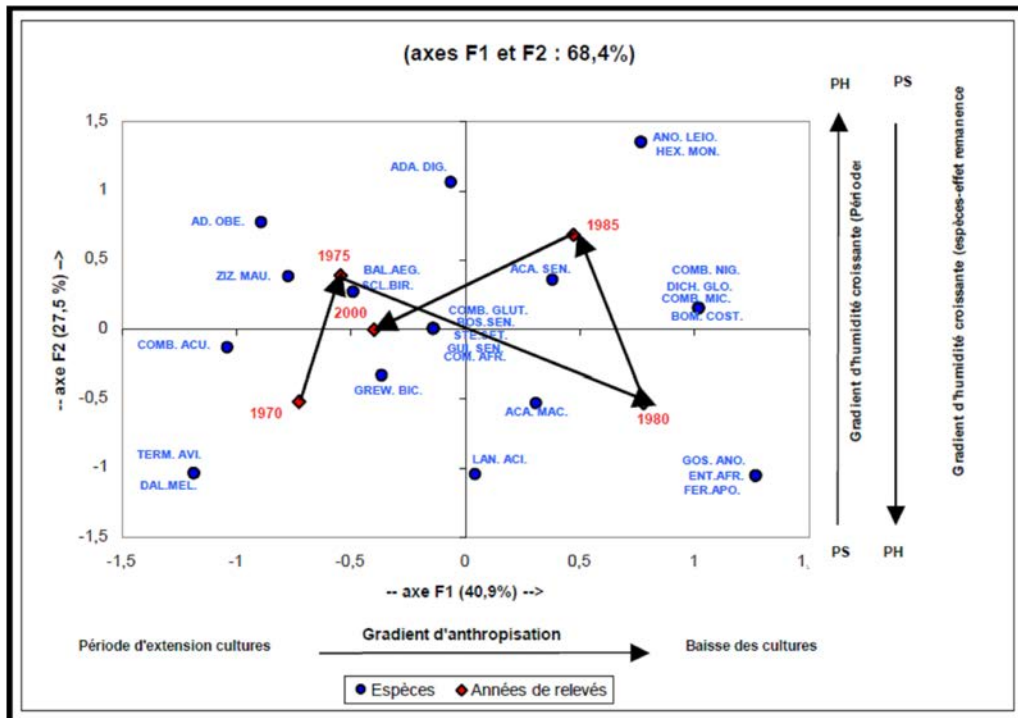


Figure 7: Evolution du peuplement ligneux à Thieul (groupe JPa) entre 1970 et 2000 : Chronogramme et Cénogramme du plan principal de l'AFC (PS : périodes sèches ; PH : périodes humides)

Le groupe 1985 est caractérisé sur l'axe F2 par *Adansonia digitata*, *Anogeissus leiocarpus*, *Hexalobus monopetalus* et *Adenium obesum*. Les années 1970 et 1980 sont associées à *Lannea acida*, *Entada africana*, *Feretia apodanthera*, *Gossypium anomalum*, *Dalbergia melanoxylon*, *Terminalia avicennioides* et *Acacia macrostachya*. Il y a une opposition entre respectivement les espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes et celles sahélo-soudaniennes, qui traduit un gradient d'humidité le long de cet axe F2. Ce gradient discrimine les périodes sèches (1970 et 1980), d'une période humide (1985).

Les variations climatiques et celles de la pression agricole apparaissent comme les principaux facteurs explicatifs de l'évolution du peuplement ligneux dans le groupement JPa de Thieul correspondant à la zone humide agropastorale. L'analyse du cheminement évolutif du peuplement ligneux (Figure 7), précise le rôle de ces facteurs. Il met en évidence :

- Une première période sèche (1970) caractérisée par la présence dans les relevés de *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Combretum aculeatum*, *Combretum glutinosum*, *Commiphora africana*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Sclerocarya birrea*, *Sterculia setigera*, *Dalbergia melanoxylon*, *Terminalia avicennioides* et *Lannea acida*. Cette liste renferme des espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes résistantes à la sécheresse dont les premiers signes sont apparus dès 1968<sup>16</sup>. Quelques espèces soudano-guinéennes mises en place au

16 : Pluviométrie à Thieul (source DMN) : 598,4mm réparties sur 46 jours en 1967 contre 296,2 mm sur 29 jours en 1968

cours des périodes pluvieuses précédentes et parfois témoins de la présence des cultures, sont également présentes pendant cette période. Ces essences soudano-guinéennes (*Dalbergia melanoxylon*, *Terminalia avicennioides* et *Lannea acida*), seront par la suite affectées par cette période sèche et disparaîtront dans les années suivantes.

- Une première période humide agricole (1975) pendant laquelle se manifestent les effets de l'aridité (période 1970) et s'accroissent les terres de culture. En plus des disparitions soulignées (*Dalbergia melanoxylon* et *Terminalia avicennioides*, *Lannea acida*), elle est caractérisée par la présence à son début d'autres espèces sahélo-soudaniennes résistantes aux déficits pluviométriques à côté de celles déjà citées dans la période 1970 : *Adansonia digitata*, *Adenium obesum*, *Combretum aculeatum*, *Ziziphus mauritiana* et *Acacia senegal*. La présence de *Ziziphus mauritiana* est également favorisée par l'exploitation agricole des terres.
- Une seconde période sèche pastorale (1980) caractérisée par des espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes et soudano-guinéennes mises en place après la phase humide 1975 (régénération). Il s'agit de *Bombax costatum*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Dichrostachys cinerea*, *Entada africana*, *Gossypium anomalum*, *Feretia apodanthera*, *Acacia macrostachya* et *Lannea acida* qui avaient disparu dans les années 1975, après la première phase sèche (1970). Cette période est également marquée par la disparition de *Combretum aculeatum*, *Adenium obesum*, et celles partielles de *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarya birrea*, *Adansonia digitata* et *Ziziphus mauritiana*, qui résulteraient des défrichements de la période d'extension et d'intensification de l'agriculture (période 1975). Le pâturage a également contribué à la disparition de *Combretum aculeatum* qui est une espèce très appréciée par les ruminants, à travers les coupes opérées par les transhumants et les jeunes bergers. L'élimination d'*Adenium obesum* des zones anthropisées est encore favorisée par la toxicité de son latex et le danger que cette espèce représente pour l'homme et ses animaux.
- Une seconde période humide (1985) pendant laquelle les effets de la période sèche 1980 sont observés. En effet, les espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes et soudano-guinéennes les plus sensibles à l'aridité, ont disparu dans les relevés de cette période (*Entada africana*, *Gossypium anomalum*, *Feretia apodanthera* et *Lannea acida*). Les espèces sahélo-soudaniennes plus adaptées, ont été par contre prépondérantes (*Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarya birrea*). Quelques espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes (*Bombax costatum*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Dichrostachys cinerea*), ont persisté au cours de cette période. Cette persistance serait liée à la réduction des cultures et des défrichements (*Dichrostachys cinerea* est indicatrice de jachères et d'endroits perturbés).

- Une période humide agricole 2000 caractérisée par la disparition de ces espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes et par celle d'*Acacia senegal*, *Adansonia digitata*, *Anogeissus leiocarpus* et *Hexalobus monopetalus* dans les relevés. Cette période fait suite à la promulgation des lois sur la décentralisation de 1996 et coïncide avec le nouvel accroissement de la pression agricole sur le foncier. Cette disparition des espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes et sahéliennes-soudaniennes serait due aux défrichements et au développement des usages générateurs de revenus comme l'exploitation forestière (cf. impacts sur les usages). En effet, la plupart de ces espèces sont prisées pour leur bois (œuvre, service, charbon), leurs fruits ou feuilles (alimentation commerce, pharmacopée), ou leur gomme.

*Acacia macrostachya*, *Grewia bicolor* et *Ziziphus mauritiana* ont été retrouvées dans les relevés. Les deux premières essences sont respectivement rencontrées dans les fourrés et sur les rochers cuirasses en bord de mare et semblent de ce fait épargnées par les défrichements. Quant à *Ziziphus mauritiana*, elle indique les terrains cultivés.

Dans la zone humide et agropastorale, l'analyse du cheminement évolutif du peuplement ligneux montre finalement :

- une disparition d'espèces à affinité soudano-guinéenne (*Dalbergia melanoxylon*, *Terminalia avicennioides*, *Lannea acida*, *Entada africana*, *Gossypium anomalum* et *Hexalobus monopetalus*),
- une disparition d'espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes (*Feretia apodanthera*, *Bombax costatum*, *Combretum nigricans* et *Adenium obesum*),
- Une disparition partielle d'espèces sahéliennes-soudaniennes (*Combretum aculeatum*, *Acacia senegal*, *Adansonia digitata*, *Anogeissus leiocarpus* et *Dichrostachys cinerea*) ;
- Une timide régénération de *Acacia macrostachya* et de *Ziziphus mauritiana* aux abords des zones d'inondations temporaires (interdunes, fourrés, mares),
- Une stabilité de certaines espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes (*Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Commiphora africana*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Sclerocarya birrea* et *Sterculia setigera*), rencontrées régulièrement dans les relevés caractérisant les différentes successions végétales.

#### 4. 3. 3. 2. Zones sèches et pastorales de Tatki (Pa)

L'analyse diachronique du groupement Pa de Tatki est réalisée sur la matrice Espèces (23) / Années de relevés (5). Le plan principal absorbe 81,5% de la variabilité totale, soit 48,5% et 33% respectivement pour F1 et F2. Le chronogramme du groupement décrit de fortes oscillations qui traduisent une grande variabilité temporelle du peuplement ligneux entre 1970 et 2000 (Figure 8).

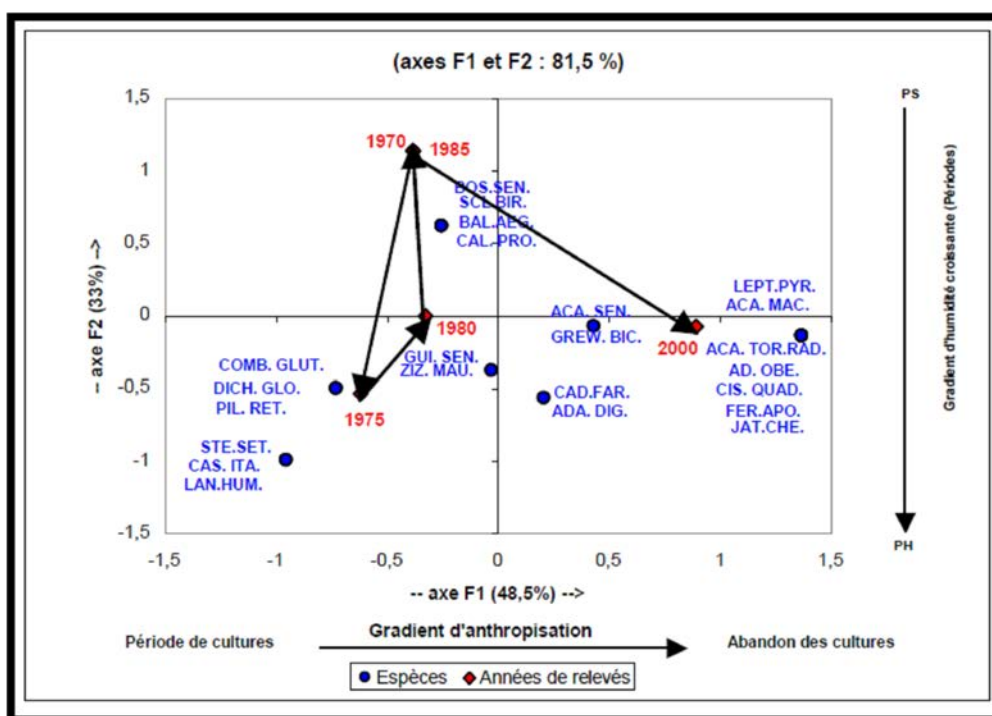


Figure 8 : Evolution du peuplement ligneux à Tatki (groupe Pa) entre 1970 et 2000 : Chronogramme et Cénogramme du plan principal de l'AFC (PS : périodes sèches ; PH : périodes humides)

L'axe F1 discrimine deux périodes humides (Figure 8) : 2000 (abscisses positives) et 1975 (abscisses négatives). L'axe F2 sépare 1970 et 1985 d'une part (ordonnées positives) et la période 1975 d'autre part (ordonnées négatives) ; donc un groupe composé d'années sèches et d'années moyennement pluvieuses à un autre groupe plus humide.

Sur l'axe F1 du cénogramme (Figure 8), la période 2000 est expliquée par *Acacia macrostachya*, *Acacia tortilis*, *Adenium obesum*, *Cissus quadrangularis*, *Feretia apodanthera*, *Jatropha chevalieri* et *Leptadenia pyrotechnica* qui sont typiques des zones de pâturages<sup>17</sup> moins anthropisées<sup>18</sup>.

Les années 1975 sont par contre associées à *Combretum glutinosum*, *Dichrostachys cinerea* et *Piliostigma reticulatum* indicatrices des jachères.

Il y a le long de cet axe, une discrimination selon le type d'activité marquant la période d'évolution. Ainsi, l'axe F1 est un gradient d'anthropisation qui sépare deux périodes humides (1975 et 2000), marquées respectivement par les cultures (plus forte anthropisation : agriculture et élevage) et le pâturage strict (plus faible anthropisation avec l'abandon des cultures).

17 : Présence d'espèces disséminées ou consommées par le bétail, indicatrices des zones d'inondations temporaires ou mares où s'abreuvent les animaux : *Acacia macrostachya*, *Acacia tortilis*, *Adenium obesum*, *Cissus quadrangularis*, *Feretia apodanthera*.

18 : Présence d'espèces toxiques pour l'homme et son bétail : *Adenium obesum*, *Cissus quadrangularis*.



Sur l'axe F2, les années 1970 et 1985 sont associées à des espèces caractéristiques des zones sahéliennes et sahélo-soudaniennes : *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera* et *Sclerocarya birrea*. Le groupe 1975 est expliqué par des essences dont l'amplitude écologique varie du sahélien au sahélo-soudanien à guinéen : *Cassia italica*, *Lannea humilis*, *Sterculia setigera*, *Adansonia digitata* et *Cadaba farinosa*. Les espèces du premier groupe sont plus adaptées aux endroits secs. En outre, elles sont indicatrices des zones pâturées (notamment *Balanites aegyptiaca*).

De ce fait, on a le long de l'axe F2 une opposition entre groupe d'espèces des périodes sèches pastorales et celui des périodes humides agricoles. L'axe F2 constitue ainsi un gradient climatique qui oppose les périodes pastorales, sèches (1970) ou moyennement pluvieuses (1985) et les périodes humides de cultures<sup>19</sup> (1975).

L'analyse de ces axes met en évidence deux facteurs principaux explicatifs de l'évolution du peuplement ligneux dans la zone pastorale sèche de Tatki : le climat et les facteurs anthropiques. Le rôle de ces facteurs est précisé par l'analyse du cheminement évolutif du peuplement ligneux qui décrit plusieurs périodes ou successions (Figure 8) :

- Une première période sèche pastorale (1970) caractérisée par la présence dans les relevés d'essences sahéliennes à sahélo-soudaniennes typiques des conditions arides du Ferlo : *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera* et *Sclerocarya birrea*. Ces espèces sont présentes dans toutes les phases de l'évolution.
- Une première période humide agricole (1975) marquée par la présence dans les relevés d'espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes à guinéennes, indicatrices des jachères ou protégées : *Guiera senegalensis*, *Dichrostachys cinerea*, *Piliostigma reticulatum*, *Ziziphus mauritiana*, *Cassia italica*, *Combretum glutinosum*, *Adansonia digitata* et *Sterculia setigera*. Une régénération d'espèces sarmenteuses ou arbustives sensibles à l'amélioration des conditions pluviométriques, est notée vers la fin de cette période humide (vers 1979) : *Cadaba farinosa* et *Lannea humilis*.
- Une seconde période sèche (1980) caractérisée par la présence d'espèces sahéliennes à sahélo-soudaniennes à côté de celles citées en 1970 : *Acacia senegal* et *Grewia bicolor*. La présence de ces deux espèces serait une conséquence de la période humide précédente (1975), de l'abandon des cultures et de la régression de l'exploitation de la gomme arabique. Celle d'*Acacia senegal* coïncide également avec les campagnes de reboisements en régie<sup>20</sup>. Ces deux essences ont été affectées par la première sécheresse (1968-1973), puis par les défrichements (1975), l'exploitation intense de la gomme arabique

<sup>19</sup> : *Adansonia digitata* et *Sterculia setigera*, espèces utiles généralement protégées dans les champs d'où leur présence pendant cette période de culture.

<sup>20</sup> : Aménagements et reboisements sylvo-pastoral en zone Nord (1975-1983) et Projet gommier de Mbidi (1977-1986)

(*Acacia senegal*) et par les pratiques pastorales<sup>21</sup> (*Grewia bicolor*) ; ce qui fait qu'elles n'ont pas été observées dans les relevés des périodes 1970 et 1975. Cette période est aussi marquée par la disparition d'espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes à guinéennes : *Cassia italica*, *Lannea humilis* et *Sterculia setigera*. Les deux premières essences ont été affectées par les effets combinés de la sécheresse de 1983-1984 et du pâturage. Quant à *Sterculia setigera*, sa disparition notée depuis 1976 serait une conséquence de la première sécheresse (effet rémanence) et des déficits chroniques qui ont suivi.

- Une période déficitaire (consécutif à la sécheresse de 1983-1984), à moyennement pluvieuse (1985) marquée par la disparition d'essences sahéliennes et sahélo-soudaniennes à guinéennes plus résistantes (effet rémanence) : *Combretum glutinosum*, *Dichrostachys cinerea* et *Piliostigma reticulatum*. Cette période coïncide avec une intense exploitation du bois-énergie par des commerçants-transporteurs venant du *Walo* (Annexe 12). Cette exploitation favorisée par l'accessibilité de la zone et combinée aux effets de l'aridité, a affecté les populations de *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia senegal* et *Grewia bicolor* (disparition partielle). Les populations d'*Acacia tortilis* n'ont pas été relevées au cours des périodes 1970, 1975, 1980 et 1985. Elles ont été atteintes par cette exploitation, mais aussi par le broutage des jeunes pousses (inhibition de la régénération).
- Une seconde période humide pastorale 2000 (phase pluvieuse depuis 1993), caractérisée exclusivement par l'élevage<sup>22</sup> et la régénération d'espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes à guinéennes sur les parcours et dans les zones d'inondations temporaires (interdunes, fourrés, bords de mares). C'est le cas de *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia senegal*, *Cadaba farinosa*, *Grewia bicolor*, *Acacia macrostachya*, *Acacia tortilis*, *Adenium obesum*, *Cissus quadrangularis* et *Feretia apodanthera*. Ces espèces sont typiques des zones pâturées et quelques unes d'entre elles sont disséminées par le bétail (*Acacia tortilis*, *Guiera senegalensis*, *Acacia senegal*).  
*Adansonia digitata* (espèce liée à la présence humaine et indicatrice des villages disparus), *Jatropha chevalieri* (introduite) et *Leptadenia pyrotechnica* ont été relevées au cours de cette période.

Finalement l'analyse du cheminement évolutif révèle :

- une disparition d'espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes restantes (*Sterculia setigera*, *Combretum glutinosum* et *Dichrostachys cinerea*) ; d'espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes affiliées généralement aux zones d'inondations temporaires (*Cassia italica*, *Lannea humilis*, et *Piliostigma reticulatum*),

<sup>21</sup> : Espèce consommée par le bétail et très utilisée pour les vertus thérapeutiques de son écorce mais aussi pour la qualité de son bois : fabrication des bâtons ou gourdins de bergers.

<sup>22</sup> : Abandon de l'agriculture, régression de l'exploitation du bois énergie et absence de charbonniers. Il y a le commerce des produits ligneux et non ligneux (fruits, feuilles : *Adansonia digitata*, *Ziziphus mauritiana* et *Balanites aegyptiaca*) qui n'affectent pas significativement le peuplement cf. chapitre Impact sur les usages).

- Une disparition d'espèces résistantes à la sécheresse (*Combretum glutinosum* et *Dichrostachys cinerea*, *Cassia italica* et *Lannea humilis*),
- Une régression d'espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes telles que *Adansonia digitata*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Zizyphus mauritiana*, *Acacia senegal* et *Cadaba farinosa* *Acacia tortilis* ;
- Une régénération ou réapparition d'espèces à la faveur d'une amélioration des conditions pluviométriques (*Guiera senegalensis*, *Zizyphus mauritiana*, *Cadaba farinosa*, *Grewia bicolor*, *Acacia macrostachya*, *Acacia tortilis*, *Acacia senegal*<sup>23</sup>, *Adenium obesum*, *Cissus quadrangularis* et *Feretia apodanthera*) et de l'élevage (dissémination des graines par zoochorie : *Acacia tortilis*, *Acacia senegal*, *Guiera senegalensis* et *Balanites aegyptiaca*).

#### 4. 3. 3. 3. Zone humide et pastorale (IJPa) (dominante)

L'analyse factorielle porte sur la matrice Espèces (20) / Années de relevés (5) de la zone intermédiaire de Revane (groupement IJPa). Le plan principal sur lequel porte l'analyse, absorbe 71,2% de la variabilité totale. La figure 9 montre une grande variabilité temporelle entre 1970 et 2000, illustrée par les fortes oscillations du chronogramme.

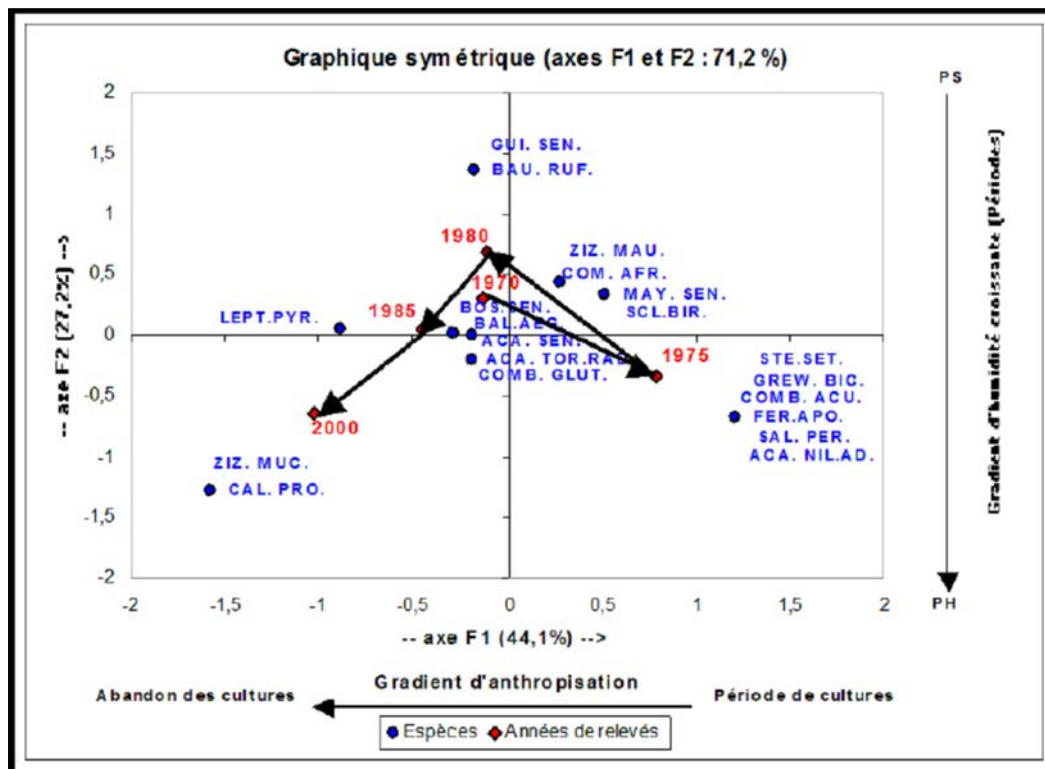


Figure 9 : Evolution du peuplement ligneux à Revane (groupe IJPa) entre 1970 et 2000 : Chronogramme et Cénogramme du plan principal de l'AFC (PS : périodes sèches ; PH : périodes humides)

<sup>23</sup> : *Acacia tortilis* et *Acacia senegal* régénèrent bien mais sont fortement broutées.

L'axe F1 discrimine deux groupes d'années humides (Figure 9) : 1975 (abscisses positives) et 2000 (abscisses négatives). Sur l'axe F2, la période sèche 1980 (ordonnées positives) est opposée à celles humides de 1975 et 2000 (ordonnées négatives).

L'analyse du cénogramme (Figure 9) montre que sur l'axe F1, l'année référence 1975 est associée aux groupes d'espèces suivants : *Acacia nilotica subsp.adstringens*, *Combretum aculeatum*, *Feretia apodanthera*, *Grewia bicolor*, *Salvadora persica* et *Sterculia setigera*. L'année 2000 est expliquée par *Calotropis procera*, *Ziziphus mucronata* et *Leptadenia pyrotechnica*.

L'amplitude écologique des deux groupes d'espèces varie du saharien au sahélo-soudanien à guinéen. Les essences qui les composent sont caractéristiques des sols bien drainés (bordures de mare) ou des zones les plus humides des stations sèches. En plus de ces caractéristiques communes aux deux groupes, les essences de 1975 sont typiques des zones de pâturage (abords des mares et espèces composantes) et des jachères. Celles de 2000 (notamment *Calotropis procera*), caractérisent les sols dégradés déjà marqués par la présence humaine (anciennes jachères, campements). Elles traduisent donc un état d'anthropisation plus avancé. Ainsi, le caractère distinctif entre les deux périodes humides est le degré d'anthropisation. L'axe F1 est donc un gradient d'anthropisation qui sépare deux périodes humides 1975 et 2000 : la première marquée par les cultures et l'élevage, la seconde caractérisée par l'élevage uniquement.

L'axe F2 permet d'associer au groupe 1980 les espèces sahariennes à sahélo-soudaniennes telles que *Bauhinia rufescens*, *Guiera senegalensis*, *Commiphora africana* et *Ziziphus mauritiana*. Les périodes 1975 et 2000 sont expliquées par des espèces sahéliennes à soudano-guinéennes telles que *Calotropis procera* et *Ziziphus mucronata*. Le premier groupe d'espèces est plus adapté aux stations sèches.

Le climat et la pression anthropique apparaissent également comme les principaux facteurs de l'évolution dans cette zone humide pastorale (groupement IJPa de Revane). Le cheminement évolutif du peuplement ligneux décrit plusieurs périodes (Figure 9) :

- Une première période sèche (1970) caractérisée par la présence dans les relevés d'essences sahariennes à sahélo-soudaniennes typiques du milieu pastoral semi-aride. Ce sont : *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Acacia senegal*, *Commiphora africana* et *Ziziphus mauritiana*. Ces espèces sont pratiquement présentes dans toutes les phases de l'évolution.
- Une première période humide (1975) marquée par l'élevage et les cultures. C'est la raison pour laquelle, un retour d'essences affiliées aux endroits humides pâturés (zones d'inondations temporaires), d'espèces indicatrices de jachères ou qui ont été affectées par la première période sèche antérieure, a été noté au début et au milieu de cette période. Ces espèces sont : *Acacia nilotica subsp.adstringens*, *Combretum aculeatum*, *Feretia apodanthera*, *Grewia bicolor*, *Salvadora persica*, *Sterculia setigera*,

*Combretum glutinosum*, *Maytenus senegalensis* et *Sclerocarya birrea*. Ce groupe est constitué d'essences sahariennes à sahélo-soudaniennes, mais aussi d'espèces à affinité sahélo-soudanienne à guinéenne. Avec la présence des cultures, l'espace pastoral se réduit. Les parcours se concentrent aux abords des mares ou des zones temporairement inondables où la régénération est observée. Il en résulte une augmentation de la pression (agricole puis pastorale), sur les ressources. Et vers la fin de cette période, cet accroissement de la pression est à l'origine de la disparition de la plupart de ces espèces régénérantes qui étaient faiblement (effectifs) représentée dans le milieu (*Acacia nilotica subsp.adstringens*, *Combretum aculeatum*, *Feretia apodanthera*, *Grewia bicolor*, *Salvadora persica* et *Sterculia setigera*).

- Une seconde période sèche (1980) qui confirme la série de disparition précédente (1975). Le début de cette période sèche (1980-1982) est marqué par la régression des cultures et la régénération d'espèces indicatrices de jachères ou l'arrivée de xérophytes (*Guiera senegalensis*, *Leptadenia pyrotechnica* et *Baubinia rufescens*). Toutefois, ces espèces ne sont pas rencontrées après la sécheresse de 1983-1984, de même que les dernières essences soudano-guinéennes et sahélo-soudaniennes à guinéennes qui persistaient dans le milieu (*Maytenus senegalensis*, *Combretum glutinosum*). La disparition d'espèces sahéliennes à sahélo-soudaniennes telles que *Sclerocarya birrea*, *Commiphora africana*, *Ziziphus mauritiana*, est également notée vers la fin de cette période.
- Une période intermédiaire (1985) qui corrobore la série de disparition de la période 1980. Elle est caractérisée par la présence d'espèces exclusivement sahariennes à sahélo-soudaniennes (*Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*). *Acacia senegal* absente depuis la fin de la période 1980 (juste après la sécheresse), n'est pas rencontrée dans les relevés. La disparition partielle de cette espèce pourtant résistante à la sécheresse, serait le résultat d'une combinaison de facteurs climatiques et des mauvaises pratiques liées à l'exploitation intense de la gomme arabique.
- Une dernière période humide pastorale (2000) caractérisée par le retour d'essences tolérantes (*Acacia senegal*, *Combretum glutinosum* et *Leptadenia pyrotechnica*), indicatrices d'une ancienne présence humaine (*Calotropis procera*) ou mise en place à la faveur d'une amélioration des conditions hydriques du milieu (*Ziziphus mucronata* aux abords des zones inondables). La disparition (ou régression) depuis la période 1980 des espèces caractéristiques des jachères (*Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*), indique un abandon progressif de l'agriculture. Cette période coïncide également avec une diminution de l'exploitation forestière de la gomme arabique. Les usages domestiques encore intenses dans cette zone (construction d'habitats, bois de feu...), sont d'autres facteurs majeurs notés pouvant influencer l'état et le devenir du peuplement ligneux (cf. chapitre impacts sur les usages).

A la fin de l'analyse du cheminement évolutif du peuplement ligneux de la zone humide pastorale, nous retenons :

- Une disparition d'espèces soudano-guinéennes (*Maytenus senegalensis*) et de quelques essences sahéliennes à sahélo-soudaniennes colonisant divers types de sols (*Sclerocarya birrea* et *Bauhinia rufescens*),
- Une disparition d'espèces sahéliennes, sahélo-soudaniennes à guinéennes affiliées aux endroits humides (zones d'inondations temporaires : dépressions et bords de mares) ou aux terrains cultivés (*Acacia nilotica* subsp. *adstringens*, *Sterculia setigera*, *Salvadora persica* et *Feretia apodanthera*),
- Une régression de plusieurs espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes certes disparues dans les relevés suivis, mais parfois rencontrées en dehors de ces derniers à l'état d'individus isolés (*Acacia senegal*, *Commiphora africana*, *Combretum aculeatum* et *Grewia bicolor*) et celle d'espèces pionnières indicatrices de jachères à Revane (*Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*),
- Une régénération d'espèces ligneuses suite à l'abandon de l'agriculture, à la régression de l'exploitation forestière et à l'amélioration des conditions pluviométriques depuis 1993 (*Combretum glutinosum*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Calotropis procera* et *Ziziphus mauritiana*). Elle est cependant faible comparée à la régénération notée dans la zone pastorale sèche.

#### 4. 3. 4. Evolution de l'écart floristique entre les groupements végétaux

Le tableau 9 compare les indices de similitudes calculés entre les groupements en 1970 et en 2000.

Tableau 9: Evolution des indices de similitude (Jaccard) entre groupements

| Groupements-Combinaisons                 | Indice de similitude Jaccard (%) |      |
|--|----------------------------------|------|
|  | 1970                             | 2000 |
| JPA-PA (agropastorale - pastorale)       | 20                               | 50   |
| JPA-IJPA (agropastorale - intermédiaire) | 20                               | 40   |
| PA-IJPA (pastorale - intermédiaire)      | 20                               | 40   |

L'analyse du tableau montre pour l'essentiel des combinaisons, une augmentation de l'indice de similitude entre 1970 et 2000. L'écart entre les unités de végétation s'est réduit en 2000 en termes de ressemblance floristique. Les trois groupements distincts en 1970, convergent en 2000. Cette convergence ou rapprochement floristique indique une homogénéisation progressive.

#### 4. 4. DISCUSSION & CONCLUSION

L'étude menée grâce à une approche écologique, a eu pour objectifs d'analyser l'évolution de la flore et de sa diversité, la variabilité spatiale et temporelle et les déterminants écologiques de la dynamique des peuplements ligneux du Ferlo.

L'analyse diachronique de la flore a montré une réduction nette du nombre d'espèces des peuplements ligneux du Ferlo entre les années 1970/80 et 2000. Bien que l'analyse ait été faite à partir de relevés effectués

dans des sites identiques<sup>24</sup> par des personnes différentes, les méthodes de relevés utilisées ont été comparables et les résultats obtenus ont fait état d'une régression importante d'environ 40 % des espèces et des genres présents il y a 30 ans (et 24% des familles). Cette régression est plus accentuée dans la zone agropastorale humide où l'élevage est associé à l'agriculture, contrairement à la zone strictement pastorale qui subit une perte plus faible. L'évolution de la flore ligneuse va donc dans le sens d'un appauvrissement plus sévère dans les zones agricoles et agropastorales que dans les zones d'élevage. Une étude du couvert ligneux au Ferlo entre 1979 et 1981 montrait déjà les mêmes tendances d'évolution de composition (Barral et al., 1983).

L'évolution du peuplement ligneux va aussi dans le sens d'une homogénéisation à l'échelle du Ferlo. Ce phénomène d'homogénéisation n'avait pas encore été mentionné. Par contre, des travaux conduits en région sahélienne du Burkina Faso à la même période ont conclu que la dégradation de la végétation ligneuse s'accompagnait d'une simplification de la flore, les dominances changeant au profit d'espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions environnementales (Toutain et al., 1983). Au-delà du Sahel, dans une zone méditerranéenne aride du sud tunisien dominée par des chaméphytes (ligneux bas), Jauffret (2001) a montré à partir de la richesse spécifique et des indices de diversité  $\alpha$  et de Jaccard, que la flore sous la pression anthropique (surpâturage et cultures), s'est peu à peu homogénéisée. Les différents types de steppes sur les différents substrats (steppes à *Rhanterium suaveolens* sur sols sableux, steppes à *Seriphidium herba-alba* sur sols limoneux...), sont caractérisés aujourd'hui par un groupe commun d'espèces ubiquistes. Cet auteur souligne qu'un processus de "banalisation"<sup>25</sup> avait été déjà noté dans la même zone par Le Floch (2001) in Jauffret, 2001, au cours des deux dernières décennies. Dans des zones agrosylvopastorales sud-soudaniennes (1000 à 1200mm de pluies annuelles) et sub-soudaniennes (>1200mm) du Burkina Faso, Botoni (2003) a remarqué une homogénéisation de la flore ligneuse (baisse de la diversité spécifique), suite à l'action sélective de l'homme dans les milieux très anthropisés. Achard et al., (2001) in Botoni (ibid.) parlent d'homogénéisation et de dominance par quelques espèces en cas de fortes charges pastorales.

Si les chevauchements entre domaines édaphiques des différentes espèces et l'évolution du domaine édaphique de chaque espèce le long d'un gradient de pluviosité, peuvent réduire la valeur indicatrice d'une espèce, celle d'un cortège floristique est susceptible d'augmenter cette valeur (Hiernaux & Le Houérou, 2006). Ainsi, l'évolution de groupes d'espèces typiques des zones écogéographiques bien caractérisées peut nous renseigner sur les déterminants écologiques des changements dans le peuplement ligneux du Ferlo.

Dans la zone humide agropastorale, le rôle prépondérant du facteur climatique est mis en évidence dans l'évolution du peuplement ligneux, puisque les espèces disparues sont essentiellement celles qui sont situées

---

<sup>24</sup>: A Thieul, la caractérisation de la flore en 2000 prend en compte les relevés ajoutés par nous-mêmes (cf. Matériel et Méthodes).

<sup>25</sup>: Ce terme employé par Le Floch (2001) signifie ici suppression ou disparition des traits distinctifs des différentes communautés végétales

au delà de la limite de leurs aires phytogéographiques ; donc à un niveau d'humidité qui ne correspond pas à leur optimum écologique. C'est le cas des essences soudano-guinéennes dont la disparition a été la conséquence directe de l'aridité croissante du milieu (succession de périodes sèches). L'effet du climat est rémanent dans cette zone agropastorale humide.

Concernant les espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes, l'action de l'aridité est combinée à celle des défrichements (de 1973 à 1982 et 1996 à 2000) et à celle de l'exploitation forestière (charbonniers, sculpteurs, commerçants, usages domestiques et transhumants).

La disparition des espèces sahéliennes-soudaniennes plus adaptées à l'aridité et au contexte géographique de Thioul, a plus été une conséquence de ces deux facteurs anthropiques et du pastoralisme (*Combretum aculeatum*), que des déficits pluviométriques chroniques. D'ailleurs, quelques unes d'entre elles, en régression, ont été observées à l'état de quelques individus isolés en dehors des relevés qui ont servi au suivi de la dynamique<sup>26</sup> (*Acacia senegal*, *Adansonia digitata*, *Anogeissus leiocarpus* recluse aux abords des zones d'inondations temporaires et *Dichrostachys cinerea*).

Les résultats obtenus dans la zone pastorale sèche précisent le lien entre l'évolution du peuplement ligneux et les conditions climatiques. Ils font du climat le principal facteur de disparition des espèces ligneuses. En effet, les espèces disparues sont essentiellement celles dont les optima écologiques ne correspondent pas aux conditions sahéliennes de la zone : c'est le cas des essences sahélo-soudaniennes à guinéennes et des espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes colonisant les zones d'inondations temporaires. Il faut ajouter que l'action du climat semble plus directe et immédiate dans cette zone sèche pastorale que dans la zone agropastorale humide où un effet rémanent a été observé. En effet, en conditions sévères de sécheresse, les ligneux disparaissent plus vite car les réserves en eau profondes utilisables s'épuisent (Pieri, 1989).

Cependant, dans cette zone, le facteur climatique n'est pas la seule cause de l'évolution régressive. En effet, la disparition de *Combretum glutinosum* et de *Dichrostachys cinerea* plus résistantes à la sécheresse, résulterait d'une combinaison de l'aridité et de l'exploitation forestière du bois énergie. Celle de *Cassia italica* et de *Lanea humilis* appréciées par le bétail, découlerait d'une conjugaison de facteurs climatiques et de la pression pastorale.

Dans cette zone pastorale sèche, l'aridité croissante, l'exploitation du bois et les défrichements (1975- 1982), ont également été les causes combinées de l'instabilité<sup>27</sup> et de la régression de plusieurs autres espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes telles qu'*Adansonia digitata*, *Grewia bicolor*, *Gniera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia senegal* et *Cadaba farinosa*. Pour le cas particulier d'*Acacia tortilis*, la régression a été non seulement la conséquence de l'exploitation (Diouf, 2000), mais aussi du broutage et du piétinement des jeunes pousses par les animaux, qui réduisent considérablement la régénération (Diouf, 2000 ; Mische, 1990). Dans la même zone (Fété Olé), Cornet & Poupon (1977) note à la même période une absence de

---

<sup>26</sup> : Relevés ajoutés pour une meilleure couverture de la zone et une bonne caractérisation du peuplement en 2000

<sup>27</sup> : Disparition partielle



*Dichrostachys cinerea* (abondante au sud) et de *Ziziphus mauritiana* et une forte mortalité de *Guiera senegalensis* et de *Combretum glutinosum*. Hiernaux & Le Houérou (2006) affirme aussi que de nombreuses espèces du climat soudanien n'étendent par leur distribution au-delà du sud Sahel (*Guiera senegalensis*) ou du centre Sahel (*Combretum glutinosum*).

Dans la zone pastorale humide, les caractéristiques écologiques indiquent pour les espèces soudano-guinéennes et quelques essences sahéliennes à sahélo-soudaniennes (*Sclerocarya birrea* et *Bauhinia rufescens*), les sécheresses et l'aridité croissante comme étant les principaux facteurs de disparition. L'action du climat est apparue plus directe dans cette zone intermédiaire comparée à la zone agropastorale humide de Thioul.

La disparition des espèces sahélo-soudaniennes à guinéennes et de la grande majorité d'espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes (*Sterculia setigera*, *Feretia apodanthera*, *Acacia nilotica subsp.adstringens*, *Acacia nilotica subsp.adstringens* et *Salvadora persica*), est le résultat d'une combinaison de facteurs climatiques, des pratiques agricoles (1975-1982) et pastorales.

Cette conjugaison de facteurs est à l'origine de la régression de plusieurs autres espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes certes disparues dans les relevés suivis, mais parfois rencontrées en dehors de ces derniers à l'état d'individus isolés (*Acacia senegal*, *Commiphora africana*, *Combretum aculeatum* et *Grewia bicolor*).

Les résultats ont également mis en évidence le rôle du climat dans la régénération des espèces ligneuses. L'action du climat sur cette régénération est nette suite à un abandon de l'agriculture et à une régression de la surexploitation des ligneux. Elle n'est pas visible quand la pression agricole est fortement maintenue dans une zone. Par contre, cette action se manifeste quand l'élevage extensif est exclusivement maintenu car celui-ci favorise par zoochorie la dissémination et la germination des graines. Cette régénération est aussi favorisée par la grande capacité qu'ont la plupart des espèces ligneuses sahéliennes à rejeter à près coupe, comme suite, par exemple, à un défrichage (Hiernaux & Le Houérou, 2006). Les mêmes auteurs évoquent le rôle déterminant des variations climatiques sur la végétation qui fait de l'écosystème sahélien un prototype du modèle « en non-équilibre » de la dynamique.

Le problème de la qualité des données dans une base est récurrent. La base de données Flotrop utilisée dans cette étude présentait au départ une hétérogénéité liée à la présence de quelques relevés aberrants qui ont rendu difficile l'application automatique des méthodes d'analyses multivariées. Cette hétérogénéité serait liée à la diversité des observateurs par site ; à un problème de géoréférencement et, dans une moindre mesure, aux différences entre les types de relevés utilisés. Puisque l'objectif de cette étude n'était pas de caractériser ces hétérogénéités de la base flotrop<sup>28</sup>, mais d'analyser l'évolution des peuplements ligneux du Ferlo, il fallait donc corriger ces hétérogénéités de sorte à les éradiquer ou à limiter leurs incidences sur les résultats. Pour cela, nous avons effectué une première analyse factorielle sur la matrice globale, qui a permis d'écartier les relevés aberrants et d'extraire de cette base une information cohérente.

---

<sup>28</sup> : Nous n'avons travaillé que sur une partie de cette base concernant le Ferlo et sur la strate ligneuse

Concernant la variabilité temporelle, le cumul d'années a été proposé. Cette démarche a eu l'avantage d'atténuer les risques éventuels d'hétérogénéité entre les relevés, liés aux écarts interannuels et a respecté un pas de temps pertinent et suffisant pour déceler une évolution qualitative réelle et globale au sein d'un peuplement ligneux. Pour les ligneux, la probabilité de déceler une variation floristique d'une année à une autre est faible à moins qu'une catastrophe naturelle ou artificielle ne survienne. Généralement, un pas de temps d'au moins 4 ans est respecté pour étudier cette évolution. Certes, le cumul ne permet une analyse de la variabilité d'une année à une autre qui ne semble pas pertinente lorsqu'il s'agit d'une dynamique qualitative de la strate ligneuse, mais il fournit les mêmes informations sur la dynamique des peuplements ligneux dans un intervalle de cinq ans et dans la fourchette de temps compris entre 1970 et 2000. La variabilité interannuelle est plus adaptée à la strate herbacée caractérisée parfois par des changements spectaculaires de composition floristique liés à la variation pluviométrique d'une année à l'autre (Hiernaux & Le Houérou, 2006). Le cumul permet d'établir aisément la relation entre la dynamique des peuplements ligneux et les variations climatiques caractérisées par des cycles de sécheresses et de périodes pluvieuses d'environ 5 à 10 ans.

En Mauritanie, Corra (2006) a également décelé une forte hétérogénéité dans la base Flotrop du fait de la diversité des lieux prospectés au Banc d'Arguin. Pour contourner cette hétérogénéité, elle a d'abord traité séparément les anciens et les nouveaux relevés, puis appliqué la méthode des coenons et des tests statistiques afin d'extraire les informations tirées des relations directes entre chaque espèce et chaque descripteur écologique.

Les recoupements effectués avec nos données en 2000 et avec celles de la bibliographie, nos vérifications sur le terrain et l'analyse de cette dynamique par le biais des enquêtes auprès des populations ont également permis de conforter les résultats obtenus.

## **Conclusion**

L'étude diachronique de la végétation ligneuse au Ferlo montre la variabilité assez rapide dans le temps de la composition spécifique au gré des variations climatiques et des diverses activités humaines qui agissent directement et différemment sur les ligneux. La tendance depuis les années 1970 est un appauvrissement du nombre d'espèces selon des processus d'homogénéisation floristique. Cette homogénéisation s'explique par une réduction du nombre de groupements originels et une convergence des cortèges floristiques en 2000.

Les analyses diachroniques réalisées sur les trois groupements ligneux, montrent :

- une évolution globalement régressive mais variable en fonction de la zone et en ce qui concerne les facteurs écologiques qui l'ont entraînée. Ainsi, le climat (sécheresses et aridité persistante) est très déterminant dans la zone pastorale sur la disparition d'espèces soudano-guinéennes, sahélo-soudaniennes à guinéennes, et sur celle de quelques taxons sahéliens et sahélo-soudaniens affiliés aux

endroits humides. Dans la zone intermédiaire, le climat est combiné aux facteurs anthropiques (pression agricole, exploitation forestière, pratiques pastorales et usages domestiques), sur la disparition de quelques essences sahélo-soudaniennes à guinéennes ou sur la régression d'espèces sahéliennes et sahélo-soudaniennes. L'évolution régressive constatée sur les espèces sahélo-soudaniennes dans la zone agropastorale humide, est plus imputable à la pression agricole (défrichements à Thieul) et à l'exploitation forestière (charbonniers, sculpteurs, commerçants, usages domestiques et transhumants),(Annexe 12).

- Un maintien ou une mise en place progressive d'espèces sahéliennes à sahélo-soudaniennes.
- et surtout une régénération d'espèces ligneuses à la faveur d'une amélioration des conditions pluviométriques, notamment dans la zone pastorale où la pression agricole et l'exploitation forestière ont régressé ou disparu.

L'action du climat a donc varié en fonction du site et de l'espèce. Elle a été immédiate et directe dans les zones les plus arides (Tatki, Revane) et rémanente dans la zone agropastorale humide (Thieul). Le climat agit principalement et sélectivement sur les espèces les plus sensibles à l'humidité ou à l'aridité (soudano-guinéenne, sahélo-soudaniennes à guinéenne) et d'une façon combinée aux facteurs anthropiques, sur les essences moyennement résistantes à son action (fragilisation).

Outre la conjugaison avec le climat, les facteurs anthropiques ont été exclusifs sur les espèces ligneuses adaptées aux conditions climatiques. L'agriculture et l'exploitation forestière ont eu une action inhibitrice sur la régénération du peuplement ligneux dans la zone agropastorale. Par contre, dans la zone pastorale stricte, le retour d'une bonne pluviométrie et le pâturage (zoochorie) ont favorisé la régénération d'espèces ligneuses.

Concernant l'évolution de la richesse floristique, les zones agropastorales et intermédiaires subissent les plus grandes pertes d'espèces que celle pastorale.

L'homogénéisation s'est effectuée en 2000 autour de *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Acacia senegal*, *Grewia bicolor*, *Combretum glutinosum*, *Ziziphus mauritiana* et *Calotropis procera* présentes dans les trois groupements végétaux.

Malgré les résultats obtenus, l'étude de la dynamique d'un peuplement végétal est toujours confrontée à des difficultés liées à l'hétérogénéité des bases de données et à l'échantillonnage (limites spatio-temporelles des protocoles, diversité d'auteurs, géoréférencement des sites...). C'est l'une des raisons pour laquelle, nous avons corrigé ces hétérogénéités et associé à cette approche scientifique et écologique, une perception locale pour une meilleure compréhension de la dynamique des peuplements ligneux.

## **CHAPITRE 5 : STRUCTURE DES PEUPEMENTS LIGNEUX AU SAHEL (FERLO) - NORD SENEGAL) - APPROCHE ECOLOGIQUE**

### **5. 1. INTRODUCTION**

Tout écosystème possède une structure particulière qui lui confère son identité. Outre la dynamique, la description d'un peuplement végétal fait aussi appel à sa structure. La structure est en moment donné l'expression et la résultante des interactions entre individus d'espèces d'une communauté, et entre ceux-ci et le milieu abiotique. Elle résulte donc de la dynamique de l'écosystème.

Au Ferlo, la dynamique régressive des peuplements ligneux a été la conséquence des sécheresses, des facteurs anthropiques combinées ou non (activités agricoles, exploitation forestière clandestine, mauvaises pratiques de l'élevage). Cette évolution a dû modifier la structure des écosystèmes pastoraux et celle des peuplements ligneux en particulier.

La présente étude se propose d'analyser cette structure des peuplements ligneux par une caractérisation de la flore et de la végétation ligneuse.

### **5. 2. MATERIEL ET METHODES**

#### **5. 2. 1. Les données : origines et types**

L'étude s'appuie sur des données cartographiques et des données floristiques. Les cartes des pâturages du Nord-Sénégal (Valenza & Diallo, 1972) et de l'IEMVT (Atlas du Sénégal en 1989), ont servi de support d'échantillonnage pour le choix des sites relevés. Les données floristiques exploitées proviennent des inventaires effectués au Ferlo par nous-même en 2000.

L'identification des espèces a été effectuée à l'aide de la Flore du Sénégal (Berhaut, 1967). L'actualisation des synonymies a été réalisée à partir de l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale (Lebrun & Stork, 1991-1997) et de l'ouvrage d'Arbonnier (2000).

#### **5. 2. 2. Etude du peuplement ligneux**

##### **5. 2. 2. 1. Choix des sites de relevés**

Le choix des sites de relevés obéit aux critères d'échantillonnage décrits dans le chapitre 4 (Matériel et méthodes). L'étude est donc réalisée sur les 21 sites de relevés retenus pour l'étude de la dynamique des peuplements ligneux à Tatki, Thieul et Revane et sur les 5 autres ajoutés à Doli (Thieul) pour la caractérisation, soit 26 sites de relevés répartis comme suit : 14 à Tatki, 8 à Thieul et 4 à Revane.

### 5. 2. 2. 2. Méthodes de collecte

Les données ont été collectées selon les critères de présence - absence et d'abondance. Elles ont été récoltées au cours de deux séjours effectués en novembre-décembre 1999 et mars-avril 2000 à partir de deux techniques d'échantillonnage : L'aire circulaire (cf. Matériel et méthodes du chapitre 4) et le quadrant centré sur un point (QCP).

La technique du QCP légèrement modifiée, consiste à échantillonner dans le dispositif de l'aire circulaire 24 points répartis sur quatre transects centré sur le même arbre (cf. Annexe 5). Ces transects sont orientés suivant les quatre points cardinaux et suivant leurs diagonales. Les points sont distants de 20 m et sont matérialisés à l'aide de piquets. A partir de chaque point nous délimitons quatre secteurs dans lesquels sont effectuées pour l'arbre le plus proche du piquet, les mesures suivantes : la circonférence du tronc à 10 cm<sup>29</sup> et 1,30 m, la hauteur, la distance entre individus, les diamètres de la couronne. La densité à l'hectare (D) pour la technique qui utilise le QCP, est calculée à partir de la distance moyenne (d) pour l'échantillon. Elle est donnée par la formule  $D=10000/d^2$ .

Pour les espèces multicaules, la circonférence est mesurée sur le brin le plus gros, et le nombre de brins de la cépée est compté. Les individus communs à plusieurs secteurs du QCP ne sont mesurés qu'une seule fois. Toutefois, les distances par rapport à leurs points centraux sont relevées.

### 5. 2. 3. Traitement des données

Les données ont été traitées à l'aide des tableurs d'Excel, de Xlstat et de Spss et du logiciel ADE4.

La notion de fréquence est définie par Gaussen E., (1963) et Gounot M. (1969) comme le rapport entre le nombre relevé où l'espèce est représentée et le nombre total de relevés (in Daget & Godron, 1974). Elle traduit la régularité de la distribution d'une espèce dans une communauté végétale (Weaver, J. et Clements F, Daget & Godron, 1974).

La densité traduit le nombre d'individus présents par unité de surface. La densité considérée dans cette étude est celle déterminée par comptage direct à partir de l'hectare circulaire. Quant à l'importance spécifique, elle exprime le rapport en valeur relative de l'effectif d'une population sur l'effectif total du peuplement.

La diversité spécifique est déterminée à partir des indices de Shannon et d'équitabilité (ou régularité). L'indice de Shannon est fonction de la probabilité  $P_i$  de présence de chaque espèce  $i$  dans un ensemble d'individus. Sa valeur est calculée à partir de la formule suivante :

$$H' = - \sum_{(i=1, S)} p_i \log_2 p_i$$
 avec  $p_i = ni/N$  représentant la probabilité de rencontrer l'espèce  $i$ ,  $ni$  est l'effectif de la population de l'espèce  $i$  et  $N$  la somme des effectifs des  $S$  espèces constituant le peuplement considéré.

---

<sup>29</sup> : Dans la zone sahélienne, la proportion des arbres de taille inférieure à 1,30 m est assez importante. La mesure de la circonférence à 10, 20 ou 30 cm du sol permet de prendre en compte les individus multicaules ne permettant une mesure à 1,30 cm (Bernhard-Reversat & al.,1993), et un plus grand nombre d'individus.

La valeur de cet indice varie de 0 (une seule espèce) à  $\log S$  (lorsque toutes les espèces ont une même abondance), (Barbault, 1997).

L'indice d'équitabilité ou de régularité ( $E$ ) renseigne sur l'équirépartition des effectifs entre les différentes espèces. C'est le rapport entre la diversité observée et la diversité théorique maximale :  $E = H / \log S$ , (Barbault, 1997). Sa valeur oscille entre 0 (effectifs concentrés sur une espèce) et 1 (même abondance pour toutes les espèces).

En plus de la richesse spécifique (nombre d'espèces), la notion de diversité spécifique prend en considération l'abondance relative des espèces dans le peuplement (Barbault, 1997).

L'importance écologique est un indice qui combine les valeurs relatives de trois paramètres : la densité, la fréquence, et le recouvrement basal ou surface terrière (Gounot, 1969 ; Curtis et McIntosh, 1951, in Daget & Godron, 1974). Cet indice permet de déterminer le rôle structural d'une espèce dans un peuplement.

Le recouvrement a été évalué à partir de la surface de projection des couronnes (recouvrement aérien), de l'aire d'ancrage du tronc (surface terrière) et des mesures du diamètre des couronnes des arbres et de la circonférence des troncs à 10 cm et 1,30 m par la méthode qui utilise le QCP.

La structure des populations ligneuses a été caractérisée grâce à ces mêmes mesures de circonférence et à celles de la hauteur. Les intervalles définis pour étudier la distribution des individus sont de 100 cm (1 m) entre classes de hauteur et de 10 cm entre classes de circonférence.

La mortalité spécifique relative est obtenue à partir du rapport du nombre de tiges mortes (debout ou couchées) ou agonisantes par espèce, sur le nombre total de tiges mortes (debout ou couchées) ou agonisantes de toutes les espèces rencontrées sur l'ensemble des sites de relevés.

La régénération des peuplements a été appréciée à partir du rapport des individus dont la circonférence à la base du tronc (à 10 cm), est comprise entre 0 et 10 cm inclus, sur le total des individus du peuplement ligneux.

## **5. 3. RESULTATS**

### **5. 3. 1. Flore et Diversité**

La flore ligneuse du Ferlo<sup>30</sup> renferme en 2000, 32 espèces réparties en 23 genres et 16 familles (Tableau 10). Les mimosacées et les combrétacées, sont les familles les plus représentées, suivies des Capparacées et des Papilionacées. Le genre *Acacia* est le plus dénombré suivi, des genres *Combretum*, *Pterocarpus*, *Ziziphus*.

---

<sup>30</sup> : Le nombre d'espèces à Thieul (28) et conséquemment au Ferlo en 2000, prend en compte les 5 sites ajoutés à Doli pour mieux caractériser la structure des peuplements et qui n'ont pas été suivis depuis 1970 (cf. Matériel & Méthodes).

Tableau 10: Cortège floristique du peuplement ligneux du Ferlo en 2000

| Familles       | Genres        | Nombre d'espèces | Importance relative (%) |
|----------------|---------------|------------------|-------------------------|
| Anacardiaceés  | Sclerocarya   | 1                | 3.1                     |
| Apocynacées    | Adenium       | 1                | 3.1                     |
| Asclépiadacées | Calotropis    | 1                | 6.3                     |
|                | Leptadenia    | 1                |                         |
| Bombacacées    | Adansonia     | 1                | 3.1                     |
| Burséracées    | Commiphora    | 1                | 3.1                     |
| Capparacées    | Boscia        | 1                | 9.4                     |
|                | Cadaba        | 1                |                         |
|                | Maerua        | 1                |                         |
| Combretacées   | Anogeissus    | 1                | 18.8                    |
|                | Combretum     | 4                |                         |
|                | Guiera        | 1                |                         |
| Euphorbiacées  | Jatropha      | 1                | 3.1                     |
| Mimosacées     | Acacia        | 5                | 18.8                    |
|                | Dichrostachys | 1                |                         |
| Fabacées       | Dalbergia     | 1                | 9.4                     |
|                | Pterocarpus   | 2                |                         |
| Rhamnacées     | Ziziphus      | 2                | 6.3                     |
| Rubiaceés      | Feretia       | 1                | 3.1                     |
| Balanitacées   | Balanites     | 1                | 3.1                     |
| Sterculiacées  | Sterculia     | 1                | 3.1                     |
| Tiliacées      | Grewia        | 1                | 3.1                     |
| Vitacées       | Cissus        | 1                | 3.1                     |
| Total          |               | 32               | 100                     |

La richesse spécifique variable selon les sites, est de 18, 28 et 18 espèces respectivement pour Tatki, Thieul et Revane. Ces espèces sont réparties dans le même ordre en 15, 20 et 13 genres et entre 13, 15 et 10 familles. Globalement, la flore demeure plus riche à Thieul et plus pauvre à Tatki.

### 5. 3. 1. 1. La fréquence spécifique

*Balanites aegyptiaca* (80,8%) et *Boscia senegalensis* (76,9%) sont les espèces les plus fréquentes. Deux autres espèces sont présentes dans 1 relevé sur 2 (*Calotropis procera* et *Guiera senegalensis*) et quatre autres dans 1 relevé sur 3 (*Combretum glutinosum*, *Acacia senegal*, *Grewia bicolor* et *Adenium obesum*). Les espèces rares ou occasionnelles sont : *Jatropha chevalieri*, *Combretum nigricans*, *Cadaba farinosa*, *Acacia ataxacantha*, *Ziziphus mucronata*, *Maerua oblongifolia* et *Leptadenia pyrotechnica*.

A Tatki, *Boscia senegalensis* est présente dans l'ensemble des relevés (100%). Deux espèces présentes dans plus d'un relevé sur deux, l'accompagnent dans le peuplement (*Balanites aegyptiaca*, *Calotropis procera*). A Thieul, contrairement au forage précédent, *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis* sont les deux essences que nous retrouvons dans toutes les stations (100%). Trois espèces sont présentes dans plus d'un relevé sur deux (*Balanites aegyptiaca*, *Grewia bicolor*, *Acacia senegal*) et six autres dans plus d'un relevé sur trois (*Acacia*

*macrostachya*, *Acacia seyal*, *Sterculia setigera*, *Boscia senegalensis*, *Commiphora africana*, *Combretum aculeatum* et *Cissus quadrangularis*). A Revane, *Combretum glutinosum* est la seule espèce rencontrée dans tous les relevés (100%) et 10 espèces sont présentes dans au moins 1 relevé sur 2 (Tableau 11).

Tableau 11: Fréquences (%) spécifiques ligneuses au Ferlo en 2000

| Espèces                        | Ferlo | Tatki | Thieul | Revane |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Balanites aegyptiaca</i>    | 80.8  | 85.7  | 75     | 75     |
| <i>Boscia senegalensis</i>     | 76.9  | 100.0 | 37.5   | 75     |
| <i>Calotropis procera</i>      | 53.8  | 85.7  | 12.5   | 25     |
| <i>Guiera senegalensis</i>     | 50.0  | 14.3  | 100    | 75     |
| <i>Combretum glutinosum</i>    | 46.2  | -     | 100    | 100    |
| <i>Acacia senegal</i>          | 42.3  | 21.4  | 62.5   | 75     |
| <i>Grewia bicolor</i>          | 42.3  | 14.3  | 75     | 75     |
| <i>Adenium obesum</i>          | 34.6  | 35.7  | 25     | 50     |
| <i>Commiphora africana</i>     | 23.1  | -     | 37.5   | 75     |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>     | 23.1  | 28.6  | 12.5   | 25     |
| <i>Acacia macrostachya</i>     | 19.2  | 7.1   | 50     | -      |
| <i>Acacia seyal</i>            | 19.2  | -     | 50     | 25     |
| <i>Combretum aculeatum</i>     | 19.2  | -     | 37.5   | 50     |
| <i>Cissus quadrangularis</i>   | 15.4  | 7.1   | 37.5   | -      |
| <i>Sterculia setigera</i>      | 15.4  | -     | 50     | -      |
| <i>Combretum micranthum</i>    | 11.5  | -     | 25     | 25     |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i>   | 11.5  | -     | 25     | 25     |
| <i>Feretia apodanthera</i>     | 11.5  | 7.1   | 25     | -      |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>   | 11.5  | -     | 12.5   | 50     |
| <i>Pterocarpus lucens</i>      | 11.5  | -     | 12.5   | 50     |
| <i>Sclerocarya birrea</i>      | 11.5  | 7.1   | 25     | -      |
| <i>Acacia tortilis</i>         | 7.7   | 7.1   | -      | 25     |
| <i>Adansonia digitata</i>      | 7.7   | 7.1   | 12.5   | -      |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>   | 7.7   | -     | 25     | -      |
| <i>Dichrostachys cinerea</i>   | 7.7   | -     | 25     | -      |
| <i>Leptadenia pyrotechnica</i> | 7.7   | 7.1   | -      | 25     |
| <i>Maerua oblongifolia</i>     | 7.7   | -     | 25     | -      |
| <i>Ziziphus mucronata</i>      | 7.7   | 7.1   | 12.5   | -      |
| <i>Acacia ataxacantha</i>      | 3.8   | -     | 12.5   | -      |
| <i>Cadaba farinosa</i>         | 3.8   | 7.1   | -      | -      |
| <i>Combretum nigricans</i>     | 3.8   | -     | 12.5   | -      |
| <i>Jatropha chevalieri</i>     | 3.8   | 7.1   | -      | -      |

### 5. 3. 1. 2. Densité - Importance spécifique

La densité moyenne apparaît faible à moyenne au Ferlo (Tableau 12). Le coefficient de variation entre les densités moyennes des trois sites est relativement important (28%). Il traduit la grande variabilité intersites en fonction du gradient climatique qui fait que Thieul au sud, a le peuplement ligneux le plus dense (Tableau 12).



Tableau 12: Densités et diversités au Ferlo en 2000

| Sites  | Densités (ind./ha) | Coefficient de variation densité (%) | Diversité (IS) | Diversité |
|--------|--------------------|--------------------------------------|----------------|-----------|
| Tatki  | 172                | 75,3                                 | 1,04b          | 0,53b     |
| Thieul | 269                | 62,4                                 | 1,61a          | 0,50b     |
| Revane | 167                | 102,1                                | 2,09a          | 0,67a     |
| Ferlo  | 201                | 74                                   | 1,4            | 0,54      |

La densité d'arbres varie en fonction de la distance au forage (point de concentration des populations et du bétail), et donc en fonction de la pression anthropique (Figure 10).

Les zones denses (>200) correspondent aux sites éloignés des forages ou localisés dans des milieux plus ou moins protégés (Ranch de Doli ou à proximité des parcelles d'Asré Bani), (à plus de 10 km).

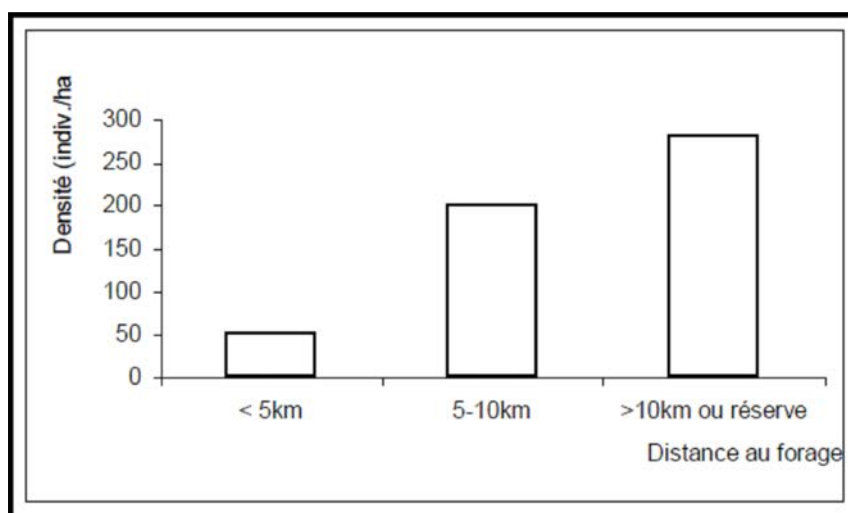


Figure 10 : Variation de la densité ligneuse en fonction de l'éloignement au forage (pression anthropique) au Ferlo

Les stations de très faibles densités (< Moyenne/2), sont essentiellement situés dans un rayon de moins de 5 km de leur forage respectif, sur des replats ou microdunes Elle concerne essentiellement les stations de Tatki et quelques stations Revane.

*Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca* et *Calotropis procera* concentrent à elles seules 85% des effectifs du peuplement ligneux au Ferlo (Tableau 13). La taille de ces populations d'espèces est cependant variable entre les sites (Tableau 13).

Les distances moyennes entre les arbres et leurs coefficients de variation sont élevés (Tatki (15,8m, Cv : 71,5% ; Thieul (12,8m, Cv : 81 %) ; Revane (16,2m, Cv : 65, 3%)).

Tableau 13: Importance spécifique au Ferlo en 2000

| Espèce                          | Ferlo | Tatki | Thieul | Revane |
|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Boscia senegalensis</i>      | 37.1  | 74.6  | 2.5    | 13.5   |
| <i>Guiera senegalensis</i>      | 31.2  | 0.2   | 63.0   | 40.6   |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>     | 9.8   | 8.6   | 12.3   | 5.8    |
| <i>Calotropis procera</i>       | 6.9   | 14.8  | 0.0    | 0.3    |
| <i>Grewia bicolor</i>           | 3.1   | 0.2   | 5.0    | 7.6    |
| <i>Combretum glutinosum</i>     | 3.0   | 0.0   | 4.5    | 8.8    |
| <i>Acacia seyal</i>             | 2.1   | 0.0   | 5.0    | 0.1    |
| <i>Pterocarpus lucens</i>       | 1.5   | 0.0   | 0.0    | 11.5   |
| <i>Acacia senegal</i>           | 1.2   | 0.2   | 1.9    | 2.8    |
| <i>Commiphora africana</i>      | 0.8   | 0.0   | 0.8    | 3.6    |
| <i>Adenium obesum</i>           | 0.4   | 0.3   | 0.3    | 1.5    |
| <i>Combretum micranthum</i>     | 0.4   | 0.0   | 0.6    | 1.6    |
| <i>Acacia macrostachya</i>      | 0.4   | 0.0   | 1.0    | 0.0    |
| <i>Combretum aculeatum</i>      | 0.3   | 0.0   | 0.5    | 0.6    |
| <i>Zizyphus mauritiana</i>      | 0.3   | 0.3   | 0.3    | 0.1    |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i>    | 0.2   | 0.0   | 0.6    | 0.1    |
| <i>Cissus quadrangularis</i>    | 0.2   | 0.1   | 0.4    | 0.0    |
| <i>Jatropha chevalieri</i>      | 0.1   | 0.2   | 0.0    | 0.0    |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>    | 0.1   | 0.0   | 0.0    | 0.6    |
| <i>Feretia apodanthera</i>      | 0.1   | 0.0   | 0.2    | 0.0    |
| <i>Sterculia setigera</i>       | 0.1   | 0.0   | 0.2    | 0.0    |
| <i>Acacia tortilis raddiana</i> | 0.1   | 0.0   | 0.0    | 0.4    |
| <i>Dichrostachys glomerata</i>  | 0.1   | 0.0   | 0.2    | 0.0    |
| <i>Adansonia digitata</i>       | 0.1   | 0.0   | 0.1    | 0.0    |
| <i>Leptadenia pyrotechnica</i>  | 0.1   | 0.1   | 0.0    | 0.1    |
| <i>Sclerocarya birrea</i>       | 0.1   | 0.0   | 0.1    | 0.0    |
| <i>Acacia ataxacantha</i>       | 0.0   | 0.0   | 0.1    | 0.0    |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>    | 0.0   | 0.0   | 0.1    | 0.0    |
| <i>Maerua oblongifolia</i>      | 0.0   | 0.0   | 0.1    | 0.0    |
| <i>Zizyphus mucronata</i>       | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0    |
| <i>Cadaba farinosa</i>          | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0    |
| <i>Combretum nigricans</i>      | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0    |
| Total                           | 100   | 100   | 100    | 100    |

### 5. 3. 1. 3. Diversité spécifique du peuplement ligneux

Il y a une différence significative entre les indices de diversité de Shannon des trois sites (ddl=2, F=4,1 P=0,03 au seuil = 5%). Les valeurs obtenues montrent que le peuplement ligneux est plus diversifié à Revane (Tableau 12). Le peuplement de Tatki est moins diversifié. L'indice d'équitabilité est plus faible à Thieul (Tableau 12).

### 5. 3. 1. 4. Importance écologique

Chaque espèce joue un rôle structurel bien déterminé dans un peuplement ligneux. Ce rôle est exprimé par l'indice IVI d'importance écologique. Le tableau présente les valeurs calculées de cet indice au Ferlo.

Tableau 14: Importance écologique en 2000 (IE, ou IVI : Importance value index) au Ferlo

| <i>Espèces</i>                 | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|--------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| <i>Boscia senegalensis</i>     | 135.2        | 232.5        | 41.4          | 91.6          |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>    | 110.8        | 122.5        | 103.7         | 87.5          |
| <i>Guiera senegalensis</i>     | 100.6        | 15.7         | 197.8         | 124.1         |
| <i>Combretum glutinosum</i>    | 67.3         | 0.0          | 126.5         | 167.1         |
| <i>Calotropis procera</i>      | 64.1         | 110.3        | 12.6          | 25.4          |
| <i>Grewia bicolor</i>          | 51.1         | 15.0         | 88.4          | 89.5          |
| <i>Acacia senegal</i>          | 44.4         | 21.8         | 65.6          | 79.2          |
| <i>Adenium obesum</i>          | 36.0         | 36.9         | 25.9          | 53.2          |
| <i>Commiphora africana</i>     | 25.5         | 0.0          | 39.5          | 83.4          |
| <i>Acacia seyal</i>            | 24.3         | 0.0          | 61.7          | 25.3          |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>     | 23.7         | 29.4         | 13.1          | 25.2          |
| <i>Acacia macrostachya</i>     | 20.2         | 7.3          | 52.1          | 0.0           |
| <i>Combretum aculeatum</i>     | 19.6         | 0.0          | 38.2          | 50.7          |
| <i>Sterculia setigera</i>      | 16.3         | 0.0          | 52.1          | 0.0           |
| <i>Pterocarpus lucens</i>      | 14.8         | 0.0          | 12.7          | 67.5          |
| <i>Sclerocarya birrea</i>      | 12.5         | 7.9          | 26.7          | 0.0           |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i>   | 12.2         | 0.0          | 26.5          | 25.3          |
| <i>Combretum micranthum</i>    | 12.0         | 0.0          | 26.1          | 27.5          |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>   | 11.7         | 0.0          | 12.7          | 50.9          |
| <i>Acacia tortilis</i>         | 8.0          | 7.3          | 0.0           | 26.1          |
| <i>Adansonia digitata</i>      | 7.9          | 7.3          | 12.8          | 0.0           |
| <i>Ziziphus mucronata</i>      | 7.8          | 7.3          | 12.6          | 0.0           |
| <i>Acacia ataxacantha</i>      | 3.9          | 0.0          | 12.7          | 0.0           |
| <i>Combretum nigricans</i>     | 3.9          | 0.0          | 12.6          | 0.0           |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>   | -            | 0.0          | -             | 0.0           |
| <i>Cadaba farinosa</i>         | -            | -            | 0.0           | 0.0           |
| <i>Cissus quadrangularis</i>   | -            | 0.0          | -             | 0.0           |
| <i>Dichrostachys cinerea</i>   | -            | -            | -             | 0.0           |
| <i>Feretia apodanthera</i>     | -            | -            | -             | 0.0           |
| <i>Jatropha chevalieri</i>     | -            | -            | 0.0           | 0.0           |
| <i>Leptadenia pyrotechnica</i> | -            | -            | 0.0           | -             |
| <i>Maerua oblongifolia</i>     | -            | 0.0          | -             | 0.0           |

### 5. 3. 2. Recouvrement

Les valeurs de recouvrement aérien et de la surface terrière reportées dans les tableaux 15 et 16, indiquent un faible couvert pour l'ensemble du Ferlo. La couverture ligneuse de Tatki est encore plus faible que celle de Thieul ou de Revane. Le couvert aérien du Ferlo est constitué à 82,1 % par six espèces (*Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Acacia seyal* et *Pterocarpus lucens*), dont 25 % par les taxons à grandes couronnes.

Tableau 15 : Variation du taux de recouvrement moyen dans les trois sites en 2000

| Sites  | RC (m2/ha) | RC%  | ST(m2/ha) | ST%   |
|--------|------------|------|-----------|-------|
| Tatki  | 404,7      | 4    | 0,8       | 0,017 |
| Thieul | 1187,0     | 11,9 | 1,7       | 0,008 |
| Revane | 994,2      | 9,9  | 2,0       | 0,02  |

RC : recouvrement par la couronne ; ST : Surface Terrière

Tableau 16: Contribution des espèces dans le recouvrement global au Ferlo en 2000

| Espèces   | FERLO         |             | TATKI   |         | THIEUL  |         | REVANE  |            |
|---|---------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
|   | Rec.(m)       | Rec.(%)     | Rec.(m) | Rec.(%) | Rec.(m) | Rec.(%) | Rec.(m) | Rec.(%)    |
| <i>Guiera senegalensis</i>                          | 4418.6        | 23.1        | 53.7    | 1.0     | 3240.7  | 34.1    | 1124.3  | 28.3       |
| <i>Boscia senegalensis</i>                          | 3618.4        | 18.9        | 3370.9  | 59.6    | 74.5    | 0.8     | 172.9   | 4.4        |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>                         | <b>2963.0</b> | <b>15.5</b> | 1528.3  | 27.0    | 1240.5  | 13.1    | 194.2   | 4.9        |
| <i>Combretum</i>                                    | 1957.6        | 10.2        | -       | -       | 1135.5  | 12.0    | 822.1   | 20.7       |
| <i>Acacia seyal</i>                                 | 1672.4        | 8.7         | -       | -       | 1657.1  | 17.5    | -       | -          |
| <i>Pterocarpus lucens</i>                           | 1076.2        | 5.6         | -       | -       | -       | -       | 1031.6  | 25.9       |
| <i>Grewia bicolor</i>                               | 837.7         | 4.4         | 24.5    | 0.4     | 670.6   | 7.1     | 142.7   | 3.6        |
| <i>Acacia senegal</i>                               | <b>616.0</b>  | <b>3.2</b>  | 9.6     | 0.2     | 456.5   | 4.8     | 150.0   | 3.8        |
| <i>Calotropis procera</i>                           | 540.7         | 2.8         | 539.0   | 9.5     | -       | -       | 0.8     | 0.0        |
| <i>Commiphora africana</i>                          | 449.4         | 2.4         | -       | -       | 225.8   | 2.4     | 223.5   | 5.6        |
| <i>Acacia macrostachya</i>                          | 251.0         | 1.3         | -       | -       | 239.6   | 2.5     | -       | -          |
| <i>Sclerocarya birrea</i>                           | 203.4         | 1.1         | -       | -       | 152.6   | 1.6     | -       | -          |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>                        | 98.2          | 0.5         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Dalbergia</i>                                    | 86.7          | 0.5         | -       | -       | 80.0    | 0.8     | -       | -          |
| <i>Adansonia digitata</i>                           | 83.3          | 0.4         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Sterculia setigera</i>                           | 61.2          | 0.3         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>                          | 57.8          | 0.3         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Cissus quadrangularis</i>                        | 22.9          | 0.1         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Acacia ataxacantha</i>                           | 22.8          | 0.1         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Combretum aculeatum</i>                          | 19.8          | 0.1         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Dichrostachys cinerea</i>                        | 18.5          | 0.1         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Adenium obesum</i>                               | 18.3          | 0.1         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Combretum nigricans</i>                          | 10.7          | 0.1         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Acacia tortilis</i>                              | <b>8.8</b>    | <b>0.1</b>  | 0.6     | 0.0     | -       | -       | 8.2     | 0.2        |
| <i>Ziziphus mucronata</i>                           | 8.6           | 0.0         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Jatropha chevalieri</i>                          | 6.4           | 0.0         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Combretum</i>                                    | 4.3           | 0.0         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Leptadenia</i>                                   | 1.6           | 0.0         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Maerua oblongifolia</i>                          | 0.0           | 0.0         | -       | -       | -       | -       | -       | -          |
| <i>Autres</i>                                       | -             | -           | 134.2   | 2.3     | 322.5   | 3.4     | 106.5   | 2.7        |
| <b>Recouvrement total au Ferlo m2</b>               |               |             |         |         |         |         |         | 19134,0    |
| <b>Recouvrement moyen au Ferlo en m2/site ou ha</b> |               |             |         |         |         |         |         | 735,9      |
| <b>Recouvrement moyen au Ferlo %/site ou ha</b>     |               |             |         |         |         |         |         | <b>7.4</b> |

Rec. : Recouvrement par les couronnes

A Tatki, 96,1% du recouvrement est formé par 3 espèces (*Boscia senegalensis*, *Balanites aegyptiaca* et *Calotropis procera*).

A Revane, 7 espèces se partagent 89,7 % du couvert (*Guiera senegalensis*, *Pterocarpus lucens*, *Combretum glutinosum*, *Commiphora africana*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* et *Acacia senegal*).

Thieul est dans le même ordre de grandeur que Revane avec 88,5% du recouvrement répartis entre 6 espèces (*Guiera senegalensis*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Grewia bicolor* et *Acacia senegal*).

### 5. 3. 3. Structure du peuplement ligneux

La structure du peuplement ligneux est caractérisée selon la distribution des individus en classes de hauteur et de circonférence du tronc.

#### 5. 3. 3. 1. Distribution selon la hauteur

Le peuplement ligneux du Ferlo présente une structure unimodale avec une classe modale comprise entre 0-100 cm (Figure 11). Toutes les strates sont représentées<sup>31</sup>, mais les strates jeunes et arbustives sont prédominantes. Cette répartition indique un peuplement inéquienne<sup>32</sup>.

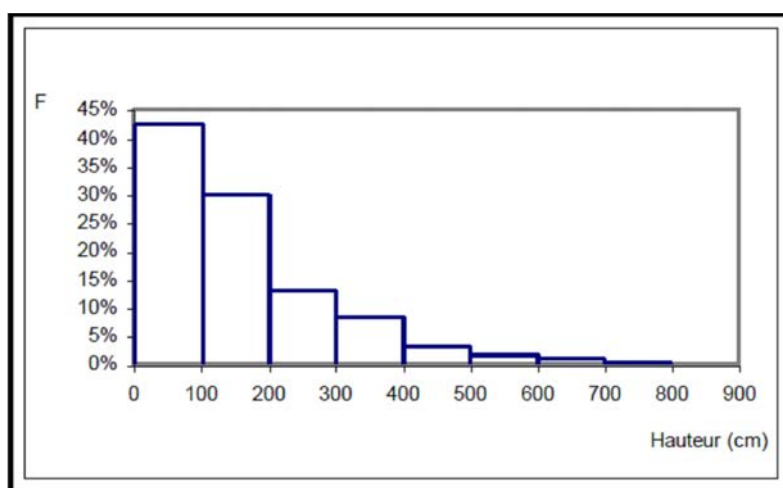


Figure 11 : Distribution par classe de hauteur des individus du peuplement ligneux au Ferlo en 2000.

Les histogrammes de la figure 12 permettent d'identifier les populations d'espèces qui édifient la structure du peuplement. Elles distinguent ces populations suivant trois types de structure :

- la structure unimodale représentée par les populations de *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis* et *Combretum aculeatum*,
- la distribution bimodale obtenue avec les populations de *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal* et *Calotropis procera*,
- la structure plurimodale illustrée par les espèces *Acacia tortilis*, *Grewia bicolor*, *Combretum glutinosum*, *Commiphora africana* et *Pterocarpus lucens*.

<sup>31</sup> : Toutes les strates inférieures ou égales à 700 cm.

<sup>32</sup> : Ce principe a été généralement appliqué à des peuplements monospécifiques, mais il reste valable en taillis sous futaies par exemple et, pour nos conditions sahéliennes, à la steppe ou savane mélangée toutes espèces confondues. Piot & Diaté in Barral & al, (1983), p70.

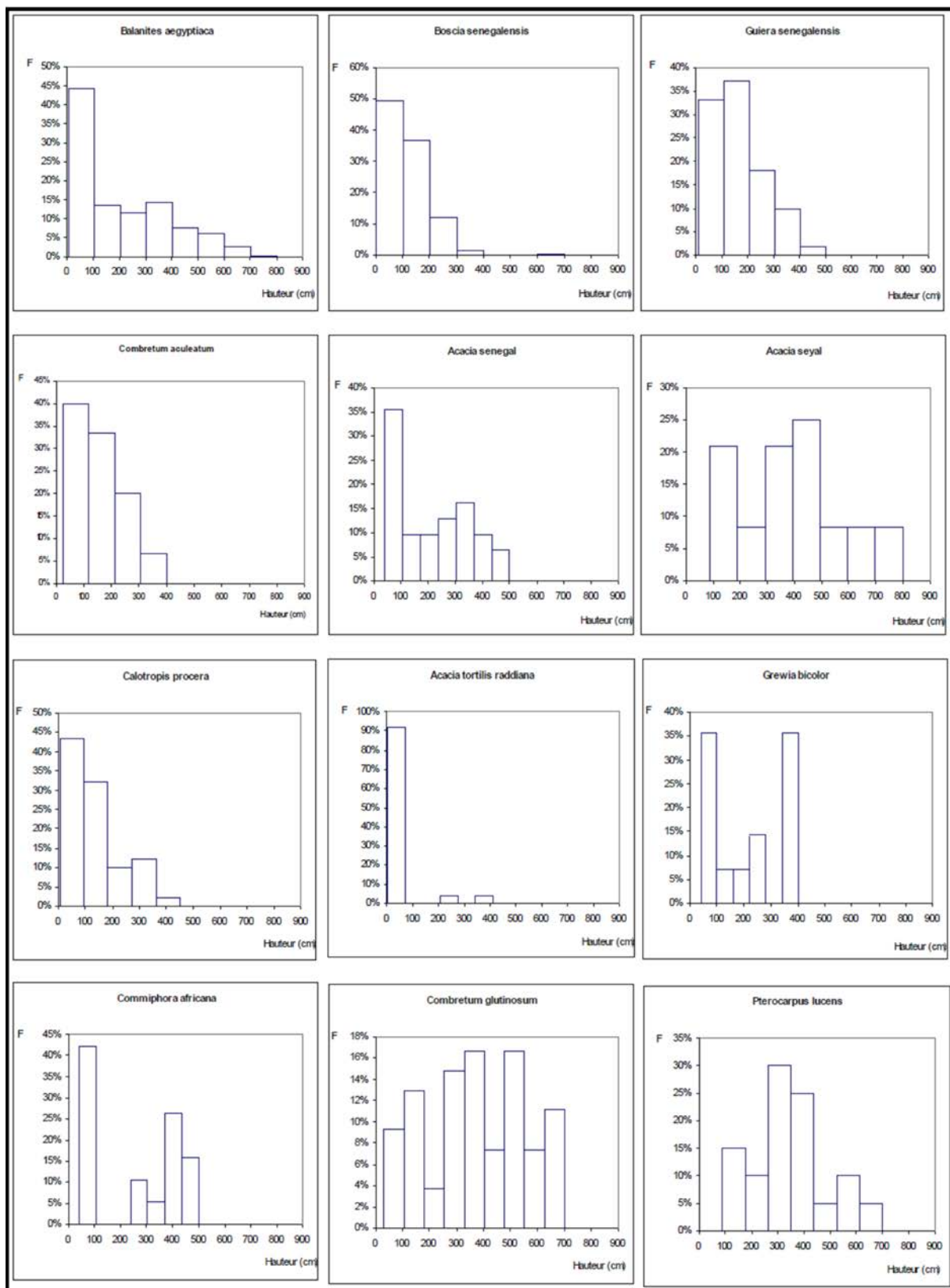


Figure 12 : Distribution par classe de hauteur des individus des 12 principales espèces au Ferlo en 2000

Les populations de *Boscia senegalensis* et *Guiera senegalensis* présentent des structures inéquiennes dans lesquelles les différentes classes d'âge sont représentées. Les classes modales correspondent à la strate 0-100 cm chez

*Boscia senegalensis* et 100-200 cm chez *Guiera senegalensis*. *Guiera senegalensis* et *Boscia senegalensis* parviennent rarement par leur développement naturel à certaines hauteurs et confèrent au peuplement global sa structure. *Combretum aculeatum* montre une distribution similaire à celle des deux populations précédentes.

Les structures bimodales et plurimodales permettent d'identifier au sein de certaines populations des strates bien distinctes et l'absence ou la réduction d'effectifs au niveau des classes intermédiaires. Chez *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal* et *Calotropis procera* (classes modales : 0-100 cm ; 300-400 cm), puis *Grewia bicolor* et *Acacia tortilis* (0-100 cm ; 100-200 cm ; 300-400 cm), les strates jeunes et arbustives sont prédominantes.

Par contre, d'autres populations se distinguent par une absence de la plus jeune strate et une bonne représentation des classes arbustives ou arborées : *Acacia seyal* (100-200 cm ; 400-500 cm), *Combretum glutinosum* (100-200 cm ; 300-400 cm ; 500-600 cm) et *Pterocarpus lucens* (100-200 cm ; 300-400 cm ; 500-600cm).

Chez les populations d'*Acacia senegal*, *Commiphora africana* et *Acacia tortilis*, la strate 0-100 cm est bien représentée, mais de grands déficits ou des absences d'effectifs sont constatés pour la classe 100- 200 cm.

### 5. 3. 3. 2. Distribution selon la circonférence

L'analyse de la structure des peuplements par la distribution en classes de circonférence est plus courante que celle faite à partir de la hauteur des individus. Ce fait est attribuable à la forme rabougrie de certains individus affectés par le surpâturage (broutage ou coupes) ou au plafonnement plus ou moins rapide des hauteurs de certaines espèces. La figure 13 représente la distribution par classe de circonférence des individus du peuplement ligneux au Ferlo.

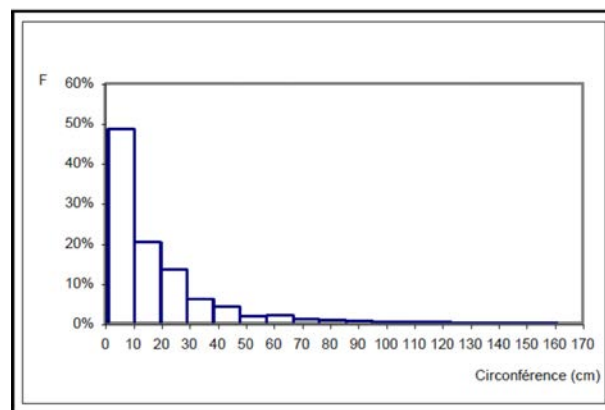


Figure 13 : Distribution selon la circonférence des individus du peuplement ligneux au Ferlo, en 2000

Elle montre une distribution unimodale du peuplement ligneux au Ferlo. La classe modale correspond à la strate 0-10 cm. Toutes les strates sont représentées et la courbe décroît progressivement vers les classes d'individus à gros tronc.

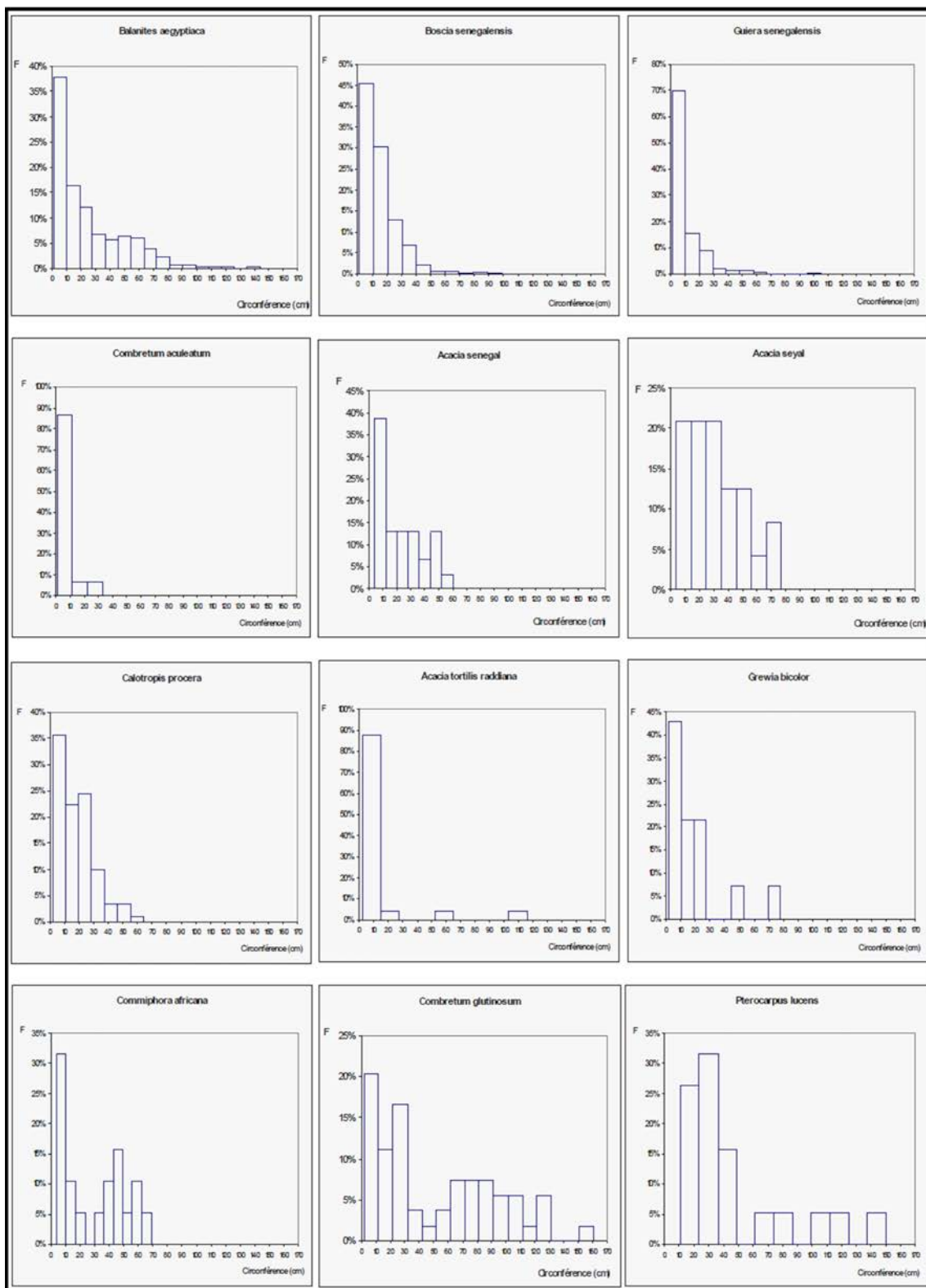


Figure 14 : Distribution selon la circonférence des individus des 12 principales espèces au Ferlo en 2000

La figure 14 représente les distributions par classe de circonférence des effectifs des 12 principales espèces du Ferlo. Les courbes de distributions montrent:



- une distribution unimodale des populations de *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis* et *Combretum aculeatum* :
- une distribution bimodale des populations de *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal* et *Calotropis procera*,
- une répartition plurimodales des populations d'*Acacia tortilis*, *Grewia bicolor*, *Combretum glutinosum*, *Commiphora africana* et *Pterocarpus lucens*.

### 5. 3. 3. 3. Mortalité dans le peuplement

*Calotropis procera*, *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Grewia bicolor*, *Acacia macrostachya*, *Balanites aegyptiaca* et *Dalbergia melanoxylon* sont les populations les plus affectées par la mortalité (Figure 15). *Combretum glutinosum* et *Pterocarpus lucens* connaissent une mortalité plus faible.

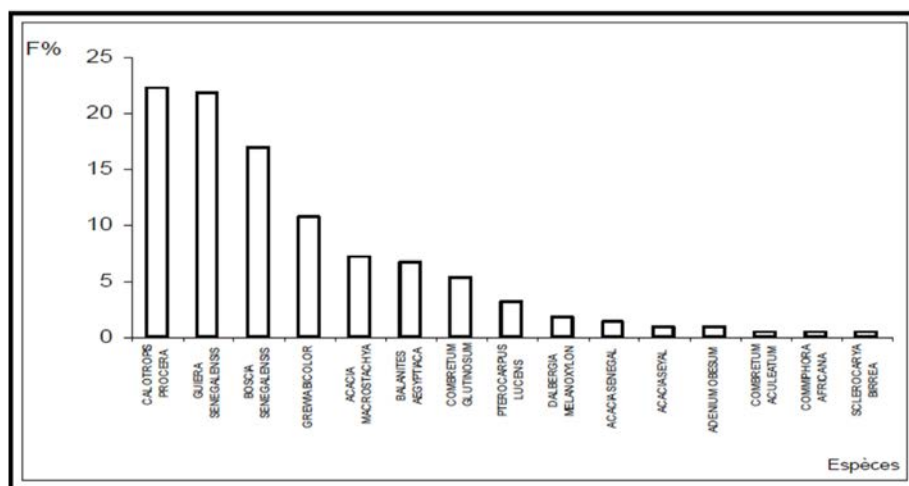


Figure 15 : Mortalité spécifique (%) au Ferlo en 2000

### 5. 3. 3. 4. Régénération du peuplement

La proportion des jeunes plants est de 48,2 % dans le peuplement ligneux au Ferlo. Elle est respectivement de 45%, 55,2% et 42,2% à Tatki, Thieul et Revane. 85,6 % de ces individus sont répartis entre les espèces pionnières *Boscia senegalensis* (41,4%), *Guiera senegalensis* (30,9%) et *Balanites aegyptiaca* (13,2%), (Figure 16).

*Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, et *Boscia senegalensis* constituent 90% du renouvellement à Thieul. A Tatki, la régénération est assurée à 96% par *Boscia senegalensis*, *Balanites aegyptiaca* et *Calotropis procera*. Il faut noter l'absence dans ce site de *Guiera senegalensis* et l'arrivée de *Calotropis procera* qui peut se traduire par une absence de jachères récentes et une constance de la pression humaine (habitations). A Revane, *Acacia tortilis* contribue d'une façon plus remarquable à la régénération du peuplement (12%). Toutefois, cette contribution demeure faible comparée à celle de *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis* et *Balanites aegyptiaca* qui participent à 61,1 % dans la régénération du peuplement de ce site.

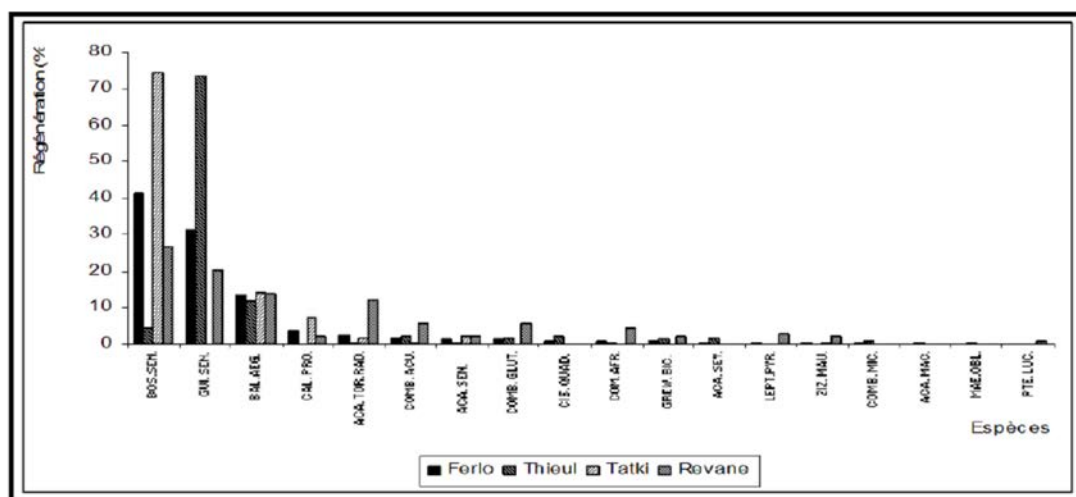


Figure 16 : Régénération spécifique au Ferlo en 2000

Finalement, le peuplement ligneux régénère fortement au Ferlo. Cette régénération est assurée par *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis* et *Balanites aegyptiaca*. Les résultats indiquent aussi un peuplement ligneux plus juvénile à Thieul et à Tatki qu'à Revane.

#### 5. 4. DISCUSSION & CONCLUSION

L'étude s'était proposé d'analyser la structure des peuplements ligneux par une caractérisation de la flore et de la végétation ligneuses. Selon la classification de Daget & Poissonet (1997), la flore demeure assez riche au Ferlo. Cependant, elle s'est appauvrie en 2000 au regard des 53 espèces signalées entre 1970 et 1987. Cette pauvreté floristique s'approche des caractéristiques de la végétation sahélienne telle que décrite par Hiernaux & Houérou (2006).

Malgré une pression agricole élevée, la zone de Thieul plus humide, offre plus que les autres sites les meilleures conditions climatiques de développement. Ainsi, elle renferme une plus large gamme d'espèces (espèces soudaniennes ou sahéliennes, espèces sahélo-soudaniennes). Par contre, les conditions d'aridité ont réduit cette gamme d'espèces à Tatki, faisant ainsi disparaître les essences situées au delà de la limite de leur aire phytogéographique (espèces soudano-guinéennes, sahélo-soudaniennes).

Les résultats montrent une grande régularité d'espèces pionnières qui indiquent des successions végétales dans le peuplement ligneux du Ferlo. La variabilité intersites des espèces fréquentes, explique les différents types de perturbations qui sont à l'origine de ces successions. Ainsi, l'espèce *Boscia senegalensis* par sa résistance aux conditions arides, indique des perturbations d'ordre climatique au nord (Tatki). *Balanites aegyptiaca* et *Guiera senegalensis* signalent respectivement par leur rapide prolifération, les zones anthropisées par le pâturage dans toute la zone et les jachères au sud (Thieul et Revane). Le rôle et l'ampleur des facteurs climatiques et biologiques sur la distribution actuelle du peuplement ligneux au Ferlo, est ainsi mis en évidence.

Concernant la densité, le coefficient de variation élevée traduit la grande variabilité intersites en fonction du gradient climatique. La forte variation intrasite de la densité reflète l'hétérogénéité spatiale liée à la situation topographique des stations et au degré d'anthropisation dû à l'éloignement par rapport au forage et aux autres points d'eau. Ces observations montrent le rôle du facteur anthropique et de la topographie dans la distribution spatiale des effectifs du peuplement. Elles indiquent une augmentation du nombre d'individus liée à la diminution de la pression démographique et animale au fur et à mesure que l'on s'éloigne du forage.

Les distances moyennes entre les arbres et leurs coefficients de variation élevés indiquent une distribution en agrégats (ou bosquets) de la végétation ligneuse.

Les mêmes espèces se caractérisent par des fréquences et des abondances élevées dans le peuplement ligneux du Ferlo. Ces deux caractéristiques traduisent pour ces populations d'espèces une grande distribution spatiale (ou dispersion) et une dominance numérique (Sharman, 1988). Elles rappellent ainsi la stratégie démographique "r" développée par les espèces pionnières, qui consiste à compenser la mortalité par une forte reproduction (augmentation du nombre d'individus) et une colonisation rapide de l'espace écologique laissé après une perturbation (Frontier, 1999).

La valeur de la diversité spécifique ligneuse au Ferlo est un indicateur du stade de développement du peuplement. Frontier (1999) souligne que la maturation d'un peuplement est une étape de la succession végétale marquée entre autres, par une évolution caractéristique de la diversité spécifique. Ainsi, l'indice de diversité de Shannon inférieur à 1 en début de colonisation (espèce pionnières), augmente progressivement jusqu'à avoisiner 4,5 ou 5 au stade final de maturation. Par conséquent, la valeur de l'indice de Shannon proche de 1 au Ferlo, conforte l'idée d'une colonisation du milieu par les espèces pionnières ligneuses. Cependant, les niveaux de maturation des peuplements sont différents entre les sites. Il est plus élevé dans le peuplement de Revane. Les niveaux de maturation plus faibles à Tatki et à Thieul, indiquent soit une persistance des perturbations, soit des colonisations plus récentes. Or, l'étude de la dynamique a montré une régénération ligneuse à Tatki suite à la régression des pressions agricoles et forestières qui sont permanentes à Thieul.

L'indice d'équitabilité plus faible à Thieul, permet d'expliquer la perte de diversité constatée pour ce peuplement par rapport à celui de Revane et celui de Tatki. Cette faiblesse traduit une répartition plus inégale des effectifs entre les diverses espèces à Thieul comparé à Revane et à Tatki. En effet, 94,2 % des effectifs du peuplement à Thieul sont répartis entre 7 espèces dont *Guiera senegalensis*, qui concentre les 63%, contre 5,8% pour les 21 autres taxons. Cette espèce pionnière des jachères est le témoin de l'impact agricole qui favorise une réduction de la diversité et le développement de peuplements monospécifiques. Cette répartition est plus équilibrée à Revane où 97,5 % des effectifs sont distribués entre 10 espèces, contre 2,5 % pour les 8 autres espèces. *Guiera senegalensis* constitue 40,6 % des individus du peuplement, tandis que les 9

espèces restantes renferment 56,9% des effectifs. A Tatki, 97,9 % des individus sont concentrés autour de 3 espèces. Les 15 autres taxons représentent 2,1 % de l'effectif total.

La diversité spécifique, l'équirépartition et le niveau de maturation plus élevés à Revane relève d'une situation climatique favorable et d'une pression anthropique moins accentuée. Cette faiblesse de la pression anthropique est liée à l'enclavement de la zone (moins de transhumants et de charbonniers, exploitation forestière plus planifiée et conservatrice des espèces (*Acacia senegal*). Ainsi, la zone de Revane est moins perturbée et plus stable que les deux autres sites.

Le nombre faible d'espèces dominantes est aussi une caractéristique des peuplements pionniers. La classification basée sur la dominance écologique, reflète également les principaux déterminants de la distribution spatiale du peuplement ligneux (climat et/ou facteurs anthropiques : pâturage, agriculture.. ; substrat : topographie et pédologie).

Les légumineuses (toutes les espèces réunies), ont une importance écologique presque équivalente à celle de n'importe quelle espèce dominante prise individuellement. Celles des légumineuses Mimosacées, particulièrement *Acacia tortilis* et *Acacia senegal*, est encore très faible. Cela signifie que les espèces de cette famille jadis caractéristiques des milieux sahéliens, subissent actuellement la domination écologique des espèces colonisatrices et pionnières telles que *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* ou *Guiera senegalensis*.

Les ports distincts et les densités différentes des espèces d'arbres déterminent leurs contributions à la constitution du couvert et expliquent la variabilité du recouvrement entre les sites. Ainsi, la prédominance d'espèces microphylles et à petites couronnes explique le faible recouvrement à Tatki. Les contributions des légumineuses telles que *Acacia tortilis* et *Acacia senegal* à ce recouvrement, sont très faibles comparées à celles des espèces pionnières.

Le couvert aérien est plus élevé à Thieul qu'à Revane, contrairement à la surface terrière. Cela peut s'expliquer par l'abondance à Thieul de *Guiera senegalensis* qui est une espèce à diamètre basal petit à moyen, par rapport aux arbres à gros tronc tels que *Combretum glutinosum* relativement nombreux à Revane. A Thieul, les populations de *Guiera senegalensis* forment régulièrement des peuplements monospécifiques continus et denses avec des taux de recouvrement par les couronnes importants (Doli).

Concernant la structure, il y a une concordance entre les distributions selon la hauteur et celle relative à la circonférence, aussi bien pour le peuplement global que pour chacune des 12 principales espèces.

Le peuplement ligneux du Ferlo présente dans son ensemble, une structure unimodale qui correspond à celle d'un peuplement inéquienne<sup>33</sup>. Cela signifie que toutes les strates sont représentées, et les dépérissements (maladies, coupes) et la régénération continue maintiennent la structure du peuplement constante (Piot, 1983). Les strates jeunes et arbustives sont prédominantes. Cependant, selon la distribution par classe de

---

<sup>33</sup> Ce principe a été généralement appliqué à des peuplements monospécifiques, mais il reste valable en taillis sous futaies par exemple et, pour nos conditions sahéliennes, à la steppe ou savane mélangée toutes espèces confondues. Piot & Diaté in Barral & al, (1983), p70.

circonférence, le peuplement n'est pas équilibré car sa courbe n'est pas ajustée à celle d'une fonction exponentielle (Grouzis, 1988). La réduction rapide observée entre la classe 0-10 cm et 10-20 cm traduit une faible espérance de vie de la strate de régénération et une forte mortalité.

Les populations de *Boscia senegalensis* et *Guiera senegalensis* présentent des structures inéquiennes, mais leurs courbes ne suivent pas une fonction exponentielle. Elles ne sont donc pas équilibrées (Grouzis, 1988). Les effectifs diminuent de 54,2% entre les strates 0-10 cm et 10-20 cm, chez *Guiera senegalensis*. Cette réduction traduit la forte mortalité qui affecte la population juvénile de cette espèce pionnière sensible aux déficits pluviométriques (Poupon, 1973). Elle est moins accentuée chez *Boscia senegalensis*. L'effectif important de cette classe 0-10 cm permet néanmoins la régénération et le recrutement dans les strates supérieures.

*Balanites aegyptiaca* présente une structure presque unimodale. Cependant, l'existence d'accidents sur sa courbe illustre une hétérogénéité structurale à l'origine de sa distribution bimodale. Une forte mortalité caractérise la strate 0-10 cm (forte réduction des effectifs). Cette mortalité serait liée au broutage des rejets et des jeunes pousses (illustrées par les formes rabougries observées sur le terrain). Mais, l'effectif élevé de cette classe suffit pour assurer la régénération et le recrutement dans les strates supérieures. Le faible effectif du second groupe (second mode) est imputable à la forte sollicitation des individus pour certaines usages (charbon, bois énergie et bois de service), (cf. chapitre 9). La structure bimodale de cette population traduirait un mélange de populations issues de deux évolutions distinctes et prises à des stades de développement différents. L'existence de groupes à évolutions et stades de maturation différents pourrait découler d'une crise (climatique ou anthropique), qui aurait décimé pendant une période toute une population ou empêché la régénération. Le premier groupe correspond à une strate récente jeune et arbustive maintenue par une forte régénération tandis que le second de faible effectif, renferme le reliquat d'individus adultes qui aurait survécu à ces crises. Cependant, du fait de la méconnaissance de l'historique des peuplements, il serait difficile de situer cette période et de déterminer la nature des crises. Cette difficulté à identifier celles-ci et corollairement à interpréter les dynamiques temporelles de la structure des peuplements, a été soulignée par Grouzis (1988).

*Acacia senegal*, *Acacia seyal* et *Calotropis procera* présentent chacune une distribution bimodale. Les individus à petits et moyens troncs sont très fortement représentés. Cependant, une faible espérance de vie les caractérisent (forte réduction des effectifs entre la première et la seconde classe), chez *Acacia senegal* et *Acacia seyal*. Excepté *Calotropis procera*, les autres distributions ne suivent pas une fonction exponentielle ; ce qui indique leur état déséquilibré. Les accidents observés sur les courbes de distributions illustrent le degré de perturbation. Les populations d'*Acacia senegal* et d'*Acacia seyal* seraient donc plus perturbées que celles de *Calotropis procera*. L'absence ou la réduction d'effectifs dans les strates moyennes et supérieures peut

s'expliquer chez *Acacia senegal* par une mauvaise exploitation de la gomme arabique (saignées mal faites qui augmentent le taux de mortalité) et la lenteur de l'accroissement à partir d'un certain âge (Poupon, 1980).

*Combretum glutinosum* dont la courbe de distribution peut être ajustée à celle d'une fonction exponentielle, subit une pression anthropique moindre. Elle est fortement représentée dans les classes supérieures. La pression subie par cette espèce découle principalement de l'œuvre des charbonniers (Annexe 12).

*Acacia tortilis* et *Pterocarpus lucens* présentent chacune une distribution plurimodale. La courbe de distribution de la première population n'est pas ajustée à celle d'une fonction exponentielle contrairement à celle de *Pterocarpus lucens* qui semble moins souffrir de la pression anthropique. Elle est essentiellement présente dans la strate arbustive et arborée. Elle est en outre caractérisée par une absence de la classe de régénération (0-10 cm). Par contre, *Acacia tortilis* est fortement représenté dans cette classe qui est soumise à une très forte mortalité liée au broutage. Sa courbe de distribution présente des discontinuités et se caractérise par l'absence de plusieurs strates. Cette structure pluristrate traduirait la présence de groupes à évolutions et à stades de maturation distincts. Ce fait peut être lié à une crise qui aurait inhibé la régénération en un moment ou à un mélange des populations naturelles avec celles issues des campagnes de reboisement. Diouf (2000), étudiant l'évolution des surfaces occupées par la végétation au Ferlo, n'a pas pu distinguer sur les images satellitaires les paysages naturels des périmètres de reboisement.

Les faibles effectifs de *Combretum aculeatum*, *Grewia bicolor* et *Commiphora africana* rendent difficile l'interprétation de leurs courbes de distribution.

Le peuplement ligneux du Ferlo est également caractérisé par un taux de mortalité élevé. Les individus morts trouvés sur les sites de relevés sont essentiellement des espèces pionnières, abondantes et moins prisées en dehors des usages domestiques. C'est le cas de *Calotropis procera* qui présente le plus grand taux de mortalité. Cette mortalité est liée à sa très courte durée de vie. La mortalité élevée chez *Guiera senegalensis* affecte surtout les jeunes plants sensibles aux déficits pluviométriques (Poupon, 1973), aux feux de brousse (dessèchement). Elle est aussi due à une durée de vie assez courte.

Les coupes constituent les principaux facteurs de mortalité chez *Boscia senegalensis*, *Grewia bicolor*, *Acacia macrostachya* et *Balanites aegyptiaca*. L'action négative des termites sur les troncs d'arbres peut aussi être soulignée comme cause de mortalité chez *Boscia senegalensis* et *Grewia bicolor* (observations de terrain). *Pterocarpus lucens* connaît une mortalité plus faible imputable à l'exploitation (charbon et bois de service). Certaines espèces forestières ont été rencontrées à l'état de rares individus agonisants ou de souches présentant des traces de coupe (*Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Dalbergia melanoxylon*, *Combretum glutinosum*...), (Annexe 12).

Les résultats de l'étude mettent en évidence une forte régénération du peuplement ligneux du Ferlo pris dans son ensemble, qui est assurée par *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Poupon (1980) et Piot (1983) au Ferlo. Ils montrent également que le

peuplement ligneux est plus juvénile à Thieul et à Tatki ; ce qui conforte l'idée que les colonisations d'espèces pionnières sont plus récentes dans ces deux milieux, de même que les perturbations qui les ont précédées.

Les caractéristiques d'adaptation et de reproduction de ces trois espèces expliquent leur grande contribution à la régénération du peuplement ligneux et leur rapide expansion dans le milieu. Ces caractéristiques sont le taux élevé de sclérophylle (*Boscia senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*), la multiplication par rejet, le drageonnage et le marcottage chez *Guiera senegalensis* (Saley & al, 2003).

La régénération spécifique indique dans le même ordre d'importance, les principaux déterminants écologiques de la structure actuelle du peuplement ligneux. En effet, la forte contribution des populations juvéniles de *Boscia senegalensis* à la régénération du peuplement reflète les conditions climatiques déficitaires du milieu qui favorisent l'émergence d'espèces adaptées aux zones arides. Cette contribution est commune à l'ensemble des sites étudiés, mais elle reste plus importante à Tatki et à Revane situés plus au nord par rapport à Thieul. Les jachères de Thieul ou de Revane transformées en parcours, sont envahies par les jeunes plants de *Guiera senegalensis* tandis que sur les parcours stricts surpâturés (Tatki et Revane), la reconstitution du peuplement s'effectue avec les populations juvéniles de *Balanites aegyptiaca*. Les fortes contributions des populations de *Boscia senegalensis* et de *Guiera senegalensis* constituent donc des reflets et indicateurs des rôles respectifs du climat et de l'avancée du front agricole dans la dynamique structurelle des peuplements ligneux. La prépondérance de la strate juvénile est une autre caractéristique des successions végétales secondaires en plus de la colonisation d'espèces pionnières dont le nombre est faible, de la valeur prise par l'indice de diversité, de la distribution spatiale (ou dispersion), de la dominance écologique et de la forte compétition entre ces espèces pionnières. Ces espèces ne sont jamais présentes dans les mêmes proportions. Il y a toujours 1 ou 2 espèces qui se distinguent par rapport autres ou au troisième taxon.

## Conclusion

La flore très riche au départ à l'échelle du Ferlo, s'est donc appauvrie. A l'échelle des sites, elle est relativement plus riche à Thieul et plus pauvre à Tatki. Elle est cependant plus diversifiée à Revane ; ce qui indique un niveau de maturation et de stabilité plus élevé dans ce site.

Les peuplements ligneux sont caractérisés par une grande régularité d'espèces pionnières qui indiquent des successions végétales. Leur variabilité traduit la diversité des types de perturbations (climatique au Nord (*Boscia senegalensis*), pastorale dans toute la zone (*Balanites aegyptiaca*) et agricole au sud (*Guiera senegalensis*)).

Les densités ligneuses suivent un gradient croissant du nord au sud ; Thieul renferme de ce fait, le peuplement ligneux le plus dense. Elles varient localement selon la topographie et l'éloignement au forage ; ce qui met en évidence le rôle du facteur anthropique dans la distribution spatiale des effectifs du peuplement.

Les légumineuses - Mimosacées, particulièrement *Acacia tortilis* et *Acacia senegal* subissent actuellement la domination écologique des espèces colonisatrices pionnières.

Concernant la structure actuelle au Ferlo, les résultats montrent un peuplement ligneux qui s'homogénéise en une strate juvénile et déséquilibrée. Les peuplements de Thieul et de Tatki sont les plus jeunes.

La structure juvénile et déséquilibrée découle essentiellement de celles des populations pionnières vigoureuses et relativement équilibrées qui le caractérisent (*Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis* et *Balanites aegyptiaca*).

La strate arbustive et arborée qui accompagne cette jeune strate est moins représentée et constitue pour certaines espèces, le reliquat de populations mélangées ayant connu des évolutions différentes. Ce mélange de populations aurait été causé :

- soit par des crises naturelles ou anthropiques ayant limité ou décimé à certaines périodes, la régénération naturelle et maintenu sur place les strates adultes,
- soit par une introduction de populations artificielles (issues des campagnes de reboisement : cas d'*Acacia senegal* ou d'*Acacia tortilis*), à côté des populations naturelles.

Certaines parmi ces populations arbustives et arborées sont caractérisées par des strates juvéniles vigoureuses mais perturbées. C'est le cas d'*Acacia tortilis*, d'*Acacia senegal* et de *Calotropis procera* qui subissent une forte pression liée au broutage des jeunes pousses et à l'exploitation des adultes (*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* : charbon, bois énergie et de service, gomme). *Calotropis procera* est un cas à part : peu prisée, elle subit une pression anthropique plus faible et une forte mortalité naturelle compensée par une régénération élevée ; ce qui confère à sa population un état d'équilibre relatif par rapport aux autres espèces.

Ce même état de déséquilibre caractérise les populations de *Pterocarpus lucens*, *Combretum glutinosum* qui se singularisent par une absence ou une faible représentativité de la strate juvénile et une prédominance des individus adultes (*Pterocarpus lucens*, *Combretum glutinosum*). Cet état de vieillissement et de faible régénération constitue une menace pour ces populations.

Le renouvellement du peuplement ligneux favorise les espèces adaptées à la sécheresse ou qui s'installent à la faveur d'un type d'activité exercé sur le milieu. Il s'effectue au détriment des populations vieillissantes ou fortement exploitées (*Acacia tortilis*, *Acacia senegal*, *Pterocarpus lucens* ou *Combretum glutinosum*).



## **CHAPITRE 6 : DYNAMIQUE DES PEUPEMENTS LIGNEUX AU SAHEL : FERLO, NORD-SENEGAL APPROCHE ENQUETE OU PERCEPTION POPULATION**

### **6. 1. INTRODUCTION**

Le développement des sciences sociologiques depuis les années 70, a engendré une lente genèse du concept de la perception des communautés pastorales dont les grandes lignes pour les deux dernières décennies sont assez bien résumées par J. Hall (CMRADR - FAO, 1989), in Carrière & Toutain (1995) :

"...L'attitude générale a progressivement évolué d'une hostilité ouverte (les pasteurs n'ont aucun respect pour l'environnement, leur organisation est anarchique), à un paternalisme naïf (ils sont ignorants, le technicien doit les éduquer), puis, plus récemment, à une sorte de réalisme pragmatique (il faut les associer aux actions de développement sous peine d'échouer), pour aboutir, actuellement, à une réhabilitation."

Pourtant, certains scientifiques continuent de penser qu'il faut éveiller une prise de conscience au niveau des populations sur l'évolution du milieu et transmettre les connaissances nécessaires (Vincke, 1995).

L'étude tente d'apporter à travers la thématique de la structure et de la dynamique du peuplement ligneux, des réponses et des éclaircissements sur la capacité ou non de la perception locale à apprécier les changements dans les écosystèmes.

### **6. 2. MATERIEL ET METHODES**

#### **6. 2. 1. Choix des campements**

Thieul, Revane et Tatki renferment respectivement 210, 119 et 113 campements d'après le recensement du PPZS de 2000. Dans chacune des localités, environ 15 à 30% des campements ont été interrogés, soit 31 à Thieul, 30 à Revane et 29 à Tatki.

Les critères qui ont servi à la sélection des campements sont :

- La période d'installation du campement (moyenne ~56ans) et l'âge de l'interlocuteur (moyenne ~ 59ans) permettent de disposer d'individus ayant un recul historique assez important sur tous les évènements qui se sont déroulés dans le terroir ;
- Le type de campement (permanents ou semi permanents), ayant une bonne connaissance de leur environnement et de son histoire ;
- La composition du troupeau ou le nombre de ménages : Ces critères peuvent être des indicateurs du type d'activité exercée par l'interlocuteur ;
- L'ethnie est considérée comme un critère secondaire de discrimination pouvant être utilisé en dernier recours, pour distinguer deux individus présentant les mêmes caractéristiques. Elle pourra être utilisée comme un critère d'analyse de la perception locale.

### 6. 2. 2. L'enquête

Elle a permis de renseigner une série de questionnaires semi-directifs dans les 90 campements choisis à Thieul, Revane et Tatki. Les questions ont porté sur :

- la caractérisation sociodémographique des interlocuteurs,
- la perception de la structure et de l'évolution de la végétation ligneuse par les populations, Le premier aspect identifie l'interlocuteur en décrivant sa situation sociale, professionnelle et géographique. Le second aspect aborde la structure et l'évolution du peuplement ligneux. La structure est caractérisée à partir de la présence, de l'abondance, du stade de développement des espèces (régénération, vieillissement, basse ou haute strate...). L'évolution du peuplement est appréciée à partir des espèces disparues, apparues ou qui se sont maintenues dans le milieu.

Les facteurs d'évolution sont étudiés en faisant appel à la mémoire des interlocuteurs et en insistant sur certaines questions liées à leurs activités.

Cette enquête a été élargie aux autres membres des familles interrogées, lors des entretiens. Une pré-enquête effectuée à Thieul en 2000 et en mars 2003 (au total 50 fiches d'enquête), a permis de réorienter et de valider les questions. L'enquête proprement dite a été réalisée du 27 mars au 11 avril 2003.

### 6. 2. 3. Traitement des données

Le traitement des données a nécessité le recours aux méthodes d'analyse multivariées. La matrice Espèces / Structure - Evolution des trois sites a été soumise à une AFC. Les données de cette matrice sont présentées sous la forme d'un tableau dans lequel :

- les individus correspondent à des espèces végétales ;
- les caractères ou variables font référence au thème de structure et au processus d'évolution (présence, disparition, apparition...).

Les modalités ou effectifs (intersections des individus et des variables) sont des présences ou absences de citations.

L'indice de similitude de Jaccard ( $SJ$ ) a été utilisé pour comparer les listes floristiques dans la synthèse des résultats des deux approches (écologique et enquête). Les données restantes sont analysées à partir de tableaux ou des histogrammes de fréquences de citations (%).

$SJ_{ij} = a/a+b+c$  avec  $a =$  nombre d'espèces communes à deux relevés  $i$  et  $j$  ;  $b =$  nombre d'espèces présentes seulement dans le relevé  $i$  ;  $c =$  nombre d'espèces présentes seulement dans le relevé  $j$ .

## 6. 3. RESULTATS

### 6. 3. 1. Caractérisation globale de la perception locale :

Cette étude globale et préliminaire établit une typologie des réponses fournies par les pasteurs (lato sensu), aux questions relatives à la dynamique et à la structure du peuplement ligneux du Ferlo. L'objectif visé est d'abord de voir si les espèces citées dans les différents thèmes abordés par l'enquête, répondent à une logique « écologique » de caractérisation d'un peuplement. Autrement dit, si par ces réponses les étapes d'évolution du peuplement (dynamique et structure), peuvent être différenciées clairement comme cela a été le cas dans l'approche écologique. Cette analyse permet ensuite de vérifier les redondances entre les thèmes et les biais de citations d'espèces, souvent reprochées aux connaissances dites « empiriques ».

Pour ce faire, l'analyse factorielle de correspondance est appliquée sur la matrice globale Espèces/Structure - Evolution des trois sites (cf. Matériel et méthodes). La figure 17 représente les diagrammes superposés des thèmes de structure-types d'évolution et des espèces.

La valeur propre ou inertie totale est 1,32. Les axes F1 et F2 représentent 72,5% de la variance. C'est donc sur ce plan factoriel que l'analyse est effectuée.

La figure 17 met en évidence un effet Guttman, c'est à dire un nuage de points de forme parabolique dans lequel le premier axe (F1) oppose les valeurs extrêmes, tandis que le second axe (F2) distingue les intermédiaires aux extrêmes. Ainsi, elle permet de distinguer :

- sur l'axe F1, deux groupes extrêmes d'espèces qui décrivent le type ou le processus d'évolution : Apparition d'une part ; Disparition ou Menacées d'autre part.
- sur l'axe F2, un groupe d'espèces caractérisant l'état actuel (ou structure actuelle), des peuplements (présence, Maintien), et un autre qui explique l'évolution temporelle des peuplements (dynamique, apparition). Le groupe d'espèces intermédiaire caractérise les processus de régénération, vieillissement et les espèces menacées.

Sur l'axe F1, le groupe « Apparition » est associé aux taxons suivantes : *Prosopis juliflora*, *Azadirachta indica*, *Faidherbia albida*, *Calotropis procera*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Moringa oleifera*, *Caralluma retrospiciens* et *Parkinsonia aculeata*.

Le groupe « Disparition ou menacées de disparition » concerne sur l'axe F1, les espèces *Terminalia avicennioides*, *Bombax costatum*, *Cordyla pinnata* et *Commiphora africana*.

Sur l'axe F2, le groupe caractéristique de l'évolution temporelle (Menacées-Disparition-Apparition), est expliqué par les espèces : *Terminalia avicennioides*, *Commiphora africana*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Prosopis juliflora*, *Acacia macrostachya*, *Azadirachta indica*, *Solanum incanum*, *Dalbergia melanoxylon*, *Securidaca longepedunculata*, *Hexalobus monopetalus* et *Strychnos spinosa*.

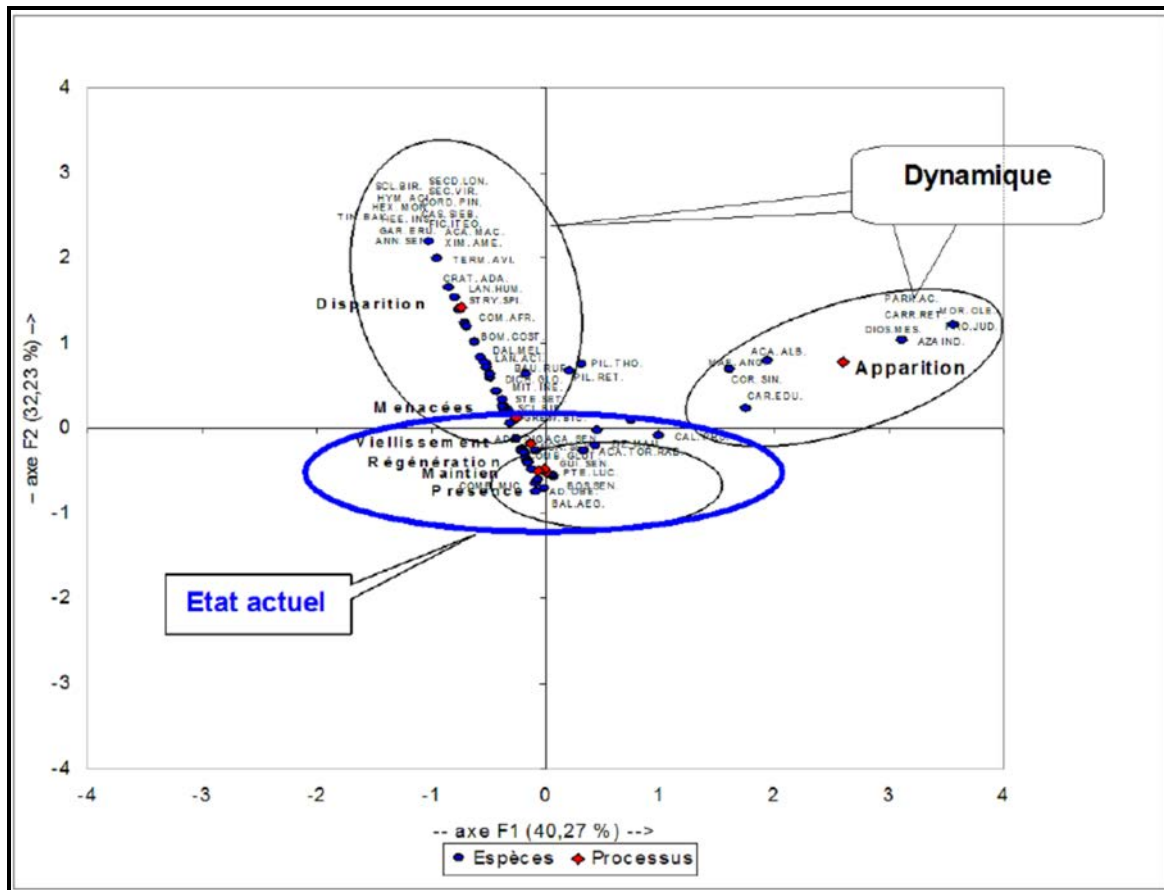


Figure 17 : Caractérisation de la structure actuelle et de la dynamique du peuplement ligneux au Ferlo par la perception locale et par l'AFC

Les peuplements actuels sont caractérisés par *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* et *Pterocarpus lucens*. *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* et *Guiera senegalensis* correspondent aux taxons fréquents qui participent efficacement au renouvellement du peuplement ligneux. Les populations vieillissantes sont représentées par *Combretum glutinosum* et *Pterocarpus lucens*.

L'analyse fait remarquer que les espèces citées par les populations diffèrent selon les thèmes abordés. Une certaine logique de caractérisation du peuplement apparaît dans les réponses. Les populations distinguent les espèces disparues de celles qui caractérisent l'état actuel des peuplements. Par exemple, les espèces menacées de disparition présentes dans le milieu à des états d'individus isolés, constituent la transition entre ces deux groupes. Les populations reconnaissent également les espèces apparues, mais ne les considèrent pas comme des espèces pouvant caractériser la structure de la végétation ligneuse, du fait de leur timide introduction dans le milieu (densité faible) ou de leur faible appropriation dans les usages. Cette typologie des réponses fournies par les populations, montre une claire distinction entre structure actuelle et dynamique du peuplement ligneux. Bien qu'il existe des espèces communes à certains thèmes proches, des réponses aberrantes ou redondantes ne sont pas décelées.

L'analyse est ensuite détaillée pour chaque état ou processus d'évolution identifié et différencié par les populations.

### 6. 3. 2. Dynamique du peuplement ligneux selon les populations

Selon 95,6% des pasteurs interrogés, les peuplements ligneux sont devenus moins denses au Ferlo. 97% d'entre eux affirment que le couvert ligneux subit une évolution régressive (Tableau 17).

Les parcours sont considérés par les populations comme étant les lieux les plus affectés par la dégradation (Tableau 17). Cependant, 30 à 51,7% de ces populations notent une généralisation de l'état de dégradation sur l'ensemble de l'espace communautaire.

Tableau 17 : Caractérisation de l'évolution des peuplements ligneux (en % de citations)

| <b>Etat couvert ligneux : abondance</b>               | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|---|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Couvert moins abondant                                | 95,6         | 100,0        | 100,0         | 86,7          |
| Couvert plus abondant                                 | 4,4          | -            | -             | 13,3          |
| <b>Total</b>  | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b>  | <b>100,0</b>  |
| <b>Etat couvert ligneux</b>                           |              |              |               |               |
| Dégradation du couvert                                | 96,7         | 100,0        | 100,0         | 90,0          |
| Amélioration du couvert                               | 3,3          | -            | -             | 10,0          |
| <b>Total</b>  | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b>  | <b>100,0</b>  |
| <b>Lieu où la dégradation a été le plus constatée</b> |              |              |               |               |
| Parcours  | 55,6         | 41,4         | 58,1          | 66,7          |
| Partout   | 30,0         | 51,7         | 22,6          | 16,7          |
| Campements-Forages                                    | 7,8          | 6,9          | 3,2           | 13,3          |
| Mares   | 5,6          | -            | 12,9          | 3,3           |
| Champs-Jachères                                       | 1,1          | -            | 3,2           | -             |
| <b>Total</b>  | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b>  | <b>100,0</b>  |

Les avis des populations sur les facteurs d'évolution du peuplement ligneux ont été analysés. Le tableau 18 récapitule les différentes réponses obtenues.

Tableau 18 : Principaux facteurs d'évolution des peuplements ligneux (en % de citations)

| <b>Facteurs cités</b>                                  | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|--|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Climat (déficits pluviométriques)                      | 71,9         | 75,9         | 60            | 80            |
| Combinaison de facteurs (défrichements, feux, coupes - | 23,7         | 24,3         | 33,3          | 13,3          |
| Autres   | 4,5          | -            | 6,7           | 6,7           |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |

Le premier facteur d'évolution cité par les populations est le climat avec les différentes phases de sécheresses enregistrées dans la zone. Les sécheresses les plus citées sont celles de 1973 communément appelé « atoum Walo<sup>34</sup> », puis celles de 1984. Ces crises ont selon les populations, accru le taux de mortalité de certaines espèces et diminué leur abondance dans les peuplements et la production ligneuse. La basse strate du couvert ligneux (jeunes plants) a été la plus affectée. Le dessèchement des arbres a augmenté la fréquence des feux de brousse.

En dehors du climat, les autres facteurs combinés ou non, les plus cités sont les défrichements, les feux (destruction de la régénération) et l'occupation anarchique de l'espace (habitations temporaires). Les coupes

<sup>34</sup> Ce groupe de mots signifie littéralement « l'année de Walo » : année caractérisée par une forte transhumance vers la vallée du fleuve Sénégal et vers le sud, du fait de la sécheresse.

(bois de service, d'œuvre ou fourrage), sont également cités par les populations. A ce titre, elles imputent une grande partie des disparitions d'espèces à la forte pression des *Laobés* (fabricants de tam-tam ou « djembé ») et des charbonniers.

Comparé au climat, l'agriculture et surtout l'élevage sont considérés par les populations comme des facteurs secondaires responsables de la dégradation du couvert ligneux, car leur impacts ne sont pas toujours négatifs (Tableau 19).

Concernant l'élevage traditionnel, les coupes de fourrages ligneux verts s'effectuent en général pendant la période de soudure après épuisement du fourrage herbacé. Les populations reconnaissent toutefois à cette forme d'élevage, des aspects positifs (Tableau 19) tels que la dissémination des graines d'espèces ligneuses par zoochorie (Revane) et la régénération de certaines légumineuses (*Acacia seyal*, *Acacia tortilis*). Les impacts négatifs de cet élevage sont imputables aux mauvaises pratiques des jeunes bergers et au broutage des jeunes pousses, qui constitue un frein à la régénération. Les aspects négatifs de l'élevage sont également notés avec la transhumance (Tableau 19). Dans toute la zone, l'effet destructeur de ce dernier sur le potentiel ligneux, a été souligné ; c'est le cas notamment à Thieul qui est une zone de passage des transhumants et de leurs troupeaux allant vers le sud.

A Tatki et à Revane, les populations ne perçoivent pas l'impact de l'agriculture puisqu'elle a été abandonnée (Tableau 19). Cela explique sa relégation au rang secondaire des facteurs explicatifs de l'évolution régressive du peuplement ligneux dans ce site et au Ferlo. Par contre à Thieul où elle s'étend, les populations soulignent son impact très négatif sur les ressources ligneuses (défrichements abusifs). Toutefois, certains agriculteurs lui reconnaissent un effet positif à travers la recolonisation des jachères par les espèces pionnières qui contribuent selon eux, à la reconstitution du peuplement (Tableau 19).

L'exploitation du charbon de bois et les feux ont un impact exclusivement néfaste sur les peuplements ligneux (Tableau 19). L'impact négatif de l'exploitation du charbon est accentué à Thieul (Annexe 12) et à Revane par l'augmentation du nombre de charbonniers, contrairement à Tatki où le bois est devenu rare (Tableau 19).

Selon 57,8% des interrogés, l'exploitation des produits et sous produits ligneux (commerce et consommation), n'a pas un impact négatif majeur sur l'état du peuplement ligneux. Les techniques de cueillette des fruits ou autres produits tels que la gomme sont bien maîtrisées selon ces populations. Les fruits sont soit ramassés, soit récoltés après maturation par battage ou secouement des branches. Ces techniques n'occasionnent pas de grands dommages sur les arbres. La récolte de la gomme d'*Acacia senegal* se fait par des entailles sur le tronc de l'arbre. Bien faites, ces entailles ne présentent pas de grands dangers pour l'arbre. Pour certains usages domestiques, les populations s'approvisionnent en bois sec ramassés à proximité des campements ou dans la brousse (Tableau 19).

Tableau 19 : Autres facteurs de l'évolution des peuplements ligneux, cités par les populations

| <b>Impact de l'élevage</b>                             | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|--|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Effet négatif  | 47,7         | 51,7         | 55,2          | 36,7          |
| Pas d'effet négatif                                    | 43,2         | 44,8         | 41,4          | 43,3          |
| Effet positif  | 9,1          | 3,5          | 3,5           | 20,0          |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Impact de la transhumance</b>                       |              |              |               |               |
| Effet négatif  | 71,9         | 58,6         | 83,3          | 73,3          |
| Pas d'Effet  | 25,8         | 37,9         | 13,3          | 26,7          |
| Effet positif  | 2,3          | 3,5          | 3,3           |               |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Impact de l'agriculture</b>                         |              |              |               |               |
| Pas d'Effet  | 47,1         | 65,4         | 6,7           | 72,4          |
| Effet négatif  | 43,5         | 30,8         | 73,3          | 24,1          |
| Effet positif  | 9,4          | 3,9          | 20,0          | 3,5           |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Contribution des jachères au repeuplement du</b>    |              |              |               |               |
| Non  | 67,8         | 89,7         | 38,7          | 76,7          |
| Oui  | 32,2         | 10,3         | 61,3          | 23,3          |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Effet de l'exploitation du charbon de bois</b>      |              |              |               |               |
| Négatif  | 91,8         | 94,4         | 89,7          | 92,9          |
| Pas d'effet  | 4,9          | 5,6          | 6,9           |               |
| Positif  | 3,3          |              | 3,5           | 7,1           |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Augmentation Nombre de charbonniers</b>             |              |              |               |               |
| Non  | 67,8         | 96,6         | 32,3          | 76,7          |
| Oui  | 32,2         | 3,5          | 67,7          | 23,3          |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Effets des feux</b>                                 |              |              |               |               |
| Négatif  | 98,8         | 100,0        | 100,0         | 96,7          |
| Positif  | 1,2          | -            | -             | 3,3           |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Impact de l'exploitation des produits d'origine</b> |              |              |               |               |
| Pas d'effet négatif                                    | 57,8         | 62,1         | 71,0          | 40,0          |
| Effet Négatif  | 15,1         | 10,3         | 12,9          | 23,3          |
| Neutre   | 26,7         | 27,6         | 16,1          | 36,7          |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |
| <b>Approvisionnement en bois</b>                       |              |              |               |               |
| Bois Sec   | 96,3         | 100,0        | 96,6          | 92,6          |
| Bois Humide  | 3,8          |              | 3,5           | 7,4           |
| <b>Total</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |

La dynamique régressive concerne également la flore. Le tableau 20 présente la liste des espèces disparues citées par les populations. Au Ferlo, *Terminalia avicennioides*, *Commiphora africana*, *Bombax costatum*, *Grewia bicolor*, *Sterculia setigera*, *Cordyla pinnata*, *Dalbergia melanoxylon* sont les taxons les plus fréquemment cités dans cette liste de disparition. A l'échelle des sites, cette évolution présente des particularités selon les citations (Tableau 20). *Commiphora africana*, *Sterculia setigera* et *Dalbergia melanoxylon* ont disparu à Tatki contre *Terminalia avicennioides* et

*Bombax costatum* à Revane. A Thieul, ce sont *Terminalia avicennioides* et *Cordyla pinnata* qui ont été plus citées par les populations.

Tableau 20 : Espèces disparues selon les populations (en % de citations)

| ESPECES                            | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Terminalia avicennioides</i>    | 9,7   | 2,4   | 6,8    | 25,5   |
| <i>Commiphora africana</i>         | 8,7   | 17,1  | 2,3    | -      |
| <i>Bombax costatum</i>             | 7,5   | 1,2   | 18,2   | 8,5    |
| <i>Grewia bicolor</i>              | 6,4   | 12,2  | -      | 2,1    |
| <i>Sterculia setigera</i>          | 5,8   | 7,3   | 2,3    | 6,4    |
| <i>Cordyla pinnata</i>             | 5,2   | -     | 18,2   | 2,1    |
| <i>Sclerocarya birrea</i>          | 4,0   | 6,1   | -      | 4,3    |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i>       | 4,0   | 7,3   | 2,3    | -      |
| <i>Mitragyna inermis</i>           | 2,9   | 1,2   | 4,5    | 4,3    |
| <i>Acacia macrostachya</i>         | 2,9   | 4,9   | -      | 2,1    |
| <i>Lannea acida</i>                | 2,9   | 2,4   | 4,5    | 2,1    |
| <i>Dichrostachys cinerea</i>       | 2,9   | 4,9   | -      | 2,1    |
| <i>Bauhinia rufescens</i>          | 2,9   | 4,9   | -      | 2,1    |
| <i>Combretum glutinosum</i>        | 2,9   | 6,1   | -      | -      |
| <i>Gniera senegalensis</i>         | 2,3   | 1,2   | -      | 6,4    |
| <i>Piliostigma reticulatum</i>     | 1,7   | 2,4   | -      | 2,1    |
| <i>Solanum incanum</i>             | 1,7   | -     | -      | 6,4    |
| <i>Acacia senegal</i>              | 1,7   | 3,7   | -      | -      |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>       | 1,7   | -     | 4,5    | 2,1    |
| <i>Strychnos spinosa</i>           | 1,7   | -     | 2,3    | 4,3    |
| <i>Piliostigma thonningii</i>      | 1,7   | 2,4   | -      | 2,1    |
| <i>Securidaca longepedunculata</i> | 1,2   | -     | 4,5    | -      |
| <i>Boscia senegalensis</i>         | 1,2   | -     | 4,5    | -      |
| <i>Combretum aculeatum</i>         | 1,2   | 2,4   | -      | -      |
| <i>Hexalobus monopetalus</i>       | 1,2   | -     | 2,3    | 2,1    |
| <i>Adansonia digitata</i>          | 1,2   | 1,2   | -      | 2,1    |
| <i>Feretia apodanthera</i>         | 1,2   | 1,2   | 2,3    | -      |
| <i>Lannea humilis</i>              | 1,2   | 1,2   | -      | -      |
| Autres                             | 10,8  | 6     | 20,7   | 10,5   |
| Total                              | 100   | 100   | 100    | 100    |

Tableau 21 : Espèces apparues selon les populations (en % de citations)

| ESPECES                         | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Prosopis juliflora</i>       | 20,5  | 30,8  | 15,9   | 16,7   |
| <i>Azadirachta indica</i>       | 17    | 23,1  | 18,2   | 5,6    |
| <i>Calotropis procera</i>       | 10,2  | 26,9  | 2,3    | 5,6    |
| <i>Acacia tortilis</i>          | 9,1   | 3,8   | -      | 38,9   |
| <i>Acacia albida</i>            | 8     | -     | 15,9   | -      |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>     | 8     | 3,8   | 6,8    | 16,7   |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>      | 4,5   | -     | 6,8    | 5,6    |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 2,3   | -     | 4,5    | -      |
| <i>Moringa oleifera</i>         | 2,3   | 3,8   | 2,3    | -      |
| <i>Acacia senegal</i>           | 2,3   | -     | 4,5    | -      |
| <i>Piliostigma reticulatum</i>  | 2,3   | 3,8   | 2,3    | -      |
| <i>Piliostigma thonningii</i>   | 2,3   | 3,8   | 2,3    | -      |
| <i>Boscia senegalensis</i>      | 2,3   | -     | 4,5    | -      |
| <i>Acacia nilotica nilotica</i> | 2,3   | -     | 4,5    | -      |
| Autres                          | 6,6   | 0     | 9,2    | 11,2   |
| Total                           | 100   | 100   | 100    | 100    |



Dans le tableau 21 est reportée la liste des espèces apparues citées par les populations. *Prosopis juliflora*, *Azadirachta indica*, *Calotropis procera*, *Acacia tortilis*, *Acacia albida* *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana* sont les espèces les plus citées dans ce tableau.

Le tableau 22 présente la liste des espèces qui se sont maintenues au cours de l'évolution et citées par les populations.

Tableau 22 : Stabilité ou maintien des espèces selon les populations (en % de citations)

| ESPECES                      | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Balanites aegyptiaca</i>  | 22,6  | 31,6  | 21,7   | 14,6   |
| <i>Combretum glutinosum</i>  | 10,2  | 2,6   | 17,4   | 11     |
| <i>Guiera senegalensis</i>   | 10,2  | 2,6   | 20,3   | 8,5    |
| <i>Acacia senegal</i>        | 7,5   | 1,3   | 8,7    | 12,2   |
| <i>Boscia senegalensis</i>   | 7,5   | 21,1  | 1,4    | -      |
| <i>Adansonia digitata</i>    | 6,2   | 11,8  | 2,9    | 3,7    |
| <i>Acacia tortilis</i>       | 6,2   | 5,3   |        | 12,2   |
| <i>Grewia bicolor</i>        | 4     | 3,9   | 1,4    | 7,3    |
| <i>Pterocarpus lucens</i>    | 4     | -     |        | 11     |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>   | 2,7   | 5,3   |        | 2,4    |
| <i>Sterculia setigera</i>    | 1,8   | 1,3   | 2,9    | 1,2    |
| <i>Acacia seyal</i>          | 1,8   | -     | 4,3    | 1,2    |
| <i>Mitragyna inermis</i>     | 1,8   | 1,3   | 2,9    | 1,2    |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i> | 1,8   | 1,3   | 1,4    | 2,4    |
| <i>Calotropis procera</i>    | 1,3   | 3,9   | -      | -      |
| <i>Combretum nigricans</i>   | 1,3   | -     | -      | 3,7    |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i> | 1,3   | -     | 2,9    | 1,2    |
| <i>Sclerocarya birrea</i>    | 1,3   | 2,6   |        | 1,2    |
| <i>Adenium obesum</i>        | 1,3   | 2,6   | 1,4    | -      |
| <i>Bauhinia rufescens</i>    | 0,9   | -     | 1,4    | 1,2    |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i> | 0,9   | 1,3   |        | 1,2    |
| <i>Combretum micranthum</i>  | 0,9   | -     | 2,9    | -      |
| Autres                       | 2,4   | 0     | 5,6    | 2,4    |
| Total                        | 100   | 100   | 100    | 100    |

Les espèces les plus stables dans le temps au Ferlo, sont : *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis* (Tableau 22). A ces espèces, s'ajoutent *Boscia senegalensis*, *Adansonia digitata* (Tatki), *Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Pterocarpus lucens* (Revane). Selon les populations, ces espèces persistent dans le milieu parce qu'elles ont trouvé des niches écologiques favorables à leur développement et à leur maintien (conditions hydriques, absence de coupes de la part des transhumants et des charbonniers).

### 6. 3. 3. Caractérisation actuelle du peuplement ligneux par les populations

#### 6. 3. 3. 1. La flore actuelle vue par les populations

La flore ligneuse actuelle du Ferlo, renferme selon les populations interrogées, 28 espèces réparties entre 15 familles. Ce nombre varie en fonction des trois sites. Ainsi, 12, 19, et 17 espèces sont respectivement recensées à Tatki, Revane et Thieul. La famille des légumineuses est la plus citée avec les mimosacées, les césalpiniacées et les papilionacées, suivie des familles des combretacées (Tableau 23). Les genres *Acacia* et *Combretum* sont les plus répandus (Tableau 23).

Tableau 23 : Cortège floristique du Ferlo selon les populations

| Espèces                         | Familles        | Genre | Importance relative (%) |
|---------------------------------|-----------------|-------|-------------------------|
| <i>Sclerocarya birrea</i>       | Anacardiaceae   | 1     | 3.6                     |
| <i>Calotropis procera</i>       | Asclépiadaceae  | 1     | 3.6                     |
| <i>Adansonia digitata</i>       | Bombacaceae     | 2     | 7.1                     |
| <i>Bombax costatum</i>          | Bombacaceae     |       |                         |
| <i>Commiphora africana</i>      | Burséracées     | 1     | 3.6                     |
| <i>Bauhinia rufescens</i>       | Caesalpiniacées | 4     | 14.3                    |
| <i>Piliostigma reticulatum</i>  | Caesalpiniacées |       |                         |
| <i>Piliostigma thonningii</i>   | Caesalpiniacées |       |                         |
| <i>Tamarindus indica</i>        | Caesalpiniacées |       |                         |
| <i>Boscia senegalensis</i>      | Capparidaceae   | 1     | 3.6                     |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>    | Combretaceae    | 5     | 17.9                    |
| <i>Combretum glutinosum</i>     | Combretaceae    |       |                         |
| <i>Combretum micranthum</i>     | Combretaceae    |       |                         |
| <i>Combretum nigricans</i>      | Combretaceae    |       |                         |
| <i>Guiera senegalensis</i>      | Combretaceae    |       |                         |
| <i>Diospyros mespiliformis</i>  | Ebenaceae       | 1     | 3.6                     |
| <i>Acacia nilotica nilotica</i> | Mimosaceae      | 6     | 21.4                    |
| <i>Acacia ataxacantha</i>       | Mimosaceae      |       |                         |
| <i>Acacia tortilis</i>          | Mimosaceae      |       |                         |
| <i>Acacia senegal</i>           | Mimosaceae      |       |                         |
| <i>Acacia seyal</i>             | Mimosaceae      |       |                         |
| <i>Dichrostachys cinerea</i>    | Mimosaceae      |       |                         |
| <i>Pterocarpus lucens</i>       | Papilionaceae   | 1     | 3.6                     |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>      | Rhamnaceae      | 1     | 3.6                     |
| <i>Mitragyna inermis</i>        | Rubiaceae       | 1     | 3.6                     |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>     | Balanitaceae    | 1     | 3.6                     |
| <i>Sterculia setigera</i>       | Sterculiaceae   | 1     | 3.6                     |
| <i>Grewia bicolor</i>           | Tiliaceae       | 1     | 3.6                     |
| Total                           |                 | 28    | 100.0                   |

Dans le tableau 24, les populations livrent la liste des principales<sup>35</sup> espèces ligneuses rencontrées.

Selon les populations, *Balanites aegyptiaca* est l'espèce la plus fréquente au Ferlo. Les autres espèces fréquentes qui l'accompagnent sont variables en fonction des sites. Ce sont :

35 : Les espèces principales prennent en compte à la fois les critères de fréquences, densités, recouvrement.

- *Boscia senegalensis* et *Calotropis procera* avec lesquelles, *Balanites aegyptiaca* constituent plus de 3/4 des citations à Tatki;
- *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis* qui représentent avec *Balanites aegyptiaca*, 2/3 des citations à Thieul ;
- *Pterocarpus lucens*, *Acacia tortilis* et *Acacia senegal* qui constituent avec *Balanites aegyptiaca*, près de 2/3 des citations à Revane.

Tableau 24 : Principales espèces du Ferlo selon les populations

| ESPECES                      | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Balanites aegyptiaca</i>  | 24,8  | 31,8  | 24,5   | 18,5   |
| <i>Boscia senegalensis</i>   | 11,3  | 31,8  | -      | 3,3    |
| <i>Combretum glutinosum</i>  | 9,1   | 1,1   | 22,3   | 3,3    |
| <i>Guiera senegalensis</i>   | 8,8   | 1,1   | 19,1   | 5,4    |
| <i>Acacia senegal</i>        | 6,9   | 3,4   | 5,3    | 12     |
| <i>Pterocarpus lucens</i>    | 6,6   | -     | -      | 19,6   |
| <i>Grewia bicolor</i>        | 6,2   | 5,7   | 5,3    | 7,6    |
| <i>Calotropis procera</i>    | 5,1   | 15,9  | -      | -      |
| <i>Acacia tortilis</i>       | 4,7   | 1,1   | -      | 13     |
| <i>Adansonia digitata</i>    | 2,9   | 2,3   | 2,1    | 4,3    |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>   | 1,8   | 3,4   | 1,1    | 1,1    |
| <i>Acacia seyal</i>          | 1,8   | -     | 4,3    | 1,1    |
| <i>Sterculia setigera</i>    | 1,5   | -     | 4,3    | -      |
| <i>Sclerocarya birrea</i>    | 1,1   | 1,1   | 2,1    | -      |
| <i>Dichrostachys cinerea</i> | 0,7   | -     | 1,1    | 1,1    |
| <i>Commiphora africana</i>   | 0,7   | -     | -      | 2,2    |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i> | 0,7   | -     | -      | 2,2    |
| <i>Combretum micranthum</i>  | 0,7   | -     | 2,1    | -      |
| <i>Acacia ataxacantha</i>    | 0,7   | -     | 2,1    | -      |
| <i>Bauhinia rufescens</i>    | 0,7   | -     | 1,1    | 1,1    |
| Autres                       | 3,2   | 1,1   | 3,3    | 4,4    |
| Total                        | 100   | 100   | 100    | 100    |

### 6. 3. 3. 2. La végétation actuelle vue par les populations

Cette analyse traite en partie de la structure actuelle du peuplement ligneux notamment des espèces vieillissantes et menacées. Le tableau 25 et 26 dresse respectivement la liste des espèces vieillissantes et menacées citées par les populations.

*Adansonia digitata* est l'espèce qui caractérise le plus, la strate ligneuse vieillissante au Ferlo. A cette espèce, s'ajoutent *Acacia tortilis*, *Grewia bicolor*, *Sclerocarya birrea*, *Sterculia setigera* et *Anogeissus leiocarpus*.

A l'échelle du Ferlo, les espèces les plus menacées sont *Grewia bicolor*, *Acacia senegal*, *Sterculia setigera*, *Adansonia digitata*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Pterocarpus lucens*, *Dalbergia melanoxylon* et *Acacia tortilis*.

L'ordre de cette liste varie en fonction des sites, donc des types d'usages et d'exploitation, mais aussi de l'intensité de ces pressions anthropiques qui s'exercent sur les ressources.

Tableau 25 : Espèces vieillissantes selon les populations (en % de citations)

| <b>ESPECES</b>                 | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|--------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| <i>Adansonia digitata</i>      | 21,9         | 26           | 26,8          | 13,6          |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>    | 11,3         | 15,6         | 4,9           | 13,6          |
| <i>Acacia tortilis</i>         | 8,1          | 11,7         | 1,2           | 11,4          |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>   | 7,7          | 3,9          | 6,1           | 12,5          |
| <i>Sterculia setigera</i>      | 7,3          | 2,6          | 18,3          | 1,1           |
| <i>Sclerocarya birrea</i>      | 4,5          | 9,1          | 3,7           | 1,1           |
| <i>Combretum glutinosum</i>    | 4,5          | 1,3          | 6,1           | 5,7           |
| <i>Acacia senegal</i>          | 3,6          | 2,6          | 2,4           | 5,7           |
| <i>Grewia bicolor</i>          | 3,6          | 9,1          | 1,2           | 1,1           |
| <i>Boscia senegalensis</i>     | 2,8          | 6,5          | -             | 2,3           |
| <i>Pterocarpus lucens</i>      | 2,4          | -            | -             | 6,8           |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>   | 2,4          | -            | 2,4           | 4,5           |
| <i>Guiera senegalensis</i>     | 2            | 1,3          | -             | 4,5           |
| <i>Bombax costatum</i>         | 1,6          | -            | 4,9           | -             |
| <i>Lannea acida</i>            | 1,6          | -            | 4,9           | -             |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>     | 1,6          | 2,6          | 1,2           | 1,1           |
| <i>Bauhinia rufescens</i>      | 1,2          | -            | 2,4           | 1,1           |
| <i>Piliostigma reticulatum</i> | 1,2          | -            | -             | 3,4           |
| <i>Mitragyna inermis</i>       | 1,2          | -            | 1,2           | 2,3           |
| <i>Calotropis procera</i>      | 1,2          | 3,9          | -             | -             |
| <i>Piliostigma thonningii</i>  | 1,2          | -            | -             | 3,4           |
| <i>Combretum micranthum</i>    | 1,2          | -            | 2,4           | 1,1           |
| <i>Autres</i>                  | 5,6          | 3,9          | 9,6           | 3,3           |
| <b>Total</b>                   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |

Tableau 26 : Espèces menacées selon les populations (en % de citations)

| <b>ESPECES</b>                  | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|---------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| <i>Grewia bicolor</i>           | 13,4         | 22,2         | 4,9           | 13,2          |
| <i>Acacia senegal</i>           | 10,5         | 12,3         | 3,7           | 15,8          |
| <i>Sterculia setigera</i>       | 8            | 4,9          | 18,3          | -             |
| <i>Guiera senegalensis</i>      | 8            | 11,1         | 2,4           | 10,5          |
| <i>Adansonia digitata</i>       | 7,6          | 8,6          | 6,1           | 7,9           |
| <i>Combretum glutinosum</i>     | 5            | 2,5          | 3,7           | 9,2           |
| <i>Sclerocarya birrea</i>       | 4,2          | 7,4          | 3,7           | 1,3           |
| <i>Pterocarpus lucens</i>       | 3,8          | -            | -             | 11,8          |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i>    | 3,4          | 6,2          | 1,2           | 2,6           |
| <i>Bombax costatum</i>          | 3,4          | -            | 8,5           | 1,3           |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>     | 3,4          | 4,9          | 2,4           | 2,6           |
| <i>Acacia tortilis</i>          | 2,9          | 4,9          | 2,4           | 2,6           |
| <i>Acacia seyal</i>             | 2,5          | 2,5          | 4,9           | -             |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>      | 2,1          | 3,7          | 2,4           | -             |
| <i>Commiphora africana</i>      | 2,1          | 3,7          | -             | 2,6           |
| <i>Lannea acida</i>             | 2,1          | -            | 4,9           | 1,3           |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>    | 2,1          | -            | 4,9           | 1,3           |
| <i>Piliostigma reticulatum</i>  | 1,3          | -            | 2,4           | 1,3           |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>    | 1,3          | -            | 3,7           | -             |
| <i>Dichrostachys cinerea</i>    | 1,3          | -            | -             | 3,9           |
| <i>Mitragyna inermis</i>        | 1,3          | -            | 3,7           | -             |
| <i>Acacia nilotica nilotica</i> | 1,3          | -            | 3,7           | -             |
| <i>Autres</i>                   | 8,8          | 4,8          | 12            | 10,4          |
| <b>Total</b>                    | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |

### 6. 3. 3. 3. Renouveaulement du peuplement vu par les populations

Cette régénération caractérise les espèces prépondérantes dans le milieu, à l'état de jeunes pousses ou de plants. Le tableau 27 présente la liste de ces taxons avec leurs fréquences de citations. Selon les populations :

- *Balanites aegyptiaca* est l'espèce qui régénère le mieux à l'échelle globale, mais surtout dans les zones pastorales de Revane et de Tatki. Le renouvellement du peuplement s'effectue aussi avec les populations de *Guiera senegalensis* et de *Boscia senegalensis*.
- En plus de *Balanites aegyptiaca*, la régénération du peuplement est assurée par *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera*, *Acacia tortilis* à Tatki ; *Acacia senegal*, *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis* et *Acacia tortilis* à Revane. A Thieul ce sont *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* et *Acacia senegal* qui s'ajoutent *Balanites aegyptiaca* dans la contribution au renouvellement du peuplement ligneux.

Tableau 27 : Régénération selon les populations (en % de citations)

| ESPECES                      | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Balanites aegyptiaca</i>  | 23,7  | 31,8  | 24,4   | 16,9   |
| <i>Guiera senegalensis</i>   | 12    | -     | 18,6   | 14,6   |
| <i>Boscia senegalensis</i>   | 11,6  | 25,8  | -      | 12,4   |
| <i>Acacia senegal</i>        | 10,8  | 6,1   | 10,5   | 14,6   |
| <i>Acacia tortilis</i>       | 7,9   | 10,6  | 2,3    | 11,2   |
| <i>Calotropis procera</i>    | 5,4   | 18,2  | -      | 1,1    |
| <i>Combretum glutinosum</i>  | 5     | -     | 11,6   | 2,2    |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>   | 3,7   | 6,1   | 2,3    | 3,4    |
| <i>Grewia bicolor</i>        | 3,3   | -     | 4,7    | 4,5    |
| <i>Pterocarpus lucens</i>    | 2,5   | -     | -      | 6,7    |
| <i>Acacia seyal</i>          | 2,1   | -     | 5,8    | -      |
| <i>Dichrostachys cinerea</i> | 1,7   | -     | 2,3    | 2,2    |
| <i>Combretum aculeatum</i>   | 1,2   | 1,5   | 2,3    | -      |
| <i>Combretum micranthum</i>  | 1,2   | -     | 3,5    | -      |
| <i>Cordia sinensis</i>       | 1,2   | -     | -      | 3,4    |
| Autres                       | 6,4   | 0     | 11,9   | 6,6    |
| Total                        | 100   | 100   | 100    | 100    |

## 6. 4. DISCUSSION & CONCLUSION

### La perception locale

La caractérisation globale de la dynamique des peuplements ligneux illustre bien la perception des populations du Ferlo sur leurs écosystèmes. Elles parviennent à caractériser avec le minimum de biais la flore et la structure actuelle. Elles arrivent à suivre aussi les différentes évolutions des peuplements. Cette logique de caractérisation bien que tacite, ressemble au regard des résultats obtenus, à celle de l'approche écologique.

## **Dynamique du peuplement ligneux selon les populations**

Concernant la dynamique, il y a une concordance entre les facteurs d'évolutions cités par les populations et ceux trouvés à partir de l'analyse diachronique du peuplement ligneux. Comme pour l'approche écologique, le climat, l'agriculture, l'exploitation forestière, l'élevage et la transhumance sont dans un ordre décroissant (combinés ou non), les principaux facteurs responsables de l'évolution régressive du peuplement ligneux.

Les données de la perception locale permettent également d'obtenir des renseignements beaucoup plus détaillés sur les facteurs anthropiques.

L'analyse de la dynamique spécifique montre que l'essentiel des espèces ligneuses disparues et citées par les populations, est composé d'espèces soudano-guinéennes, soudaniennes à sahélo-soudaniennes, des jachères, d'espèces à grands usages et d'espèces sensibles au broutage. A travers cette composition phytogéographique, il est possible de lire graduellement les principaux facteurs de l'évolution régressive du peuplement ligneux à savoir :

- le climat,
- les facteurs anthropiques combinés tels que les défrichements, l'exploitation forestière, les usages,
- et le broutage ou les autres pratiques de l'élevage.

Une cohérence est ainsi notée entre les facteurs explicatifs de l'évolution et les espèces disparues citées par les populations. La logique décelée dans la caractérisation globale de la perception locale, apparaît dans la description et l'explication des processus dynamiques. Ce résultat reflète la capacité des populations pastorales à appréhender les évolutions des peuplements ligneux et à déterminer leurs causes.

En ce qui concerne les groupes d'espèces disparues (aires phytogéographiques), les résultats de la perception locale concordent avec les conclusions de l'approche écologique. Cependant par rapport à la composition détaillée des listes d'espèces disparues, les deux approches présentent des différences (voir synthèse des deux perceptions).

Dans la liste des espèces apparues, il y a un mélange d'espèces exotiques introduites lors des campagnes de reboisements (régénération artificielle) et d'espèces préexistantes autochtones, qui régénèrent à partir d'un stock semencier, par dissémination (zoochorie) ou à la suite d'une perturbation. A ce titre, la notion d'apparition chez les populations va donc au-delà processus naturel de mise en place d'espèces nouvelles (succession primaire). Elle intègre la régénération d'espèces préexistantes (modifications de densité donc auto-succession) et les nouvelles espèces introduites. De ce fait, les « espèces apparues » pourraient correspondraient chez les populations aux :

- espèces nouvellement arrivées dans le milieu, naturellement ou artificiellement ;
- espèces préexistantes qui repoussent en masse (augmentation de densité), après avoir déserté le milieu pendant un long moment (réapparition).

Cette perception correspond à une vision plus large et intégrale de la notion d'apparition. Elle est différente de celle écologique qui se limite aux espèces nouvelles disséminées naturellement, pour caractériser ce processus.

*Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis* se maintiennent dans le milieu grâce à leur grande capacité de régénération. Cette aptitude à la régénération compense les pertes d'individus par vieillissement ou suite aux perturbations du milieu.

Cette notion de maintien fait appel dans la perception locale à la fois des critères temporelles (permanence et stabilité de l'espèce), de structure (fréquence, régénération) ou d'adaptabilité au milieu. Il s'agit donc d'une notion synthétique qui rassemble plusieurs critères écologiques. Ce résultat conforte nos premières conclusions qui faisaient état chez les populations d'une capacité d'observation, de suivi ou de rétention tacite des événements du milieu. Ces conclusions se traduisent ici par une bonne connaissance d'un aspect lié à la structure du peuplement ligneux et à son écologie. Cependant, des difficultés à interpréter ces notions écologiques de façon complète, ont été remarquées chez les populations.

Le caractère synthétique de la perception des populations a été également noté à travers cette notion d'espèces « maintenues ».

En définitive, cette analyse de la dynamique du peuplement ligneux réalisée à partir de la perception locale aboutit à des conclusions concordantes avec celles de l'approche écologique. Les concordances portent essentiellement sur les groupes d'espèces disparues (aires phytogéographiques), les facteurs responsables de l'évolution régressive. Concernant les notions d'espèces « maintenues » et « d'apparition d'espèces », la vision de perception locale apparaît plus synthétique, intégrale et large que celle de l'approche écologique.

En outre, les populations ont fait montre d'une grande capacité d'observation, d'appréhension, de rétention tacite des processus qui caractérisent les évolutions et les structures du peuplement ligneux. Les renseignements fournis par les populations ont été plus détaillés et explicites que ceux de l'approche écologique, en ce qui concerne le rôle des facteurs anthropiques dans cette dynamique (rôle complémentaire de la perception locale). De réelles connaissances d'interprétation des processus écologiques ont été décelées chez les populations, mais elles sont parfois incomplètes voire limitées.

### **La flore et la structure actuelles des peuplements vues par les populations**

Cette flore décrite par les populations correspond à une flore pauvre à l'échelle de chaque site, et moyenne pour le Ferlo. Cette description concorde avec la classification scientifique, car elle donne à quelques différences près, le même spectre floristique. Les compositions floristiques sont identiques à celles décrites avec l'approche écologique. En effet, le peuplement décrit par les populations, est essentiellement dominé par les espèces pionnières dont le genre varie en fonction du site et du type de perturbation.

L'importance de *Balanites aegyptiaca* reflète le type d'activité commune exercée dans la zone (élevage extensif) et les conditions d'aridité. L'intensité de ces deux facteurs décroît du Nord au Sud avec les densités de cette population. Celles de *Boscia senegalensis* et de *Calotropis procera* au Nord confortent respectivement les perturbations d'ordre climatique et anthropique autre que l'élevage. La prépondérance de *Combretum glutinosum* au sud dans la zone de transition sahélo-soudanienne, évoque encore les conditions climatiques. Cette espèce résiste mieux que les autres soudanaises, aux sécheresses. *Guiera senegalensis* indique des perturbations antérieures agricoles.

Les compositions floristiques telles que décrites à Revane par les populations traduisent des conditions intermédiaires entre Tatki et Thieul. Cette zone est caractérisée par un mélange d'espèces indicatrices de conditions climatiques (*Acacia senegal*), pastorales (*Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*), géomorpho - pédologiques (*Pterocarpus lucens*) et dans une moindre mesure d'environnements agricoles avec les jachères anciennes (*Guiera senegalensis*). Elle correspond également à la zone la moins anthropisée, avec la présence d'espèces rares fortement prisées par l'homme (*Grewia bicolor*, *Adansonia digitata*).

Ainsi, d'après cette composition floristique fournie par les populations, les espèces sont actuellement distribuées suivant trois facteurs d'intensités inégales entre les trois sites : le climat, l'élevage, l'agriculture, la géomorphologie, la pédologie et les autres facteurs anthropiques.

Les populations considèrent comme «principales espèces», celles qu'elles rencontrent régulièrement dans le milieu, celles qui sont plus abondantes ou celles auxquelles elles sont familières à travers les usages. Il s'agit encore là, d'une synthèse de plusieurs critères écologiques tels que la fréquence, la densité, le recouvrement ou encore l'usage, dans la notion «d'espèces principales».

En définitive, ces résultats montrent de la part des populations, une description cohérente de la flore qui concorde avec celle de l'approche écologique. Cette description livre implicitement une bonne lecture des facteurs écologiques, en plus de la connaissance des espèces caractéristiques du milieu. Les résultats confirment le caractère synthétique de la perception locale à travers la notion «d'espèces principales» qui englobe des aspects de fréquence, de densité, de recouvrement ou d'utilisation. Cette notion bien que basée sur du qualitatif, se rapproche ainsi de l'indice IVI (importance écologique) par ses composantes.

Les populations vieillissantes du peuplement sont *Adansonia digitata*, *Acacia tortilis*, *Grewia bicolor*, *Sclerocarya birrea*, *Sterculia setigera* et *Anogeissus leiocarpus*. La prépondérance d'individus adultes (vieux sujets), chez ces populations relève du fait qu'elles sont parfois épargnées par les agropasteurs lors des défrichements (*Sterculia setigera*) et par certains pasteurs. Une telle attitude révèle un souci de protection et de conservation de certaines essences utiles. D'autres essences sont rencontrées dans les niches écologiques humides (*Anogeissus leiocarpus*, bords de mares temporaires). La densité élevée de certaines populations



d'espèces ligneuses (*Balanites aegyptiaca*), fait que la pression n'affecte pas tous les individus. Ces derniers ont dans ce cas, le temps de croître jusqu'à leur sénescence<sup>36</sup>.

Ce thème du vieillissement des populations d'espèces ligneuses révèle une perception tacite de la notion de stratification verticale liée à l'âge de la plante. La détermination de l'âge est toutefois complétée par un diagnostic des stades de développements des individus. C'est le cas pour *Grewia bicolor* chez laquelle, les critères physiologiques (jeune ou sénescence) et physiques (hauteur, taille), sont pris en compte pour caractériser le vieillissement. En écologie, la strate vieillissante est généralement déterminée à partir des mesures de hauteur ou de circonférence corrélées à l'âge de la plante. Ce résultat confirme le caractère intégral de la perception locale.

Certaines populations sont menacées de disparition (*Grewia bicolor*, *Acacia senegal*, *Sterculia setigera*, *Adansonia digitata*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Pterocarpus lucens*, *Dalbergia melanoxylon*, *Acacia tortilis*). Ces menaces sont liées aux coupes abusives, à l'exploitation forestière anarchique (fabrications de gourdins pour les bergers peuls à partir des branches de *Grewia bicolor*, mauvaises saignées chez *Acacia senegal*, broutage jeunes pousses chez *Acacia tortilis*, charbon de bois etc.), aux structures vieillissantes de certaines populations d'espèces (*Sterculia setigera*, *Combretum glutinosum*, *Adansonia digitata*, *Sclerocarya birrea* ou *Acacia tortilis*).

Ce résultat obtenu met également en évidence une perception tacite de la notion menace de la part des populations. Il confirme nos premières conclusions et montre la capacité des populations à caractériser et à suivre l'état « sanitaire » du peuplement ligneux par la détermination des populations d'espèces se trouvant à des niveaux critiques de vie. Il indique également le caractère plus synthétique et intégral de la perception locale. Pour ce thème qui nécessite chez l'écologue des indices issus du calcul de plusieurs critères (densité, vieillissement, régénération, mortalité...), les populations aboutissent aux mêmes conclusions à partir d'un suivi tacite basé sur une longue observation.

Le peuplement ligneux du Ferlo est décrit par les populations comme un peuplement juvénile. La régénération se présente sous différents aspects selon les sites étudiés. Cette différence est liée à la variabilité du type d'activité exercée et à celle des facteurs biophysiques. L'homme par son action est à la fois un facteur de dégradation (usages : bois de chauffe, surpâturage, ustensiles, gomme..) et un moteur de régénération par le biais de son troupeau (zoochorie). Ainsi, la flore de la jeune strate varie selon qu'on est sur des parcours ou sur des jachères et en fonction des capacités adaptatives des espèces régénérant, mais aussi de l'intensité de la pression qui est exercée sur les jeunes pousses.

Ces résultats de la perception locale sur la régénération du peuplement, sont concordants avec ceux de l'approche écologique. Ce sont les mêmes espèces pionnières qui entretiennent la régénération du peuplement ligneux (*Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* et *Guiera senegalensis*). Les résultats mettent mieux en évidence la régénération des légumineuses favorisée par le pâturage. En effet, cette régénération observée sur

---

<sup>36</sup> : Processus physiologique de vieillissement

le terrain notamment dans les zones de dépressions et signalée par les pasteurs, a été peu illustrée dans les stations visitées lors des relevés écologiques. Cet exemple illustre les limites spatiales de l'approche écologique comparée à celle de la perception locale. Il montre ainsi le rôle complémentaire de la perception locale vis à vis de la démarche écologique.

## **Conclusion**

L'étude de la dynamique des peuplements ligneux selon les populations au Ferlo, montre une disparition des espèces soudano-guinéennes, soudaniennes à sahélo-soudaniennes, d'espèces affiliées aux jachères, d'espèces à grands usages et d'espèces sensibles au broutage. Le climat, l'agriculture, l'exploitation forestière, l'élevage et la transhumance (combinés ou non), sont les principaux facteurs responsables de cette évolution régressive. La flore ligneuse décrite par elles, est pauvre à moyenne et elle est essentiellement dominée par les espèces pionnières dont le genre varie en fonction du site et du type de perturbation. Cette dominance d'espèces pionnières confère au peuplement ligneux son caractère juvénile. Par ailleurs, la régénération assurée par ces espèces pionnières se présente dans les sites étudiés sous différents aspects liés à la variation du type d'activité exercée et à celle des facteurs biophysiques.

L'étude montre que sur l'ensemble des thèmes abordés les résultats de la perception locale et ceux de l'approche écologique se ressemblent. Elle met aussi en évidence chez les populations pastorales, une logique cohérente mais tacite de caractérisation des peuplements ligneux et de leurs évolutions, et des particularités de la perception locale.

## **CHAPITRE 7 : DYNAMIQUE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS LIGNEUX AU SAHEL (FERLO-NORD SENEGAL) : SYNTHESE DES PERCEPTIONS ECOLOGIQUE ET LOCALE**

### **7. 1. INTRODUCTION**

L'étude de la dynamique et de la structure des peuplements ligneux a été réalisée grâce aux perceptions écologique et locale.

La synthèse consiste à confronter cette perception des populations et les différents paramètres écologiques mesurés. Cette double lecture permet de les comparer et de faire ressortir, les similitudes, les différences et les complémentarités entre les deux approches. Elle consolide également l'analyse de la dynamique et de la structure des peuplements ligneux au Ferlo.

### **7. 2. MATERIEL ET METHODES**

Les données utilisées proviennent des relevés écologiques et des enquêtes auprès des populations réalisés par nous-mêmes en 2000 et en 2003 (cf. chapitre 4, 5 et 6).

La synthèse des deux types de perception a également été réalisée grâce une caractérisation quantitative et qualitative de chaque espèce ou groupe d'espèces citée pour déterminer d'une façon plus complète son état dans le peuplement. Autrement dit, les groupes d'espèces identifiés par les populations ont été complétés par les paramètres écologiques mesurés.

L'indice de Jaccard a été utilisé pour comparer les listes d'espèces fournies par l'approche écologique et les enquêtes. Pour cela, les espèces citées au cours des enquêtes ont été d'abord classées en populations principales (présentes), stables (maintien), en voie de disparition (menacées), disparues, en régénération ou apparues.

### **7. 3. RESULTATS**

#### **7. 3. 1. Synthèse des deux types de caractérisation**

La comparaison des résultats des deux approches est poursuivie dans le tableau 28 qui récapitule les deux types de caractérisation du peuplement ligneux du Ferlo.

La caractérisation faite à partir des enquêtes auprès des populations permet de distinguer les groupes d'espèces suivantes :

- les espèces qui caractérisent l'état actuel (EA) du peuplement (Fréquences, Régénération, Vieillessement, Maintien) ;
- celles qui illustrent la dynamique du peuplement (DYN) ou (Disparition, Apparition) ;
- et un groupe intermédiaire d'espèces (I : menacées ou en régression dans le milieu).

Chaque population d'espèces est ensuite caractérisée par ses paramètres écologiques mesurés. Ainsi, à l'exception de la notion «d'apparition», les espèces sont caractérisées à la fois par des mesures écologiques et par les qualificatifs des populations.

C'est le cas par exemple de la structure du peuplement. En effet, l'essentiel des espèces caractérisant selon les populations l'état actuel du peuplement a été recensé au cours des relevés de végétation. En définitive, la perception locale et l'approche écologique se recoupent sur l'ensemble des paramètres abordés en commun, exception faite de la notion «d'apparition d'espèces ».

Les qualificatifs de la perception locale résument également plusieurs paramètres analysés séparément en écologie. C'est le cas par exemple des notions d'espèces principales qui prend en compte les critères de fréquences, densités, recouvrement ; d'espèces menacées (régénération, recouvrement, importance spécifique, fréquence mortalité, vieillissement), d'espèces vieillissantes (physiologie, taille, âge), ou d'espèces maintenues (fréquence, régénération, structure, capacité d'adaptation).

Ce caractère synthétique de la perception locale n'empêche pas une concordance des résultats sur beaucoup de thèmes abordés en commun par les deux approches. Chaque qualificatif affecté à une espèce par les populations, est confirmé par les valeurs écologiques mesurées (Tableau 28). En guise d'exemple, les espèces menacées (I) selon les populations, ont des valeurs écologiques correspondantes (taux de régénération, recouvrement, importance spécifique, fréquence), très faibles voire nulles. Par contre, pour les espèces principales énoncées par les populations, les valeurs de régénération, de couverture, d'importance spécifique et des fréquences sont élevées.

Les espèces citées par les populations sont appuyées et précisées par les valeurs quantitatives obtenues à partir des relevés écologiques (fréquences, densité, régénération vieillissement ou mortalité). Il s'agit donc d'une validation de la caractérisation faite par les populations.

En somme, l'identification et la classification synthétiques faites par les populations, sont confirmées par les valeurs écologiques obtenues avec les mesures. La caractérisation locale de l'état du peuplement est ainsi validée par les mesures effectuées au cours des relevés.

Tableau 28 : Récapitulatif de la caractérisation du peuplement ligneux par les deux perceptions

| Espèces                            | Groupes identifiés / populations |              | Caractéristiques écologiques |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------------------------|---|---|------|-------|------|------|------|-----|------|
|                                    |                                  |              | D                            | A | M | R    | H. S. | Mort | FR   | IS   | Re  | IVI  |
| <i>Acacia macrostachya</i>         | D                                | DYN          |                              |   |   | 0,1  | 1,3   | 7,1  | 19,2 | 0,4  | 1,3 | 20,2 |
| <i>Acacia albida</i>               | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Acacia nilotica nilotica</i>    | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Azadirachta indica</i>          | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Carissa edulis</i>              | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Carralluma retrospiciens</i>    | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i>    | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Maerua angolensis</i>           | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Morinoa oleifera</i>            | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Parkinsonia aculeata</i>        | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Prosopis juliflora</i>          | A                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Bauhinia rufescens</i>          | D                                | DYN          | *                            |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Cordia binnata</i>              | D                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Eretia aboanthera</i>           | D                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      | 11,5 | 0,1  |     |      |
| <i>Hexalobus monobetalus</i>       | D                                | DYN          | *                            |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Lannea humilis</i>              | D                                | DYN          | *                            |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Securidaca longepedunculata</i> | D                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Solanum incanum</i>             | D                                | DYN          |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Strychnos spinosa</i>           | D                                | DYN          | *                            |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Terminalia avicennioides</i>    | D                                | DYN          | *                            |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Boscia senegalensis</i>         | P; R; MA                         | EA           |                              |   |   | 41,4 | 2,5   | 16,9 | 76,9 | 37,1 | 18  | 135  |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>        | P; R; MA; V                      | EA           |                              |   |   | 13,2 | 4,5   | 6,7  | 80,8 | 9,8  | 15  | 2110 |
| <i>Guiera senegalensis</i>         | P; R; MA                         | EA           |                              |   |   | 30,9 | 2,5   | 21,8 | 50   | 31,2 | 23  | 8100 |
| <i>Combretum glutinosum</i>        | P; MA; M Rég; R                  | EA           |                              |   | * | 1,3  | 23,8  | 5,3  | 46,2 | 3    | 10  | 67,3 |
| <i>Calotropis procera</i>          | P; A; R                          | EA           |                              |   |   | 3,8  | -     | 22,2 | 53,8 | 6,9  | 2,8 | 64,1 |
| <i>Acacia senegal</i>              | P; R; M Rég; MA                  | EA           |                              |   | * | 1,4  | 2,5   | 1,3  | 42,3 | 1,2  | 3,2 | 44,4 |
| <i>Adenium obesum</i>              | MA                               | EA           |                              |   |   |      |       | 0,9  | 34,6 | 0,4  | 0,1 | 36   |
| <i>Acacia seyal</i>                | M Rég; R; P                      | EA           |                              |   | * | 0,6  | 7,5   | 0,9  | 19,2 | 2,1  | 8,7 | 24,3 |
| <i>Zizibhus mauritiana</i>         | A; R; MA; P                      | EA           |                              |   | * | 0,4  | -     | -    | 23,1 | 0,3  | 0,3 | 23,7 |
| <i>Combretum aculeatum</i>         | R                                | EA           |                              |   |   | 1,5  | -     | 0,4  | 19,2 | 0,3  | 0,1 | 19,6 |
| <i>Pterocarpus lucens</i>          | R; P; V; M Rég                   | EA           |                              |   | * | 0,1  | 5     | 3,1  | 11,5 | 1,5  | 5,6 | 14,8 |
| <i>Acacia tortilis</i>             | A; V; R; MA; P                   | EA           |                              |   |   | 2,5  | -     | -    | 7,7  | 0,1  | 0,0 | 8    |
| <i>Combretum neriocans</i>         | MA                               | EA           |                              |   |   |      |       |      | 3,8  | 0    | 0,1 | 3,9  |
| <i>Cordia sinensis</i>             | A; R                             | EA           |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Grewia bicolor</i>              | P; D; M Rég; MA                  | I-(Menacées) |                              |   | * | 0,7  | -     | 10,7 | 42,3 | 3,1  | 4,4 | 51,1 |
| <i>Commiphora africana</i>         | D; M Rég                         | I-(Menacées) |                              |   | * | 0,7  | 3,8   | 0,4  | 23,1 | 0,8  | 2,4 | 25,5 |
| <i>Sterculia setigera</i>          | V; M Rég; D; P                   | I-(Menacées) |                              |   | * |      | 1,3   | -    | 15,4 | 0,1  | 0,3 | 16,3 |
| <i>Sclerocarya birrea</i>          | V; M Rég; P; D                   | I-(Menacées) |                              |   | * |      | 1,3   | 0,4  | 11,5 | 0,1  | 1,1 | 12,5 |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i>       | D; M Rég                         | I-(Menacées) |                              |   | * |      | 1,3   | 1,8  | 11,5 | 0,3  | 0,5 | 12,2 |
| <i>Combretum micranthum</i>        | M Rég                            | I-(Menacées) |                              |   |   | 0,2  | -     | -    | 11,5 | 0,4  | 0   | 12   |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>       | V; M Rég; D                      | I-(Menacées) |                              |   |   |      |       |      | 11,5 | 0,1  | 0,5 | 11,7 |
| <i>Adansonia digitata</i>          | V; M Rég; MA; P                  | I-(Menacées) |                              |   | * |      | 1,3   | -    | 7,7  | 0,1  | 0,4 | 7,9  |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>       | V                                | I-(Menacées) |                              |   | * |      |       |      | 7,7  | 0    |     |      |
| <i>Piliostoma reticulatum</i>      | D; A; M Rég                      | I-(Menacées) | *                            |   | * |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Piliostoma thonninonii</i>      | D; A; M Rég                      | I-(Menacées) |                              |   |   |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Mitragyna inermis</i>           | D; MA; M Rég                     | I-(Menacées) | *                            |   | * |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Bombax costatum</i>             | D; M Rég                         | I-(Menacées) | *                            |   | * |      |       |      |      |      |     |      |
| <i>Dichrostachys cinerea</i>       | D; M Rég                         | I-(Menacées) |                              |   |   |      |       |      | 7,7  | 0,1  | 0,1 |      |
| <i>Lannea acida</i>                | D; M Rég                         | I-(Menacées) | *                            |   | * |      | 1,3   | -    |      |      |     |      |

D : Espèces disparues ; A : apparues ; M Rég : Menacées ou en régression ; R : Régénération ; H.S. : Haute Strate ; Mort. : Mortalité ; FR : Fréquence relative (en 2000) ; IS : Importance spécifique ; Rec : Recouvrement par les couronnes ; IVI : Importance écologique ; MA : Maintien (fréquence dans le temps) ; \*=Espèces communes. Les espèces citées par les populations ont été classées dans trois groupes identifiés à partir des résultats de l'AFC (Figure 17 en début de chapitre) :

Les dissemblances entre les deux perceptions sont remarquables dans le groupe d'espèces disparues ou apparues (DYN) où les évolutions de quelques espèces ont été différemment appréciées (Tableau 28).

Les réponses obtenues à partir des deux perceptions sur le paramètre «apparition d'espèce», ne sont pas identiques (Tableau 28). Les deux listes d'espèces n'ont qu'une seule espèce commune. Les autres taxons identifiés par les populations dans cette catégorie n'ont pas été observés dans les relevés de végétation.

### 7. 3. 2. Comparaison des listes d'espèces

Le tableau 29 compare les listes d'espèces ligneuses des approches écologique et enquête classées en populations principales (présentes), stables (maintien), en voie de disparition (menacées), disparues, en régénération ou apparues.

Tableau 29 : Comparaison des paramètres de structure et de dynamique des deux approches par le coefficient de similitude de Jaccard

| Paramètres                    | Disparition | Apparition | Principale | Régénération | Stables | Menacée |
|-------------------------------|-------------|------------|------------|--------------|---------|---------|
| Approche Enquête : NTR        | 28          | 20         | 28         | 15           | 22      | 22      |
| Approche Ecologie : NTR       | 28          | 15         | 32         | 10           | 20      | 24      |
| Coefficient de Similitude (%) | 19 %        | 3%         | 50%        | 56%          | 62%     | 48%     |

NTR : Nombre total d'espèces recensées

Il est intéressant de noter la forte variabilité des coefficients de similitude entre les listes d'espèces classées selon les deux approches. Les classements sont proches pour les espèces stables, en régénération principales et en voie de disparition (54% de similitude en moyenne). Par contre, ils sont très différents pour les espèces apparues et disparues.

## 7. 4. DISCUSSION & CONCLUSION

La synthèse des perceptions écologique et locale sur l'étude de la dynamique et structure des peuplements ligneux a mis en évidence :

- les similitudes et les concordances entre les deux perceptions,
- le caractère synthétique de la perception locale,
- L'appui, la précision et la validation de la perception locale par celle écologique,
- Les dissemblances entre les deux perceptions.

Elle a en outre permis de mieux analyser l'évolution et de caractériser la structure des peuplements ligneux au Ferlo.

### **Une bonne connaissance de l'écosystème et complémentarité des deux approches**

Les similitudes et le caractère synthétique notés montrent que les populations ont une bonne perception des événements qui surviennent dans le peuplement ligneux, contrairement aux premières idées émises par les scientifiques. Elles parviennent à caractériser ces processus par des termes synthétiques simples et pertinents découlant d'une observation tacite et de la maîtrise de leur écosystème. L'expérience acquise dans l'observation du milieu qu'elles ont longtemps sillonné de long en large, se traduit en un savoir faire pratique qui peut donner les mêmes résultats (sinon plus), qu'un travail scientifique rigoureusement mené. Les résultats concordants obtenus en dehors de tout protocole lourd, trop détaillé nécessitant en plus de grands moyens financiers et humains, s'avèrent très efficaces et utiles quant aux conclusions obtenues sur la caractérisation du peuplement ligneux, et à l'aide aux prises de décision.

Les enquêtes ont également fourni en plus des compléments sur la caractérisation de l'état de la flore et de la végétation, des compléments sur les facteurs explicatifs de cette structure et de ses changements d'état. Elles peuvent ainsi être considérées comme complémentaires à l'approche écologique.

Les concordances entre les deux approches ont également été observées avec l'étude des facteurs d'évolution du peuplement ligneux. Le premier facteur d'évolution régressive cité par les populations et identifié par les analyses de la variabilité temporelle au Ferlo, est le climat avec notamment les sécheresses de 1968-1973 et 1983-1985. L'agriculture, l'exploitation forestière, l'élevage et la transhumance sont les facteurs secondaires indexés par les deux approches.

La démarche écologique apparaît donc dans cette caractérisation comme un outil de précision et de validation pour conforter et standardiser les résultats de la perception locale.

### **Dissemblances et limites des deux approches**

Les dissemblances notées sur les groupes d'espèces apparues pourraient avoir deux explications. Ces explications sont les suivantes :

- la perception des populations englobe d'autres aspects tels que l'introduction de nouvelles espèces lors des campagnes de reboisement, la régénération d'espèces préexistantes qui avaient disparu ou « réapparition d'espèces » ;
- la plupart des campagnes de reboisement ont été exécutées autour des lieux d'habitations contrairement aux relevés phytosociologiques généralement effectués plus loin dans la brousse, au niveau de la végétation « naturelle ». Ainsi, il est rare de rencontrer une espèce issue des reboisements dans les relevés. Par ailleurs, la proximité des lieux de reboisement, favorise chez les populations, une familiarisation aux nouvelles espèces introduites.

Ces observations nous amènent donc à dire que la perception locale intègre ainsi en sus de l'aspect naturel ou semi naturel d'apparition (parfois indirectement liée à l'action anthropique telle que les espèces pionnières des jachères), le cachet artificiel matérialisé par l'action directe de l'homme (reboisement). Elle apparaît ainsi plus intégrale et large que l'approche écologique.

Les différences notées entre les deux perceptions sur les populations disparues peuvent ainsi être considérées comme :

- des compléments d'informations par rapport aux relevés de végétation limités sur le plan spatio-temporel par rapport aux enquêtes ;
- des biais imputables aux limites de la méthode : état physique ou moral de l'interlocuteur (défaillances de la mémoire tels que les oublis ou les confusions d'espèces, les transpositions d'espèces connues dans d'autres localités) ou les problèmes techniques au cours des entretiens (limite temporelle, compréhension des questions..).

Les fortes dissimilitudes posent des problèmes d'échelle spatio-temporelle d'analyse ou d'ordre technique (méthodes). L'échelle spatiale d'analyse des populations correspond au terroir dont les limites sont floues. Le terroir ne renvoie pas à un point précis comme la station écologique homogène de l'écologue dont les limites et les tailles sont définies et localisées. Ces échelles de dimensions et précisions variables peuvent limiter ou élargir selon l'approche, les listes des espèces rencontrées et entraîner ainsi des différences. Les différences d'échelles temporelles sont liées à la durée de séjour variable des observateurs dans les zones étudiées. Les scientifiques sont moins permanents dans les stations ou les terroirs que les populations du fait des coûts des missions et de la grande diversité des observateurs pour les mêmes stations. Cette durée de séjour plus longue chez les populations, implique une connaissance plus large du milieu par rapport à l'écologue qui visite ces stations à des intervalles de temps très espacés et en quelques jours ou semaines par année.

Les limites plus étendues de l'échelle spatiale d'analyse des populations et la permanence de ces dernières dans les sites étudiés, expliquent en partie la vision plus intégrale, large et complète de la perception locale et les différences de résultats observées avec l'approche écologique, pour certains thèmes (apparition et disparition).

Les autres facteurs d'ordre technique qui peuvent entraîner des différences de résultats entre les deux approches, sont relatifs aux erreurs éventuelles de dénomination des taxons, à la qualité des entretiens (compréhension des questions, lourdeurs), à l'intégrité physique ou morale des interlocuteurs (santé, vieillesse et mémoire...) ou aux listes d'espèces plus ouvertes avec la perception locale.



La diversité des observateurs pour un même site (Base Flotrop), peut aussi être à l'origine de problèmes de géoréférencement, de différences de méthodes et consécutivement à l'origine d'erreurs sur les listes d'espèces constituées.

Des recoupements ont été effectués à partir de la bibliographie, des anciennes bases de données floristiques (herbiers) et les autres travaux déjà réalisés dans la zone sahélienne (autres que les relevés consignés dans la base flotrop). Ils plaident en faveur de l'existence ancienne, de la plupart des espèces citées et considérées comme disparues par les populations.

Partant de cela, nous pouvons donc dire que la perception locale compense les limites spatio-temporelles de la démarche écologique.

## **Conclusion**

Cette synthèse met davantage en évidence les similitudes, les différences et les complémentarités entre les deux méthodes pour la caractérisation du peuplement ligneux du Ferlo. En effet, quelle que soit la démarche adoptée (Ecologique ou Enquête auprès des populations), les résultats de la dynamique du peuplement ligneux montrent les mêmes tendances. Ces concordances concernent notamment les conclusions sur:

- l'évolution régressive du peuplement ligneux, défavorable aux essences du domaine soudano-guinéen, soudanien et sahélo-soudanien, et qui se traduit par un appauvrissement et une homogénéisation de la flore,
- les facteurs responsables de cette évolution imputable principalement aux sécheresses, à l'agriculture, à l'exploitation forestière et moins à l'élevage extensif,
- la structure et l'état actuel du peuplement ligneux du Ferlo qui offrent des caractéristiques typiques d'un peuplement sahélien pionnier et juvénile.

Les divergences notées, mettent en évidence les spécificités ou les limites propres à chaque démarche. Ainsi, nous avons noté les caractères synthétique, intégral, large, simple, pratique et qualitatif de la perception locale comparés à ceux de l'approche écologique qui est un outil de validation, précis et quantitatif. La complémentarité entre les deux approches apparaît à travers cette combinaison de critères qualitatifs et quantitatifs.

Les limites proviennent essentiellement des différences de dimensions spatio-temporelles entre les échelles d'analyses et des paramètres d'ordre technique liés à l'exécution des relevés ou à l'administration des questionnaires.

**3<sup>ème</sup> Partie : CONSEQUENCES DE LA  
DYNAMIQUE DES PEUPEMENTS  
LIGNEUX ET GESTION**

## CHAPITRE 8 : CONSEQUENCES DES MODIFICATIONS DES PEUPELEMENTS LIGNEUX SUR LE FONCTIONNEMENT DES SOLS

### 8. 1. INTRODUCTION

La dynamique de la matière organique du sol aboutit à une bonne disponibilité de l'azote (Bernhard - Reversat & al, 1998). Elle met en jeu des facteurs climatiques, pédologiques et biotiques qui sont influencés par les peuplements végétaux. Les arbres améliorent le statut organique des sols et les facteurs de production végétales (Belsky & al, 1993 ; Akpo, 1998, 1992). Cette amélioration du statut organique est liée en grande partie aux retombées de litière et aux rhizodépôts qui sont variables en quantité et en qualité selon les espèces ligneuses (Breman & Kessler, 1995 ; Soumaré, 1996 ; Tremblay & Ouimet, 2002). Par ailleurs, les populations microbiennes et leurs activités biologiques sont dépendantes de la matière organique des sols. En effet, la taille du compartiment microbien est fonction des entrées de carbone pour un type de sol donné (Chaussod, 1996).

Il est donc probable que les modifications du peuplement ligneux aient des conséquences sur les populations microbiennes et leur activité, le statut azoté du milieu, la fertilité et le fonctionnement de l'écosystème.

L'objectif de cette étude est d'analyser dans des peuplements ligneux du Ferlo, les effets prévisibles d'une progression de *Balanites aegyptiaca* et d'une régression des populations d'*Acacia senegal* et d'*Acacia tortilis*, sur les activités potentielles microbiennes (biomasse microbienne et minéralisation de l'azote) et la fertilité des sols.

### 8. 2. MATERIEL ET METHODES

#### 8. 2. 1. Dispositif expérimental

##### 8. 2. 1. 1. Sites expérimentaux

L'étude a été réalisée au niveau de 4 des 26 sites de relevés choisis dans les aires de dessertes des forages pour la caractérisation du peuplement ligneux, soit Tat27 Tat50 à Tatki<sup>37</sup>, R13 à Thieul et Reva12 à Revane (cf. Annexe 3). Le choix repose sur la disponibilité du matériel végétal et la structure de la végétation (densité, taille des individus).

Les sols présentent dans les trois zones une texture sableuse (63,3 à 88,1%), avec une tendance limono-argileuse à Revane et sableuse à sablo-limoneuse à Thieul (Tableau 30). Ces deux sites sont également plus riches que Tatki en carbone organique et azote total (Tableau 30). Les différences peu significatives entre les rapports C/N indiquent une vitesse de décomposition de la matière organique et minéralisation de l'azote similaires entre les trois sites.

---

<sup>37</sup> : Les trois espèces échantillonnées n'ont pas été retrouvées ensemble, dans la même station. De ce fait, une autre station présentant les mêmes caractéristiques et dans laquelle l'espèce *Acacia tortilis* pouvait être étudiée, a été ajoutée.

Tableau 30 : Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés au Ferlo (Source : Données expérimentale IRD 2004)

| Sites           | Argiles (%) | Limons (%) | Sables (%) | C (%) | N (%)  | C/N  |
|-----------------|-------------|------------|------------|-------|--------|------|
| Tatki           | 3,9b        | 8,6c       | 88,1a      | 0,23b | 0,014b | 12,3 |
| Revane          | 10,1a       | 27,3a      | 63,3c      | 0,41a | 0,032a | 13,3 |
| Thieul          | 4,8b        | 17,7b      | 77,1b      | 0,37a | 0,031a | 12,2 |
| Test de Fischer | ***         | ***        | ***        | *     | *      | NS   |

\* différence significative à  $p < 0,05$  ; \*\* à  $p < 0,01$  ; \*\*\* à  $p < 0,001$  ; NS non significative

### 8. 2. 1. 2. Matériel végétal

Le matériel biologique utilisé est *Acacia tortilis*, *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca* et *Zea mays* (maïs). Le choix de ces populations d'espèces ligneuses est guidé par leurs effectifs actuels (chapitre 4 & 5). Les légumineuses (90% dont *Acacia senegal* et *Acacia tortilis*), en symbiose avec des bactéries (rhizobiums), permettent entre autres, la fixation et l'assimilation d'azote atmosphérique par les plantes (De Lajudie & al, 1994 ; Dupuy & al, 1994 ; Jordan, 1984). Le choix du maïs (*Zea mays*) repose sur sa forte exigence en azote. *Acacia tortilis* et *Acacia senegal* peuvent également s'associer à des champignons mycorhiziens.

- ***Balanites aegyptiaca* (L.) Del.**, Balanitaceae (in Fournier, 1995; Arbonnier, 2000)

C'est une espèce sclérophylle, arbustive de la famille des Balanitacées pouvant atteindre environ 8 à 9 m de hauteur. Elle possède des rameaux épineux portant des feuilles composées, bifoliolées et alternes. La feuillaison démarre en pleine saison sèche avec très souvent une reprise de la formation foliaire alors que la chute des anciennes feuilles n'est pas encore terminée (Poupon, 1980). La floraison s'étale de novembre à mars (Aubreville, 1949 in Fournier, 1995) et les fruits sont en général récoltés et consommés à maturité.

- ***Acacia senegal* (L.) Wild.** Mimoseae (in Fournier, 1995 ; Arbonnier, 2000)

C'est un arbuste caducifolié épineux de la famille des Mimosacées pouvant atteindre 2 à 6 m de hauteur. Les bourgeons s'ouvrent en général au début de l'hivernage. Cependant l'apparition de nouvelles feuilles alternes et bipennées avant la saison des pluies est possible (Giffard, 1966 in Fournier, 1995). La phase feuillée s'étend en moyenne sur six mois et la défoliation a généralement lieu en novembre. Néanmoins la défoliation peut se produire beaucoup plus tard dans certaines stations présentant un climat particulier plus favorable. Cet arbre fleurit avant et pendant la saison des pluies de mai à août (Aubreville (1949), in Fournier, 1995). Une autre floraison est possible en fin de saison des pluies (Arbonnier, 2000) ou en janvier - février, à Fété olé (Ferlo, Sénégal), (Poupon, 1980). Les fruits sont mûrs en décembre-janvier, et les graines sont dispersées en milieu de saison sèche. A noter qu'en cas de sécheresse prononcée, la fructification n'a pas lieu (Poupon & Bille, 1974 in Fournier, 1995). *Acacia senegal* est exploité depuis très longtemps pour sa très grande production de gomme, en grande partie utilisée à des usages pharmaceutiques (sirop, pastilles, pâtes...). L'exsudation de la gomme commence à la fin de la saison des pluies et se poursuit pendant une grande

partie de la saison sèche. Celle-ci est favorisée par un temps très chaud et très sec. *Acacia senegal* joue un rôle très important dans l'économie pastorale en tant qu'arbre fourrager (Poupon, 1976 ; Ickowicz & al, 2005).

- ***Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan**, Mimoseae (in Fournier, 1995 ; Arbonnier, 2000)

C'est une espèce caducifoliée épineuse de la famille des mimosacées, très répandue sur les deux rives du Sahara. Elle peut atteindre une hauteur de 12 à 13 m. Les feuilles sont composées alternes et bipennées. Elles présentent comme pour *Acacia senegal*, plusieurs paires de pinnules portant des foliolules de petites tailles. Le début de la feuillaison a souvent lieu avant l'arrivée des premières pluies. La défoliation plus tardive que celle d'*Acacia senegal*, confère à cette espèce un rôle fourrager important dans l'élevage (Mariaux, 1975 in Fournier, 1995). *Acacia tortilis* est en outre très prisé par les populations comme bois de chauffe. Elle produit aussi une gomme plus friable que celle d'*Acacia senegal* et a été classée comme espèce de second choix dans la production de gomme (Giffard, 1966 in Fournier, 1995).

- ***Zea mays* L., Poaceae (MCD, 1991)**

C'est une graminée annuelle originaire d'Amérique tropicale. Il constitue avec le riz et le blé l'une des trois graminées les plus cultivées dans le monde. Ses grains servent à l'alimentation humaine et animale. Il peut être cultivé comme fourrage vert pour les animaux ou pour faire l'ensilage pour les bovins. C'est une espèce exigeante en eau, très sensible aux variations de la fertilité du sol. C'est pourquoi, elle est souvent utilisée pour mettre en évidence les carences minérales du sol. La souche utilisée est une variété de l'ISRA et du CNRA de Bambey, « Early Thai» (2003).

### 8. 2. 1. 3. Protocole de terrain

Les échantillons de sols à analyser sont prélevés en fin de saison des pluies à différentes distances<sup>38</sup> du tronc de l'arbre (0, R/2, R, 2R, 3R), et dans l'horizon 0-10 cm de profondeur pour l'analyse de l'activité potentielle microbienne et le test de fertilité (Annexe 6).

Pour la récolte de nodules et le dénombrement des rhizobiums, une colonne de sol de 0-75 cm de profondeur située à R/2 est prélevée.

Trois individus sont échantillonnés par espèce et par site expérimental. *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* sont présents dans les trois sites alors qu'*Acacia tortilis* n'est rencontré qu'à Tatki et à Revane. Par conséquent, le sol sous cette espèce n'est pas échantillonné à Thieul. Les échantillons prélevés au même niveau (0m ou R/2 etc.), sur les quatre directions cardinales de l'arbre, sont mélangés. Ainsi, 120 échantillons sont prélevés

---

<sup>38</sup> :R est le rayon du houppier

pour les analyses de l'activité potentielle microbienne et le test de fertilité, et 24 pour le dénombrement des rhizobiums (Annexe 7).

## **8. 2. 2. Analyses au laboratoire**

### **8. 2. 2. 1. Activités potentielles microbiennes**

120 échantillons de sols (50 g chacun) tamisés à 2 mm, sont réhumectés avec de l'eau déminéralisée à 100 % de la capacité de rétention (6 à 8 g d'eau pour 100 g de sol), puis pré-incubés pendant 7 jours à l'étuve (28° C) pour permettre une reprise de l'activité des micro-organismes. Au terme de cette pré-incubation, chaque échantillon est fractionné en trois lots (2 fois 20 g et 10 g), pour mesurer la biomasse microbienne potentielle directement sur le sol frais (T0) et sur le sol incubé à nouveau pendant 10 jours (T10), la minéralisation potentielle de l'azote et l'humidité.

### **8. 2. 2. 2. Biomasse microbienne potentielle**

La biomasse microbienne potentielle est mesurée par la méthode de fumigation-extraction (Amato & Ladd, 1988). Cette méthode consiste à doser par colorimétrie l'azote a-aminé contenu dans les parois des micro-organismes du sol, avant (T0) et après incubation dans un milieu saturé en chloroforme (fumigation), (T10). La différence entre T10 et T0, représente l'azote a-aminé libérée par protéolyse des corps microbiens sous l'action des vapeurs de chloroforme. Cette quantité d'azote a-aminé est fonction de la quantité de micro-organismes présents dans le sol avant la fumigation (T0). L'azote a-aminé est ensuite extrait par une solution de KCl 1M et déterminé par réaction à la ninyhydrine sur un analyseur à flux continu segmenté (Evolution II, Alliance Instruments, France). La quantité de carbone C présente dans la biomasse, est calculée en multipliant le gain d'azote alpha aminé libéré lors de l'incubation par le facteur 21 (Amato & Ladd, 1988) :  $BM-C = (N \text{ a-aminé sol fumigé} - N \text{ a-aminé sol non fumigé}) * 21$ . Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g C-microbien g}^{-1}$  de sol.

### **8. 2. 2. 3. Minéralisation potentielle de l'azote**

Le dosage des formes minérales de l'azote ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$ ), contenues dans la solution de sol est réalisé après extraction au KCl 1M par colorimétrie selon la méthode de Bremner (1965), à l'aide de l'analyseur à flux continus segmentés (Evolution II, Alliance-Instruments, France). Celui du nitrate est effectué par réduction en nitrite puis réaction colorée avec la sulfanilamide en milieu acide pour former un composé « diazo » avec le N-1 naphtiléthylène diamine dichlorohydrate (réactif de GRIESS). Le nitrate est séparé des matières organiques des extraits par dialyse. Le dosage colorimétrique de l'azote ammoniacal est réalisé par la réaction de Berthelot modifiée au bleu d'indophénol. Le magnésium, ainsi que les métaux comme l'aluminium, le fer, le titane qui pourraient interférer sur le dosage sont complexés par un mélange EDTA et

de tartrate double de sodium et de potassium. La réaction est effectuée avec le salicylate de sodium et le dichloroisocyanurate de sodium. Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g N-microbien g}^{-1}$  de sol pour les deux formes minérales.

#### **8. 2. 2. 4. Fixation d'azote : Nodulation et dénombrement de rhizobiums**

La méthode MPN (Most Probable Number), est utilisée (Cochran, 1950). Elle permet d'estimer indirectement la densité de micro-organismes présents dans un liquide. Elle consiste à prélever des échantillons du liquide à analyser, à les incuber dans des séries de milieu de culture et à y observer la mise en place d'une quelconque croissance occasionnée par les micro-organismes (Cochran, 1950). La méthode est appliquée sur les 24 échantillons de sols prélevés à R/2 dans l'horizon de profondeur 0-75 cm. Pour cela, 10 g par échantillon sont mélangés dans 90 ml d'eau déminéralisée pour constituer une solution mère. A partir de cette solution mère, 6 dilutions ( $10^{-7}$ ) sont réalisées en ajoutant à chaque fois 9 ml d'eau déminéralisée dans 1 ml de suspension de sol de la solution précédente. Quatre fractions de 1 ml sont ensuite utilisées par dilution pour inoculer quatre plantes-tests poussant dans des tubes de culture contenant un milieu gélosé (milieu de Jensen). Après 4 semaines de croissance, le nombre de nodules apparus par plante-test est compté. Le nombre le plus probable (MPN) de rhizobiums est calculé à partir du nombre de plantes ayant donné des nodules dans chacune des dilutions et de la table MPN calculator de Hurley & al. (1983).

Les espèces inoculées sont *Acacia tortilis* et *Acacia senegal*. Leurs graines récoltées en 2001, proviennent respectivement de la station de Souilène et du centre de l'IRD de Bel air.

#### **8. 2. 2. 5. Test de fertilité ou potentiel agronomique des sols**

Il s'agit dans cette opération de conduire au stade début floraison une culture de maïs (*Zea mays*, variété «Early Thäï» 2003, CNRA, Bambey ISRA), en conditions contrôlées sous serre. L'essai est conduit dans des tubes PVC contenant 350 g de sol de chacun des 120 échantillons prélevés sur le terrain. Quatre répétitions de chacun sol sont mises en place. Les sols sont humidifiés à 100% de leur capacité de rétention (8 g d'eau pour 100 g sol) et les graines sont enfouies à 4 cm dans le sol. L'humidité du sol est réajustée par un ajout d'eau de robinet tous les jours. Après 75 jours de croissance, la hauteur des plantes est déterminée ainsi que la biomasse aérienne et racinaire après séchage à 80°C à l'étuve pendant une semaine.

#### **8. 2. 2. 6. Matière organique : Carbone (C) et Azote total (N)**

Les analyses du carbone et de l'azote total sont effectuées selon les méthodes utilisées au laboratoire de chimie de l'IRD au Sénégal. Ces analyses complémentaires pour l'interprétation des résultats, concernent les échantillons prélevés sous *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*. La limitation à ces deux espèces s'explique :

- d'une part, par des raisons budgétaires (coût des analyses par rapport au budget disponible) ;

- d'autre part par les résultats de l'ACP préliminaire (Annexe 8) réalisée sur les paramètres de l'activité potentielle pour déterminer un éventuel effet site, espèce ou distance et ensuite voir en fonction de cela, la nécessité ou non de réduire le nombre d'échantillons à analyser. Les gradients de distance et de site mis en évidence par cet ACP, séparent les sols sous-couverts des deux légumineuses du restant des échantillons des trois espèces. Puisque que l'ACP permet d'écarter les variables redondantes, l'analyse a été limitée aux échantillons de sol prélevés sous la légumineuse la plus représentée (*Acacia senegal*) dans les trois sites d'études et sous l'espèce témoin *Balanites aegyptiaca*.

### 8. 2. 3. Traitements des données

L'analyse consiste à caractériser les effets espèce, site (peuplement) et distance au tronc d'arbre sur l'activité biologique potentielle et la productivité des sols. Les impacts prévisibles de la dynamique des peuplements ligneux (avec le modèle régression d'*Acacia tortilis* et d'*Acacia senegal* et progression de *Balanites aegyptiaca*), sur ces différents indicateurs du fonctionnement de l'écosystème, sont par la suite analysés.

Les données ont été traitées grâce aux logiciels Excel, Spss, Xlstat, MPNcalculator. Les analyses de variances (ANOVA) sont effectuées en utilisant les tests de Fischer, tests-t de Student-Newman-Keuls pour comparer les moyennes et discriminer les groupes homogènes. Les régressions et l'ACP ont permis d'établir les corrélations entre les différents paramètres étudiés.

Pour évaluer l'effet de l'arbre sur la production globale par hectare, la formule d'Akpo (1992) a été retenue et approfondie. Cette formule tient compte de la proportion de l'espace occupée par chaque composante du système : le couvert de l'arbre et l'espace non influencé par l'arbre. Ainsi, la production globale (notée SE) est la somme des productions moyennes (P) hors et sous couvert (d'*Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca* etc.), pondérées par leur surface respective (s), soit :

$$SE = (PHC * SHC) + (PAtr * SAtr) + (PAs * SAs) + (PBal * SBal)$$

**SHC**, **Satr**, **SAs** et **SBal**, représentent respectivement la surface occupée par la strate herbacée hors couvert, sous couvert d'*Acacia raddiana*, d'*Acacia senegal* et de *Balanites aegyptiaca*, et **PHC**, **Patr**, **PAs**, **PBal**, les productions moyennes mesurées dans chacune de ces situations.

## 8. 3. RESULTATS

### 8. 3. 1. Activité potentielle microbienne

Ce sous chapitre étudie l'influence des facteurs espèce, site (ou peuplement) et distance au tronc d'arbre sur les paramètres de l'activité potentielle des sols.



### 8. 3. 1. 1. Effet espèce

L'analyse consiste à comparer la biomasse microbienne et les concentrations en nitrate et ammonium moyennes, mesurées sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*. Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le tableau 31.

Tableau 31: Biomasse microbienne ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) et concentrations en  $\text{NO}_3^-$  ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) et  $\text{NH}_4^+$  ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) des sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*

| Espèces                     | N  | Biomasse microbienne | $\text{NO}_3^-$ | $\text{NH}_4^+$ |
|-----------------------------|----|----------------------|-----------------|-----------------|
| <i>Acacia tortilis</i>      | 30 | 47,6a                | 60,7a           | 2,7a            |
| <i>Acacia senegal</i>       | 45 | 42,7a                | 19,1b           | 2,6a            |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | 45 | 53,4a                | 29,1b           | 2,3a            |
| <b>Test de Fischer</b>      |    | NS                   | *               | NS              |

\* différence significative à  $p < 0,05$  ; NS non significative

Ces résultats montrent une différence significative des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) qui sont 2,1 à 3,2 fois plus élevées sur les sols d'*Acacia tortilis* que sur ceux d'*Acacia senegal* et de *Balanites aegyptiaca*. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les sols des trois espèces pour la biomasse microbienne et la concentration en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).

### 8. 3. 1. 2. Effet site

Le tableau 32 présente les résultats de la comparaison entre les moyennes de biomasse microbienne, de nitrates et d'ammonium, mesurées sur les sols des peuplements de Tatki, Revane et Thieul.

Tableau 32 : Biomasse microbienne ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) et concentrations en  $\text{NO}_3^-$  ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) et  $\text{NH}_4^+$  ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) des sols de Tatki, Revane et Thieul

| Espèces                | N  | Biomasse microbienne | $\text{NO}_3^-$ | $\text{NH}_4^+$ |
|------------------------|----|----------------------|-----------------|-----------------|
| Tatki                  | 45 | 36,9b                | 21,2b           | 2,4a            |
| Revane                 | 45 | 47,7ab               | 55,0a           | 2,3a            |
| Thieul                 | 30 | 65,4a                | 18,5b           | 3,0a            |
| <b>Test de Fischer</b> |    | *                    | *               | NS              |

\* différence significative à  $p < 0,05$  ; NS non significative

Les résultats montrent une variation significative de la biomasse microbienne et des concentrations en nitrates entre les sols des trois peuplements. La biomasse microbienne 1,4 à 2 fois plus élevée à Thieul. Quant aux concentrations en nitrates, elles sont 2,6 à 3 fois plus importantes à Revane.

### 8. 3. 1. 3. Effet distance au tronc d'arbre

Les figures 18a, b et c représentent respectivement les courbes de variation de la biomasse microbienne et des concentrations en nitrates et ammonium, en fonction de l'éloignement au tronc d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* (0m, R/2, R, 2R, 3R).

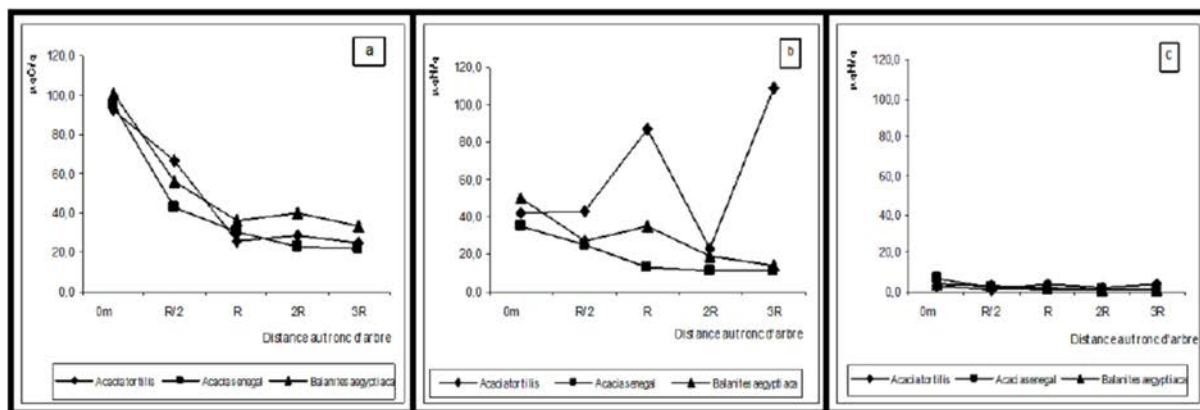


Figure 18 : Variation de la Biomasse microbienne (a) et des concentrations en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (b) et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (c) des sols en fonction de la distance au tronc d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*

Ces figures montrent une diminution de la biomasse microbienne avec l'éloignement au tronc d'arbre quelle que soit l'espèce considérée. Le même constat est fait pour les concentrations en nitrates et ammonium sur les sols d'*Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*. Par contre sur ceux d'*Acacia tortilis*, les formes minérales d'azote, notamment les nitrates, montrent des variations en dents de scie et augmentent parfois avec la distance au tronc d'arbre.

L'effet distance au tronc d'arbre est précisé dans le tableau 33 en comparant pour chaque espèce l'activité potentielle entre zones sous couvert (SC : 0m, R /2, R) et celles hors couvert (HC : 2R et 3R).

Tableau 33 : Biomasse microbienne (µg C g<sup>-1</sup>) et concentrations en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (µg N g<sup>-1</sup>) et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (µg N g<sup>-1</sup>) mesurées par zone (SC et HC) sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*

| Espèces           | <i>Acacia tortilis</i> |                   |                              | <i>Acacia senega.</i> |                   |                              | <i>Balanites aegyptiaca</i> |                   |                              |
|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------|
|                   | BM                     | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | BM                    | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | BM                          | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
| Sous-couvert (SC) | 61,8a                  | 57,2a             | 2,6a                         | 56,1a                 | 24,4a             | 3,4a                         | 64,6a                       | 37,4a             | 2,9a                         |
| Hors-couvert      | 26,3b                  | 66,0a             | 2,8a                         | 22,6b                 | 11,0b             | 1,3b                         | 36,7b                       | 16,6b             | 1,4b                         |
| Test t de Student | *                      | NS                | NS                           | **                    | **                | *                            | *                           | *                 | *                            |

\* différence significative à p< 0,05 ; \*\* à p< 0,01 ; \*\*\* à p< 0,001 ; NS non significative ; BM = Biomasse microbienne

Les concentrations en nitrates et ammonium sur les sols d'*Acacia tortilis* sont les seuls paramètres qui ne sont pas significativement influencés par le facteur couvert. Elles sont légèrement plus élevées hors couvert. Le rapport SC/HC pour chacune des deux paramètres est égal à 0,9.

Par contre, la biomasse microbienne est 1,8 à 2,5 fois plus importante sous couvert quelle que soit l'espèce étudiée, avec cependant des écarts SC-HC plus grands chez les légumineuses. Sur les sols d'*Acacia senegal* et

de *Balanites aegyptiaca*, les concentrations des formes minérales d'azote sont 2,1 à 2,6 fois supérieures sous la frondaison.

Les figures 19a, b et c représentent les courbes de variation de la biomasse microbienne et des concentrations en nitrates et ammonium en fonction de l'éloignement au tronc d'arbre à Tatki, Revane et Thieul.

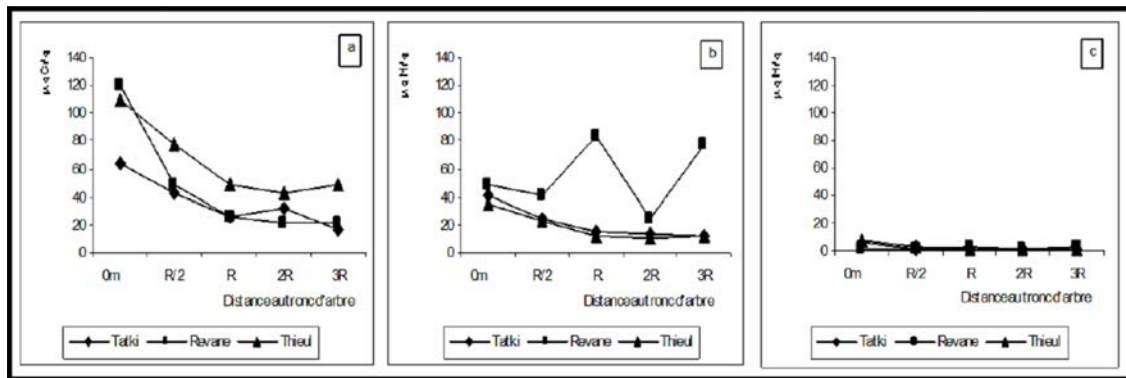


Figure 19 : Variation de la Biomasse microbienne (a) et des concentrations en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (b) et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (c) moyennes des sols en fonction de la distance au tronc d'arbre, à Tatki, Revane et Thieul

Leurs analyses montrent que la biomasse microbienne (Figure 19a) diminue avec l'éloignement au tronc d'arbre quel que soit le site. Il en est de même pour les quantités potentielles de nitrates et d'ammonium à Tatki et à Thieul (Figures 19b et 19c). A Revane, les formes minérales, notamment les nitrates, décrivent des courbes en dents de scie et augmentent par moments avec la distance au tronc d'arbre (Figures 19b).

L'effet distance au tronc d'arbre est ensuite analysé suivant le gradient de peuplement (site). Le tableau 34 compare pour chaque site, les moyennes de la biomasse microbienne et des concentrations en nitrates et ammonium, entre zones sous couvert (SC : 0m, R /2, R) et hors couvert (HC : 2R et 3R).

Tableau 34 :Biomasse microbienne (µg C g<sup>-1</sup>) et concentrations en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (µg N g<sup>-1</sup>) et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (µg N g<sup>-1</sup>) mesurées par zone (SC-HC) sur les sols de Tatki, Thieul et Revane

| Sites                    | Tatki |                   |                              | Revane |                   |                              | Thieul |                   |                              |
|--------------------------|-------|-------------------|------------------------------|--------|-------------------|------------------------------|--------|-------------------|------------------------------|
|                          | BM    | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | BM     | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | BM     | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
| <b>Sous-couvert (SC)</b> | 44,5a | 26,4a             | 3,0a                         | 64,9a  | 58,1a             | 2,3a                         | 78,6a  | 23,1a             | 4,1a                         |
| <b>Hors-couvert (HC)</b> | 24,7b | 13,4b             | 1,4b                         | 21,8b  | 50,4a             | 2,3a                         | 45,5b  | 11,7b             | 1,4b                         |
| <b>Test t de Student</b> | *     | **                | **                           | ***    | NS                | NS                           | **     | **                | **                           |

\* différence significative à p < 0,05 ; \*\* à p < 0,01 ; \*\*\* à p < 0,001 ; NS non significative ; BM = Biomasse microbienne

Les résultats montrent que la biomasse microbienne est significativement plus élevée sous couvert quel que soit le peuplement. Il en est de même pour les concentrations en nitrates et en ammonium à Tatki et à Thieul. Par contre à Revane, il n'y a pas de différences significatives pour les formes minérales d'azote entre

les zones sous couvert et hors couvert. Ces résultats confirment et précisent ceux observés sur les figures 18a, b et c avec *Acacia tortilis*.

Les tableaux 36 et 37 présentent les coefficients de corrélation entre les indicateurs de l'activité potentielle et les caractéristiques chimiques des sols (texture et teneurs en carbone et azote organique). Auparavant, la relation entre éléments organiques (carbone et azote total) et texture a été caractérisée (Tableau 35).

Tableau 35 : Coefficients de corrélation entre carbone-azote total et texture des sols

| Paramètres | C%        | N%        | C/N      |
|------------|-----------|-----------|----------|
| Argiles%   | 0,535***  | 0,526***  | -0,081NS |
| Limons %   | 0,361**   | 0,332**   | 0,208NS  |
| Sables %   | -0,444*** | -0,418*** | -0,141NS |

\*\* corrélation significative à  $p < 0,01$  ; \*\*\* à  $p < 0,001$  ; NS non significative

Les teneurs en carbone et azote total fortement corrélées entre elles (94%), le sont également avec les éléments fins du sol, notamment les argiles (Tableau 35).

Le tableau 36 présente les coefficients de corrélation entre biomasse microbienne, concentrations en formes minérales d'azote et paramètres chimiques des sols (C et N organique et texture).

Tableau 36 : Coefficients de corrélation entre indicateurs de l'activité potentielle et caractéristiques chimiques des sols

| Paramètres | BM ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) | NO <sub>3</sub> - ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\mu\text{g N g}^{-1}$ ) |
|------------|-------------------------------|--|---|
| C%         | 0,643***                      | 0,446***                                     | 0,355**   |
| N%         | 0,639***                      | 0,581***                                     | 0,403***  |
| C/N        | -0,412**                      | -0,577***                                    | -0,360*   |
| Argiles%   | 0,225NS                       | 0,553***                                     | -0,090NS  |
| Limons %   | 0,055NS                       | 0,229NS                                      | -0,021NS  |
| Sables %   | -0,109NS                      | -0,351***                                    | 0,049NS   |

\* corrélation significative à  $p < 0,05$  ; \*\* à  $p < 0,01$  ; \*\*\* à  $p < 0,001$  ; NS non significative

L'activité biologique (biomasse microbienne et concentrations en nitrates et ammonium), est positivement corrélée aux teneurs en C et N et à la texture (concentrations en nitrates) et négativement au rapport C/N (donc à la qualité de la source d'azote de la matière organique), (Tableau 36).

Par ailleurs, les résultats du tableau 37 montrent à l'échelle des trois sites, une forte corrélation entre la biomasse microbienne et la minéralisation de l'azote (les nitrates et l'azote ammoniacal). Cette corrélation est beaucoup plus importante entre la biomasse et l'azote ammoniacal. Cependant, les analyses faites à l'échelle de chaque site montrent des corrélations positives plus significatives entre la biomasse et les nitrates à Thieul et Tatki.

Tableau 37 : Coefficient de corrélation entre Biomasse microbienne et formes minérales d'azote

| Paramètres | NO <sub>3</sub> - (µg N g <sup>-1</sup> ) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg N g <sup>-1</sup> ) |
|------------|---|--|
| Ferlo      | 0,315*                                    | 0,352**  |
| Tatki      | +0,317*                                   | +0,150NS   |
| Revane     | -0,033NS                                  | -0,059NS   |
| Thieul     | +0,918***                                 | +0,733***  |

\* corrélation significative à  $p < 0,05$  ; \*\* à  $p < 0,01$  ; \*\*\* à  $p < 0,001$  ; NS non significative

### 8. 3. 2. Fixation d'azote : Nodulation et dénombrement de rhizobiums

La notion de biomasse microbienne fait référence à la fraction vivante de la matière organique. Elle recouvre l'ensemble des micro-organismes du sol (bactéries, champignons, protozoaires...). Cette mesure globale fiable, peut être complétée par une détermination des populations microbiennes particulières qui occupent des fonctions clés (nitrification, dénitrification, fixation d'azote, détoxification, etc.). Les bactéries fixatrices d'azote en symbiose avec les légumineuses (Rhizobiums et genres apparentés), constituent un groupe fonctionnel important parmi ces populations notamment sur le plan agronomique. Cette étude traite de l'influence du facteur espèce et site sur le potentiel de fixation d'azote apprécié à partir du dénombrement des nombre de nodules et de rhizobiums sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* (Figure 20 et 21).

#### 8. 3. 2. 1. Effet espèce

Les figures 20a et 20b représentent respectivement la variation du nombre de nodules obtenus par piégeage sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*, et celle du nombre de rhizobiums estimés sur les mêmes types de sols.

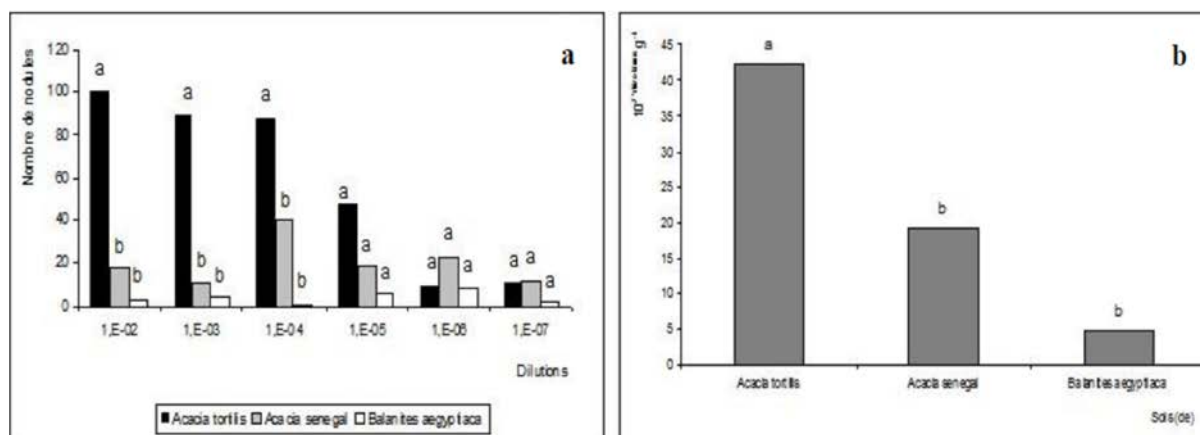


Figure 20 : Variation du nombre de nodules piégés (a) et de rhizobiums dénombrés (b) sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*

Les densités de nodules obtenues par piégeage au laboratoire sont plus élevées dans les sols d'*Acacia tortilis* (Figure 20). Le nombre de rhizobiums est significativement ( $p < 0,01$ ) plus élevé sur les sols des légumineuses notamment d'*Acacia tortilis* que sur ceux de *Balanites aegyptiaca*, dans des rapports de 2,2 à 8 (Figure 20).

La densité de rhizobiums, la nodulation et donc le potentiel de fixation d'azote atmosphérique, sont très dépendantes de l'espèce ligneuse en présence (Figure 20). Les substrats des légumineuses, notamment d'*Acacia tortilis*, présentent les meilleures conditions potentielles de prolifération des rhizobiums, de nodulation et de fixation atmosphérique d'azote que ceux d'*Acacia senegal*, de *Balanites aegyptiaca*.

### 8. 3. 2. 2. Effet site

Concernant le facteur site, les analyses séparées par espèce montrent des densités de rhizobiums nettement plus élevées à Tatki et à Thieul, respectivement sur les sols d'*Acacia tortilis* et *Acacia senegal* (Figure 21).

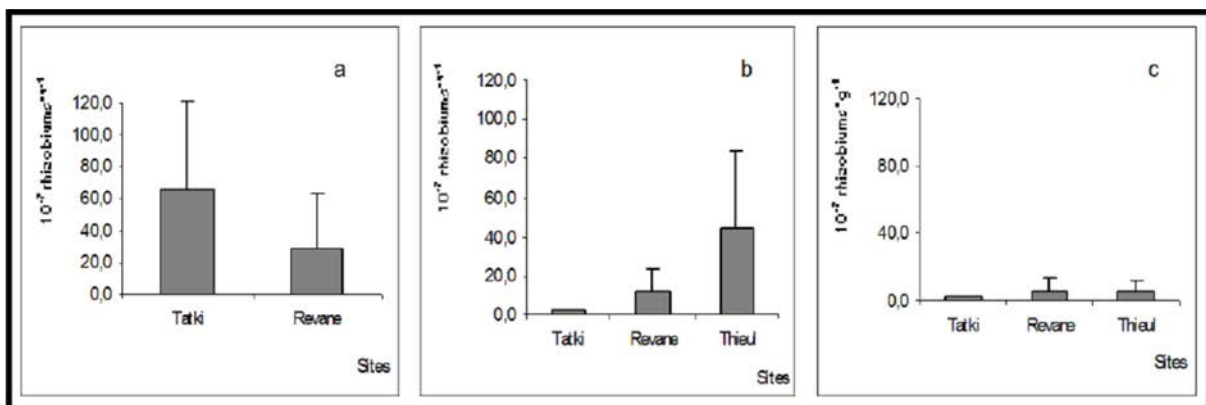


Figure 21: Variation intersites du nombre de rhizobiums dénombrés sur les sols d'*Acacia tortilis* (a), *Acacia senegal* (b) et *Balanites aegyptiaca* (c)

La densité de rhizobiums et le potentiel de fixation d'azote atmosphérique sont également dépendantes site (Figure 21). Les substrats des légumineuses, notamment d'*Acacia tortilis* de Thieul et Tatki, présentent les meilleures conditions potentielles de prolifération des rhizobiums et de fixation atmosphérique d'azote que ceux d'*Acacia senegal*, de *Balanites aegyptiaca* et de Revane.

Les relations entre les densités de rhizobiums estimées et les indicateurs de l'activité potentielle des sols sont analysées dans le tableau 38.

Tableau 38 : Coefficients de corrélation entre nombre de rhizobiums et indicateurs de l'activité potentielle chez les trois espèces ligneuses

| Paramètres                   | <i>Acacia tortilis</i> |         |                   |                              | <i>Acacia senegal</i> |         |                   |                              | <i>Balanites aegyptiaca</i> |         |                   |                              |
|------------------------------|------------------------|---------|-------------------|------------------------------|-----------------------|---------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|---------|-------------------|------------------------------|
|                              | MPN                    | BM      | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | MPN                   | BM      | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | MPN                         | BM      | NO <sub>3</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
| MPN                          | 1                      | 0,176NS | 0,369NS           | 0,069NS                      | 1                     | 0,609*  | 0,139NS           | 0,002NS                      | 1                           | 0,051NS | 0,104NS           | 0,084NS                      |
| BM                           | 0,176NS                | 1       | 0,696NS           | 0,315NS                      | 0,609*                | 1       | 0,402NS           | 0,735*                       | 0,051NS                     | 1       | 0,070NS           | 0,101NS                      |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,369NS                | 0,696NS | 1                 | 0,057NS                      | 0,139NS               | 0,402NS | 1                 | 0,223NS                      | 0,084NS                     | 0,101NS | 1                 | 0,146NS                      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 0,069NS                | 0,315NS | 0,057NS           | 1                            | 0,002NS               | 0,735*  | 0,223NS           | 1                            | 0,104NS                     | 0,070NS | 0,146NS           | 1                            |

La seule corrélation positive significative notée est celle existant entre le nombre de rhizobiums dénombrés et la biomasse microbienne sur les sols d'*Acacia senegal*. Cependant, les figures 22a, 22b et 22c montrent que la biomasse microbienne et le nombre de rhizobiums varient de la même manière sur les sols d'*Acacia senegal*, *Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca*.

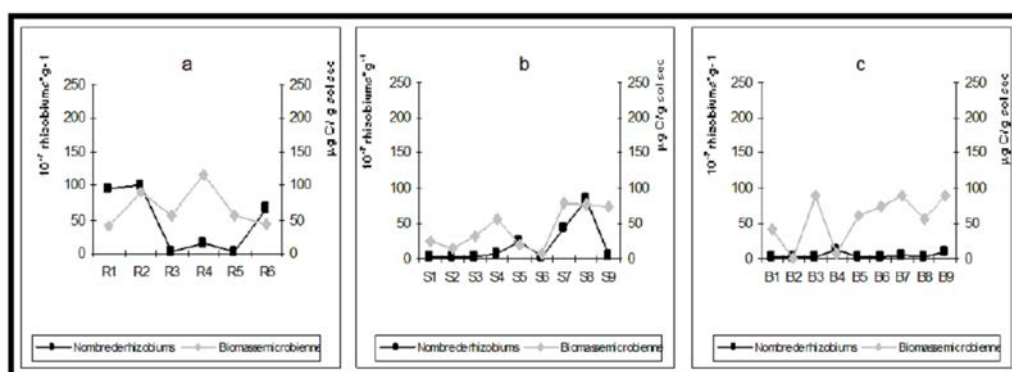


Figure 22 : Variation du nombre de rhizobiums dénombrés et de la biomasse microbienne mesurée sur les sols d'*Acacia tortilis* (a), *Acacia senegal* (b) et *Balanites aegyptiaca* (c)

### 8. 3. 3. Test de fertilité

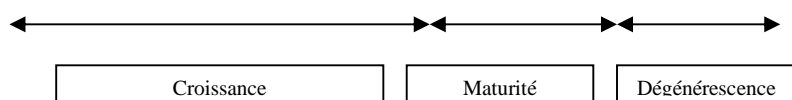
L'étude porte sur l'influence des facteurs espèce, site et distance au tronc d'arbre (couvert) sur la production fourragère et la fertilité des sols en milieu pastoral. Il s'agit d'une analyse de l'effet ces trois facteurs sur la croissance du maïs et la biomasse aérienne et racinaire produite sur des sols prélevés au voisinage (sous (SC) et hors couvert (HC)), d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*, à Tarki, Revane et Thieul.

#### 8. 3. 3. 1. Effet espèce

Le tableau 39 présente les résultats de la croissance du maïs suivie en serre pendant 75 jours sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*.

Tableau 39 : Hauteurs moyennes de croissance du maïs sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* (cm) :  
\*différence significative à  $p < 0,05$  ; NS : Non significative

| Espèces                     | 12j   | 19j   | 26j   | 33j   | 40j   | 47j   | 54j    | 61j    | 68j   | 75j   |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| <i>Acacia tortilis</i>      | 28,4a | 43,2a | 53,1a | 61,5a | 69,8a | 74,7a | 76,0a  | 75,2a  | 70,5a | 68,8a |
| <i>Acacia senegal</i>       | 30,8a | 45,6a | 54,6a | 62,7a | 69,8a | 73,8a | 74,7ab | 72,9ab | 70,2a | 68,8a |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | 31,1a | 46,0a | 53,3a | 59,7a | 67,1a | 69,2a | 69,7b  | 68,5b  | 66,6a | 63,5a |
| Test de Fischer             | NS    | NS    | NS    | NS    | NS    | NS    | *      | *      | NS    | *     |



L'analyse du tableau révèle que les plants de maïs décrivent les mêmes phases de croissance sur les trois types de sol : une phase active de croissance (12 - 47 jours), une phase stationnaire ou de ralentissement (47 - 61 jours) et une phase de décroissance (61 - 75 jours). Il n'y a pas de différences significatives de croissance entre les sols des trois espèces pendant la première phase. Par contre, au cours des phases stationnaire et de décroissance, les hauteurs moyennes de croissance du maïs cultivé sur les sols d'acacias notamment d'*Acacia tortilis*, sont significativement plus élevées. Les plantes poussant sur les sols de *Balanites aegyptiaca* croissent plus lentement pendant ces deux phases que pendant la période active.

Le tableau 40 présente les résultats de la production de matière sèche de maïs sur les trois types de sol testés en serre.

Tableau 40 : Quantités moyennes de matière sèche produite sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*

| Espèces                     | Matière sèche aérienne (g) | Matière sèche racinaire (g) | Matière sèche totale (g) |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Acacia tortilis</i>      | 2,1a                       | 0,8a                        | 3,0a                     |
| <i>Acacia senegal</i>       | 1,9ab                      | 0,8a                        | 2,8ab                    |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | 1,8b                       | 0,7b                        | 2,6b                     |
| Test de Fischer             | *                          | *                           | *                        |

\*différence significative à  $p < 0,05$

La matière sèche moyenne produite est significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée sur les sols des légumineuses notamment sur ceux d'*Acacia tortilis* (1,1 à 1,2 fois), (Tableau 40).

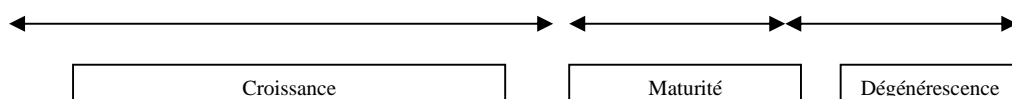
### 8. 3. 3. 2. Effet site

Comme pour l'effet espèce, le tableau 41 compare les résultats de la croissance du maïs suivie séparément sur les sols de Tatki, Thieul et Revane.



Tableau 41 : Hauteurs moyennes de croissance du maïs sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* (cm) : \* différence significative à  $p < 0,05$  ; \*\* à  $p < 0,01$  ; \*\*\* à  $p < 0,001$

| Sites           | 12j   | 19j   | 26j   | 33j   | 40j   | 47j   | 54j   | 61j   | 68j   | 75j    |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Tatki           | 33,8a | 48,1a | 56,8a | 64,8a | 72,1a | 76,0a | 76,4a | 74,5a | 71,1a | 68,2b  |
| Revane          | 25,0b | 40,1b | 48,3b | 55,5b | 63,8b | 67,0b | 68,6b | 68,2b | 65,0b | 63,6ab |
| Thieul          | 33,1a | 48,5a | 57,4a | 64,7a | 71,2a | 74,6a | 75,1a | 73,4a | 71,6a | 69,7a  |
| Test de Fischer | ***   | ***   | ***   | ***   | ***   | ***   | **    | *     | **    | *      |



Le tableau fait ressortir les trois phases notées précédemment sur la croissance du maïs (phases de croissance active, stationnaire et de décroissance). Les hauteurs moyennes de croissance sont significativement plus faibles sur les sols de Revane pendant toutes les phases, notamment au cours de période active de croissance ( $p < 0,001$ ).

Les résultats de la production obtenus sur les mêmes sols (Tableau 42), ne montrent pas une variation significative de la matière sèche aérienne (MSA) entre les trois sites. Par contre, les quantités de matières sèches racinaire (MSR) et totale (MST) produites à Tatki et Thieul, sont 1,2 à 1,3 fois plus importantes que celles de Revane.

Tableau 42 : Quantité moyenne de matière sèche produite sur les sols Tatki, Revane et Thieul

| Sites           | Matière sèche aérienne (g) | Matière sèche racinaire (g) | Matière sèche totale (g) |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Tatki           | 2,0a                       | 0,9a                        | 2,9a                     |
| Revane          | 1,9a                       | 0,6b                        | 2,5b                     |
| Thieul          | 2,0a                       | 0,8a                        | 2,8a                     |
| Test de Fischer | NS                         | ***                         | **                       |

### 8. 3. 3. 3. Effet distance au tronc d'arbre

Ce sous chapitre étudie la variation des paramètres de croissance et de production en fonction de la distance au tronc d'arbre. Les figures 23a, b et c représentent les courbes de croissance du maïs cultivé sur des sols prélevés à différentes distances du tronc (0m, R /2, R, 2R, 3R), d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*.

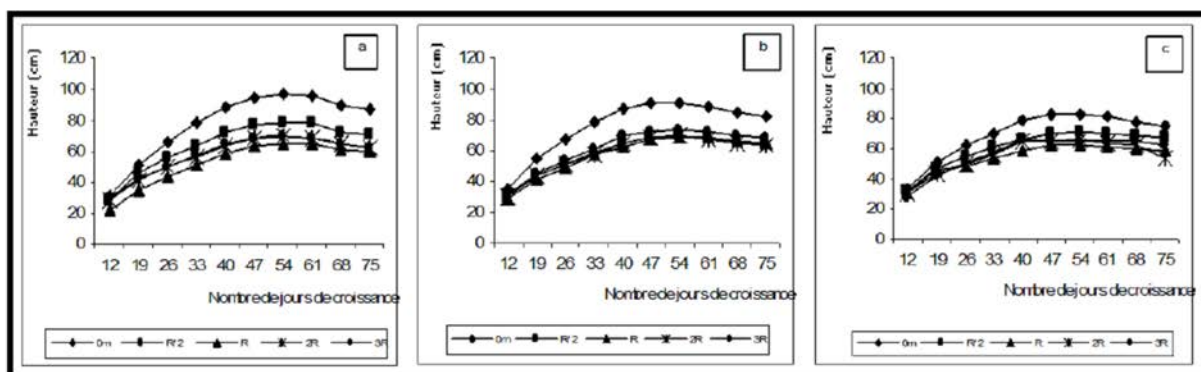


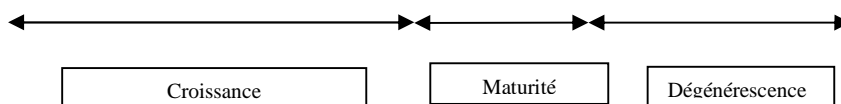
Figure 23 : Croissance du maïs en fonction de la distance au tronc d'*Acacia tortilis* (a), *Acacia senegal* (b) et *Balanites aegyptiaca* (c)

Ces courbes décrivent les trois phases de variation de la croissance déjà identifiées dans les paragraphes précédents (croissance, ralentissement et décroissance). Quelle que soit la phase de développement et l'espèce ligneuse testée (sol), la croissance des plantes de maïs est significativement plus rapide et élevée sur les sols prélevés sous couvert (essentiellement 0m, R/2). Ce constat est cependant plus net sur les sols des légumineuses comme *Acacia tortilis* qui présentent des moyennes de croissance plus élevées (Figures 23a et 23b).

L'effet du facteur distance au tronc d'arbre est précisé en comparant les hauteurs moyennes de croissance sur les sols sous couvert (SC) et hors couvert (HC) d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*. Les résultats de cette comparaison présentés dans le tableau 43, montrent des valeurs moyennes de croissance significativement plus élevées sous couvert sur les sols d'acacias, notamment d'*Acacia senegal*, pendant les phases stationnaire et de décroissance. Par contre, sur les sols de *Balanites aegyptiaca* (exception faite du 19 et 75ème jour de croissance), les variations des paramètres de croissance ne sont significatives entre les zones SC et HC.

Tableau 43 : Hauteurs moyennes (cm) de croissance du maïs mesurées par zone (SC et HC) sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* : \* différence significative à  $p < 0,05$  ; \*\* à  $p < 0,01$  ; NS non significative

| Sites                       | Zones                  | 12j  | 19j  | 26j  | 33j  | 40j  | 47j  | 54j  | 61j  | 68j  | 75j  |
|-----------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Acacia tortilis</i>      | SC                     | 27,7 | 43,9 | 55,3 | 64,5 | 73,2 | 78,9 | 80,3 | 79,7 | 74,4 | 72,8 |
|                             | HC                     | 29,3 | 42,2 | 49,7 | 57,0 | 64,6 | 68,3 | 69,5 | 68,5 | 64,6 | 62,8 |
|                             | <b>Test de Fischer</b> | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | *    | *    | *    | NS   | *    |
| <i>Acacia senegal</i>       | SC                     | 31,1 | 46,4 | 56,1 | 64,6 | 71,5 | 75,8 | 76,8 | 75,2 | 72,1 | 70,8 |
|                             | HC                     | 30,3 | 44,5 | 52,4 | 59,7 | 67,1 | 70,6 | 71,6 | 69,5 | 67,4 | 65,9 |
|                             | <b>Test de Fischer</b> | NS   | NS   | *    | *    | NS   | *    | *    | *    | *    | *    |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | SC                     | 32,2 | 48,1 | 55,2 | 61,9 | 68,1 | 71,7 | 72,1 | 71,1 | 68,9 | 67,2 |
|                             | HC                     | 29,4 | 42,8 | 50,5 | 56,4 | 65,6 | 65,5 | 66,0 | 64,7 | 63,3 | 57,8 |
|                             | <b>Test de Fischer</b> | NS   | **   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | **   |



Les figures 24a, b et c représentent les courbes de croissance du maïs en fonction de l'éloignement au tronc d'arbre à Tatki, Revane et Thieul.

L'analyse révèle dans tous les sites étudiés et pour toutes les phases de développement, une meilleure croissance du maïs sur les sols sous couvert (essentiellement 0m, R/2). Ce constat est plus net sur les sols prélevés à Tatki et à Thieul où la croissance est plus élevée (Figures 24a et 24c).

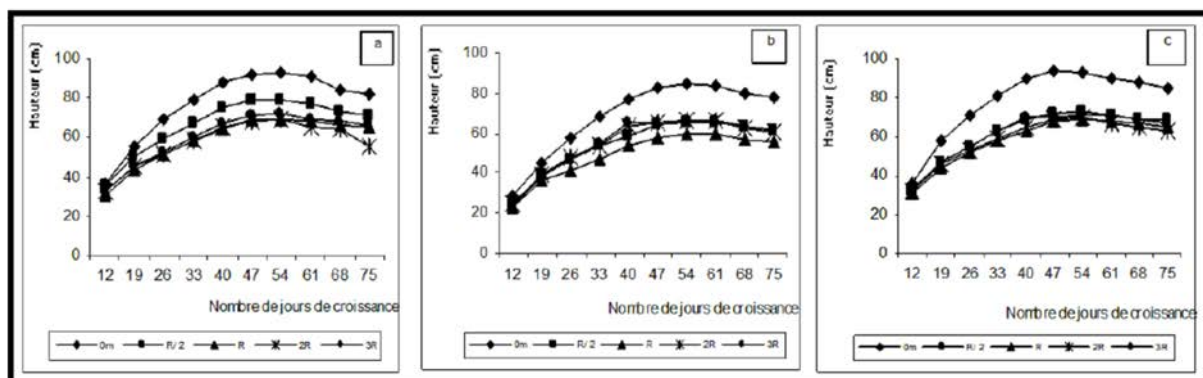
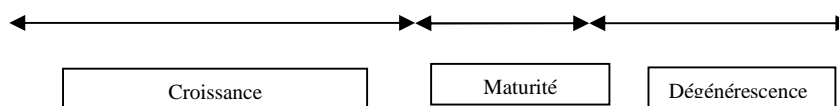


Figure 24 : Croissance du maïs en fonction de la distance au tronc d'arbre à Tatki (a), Revane (b) et Thieul (c)

Le tableau 44 compare les zones sous couvert (SC) et hors couvert (HC) des sols de Tatki, Thieul et Revane. Il fait ressortir à Tatki et Thieul, des hauteurs moyennes de croissance significativement ( $p < 0,001$ ) plus élevées sous couvert pour toutes les phases. A Revane par contre, il n'y a pas de variations significatives de croissance entre les deux zones quelle que soit la phase de développement du maïs.

Tableau 44 : Hauteurs moyennes (cm) de croissance du maïs mesurées par zone (SC et HC) sur les sols de Tatki, Revane et Thieul : \* différence significative à  $p < 0,05$  ; \*\* à  $p < 0,01$  ; \*\*\* à  $p < 0,001$  ; NS non significatif

| Sites  | Zones           | 12j  | 19j  | 26j  | 33j  | 40j  | 47j  | 54j  | 61j  | 68j  | 75j  |
|--------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tatki  | SC              | 34,4 | 50,0 | 59,8 | 68,5 | 75,9 | 80,0 | 80,5 | 78,9 | 74,3 | 73,0 |
|        | Test de Fischer | NS   | ***  | ***  | ***  | ***  | ***  | ***  | ***  | ***  | ***  |
| Revane | SC              | 25,3 | 40,6 | 48,8 | 56,2 | 63,2 | 68,2 | 69,8 | 69,6 | 66,5 | 65,1 |
|        | Test de Fischer | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   |
| Thieul | SC              | 33,3 | 49,9 | 59,5 | 67,4 | 74,0 | 77,8 | 78,3 | 76,3 | 74,6 | 72,7 |
|        | HC              | 32,7 | 46,4 | 54,4 | 60,7 | 67,1 | 69,8 | 70,2 | 69,0 | 67,2 | 65,1 |
|        | Test de Fischer | NS   | *    | *    | **   | *    | **   | **   | **   | **   | **   |



Les figures 25a, b et c représentent les courbes de variation des quantités de matière sèche produite sur des sols prélevés à différentes distance du tronc (0m, R /2, R, 2R, 3R), d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*.

Ces figures montrent une diminution des quantités de phytomasse aérienne, racinaire et totale produites avec l'éloignement au tronc d'arbre quel soit le type de sols. La matière sèche produite est cependant plus importante sur les sols d'*Acacia tortilis* à toutes les distances.

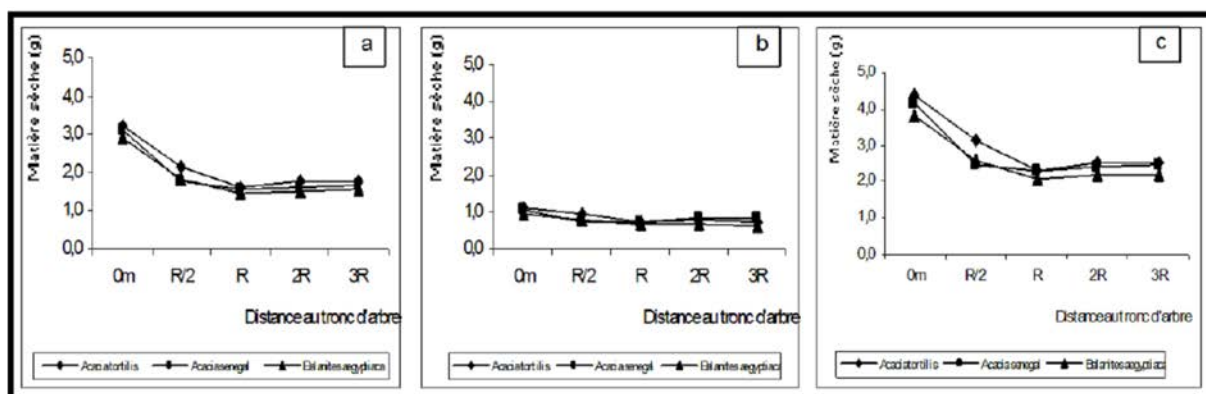


Figure 25 : Variation de la quantité de matière sèche (MS) aérienne (a), racinaire (b) et totale (c) en fonction de la distance au tronc d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*

Les résultats du tableau 45 précisent l'effet du facteur distance au tronc d'arbre sur la production du maïs. Ils montrent une production significativement plus élevée sous couvert (excepté MSR produite sur les sols d'*Acacia senegal*). Les différences entre zones sous couvert et hors couvert sont cependant plus significatives chez *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* ( $p < 0,001$ ).

Tableau 45 : Quantité moyenne de matière sèche (MS) aérienne (A), racinaire (R) et totale (I) produite par zone sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*

| Espèces           | <i>Acacia tortilis</i> |         |         | <i>Acacia senegal</i> |         |         | <i>Balanites aegyptiaca</i> |         |         |
|-------------------|------------------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|
|                   | MSA (g)                | MSR (g) | MST (g) | MSA (g)               | MSR (g) | MST (g) | MSA (g)                     | MSR (g) | MST (g) |
| Sous-couvert (SC) | 2,3                    | 0,9     | 3,3     | 2,1                   | 0,8     | 3,0     | 2,1                         | 0,8     | 2,8     |
| Hors-couvert (HC) | 1,8                    | 0,7     | 2,5     | 1,6                   | 0,8     | 2,5     | 1,5                         | 0,6     | 2,2     |
| Test t de Student | **                     | *       | **      | ***                   | NS      | ***     | ***                         | **      | ***     |

Les figures 26a, b et c représentent les courbes de variation des quantités de matière sèche produite à différentes distances du tronc d'arbre sur les sols de Tatki, Revane et Thieul.

Ces figures font apparaître une diminution de la production de matière sèche (aérienne, racinaire et totale), avec l'éloignement au tronc d'arbre quel que soit le site étudié.

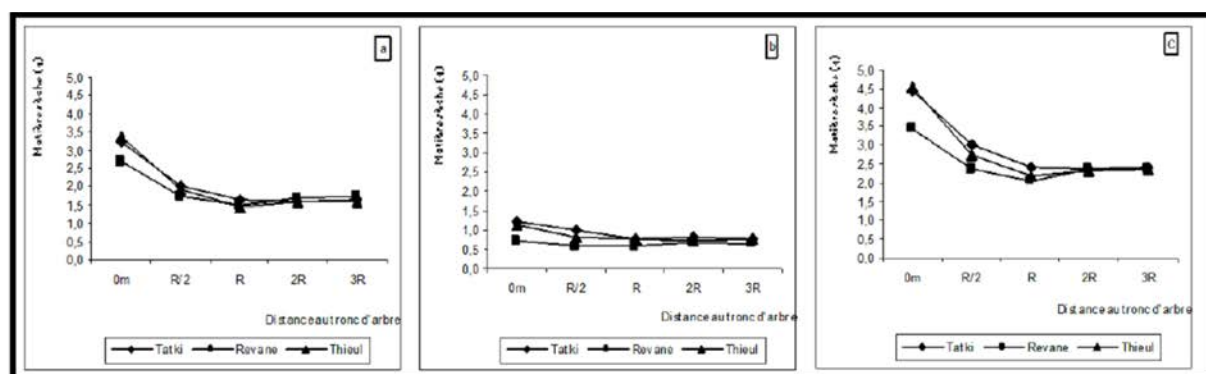


Figure 26 : Variation de la quantité de matière sèche (MS) aérienne (a), racinaire (b) et totale (c) produite

Les résultats du tableau 46 précisent cet effet couvert. Ils montrent une production significativement supérieure sous couvert (1,4 fois) à Tatki et Thieul. Par contre à Revane, il n'y a pas de variation significative de la phytomasse produite (racinaire et totale notamment), entre zones sous couvert et hors couvert.

Tableau 46 : Quantité moyenne de matière sèche (MS) aérienne (A), racinaire (R) et totale (T) produite par zone sur les sols de Tatki, Revane et Thieul

| Sites             | Tatki   |         |         | Revane  |         |         | Thieul  |         |         |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                   | MSA (g) | MSR (g) | MST (g) | MSA (g) | MSR (g) | MST (g) | MSA (g) | MSR (g) | MST (g) |
| Sous-couvert (SC) | 2,3     | 1,0     | 3,3     | 2,0     | 0,6     | 2,6     | 2,2     | 0,9     | 3,2     |
| Hors-couvert (HC) | 1,6     | 0,8     | 2,4     | 1,7     | 0,7     | 2,4     | 1,6     | 0,8     | 2,3     |
| Test t de Student | ***     | ***     | ***     | NS      | NS      | NS      | ***     | *       | ***     |

Les relations entre les paramètres de croissance, de production de matière sèche d'une part et les caractéristiques chimiques et les indicateurs de l'activité potentielle des sols d'autre part, sont analysées dans le tableau 47.

Tableau 47 : Coefficients de corrélation entre paramètres chimiques, activité potentielle, croissance et production

| Paramètres          | Haut à 75jours | MSA      | MSR      | MOYMST   |
|---------------------|----------------|----------|----------|----------|
| C%                  | 0,212NS        | 0,435*** | 0,006NS  | 0,348**  |
| N%                  | 0,234*         | 0,481*** | 0,079NS  | 0,405*** |
| C/N                 | -0,302*        | -0,161NS | -0,325*  | -0,143NS |
| Argiles%            | -0,198NS       | 0,023NS  | -0,331** | -0,073NS |
| Limons %            | -0,022NS       | 0,014NS  | -0,182NS | -0,039NS |
| Sables %            | 0,075NS        | -0,015NS | 0,234*   | 0,052NS  |
| BM µg C/g sol sec   | 0,408***       | 0,626*** | 0,223NS  | 0,560*** |
| NO3-µg N/g sol sec  | 0,110NS        | 0,310*   | 0,020NS  | 0,253*   |
| NH4+ µg N/g sol sec | 0,447***       | 0,620*** | 0,421*** | 0,609*** |

\*Corrélation significative à  $p < 0,05$  ; \*\* significative à  $p < 0,01$  ; \*\*\* significative à  $p < 0,001$  ; NS non significative

Les résultats montrent une forte corrélation entre croissance, production de matière sèche, activité potentielle des sols, teneurs en azote total et carbone organique et rapport C/N. La hauteur moyenne de croissance, la phytomasse aérienne et totale mesurées, sont positivement corrélées aux teneurs en ammonium, à la biomasse microbienne, mais aussi à l'azote total, au carbone organique et aux nitrates. La phytomasse racinaire est corrélée positivement à l'ammonium et à la texture sableuse et négativement au rapport C/N (idem pour la hauteur de croissance) et aux sols argileux.

### 8. 3. 4. Dynamique des peuplements et fertilité des sols

Ce sous-chapitre traite des impacts prévisibles de la dynamique du peuplement ligneux sur les différents indicateurs du fonctionnement de l'écosystème. Il s'agit principalement d'une étude prospective qui s'appuie sur l'évolution des légumineuses et des populations de *Balanites aegyptiaca* et sur la variation des paramètres du fonctionnement des sols en fonction de l'espèce ligneuse, et en présence du couvert et du peuplement (site).

### 8. 3. 4. 1. Dynamique des légumineuses et de *Balanites aegyptiaca* dans les peuplements ligneux du Ferlo

Le tableau 48 analyse l'évolution du spectre floristique entre les années 1970-1980 et 2000.

Les résultats montrent un appauvrissement du spectre floristique au Ferlo. Cet appauvrissement se manifeste particulièrement par :

- une régression d'espèces telles que les légumineuses (30,2 à 28%), au sein desquelles 5 genres et 7 espèces ont disparu ;
- une progression d'espèces telles que *Balanites aegyptiaca* (1,9 à 3,1%).

Tableau 48 : Evolution du spectre floristique entre 1970 et 2000

| Nombre<br>Années | Importance relative % |      | Genre (Nombre) |      | Nombre d'espèces |      |
|------------------|-----------------------|------|----------------|------|------------------|------|
|                  | 1970-1987             | 2000 | 1970-1987      | 2000 | 1970-1987        | 2000 |
| Légumineuses     | 30,2                  | 28,2 | 9              | 4    | 16               | 9    |
| Capparacées      | 11,3                  | 9,4  | 4              | 3    | 6                | 3    |
| Anacardiées      | 5,7                   | 3,1  | 3              | 1    | 3                | 1    |
| Rubiacées        | 5,7                   | 3,1  | 3              | 1    | 3                | 1    |
| Tiliacées        | 5,7                   | 3,1  | 1              | 1    | 3                | 1    |
| Bombacacées      | 3,8                   | 3,4  | 2              | 1    | 2                | 1    |
| Combretacées     | 13,2                  | 18,8 | 4              | 3    | 7                | 6    |
| Rhamnacées       | 1,9                   | 6,3  | 1              | 1    | 1                | 2    |
| Asclépiadacées   | 3,8                   | 6,3  | 2              | 2    | 2                | 2    |
| Balanitacées     | 1,9                   | 3,1  | 1              | 1    | 1                | 1    |
| Euphorbiacées    | 0                     | 3,1  | 0              | 1    | 0                | 1    |
| Vitacées         | 0                     | 3,1  | 0              | 1    | 0                | 1    |
| Autres           | 17,1                  | 9,3  | 9              | 3    | 9                | 3    |

Le tableau 49 présente les potentialités actuelles des peuplements ligneux en termes de proportions de légumineuses, d'acacias, d'*Acacia tortilis* et d'*Acacia senegal* par rapport à la végétation ligneuse globale et à la population de *Balanites aegyptiaca*.

Les résultats montrent qu'actuellement, les légumineuses (Mimosacées, Césalpiniacées, Papilionacées), sont présentes en de faibles proportions dans le peuplement ligneux du Ferlo et par rapport aux populations de *Balanites aegyptiaca* (6% contre 10% de l'effectif total). Ces proportions plus faibles à Tatki et à Thieul sont respectivement égales à 0,3 et 8,8 %. A Revane, les légumineuses sont mieux représentées avec un taux de 15,7 % dans le peuplement ligneux. *Balanites aegyptiaca* est présente dans les trois sites à des taux respectifs de 8,6, 12,3, 5,8%. Les densités de *Balanites aegyptiaca* sont donc largement plus élevées au Ferlo à celles de l'ensemble des légumineuses réunies, et par conséquent à celles d'*Acacia tortilis* et d'*Acacia senegal* prises séparément (excepté à Revane du fait l'importance quantitative de *Pterocarpus lucens* par rapport aux autres légumineuses (rapport LEG/B>1)). L'écart est plus large avec les populations d'*Acacia tortilis* qui sont faiblement représentées à Thieul et à Tatki. *Acacia tortilis* et *Acacia senegal* ne font que 23 % (presque le quart) de ces légumineuses soit 1,4 de l'effectif total.

Tableau 49 : Importance spécifique (%) des légumineuses par rapport à celle de *Balanites aegyptiaca* dans les peuplements en 2000 selon les relevés écologiques

| Modalités   | Sites |        |        |       |
|---|-------|--------|--------|-------|
|   | Tatki | Thieul | Revane | Ferlo |
| <b>Proportion de légumineuses (LEG)</b>                                     | 0,33  | 8,80   | 15,72  | 5,78  |
| <b>Proportion des <i>Acacias</i> (<i>tortilis</i> &amp; <i>senegal</i>)</b> |       |        |        |       |
| <b>Acacias (ACA)</b>  | 0,29  | 1,86   | 3,29   | 1,32  |
| <b>Proportion d'<i>Acacia tortilis</i></b>                                  |       |        |        |       |
| <i>Acacia tortilis</i> (ATR)  | 0,04  | 0,00   | 0,45   | 0,08  |
| <b>Proportion d'<i>Acacia senegal</i></b>                                   |       |        |        |       |
| <i>Acacia senegal</i> (AS)  | 0,25  | 1,86   | 2,84   | 1,24  |
| <b>Proportion de <i>Balanites aegyptiaca</i></b>                            |       |        |        |       |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> (B)   | 8,60  | 12,3   | 5,84   | 9,79  |
| <b>Importance par rapport à <i>Balanites aegyptiaca</i></b>                 |       |        |        |       |
| <b>LEG/B</b>  | 0,04  | 0,71   | 2,69   | 0,59  |
| <b>ACA/B</b>  | 0,03  | 0,15   | 0,56   | 0,14  |
| <b>ATR/B</b>  | 0,00  | 0,00   | 0,08   | 0,01  |
| <b>AS/B</b>   | 0,03  | 0,15   | 0,49   | 0,13  |

Le chapitre traitant de la structure et de la dynamique des peuplements ligneux au Ferlo a montré que l'importance écologique de ces deux espèces est faible (8 à 44,4).

Leur recouvrement en 2000 est très insignifiant en témoigne les parts très réduites de ces deux espèces dans la couverture ligneuse globale du Ferlo : 0,1 et 3,2 % contre 15,5 % pour *Balanites aegyptiaca*. Le recouvrement ligneux dans les sites inventoriés au Ferlo représente 19134,0 m<sup>2</sup>. *Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* couvrent respectivement 8,8, 616 et 2963 m<sup>2</sup>.

La régénération d'*Acacia tortilis* et d'*Acacia senegal* est également faible, soit 2,5 et 1,4 % des jeunes plants contre 13,2 pour *Balanites aegyptiaca*. Celle de *Acacia tortilis* bien que vigoureuse, est inhibée par la pression exercée par le bétail sur les jeunes pousses.

Cette dynamique fait apparaître une nette progression des populations de *Balanites aegyptiaca* au détriment de celles des légumineuses et d'*Acacia tortilis* et *Acacia senegal* en particulier qui régressent.

#### 8. 3. 4. 2. Impacts prévisibles d'une régression des légumineuses et de la progression de *Balanites aegyptiaca*

Il a été possible à partir des résultats obtenus de fournir des indications sur les conséquences prévisibles de la dynamique des peuplements ligneux sur l'activité, la fixation d'azote et la fertilité potentielles des sols.

### ***A l'échelle de l'arbre***

Quel que soit l'angle d'analyse, *Acacia tortilis* apparaît comme l'espèce ayant la meilleure influence sur le fonctionnement des sols comparée à *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*. *Acacia tortilis* favorise l'augmentation de l'azote total, de la matière organique, de la fixation d'azote et de la quantité de matière sèche totale produite.

Concernant l'activité potentielle et pour un volume de sol donné, un *Acacia tortilis* produit 2,1 à 3,2 plus de nitrates qu'un *Balanites aegyptiaca* ou un *Acacia senegal* (Tableau 50). Par conséquent, le peuplement de Revane plus diversifié et bien couvert (avec *Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*), en produit 2,6 à 3 plus que les peuplements de Thieul mieux couvert (*Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*) et Tatki faiblement couvert (*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*).

A propos de la fixation symbiotique d'azote et pour un volume de sol donné, un sol sous *Acacia tortilis* a potentiellement 2,2 à 8,8 plus de rhizobiums qu'un sol sous *Acacia senegal* ou sous *Balanites aegyptiaca* qui n'est pas une légumineuse (Tableau 50).

En ce qui concerne la fertilité potentielle, un *Acacia tortilis* produit 1,1 à 1,2 plus de matière sèche qu'un *Balanites aegyptiaca* ou un *Acacia senegal* pour un volume donné de sol. La croissance moyenne des plants au bout de 75 jours est 1,1 supérieure sur les sols d'*Acacia tortilis* et d'*Acacia senegal* et que sur ceux de *Balanites aegyptiaca* (Tableau 50).

Tableau 50 : Amélioration de la fertilité potentielle par *Acacia tortilis*

| Paramètres améliorés  | Nitrates  | Nombre de Rhizobiums | Matière sèche totale |
|---|-----------|----------------------|----------------------|
| Coefficients d'amélioration des paramètres de la fertilité potentielle par <i>Acacia tortilis</i> | 2,1 à 3,2 | 2,2 à 8,8            | 1,1 à 1,2            |

### ***A l'échelle de la station (1ha)***

La production herbacée globale par hectare (SE) est la somme des productions moyennes (P) hors et sous couvert des espèces qui sont présentes dans le site, pondérées par leur surface respective (S). En considérant au départ qu'il n'y a que trois espèces ligneuses dans le site (*Acacia raddiana*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*), la production est calculée à partir de la formule suivante :

$$SE = (PHC*SHC) + (PAtr*SAtr) + (PAs*SAs) + (PBal*SBal)$$

SHC, SAtr, SA<sub>s</sub> et SBal, représentent respectivement la surface occupée par la strate herbacée hors couvert, sous couvert d'*Acacia raddiana*, d'*Acacia senegal* et de *Balanites aegyptiaca*, et PHC, PAtr, PAs, PBal, les productions moyennes mesurées dans chacune de ces situations.



Les résultats précédents ont montré que la production sous *Acacia tortilis* est améliorée approximativement de 1,2 par rapport à celles d'*Acacia senegal* et de *Balanites aegyptiaca*, soit  $P_{As} = P_{Atr}/1,2$  et  $P_{Bal} = P_{Atr}/1,2$ . La production de matière sèche totale s'exprimera alors comme suit :

$$SE = (PHC * SHC) + (PAtr * SAtr) + (PAtr/1,2 * SAs) + (PAtr/1,2 * SBal)$$

$$SE = (PHC * SHC) + PAtr (1,2 SAtr + SAs + SBal)$$

Les recouvrements moyens des espèces ont été estimés par hectare. Au Ferlo, *Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* occupent respectivement 0,34, 23,69 et 113,96 m<sup>2</sup> ( $S_{Atr} = 0,34$  ;  $S_{As} = 23,69$  ;  $S_{Bal} = 113,96$ ). La production (SE) est alors exprimée par la formule suivante :

$$SE = (PHC * SHC) + 115,05 PAtr$$

Cette valeur de production est réduite par un faible recouvrement d'*Acacia tortilis*. Elle est aussi liée à la production de cette espèce et à celle de la strate herbacée hors couvert (pondérée par surface). Cette production hors couvert est augmentée par l'effet rhizosphérique d'*Acacia tortilis*, comparée aux autres espèces.

Pour un peuplement plus diversifié, c'est-à-dire composé d'*Acacia raddiana*, *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca* et d'autres espèces, la production sera toujours influencée les légumineuses et *Acacia tortilis* en particulier. Mais cette influence dépendra de la taille, de la densité, du recouvrement et de la production de cette population et de l'évolution des autres espèces.

Dans le cas présent, il est probable qu'une progression des populations de *Balanites aegyptiaca* au détriment de celles des légumineuses et d'*Acacia tortilis* en particulier qui régresse, réduise :

- La minéralisation potentielle d'un milieu,
- le nombre de bactéries fixatrices d'azote et par conséquent la quantité de nitrates utilisables par les plantes,
- la production fourragère herbacée,
- En somme, la fertilité de l'écosystème.

#### 8. 4. DISCUSSION & CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les impacts prévisibles de la progression de *Balanites aegyptiaca* et/ou de la régression des populations d'*Acacia tortilis* ou d'*Acacia senegal*, sur les activités potentielles microbiennes et le potentiel agronomique. Nous avons analysé l'influence de l'espèce, du site (peuplement) et de la distance au tronc d'arbre sur l'activité potentielle des sols, la production fourragère et la fertilité potentielle en milieu pastoral. Ensuite, nous avons essayé de mettre en rapport ces résultats avec l'évolution des peuplements ligneux du Ferlo.

Les résultats obtenus indiquent un effet espèce et un effet site sur l'activité potentielle des sols. Cet effet espèce se manifeste sur la minéralisation potentielle et permet de distinguer les sols d'*Acacia tortilis* plus riches en nitrates que ceux d'*Acacia senegal* et de *Balanites aegyptiaca*. L'effet site observé sur la biomasse microbienne et la minéralisation potentielle, permet de distinguer Thieul et Revane plus riches respectivement en populations microbiennes et en nitrates que Tarki.

L'influence de l'éloignement au tronc de l'arbre sur l'activité potentielle des sols est fonction de l'espèce ligneuse et du peuplement (site). Elle se manifeste par :

- un effet couvert sur tous les paramètres de l'activité potentielle des sols analysés chez *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*, à Tarki et Thieul ; et sur la biomasse microbienne chez *Acacia tortilis* et à Revane ;
- un effet couvert masqué un effet rhizosphérique sur les formes minérales d'azote chez *Acacia tortilis* et à Revane.

Les corrélations indiquent une activité potentielle biologique très dépendante des teneurs en carbone et azote totaux, du rapport C/N et de la texture des sols. Les populations microbiennes sont plus abondantes dans les sols recevant les apports carbonés les plus importants. Les formes minérales d'azote disponibles (nitrates et ammonium), sont plus élevées dans les sols les plus riches en azote total. Les teneurs en nitrates le sont encore plus dans les sols les plus argileux et qui ont les rapports C/N les plus faibles (décomposition rapide et minéralisation importante).

Il est maintenant connu que les teneurs en carbone et en azote totaux dépendent des apports de matière organique aux sols (Akpo, 1998 ; Weltzin & Coughenour, 1990 ; Isichei & Muoghalu, 1992).

La forte corrélation entre teneur en carbone organique et texture a été signalée par Feller & al. (1991) ; Feller (1995). Bernhard-Reversat & al. (1998) soulignent par ailleurs que la teneur en N total du sol dépend fortement de sa teneur en argile qui permet la fixation de la matière organique.

Les nitrates constituent la forme dominante de l'azote minéralisé in vitro (86 à 96%). Ce résultat observé par Chen & Stark (2000) ; Iyamuremye & al. (2000), s'opposent à ceux de Guissé (1989) ; De Boer & al. (1996) et Uri & al. (2003) qui ont noté des concentrations en ammonium plus élevées que celles des nitrates sur divers types de sols acides. Ils ont relié ce faible taux de nitrification à une faible disponibilité des sols en éléments nutritifs tel que le phosphore.

Les corrélations entre activité biologique, fraction organique et texture des sols confirment les résultats de nombreux travaux antérieurs. Marschner & al. (2003) ont montré que la dynamique de la population microbienne était fonction de la quantité de carbone des résidus apportés (carbone soluble, carbone organique) ou bien du rapport C/N. Zech & al. (1997), puis Garcia-Gil & al. (2000) notent une corrélation positive entre l'abondance de cette communauté microbienne et la quantité de C disponible pour satisfaire ses besoins énergétiques. Chaussod & al. (1992) soulignent qu'à conditions pédoclimatiques comparables, la taille du compartiment « biomasse microbienne » est directement fonction du carbone disponible pour

satisfaire les besoins énergétiques des micro-organismes (carbone du sol plus ou moins biodégradable et surtout carbone des « entrées » par les végétaux : résidus de culture et rhizodépositions). Dans une étude plus récente, Diallo (2005) montre que l'activité biologique mesurée par la biomasse microbienne du sol est étroitement liée à la qualité de la litière apportée qui influence l'activité des micro-organismes du sol, par apport de substrat carboné dans les systèmes sol-végétation (Vance & Chapin, 2001).

Concernant les formes minérales d'azote, Heal & al. (1997) montrent que l'azote déterminant la croissance de la biomasse microbienne qui minéralise le C organique, est un facteur limitant de la décomposition des litières. Bernhard-Reversat & al. (1998) ont mis en évidence une corrélation significative entre l'azote minéralisable *in vitro* et la teneur en N total du sol dans divers peuplements ligneux (Acacias et autres). Des travaux conduits en conditions contrôlées de laboratoire sur une large gamme de sols tropicaux, ont mis en exergue une corrélation positive entre la teneur en azote total des litières et la fourniture en azote minéral du sol (Chotte & al., 1994 ; Constantinides & Fownes, 1994 ; Tian & al., 1995).

Partant de ces relations entre teneurs en carbone organique et azote total - apports des litières et rhizodépositions et des résultats de corrélations, nous pouvons donc expliquer les effets espèce, site et distance au tronc d'arbre observés sur l'activité biologique potentielle.

L'effet espèce sur l'activité potentielle biologique (disponibilité en nitrates), est ainsi lié aux différences d'apports d'éléments organiques, de vitesse de décomposition de cette matière organique et de minéralisation entre *Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*. Celles-ci sont selon de nombreux travaux épars (Sylla, 1986 ; Sanon & al., 2005 ; Tréca & al., 1996), favorables à *Acacia tortilis*. L'effet site sur l'activité biologique potentielle est lié aux différences d'apports carbonés et azotés entre Thieul, Tatki et Revane puisque que leurs rapports C/N sont dans le même ordre de grandeur (sous chapitre Matériel et Méthodes). Les teneurs en carbone organique et azote total obtenues, sont en effet nettement supérieure à Revane et Thieul du fait des productions et des quantités de litières plus importants, et des sols plus argileux (Revane).

L'effet distance au tronc d'arbre sur l'activité biologique est lié aux différences du niveau d'enrichissement en éléments carbonés et azotés, de vitesse de décomposition de la matière organique et de minéralisation entre les zones sous-couvert et hors couvert. Les rapports SC /HC trouvés, varient de 1,5 à 1,6 pour le carbone et de 1,5 à 10 pour l'azote. De nombreuses études ont indiqué des teneurs de carbone ou d'azote totaux sensiblement plus élevées sous les arbres (Charreau & Vidal, 1965 ; Belsky & al., 1989 ; Isichei & Muoghalu, 1992 ; Ovalle & Avendaño, 1988 ; Radwanski & Wikens, 1967 et Jung, 1969 in Akpo, 1992). Akpo (1998) a rapporté des rapports SC/HC variant de 1 à 3 pour le carbone et de 0,79 à 4 pour l'azote. Le rapport plus faible chez *Acacia tortilis* (Weltzin & Coughenor, 1990), indique une décomposition plus rapide et minéralisation plus intense en terrain ouvert, que sous couvert. Cela implique un apport en azote beaucoup plus importante notamment sur les sols argileux que celui du carbone, hors couvert. Cet apport ne peut

provenir que des exsudats racinaires de cette espèce à système racinaire traçant. Il permet d'expliquer en plus de la minéralisation intense consécutive et de la texture argileuse, l'effet rhizosphérique noté sur l'activité biologique chez *Acacia tortilis* et à Revane (teneurs en nitrates).

Les résultats montrent que les substrats des légumineuses notamment d'*Acacia tortilis*, de Thieul et Tatki présentent potentiellement les meilleures conditions de prolifération des rhizobiums, de nodulation, donc de fixation potentielle d'azote, que ceux d'*Acacia senegal*, de *Balanites aegyptiaca* et de Revane. La formation des nodules est la première étape de la fixation biologique chez les légumineuses (Guèye & Ndoye, 1998). Dans notre contexte, les densités de rhizobiums et de nodules plus élevées dans les sols d'*Acacia tortilis*, de Thieul et de Tatki suggèrent donc une fixation potentielle d'azote atmosphérique plus importante. A ce propos, Guèye & Ndoye (2003) ont aussi montré par des expériences en pot et en utilisant la méthode de dilution isotopique de l'azote-15, un potentiel de fixation d'azote beaucoup plus élevée chez *Acacia seyal* (59,7 %  $Ndf_a^{39}$ ) et *Acacia tortilis* (58,1 %  $Ndf_a$ ), comparées à *Faidherbia albida* (30,4 %  $Ndf_a$ ) et *Acacia senegal* (27,2 %  $Ndf_a$ ). Leurs travaux ont permis de distinguer les acacias à haut potentiel fixateur d'azote parmi lesquels nous avons *Acacia tortilis*, de ceux à faible potentiel comme *Acacia senegal*.

Les résultats des tests de fertilité révèlent des effets espèce, site et couvert sur la croissance et la production du maïs. Ainsi, Il est observé une croissance et une production plus élevées sur les sols des légumineuses comme *Acacia tortilis*, comparées à celles sur les sols de *Balanites aegyptiaca*. L'effet site distingue Tatki et Thieul de Revane, site au niveau duquel la croissance et la production sont plus faibles. L'effet couvert est plus net avec la production sur les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca*. Mais les quantités moyennes de matière sèche obtenues sont supérieures sur les sols des légumineuses.

Les résultats des corrélations indiquent une croissance et une production de matière sèche du maïs, très dépendantes de l'activité biologique (biomasse microbienne et minéralisation de l'azote) et des apports carbonés et surtout azotés (litières et rhizodépôts). La hauteur moyenne de croissance et la phytomasse aérienne et totale sont plus élevées sur les sols les plus riches en ammonium et en populations microbiennes. La croissance est également meilleure sur les sols qui présentent des teneurs en azote et une minéralisation plus importantes. La matière sèche aérienne et totale produite est aussi plus élevée sur les sols les plus riches en azote, carbone total et nitrates. La phytomasse racinaire est plus développée sur les sols sableux, riches en ammonium et présentant une minéralisation plus importante. Les apports carbonés en formes minérales expliquent les effets espèce, site et distance au tronc d'arbre, observés sur la croissance et la production de matière sèche de maïs en serre.

Puisque les moyennes de biomasse microbienne et d'azote ammoniacal disponibles ne varient pas significativement entre les sols d'*Acacia tortilis*, *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* (cf. Tableau 31), l'effet

---

<sup>39</sup> : Pourcentage d'azote dérivé de la fixation (% $Ndf_a$ )

espèce sur la croissance serait donc lié aux différences d'apports en azote et en carbone total et du rapport C/N.

La faible croissance et production obtenue sur les sols de Revane qui renferment pourtant les populations microbiennes et les teneurs en nitrates les plus élevées, s'expliquent par la texture argileuse qui est un frein à l'expansion du système racinaire du maïs et à sa croissance.

L'effet couvert plus significatifs sur les sols d'*Acacia senegal* et de *Balanites aegyptiaca* est du à l'effet rhizosphérique qui réduit les écarts de croissance et de quantité de matière sèche produite entre le sous couvert et le hors couvert sur les sols d'*Acacia tortilis* et de Revane

Globalement, l'étude a permis d'observer une variation des paramètres de croissance et de production en fonction des types de sols, donc des types de litières. L'analyse de l'effet espèce a permis d'obtenir une meilleure croissance et une phytomasse plus élevée sur les sols des légumineuses notamment d'*Acacia tortilis*, comparés aux sols de *Balanites aegyptiaca*. Cet effet variable des types de litières (ou sols) sur la croissance et la production a été souligné dans de nombreux travaux antérieurs. Diallo (2005) a montré que la croissance du mil et du maïs en serre est stimulée par les litières de *Faidherbia albida* et d'*Acacia indica*. Les litières de ces légumineuses favorisent chez le maïs, une meilleure croissance en hauteur (102,3 et 107,3 cm respectivement) et une biomasse aérienne (2,9 et 3,3 g), plus élevée par comparaison au témoin (86,9 cm et 1,3 g) et autres litières.

Ces résultats obtenus en conditions expérimentales (serre) en termes d'impacts de l'évolution des ligneux sur la fertilité des sols et leur productivité, montrent que :

L'arbre a un effet positif sur la production du maïs, à mettre en relation avec :

- le relèvement du niveau de fertilité des sols sous couvert par effet rhizosphérique (turn-over des racines) et/ou apport de matière organique azotée à partir des retombées de la litière,
- une bonne minéralisation sous les arbres qui dépend du rapport C/N,
- Une activité microbienne plus intense sous les arbres liée en partie à la taille du compartiment microbien (biomasse) et à la part probable dans celui-ci, des bactéries fixatrices d'azote (Rhizobiums).

L'effet positif est semblable à tous les niveaux d'analyse (sites, espèces), mais l'ampleur variable selon ces deux paramètres, permet de déceler une meilleure production dans les sites sableux à sablo-limoneux (Tatki et Thieul) et sous les espèces *Acacia tortilis* et *Acacia senegal*. Ces sites et ces espèces présentent respectivement une meilleure activité microbienne (une bonne minéralisation) et un effet rhizosphérique élevé. La texture argileuse constitue un facteur limitant pour le site de Revane, malgré une teneur en matière organique plus élevée. Cependant, ces effets bénéfiques des arbres sont entrain d'être annihilés par l'évolution qualitative et quantitative régressive du peuplement ligneux, notamment celle de ses meilleures espèces. En effet, les légumineuses, une des familles les plus importantes du milieu sahélien, subissent une régression liée à l'inhibition de la régénération de ses espèces (broutage) et au vieillissement des populations existantes. Cette

famille, comparée aux autres populations d'espèces est faiblement représentée dans la zone (5.78%) et son taux de régénération est insignifiant (2.5%). Diédhiou indiquait en 1994 dans la strate ligneuse de la zone une diminution de la proportion des légumineuses aussi bien en termes de diversité spécifique qu'en termes de densité. Diouf (2000) soulignait qu'*Acacia tortilis* (1989 : 4,9% ; 1998 3,1%), espèce clé de voûte des sols Diéri, faisait place progressivement à un paratype de substitution représenté par *Balanites aegyptiaca* (Valenza & Diallo, 1972). Aronson & al. (1993) ajoutait que la perte d'espèce clé de voûte accélère la dégradation.

A l'échelle de la station, les changements de la composition floristique et de densité des peuplements ligneux induisent sous certaines conditions également des modifications du fonctionnement et de la productivité des écosystèmes par l'influence qu'exerce l'arbre sur son environnement. Ainsi, il est probable dans un contexte de progression des populations de *Balanites aegyptiaca* de régression de celles des légumineuses et d'*Acacia tortilis* en particulier, que nous assistions à une diminution de l'activité potentielle du milieu (minéralisation, fixation d'azote), de la production fourragère et de la fertilité des sols.

Cependant, s'il est clair maintenant que la composition spécifique influence la productivité de l'écosystème, il reste cependant à préciser les seuils de densités et de recouvrement dans lesquels les meilleures espèces doivent être maintenues dans peuplements végétaux pour augmenter cette fertilité.

En effet, des mesures en conditions expérimentales comme celles réalisées en conditions naturelles par Akpo, (1998), ont révélé une corrélation inverse entre l'augmentation de la couverture ligneuse (densité, recouvrement...) et celle de la production herbacée. L'augmentation du couvert ligneux n'est pas souvent synonyme d'une élévation de l'apport de matière organique, et par conséquent de la fertilité des sols.

La présence d'espèces à grande extension latérale dans les faibles ou moyennes densités de peuplements semble toutefois important dans la minéralisation, le relèvement de la fertilité des sols et indirectement dans l'accroissement de la production fourragère.

## Conclusion

L'étude des impacts de la dynamique des peuplements ligneux sur le fonctionnement des sols a mis évidence un effet espèce, site, couvert et rhizosphérique sur l'activité potentielle des sols, la fixation d'azote, la fertilité et la productivité potentielle des sols. Ces effets se traduisent globalement par une meilleure minéralisation et production potentielles sur les sols des légumineuses notamment sur ceux d'*Acacia tortilis*, et sur les sols les sableux à sablo-limoneux recevant des apports de matières organiques plus élevés.

Pourtant, les écosystèmes pastoraux subissent actuellement une régression des légumineuses et d'*Acacia tortilis*, remplacés par des populations d'espèces pionnières telles que *Balanites aegyptiaca* dont les effets positifs sur la fertilité potentielle des sols, sont plus réduites. Les conséquences prévisibles de cette dynamique sont une diminution de la production herbacée et fourragère, et un problème de stabilité et de viabilité des écosystèmes pastoraux qui dépendent en grande partie de cette production.

## **CHAPITRE 9 : CONSEQUENCES DE LA DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX SUR LES USAGES ET LES PRATIQUES, ET PERCEPTION DE LA GESTION DES RESSOURCES LIGNEUSES**

### **9. 1. INTRODUCTION**

Ce chapitre est consacré à l'étude des changements de stratégie des populations face à l'évolution d'une ressource importante de l'écosystème. Il ne s'agit pas d'une description ponctuelle du rôle socio-économique des ligneux (Le Houerou, 1980), mais d'une analyse de l'évolution des usages et pratiques en relation avec celle des ressources ligneuses.

L'évolution régressive du peuplement ligneux est la conséquence des sécheresses, des facteurs anthropiques combinées ou non (activités agricoles, exploitation forestière clandestine, mauvaises pratiques de l'élevage). Les usages et les pratiques sont vus dans le sens de cette évolution, comme des causes. Cependant ils peuvent aussi être des éléments du système subissant les changements qu'ils ont engendrés. Ce double statut des notions d'usages et de pratiques, rappelle la propriété de «causalité circulaire» ou «boucle entretenue par ses produits», qui définit la finalité d'un système ou d'un écosystème (Frontier, 1999). Les usages et les pratiques peuvent ainsi être perçus comme des variables susceptibles d'être influencées par l'évolution du milieu. Ainsi, l'étude se propose d'analyser :

- Les impacts des modifications du peuplement ligneux sur les usages et les pratiques (usages pastoraux et domestiques, exploitation des ligneux, habitat pastoral, gestion des parcours, bétail) ;
- La perception des populations pour les actions et interventions dans le milieu (gestion actuelle, réglementation ancienne des usages, reboisements, mise en défens...).

### **9. 2. MATERIEL ET METHODES**

#### **9. 2. 1. Enquête**

L'enquête est réalisée à partir du même questionnaire, dans les campements précédemment retenus à Tatki, Revane et Thieul (chapitre II).

Les questions portent sur :

- les ressources ligneuses utilisées par le passé et celles mobilisées maintenant (présent) dans les usages et pratiques. Le passé fait référence à la période d'avant sécheresse de 1973 ou à la période d'installation (campements dont la durée de présence sur le terroir est comprise entre 24 et 30ans). Le présent correspond à la période (maximum 5 ans), entourant l'année 2003 pendant laquelle le questionnaire a été administré ;
- les impacts de l'évolution des ressources ligneuses sur les usages et les pratiques ;
- et sur la perception de la gestion des ressources ligneuses.

Les données sont des listes d'espèces et des réponses qualitatives ou quantitatives. La vérification des noms d'espèces citées et l'actualisation des synonymies, est réalisée respectivement à partir de la Flore du Sénégal (Berhaut, 1967), de l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale (Lebrun & Stork, 1991-1997) et de l'ouvrage d'Arbonnier (2000).

### 9. 2. 2. Traitements des données

Les données sont traitées à l'aide des tableurs d'Excel et d'Xlstat. Elles sont présentées pour l'essentiel, sous forme de tableaux ou des histogrammes de fréquences de citations (%).

L'évolution des usages, a été suivie en utilisant une AFC appliquée sur la matrice Types d'usages (10)/Sites-Période (8). Les données de ce tableau sont présentées, de la manière suivante :

- les individus sont les types d'usages,
- les variables sont les sites (Ferlo, Tatki, Thieul, Revane), affectés des deux indications relatives à la période à laquelle se rapporte l'espèce citée (Passé, Présent), soit 8 caractères au total,
- l'effectif (nombre d'espèces), à l'intersection de chaque individu et de chaque variable.

## 9. 3. RESULTATS

### 9. 3. 1. Evolution des usages

Ce sous-chapitre analyse les changements globaux d'usages (types d'usages), à partir du nombre d'espèces ligneuses mobilisées et établit une typologie des activités exercées par site et par période.

Pour étudier cette évolution, la matrice Types d'usages (10)/Sites-Période (8) est soumise à une AFC. Le plan principal de l'AFC explique 80% de l'information contenue dans ce tableau de données (Figure 27). Le premier axe F1 distingue les sites suivant les usages caractéristiques du passé et du présent tandis que F2 distingue Tatki, de Revane suivant les types d'usages exercés (Figure 27).

L'axe F1 montre à partir du nombre d'espèces mobilisées, que le ramassage du bois de chauffe, les coupes pour le fourrage et le bois énergie, (notamment à Tatki et à Revane), les défrichements (Revane, Thieul), étaient les principaux usages au Ferlo (Figure 27). Maintenant la pharmacopée traditionnelle, la fabrication du charbon de bois (Thieul) et le commerce des produits et sous produits ligneux (Tatki), sont les usages qui s'exercent le plus sur les ligneux. Cet axe révèle que les usages du passé étaient plus destinés à la consommation (humaine ou animale), aux services et pratiques domestiques, que ceux actuels, à Tatki et à Thieul, plus orientés vers la procuration de revenus. Par ailleurs, les usages pour la consommation et les services ou pratiques domestiques, utilisaient moins d'espèces. A Revane, ces activités à vocations alimentaires et domestiques se sont maintenues et sont celles qui utilisent jusqu'à nos jours, le plus grand nombre d'espèces ligneuses. Il y a donc, une évolution vers des activités plus lucratives et plus mobilisatrices d'espèces ligneuses (Pharmacopée traditionnelle, fabrication de charbon, commerce), à Thieul et à Tatki.



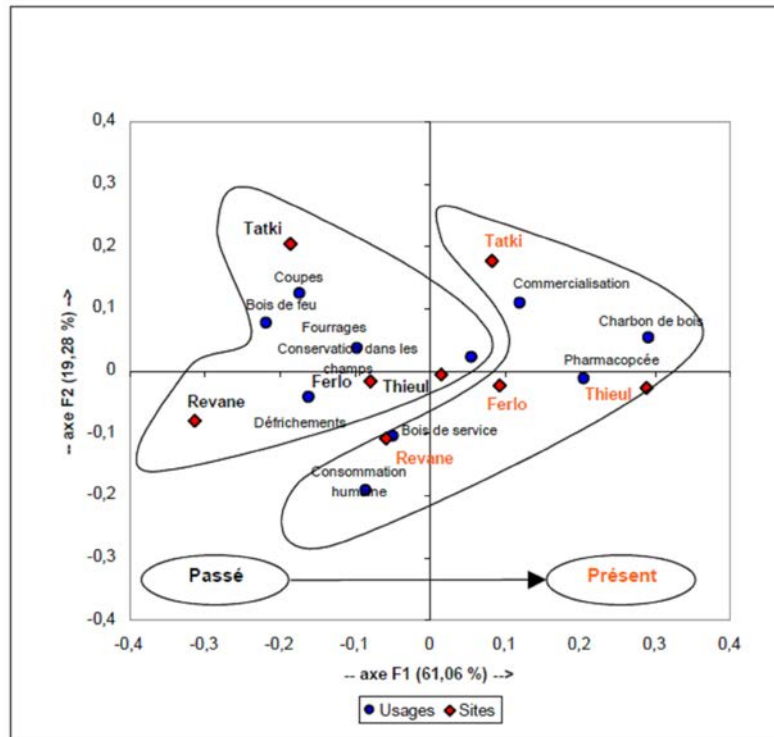


Figure 27 : Evolution d'ensemble des usages, analysée à partir d'une AFC (F1 & F2 : 80.4%)

L'axe F2 sépare Tatki et Revane sur les deux périodes (Figure 27). Les coupes pour le bois énergie d'une part et les défrichements d'autre part, constituaient respectivement, les activités mobilisatrices d'espèces, pour les deux sites. Actuellement, le commerce des dérivés ligneux est le principal usage à Tatki. A Revane, c'est toujours la consommation humaine et le bois de service qui sollicitent le plus grand nombre d'espèces. Les usages mobilisateurs de ressources ligneuses observés à Tatki pour les deux périodes, sont en relation avec l'extérieur (commerce, bois énergie..), contrairement à ceux de Revane qui sont plus internes ou domestiques. Cette observation établit un lien entre la distribution des types d'usages sur les ligneux et le gradient d'accessibilité du site, quelle que soit la période étudiée. Les usages lucratifs qui utilisent plus d'espèces ligneuses, s'exercent dans les plus accessibles (Tatki et Thieul).

A ces dynamiques d'ensemble, s'ajoutent des modifications quantitatives (pression) et qualitatives (type de ressources utilisées), au niveau de chaque usage.

### 9. 3. 2. Impacts sur les usages

La fréquence de citation<sup>40</sup> est utilisée pour évaluer la pression (fréquence d'usage) sur la ressource ligneuse. En effet, l'attention portée sur une ressource et qui amène l'interlocuteur à la citer, relève non seulement de l'habitude à voir la ressource dans le milieu, mais aussi de son utilisation fréquente. De ce fait, plus une

<sup>40</sup> : L'attention portée sur une ressource et qui amène l'interlocuteur à la citer, peut relever non seulement de l'habitude à voir la ressource dans le milieu mais aussi de son utilisation fréquente. Par conséquent, plus une espèce est citée par usage, plus elle serait fréquemment utilisée. De ce fait, la pression dont il est question dans ce chapitre est celle qui est relative à la fréquence de prélèvements, et non celle en terme de quantité de ressources utilisées.

espèce est citée par usage, plus elle est fréquemment utilisée. Ainsi, il s'agit dans ce chapitre d'une pression relative à la fréquence de prélèvements et non d'une pression en termes de quantité de ressources utilisées.

### 9. 3. 2. 1. Conséquences sur l'utilisation du bois de feu et de service

L'utilisation des arbres et arbustes pour la cuisson est d'une grande importance, dans les zones où les sources de combustibles à base de pétrole sont absentes ou trop coûteuses (Mckell M.C., in Le Houerou, 1980). Les ligneux sont également utilisés par les habitants des zones rurales pour construire les abris, les enclos, les clôtures, les haies sèches, les palissades, lits et autres instruments domestiques.

La figure 28 représente pour les deux périodes (passé, présent), les fréquences de citations des espèces utilisées pour le bois feu.

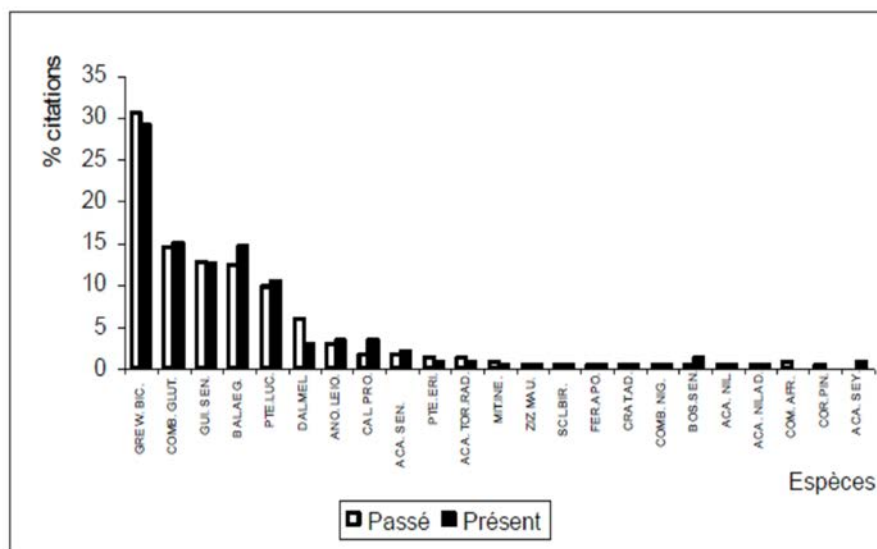


Figure 28 : Fréquences d'usages des ligneux pour le bois de chauffe au Ferlo (Passé-Présent)

L'analyse de cette figure, montre trois types d'évolution :

- une fréquence d'utilisation accrue ou toujours élevée sur les ressources caractéristiques et disponibles du milieu (*Balanites aegyptiaca*, *Calotropis procera*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*), mais aussi sur certaines espèces en difficulté dans le peuplement (*Pterocarpus lucens* ; *Anogeissus leiocarpus*) ;
- Une diminution de la pression d'usage sur les espèces en régression telle que *Dalbergia melanoxylon*, *Grewia bicolor*, mais cette pression demeure toujours élevée, comparée aux autres espèces citées ;
- une disparition de *Cordyla pinnata* et de *Commiphora africana*, de la liste des ressources ligneuses utilisées.

Tatki et Thieul présentent les mêmes types d'impacts. Cependant, les listes des ressources utilisées varient en fonction de la dynamique décrite par chaque peuplement. Il faut ajouter à la liste des espèces disparues dans

cet usage, *Pterocarpus erinaceus*, à Thieul. A Tatki, la pression demeure toujours élevée sur *Acacia tortilis*, mais elle est réduite comparée au passé, à cause de la faible densité de cette population. Cette pression s'est étendue sur d'autres légumineuses telles qu'*Acacia senegal* et *Acacia seyal* (Thieul). Les mêmes espèces sont employées comme bois de feu, à Revane. Ce maintien est favorisé par la plus grande stabilité du peuplement ligneux sur ce site (chapitre 5).

Les espèces utilisées maintenant pour chauffer ou cuire possèdent selon les populations, un potentiel énergétique plus faible et une "durée de vie" plus courte que celles d'antan (*Cordyla pinnata*, *Dalbergia melanoxylon*, *Pterocarpus erinaceus*). Le bois actuel est moins chauffant et s'estompe plus rapidement ; donc son rendement est plus faible. Les espèces d'aujourd'hui, produisent également plus de fumée et sont également moins résistantes à l'humidité des eaux de pluies.

Quelle que soit l'échelle d'analyse (Ferlo ou par site), l'évolution des ressources utilisées pour le bois de feu est en relation avec la dynamique des peuplements. L'usage s'est accru sur les ressources disponibles du milieu qui sont en plus, moins énergétiques. La pression a diminué dans le temps, sur les meilleures ressources devenues rares ; mais la pression sur celles-ci reste toujours élevée. L'usage a par contre disparu sur les ressources qui n'existent plus dans le terroir. Il y a une perte de qualité qui est compensée par une utilisation abondante de ressources moins efficaces.

La figure 29 représente les fréquences de citations des ressources ligneuses utilisées comme bois de service, au cours des deux périodes.

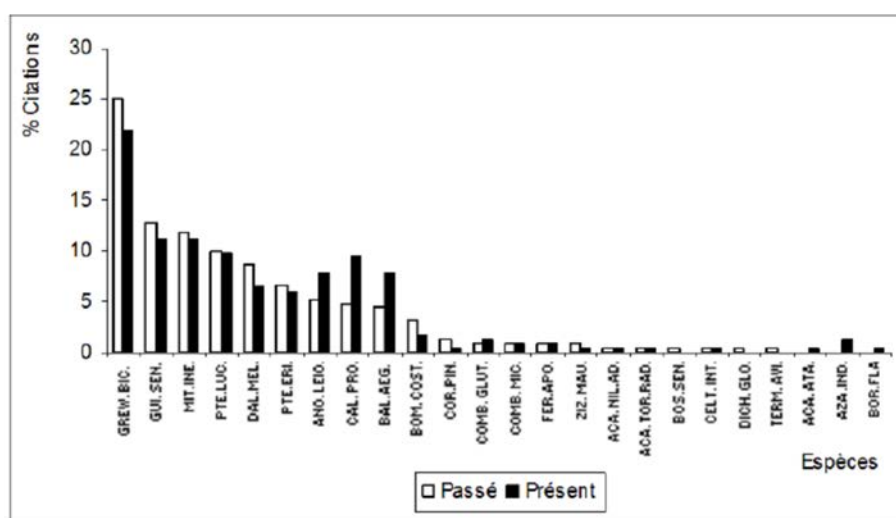


Figure 29 : Fréquences d'usages des ligneuses pour le bois de service au Ferlo (Passé-Présent)

Sur le plan qualitatif, l'analyse du graphique ne montre pas de changements majeurs pour cet usage au Ferlo. L'usage concerne pratiquement les mêmes espèces : *Boscia senegalensis*, *Dichrostachys glomerata*, *Terminalia avicennioides*.

Cependant, sur le plan semi-quantitatif, il est noté :

- une fréquence d'usage toujours élevée, sur les espèces caractéristiques du milieu ou en régression telles que *Guiera senegalensis*, *Mitragyna inermis* et *Pterocarpus lucens* ; et accrue sur *Calotropis procera*, *Balanites aegyptiaca* et *Anogeissus leiocarpus* (Figure 29) ;
- une pression toujours élevée, sur des espèces rares telles que *Grewia bicolor*, *Dalbergia melanoxydon*, *Pterocarpus erinaceus* et *Bombax costatum*, mais qui a diminué par rapport au passé.

Ces résultats s'observent également au niveau des sites pris individuellement, avec des listes d'espèces variables en fonction de la dynamique floristique de chaque peuplement. Il n'y a pas eu de changements qualitatifs à Tatki et à Thieul. A Revane par contre, *Terminalia avicennioides* a disparu dans l'usage du bois de service. La pression exercée sur les ligneux pour les usages domestiques, est plus importante dans ce site (cf. Evolution globale des usages).

Les espèces ligneuses caractéristiques utilisées actuellement comme bois de service, sont de l'avis des populations moins commodes, moins confortables et rigides, donc moins résistants. Les ressources rares ou en régression, sont meilleures que celles utilisées actuellement. Il s'agit de : *Mitragyna inermis*, *Grewia bicolor*, *Dalbergia melanoxydon*, *Pterocarpus erinaceus*, *Bombax costatum* et *Anogeissus leiocarpus*.

Les résultats montrent que l'évolution dans cet usage est liée celle des peuplements ligneux. Comme pour le bois de feu, il y a également une compensation quantitative de la perte de matière première de qualité.

### 9. 3. 2. 2. Conséquences sur la pharmacopée traditionnelle

La figure 30 représente pour les deux périodes, les fréquences de citations des ressources ligneuses utilisées dans la médecine traditionnelle (pharmacopée traditionnelle).

L'analyse révèle que le choix des espèces dans la pharmacopée traditionnelle, suit l'évolution des peuplements ligneux.

Sur le plan qualitatif, l'usage a disparu sur les essences qui n'existent plus dans le terroir : *Ekebergia senegalensis*, *Bombax costatum*, *Securidaca longepedunculata*, *Terminalia avicennioides* et *Securinega virosa*.

Sur le plan semi-quantitatif, il est noté :

- Un accroissement de la pression sur les ressources les plus disponibles (*Combretum glutinosum*, *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis* et *Boscia senegalensis*), mais aussi sur quelques essences menacées (*Ziziphus mauritiana*, *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor* et *Adansonia digitata*) ;

- Une diminution dans le temps, de la pression sur quelques espèces en régression (*Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Ximenea americana*, *Heeria insignis*, *Diospyros mespiliformis* et *Ficus iteophylla*). Cette pression est toujours élevée, comparée aux autres ressources citées ;

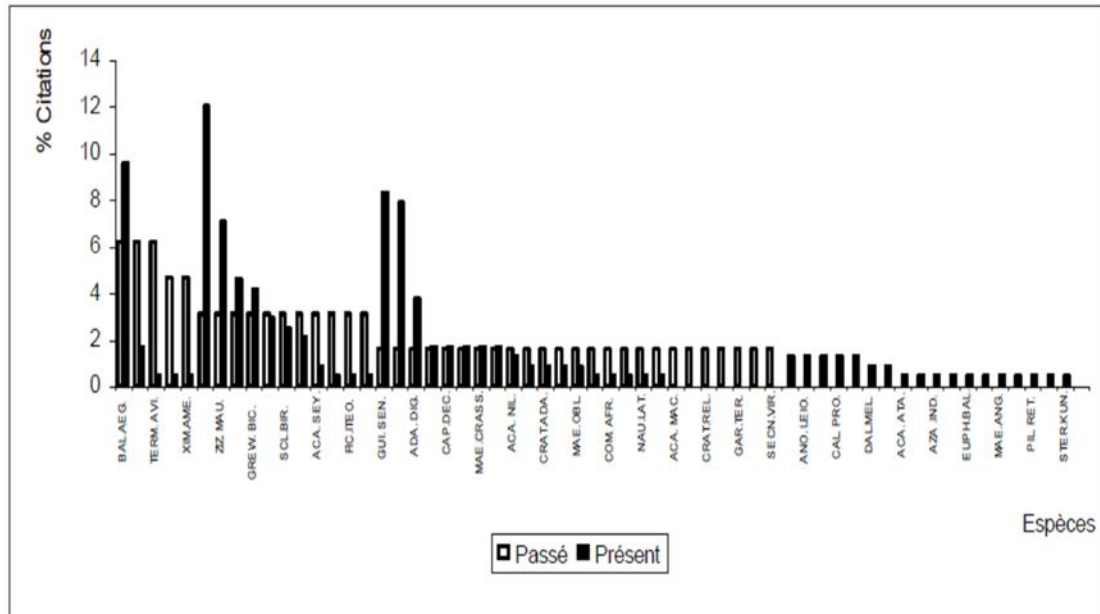


Figure 30 : Fréquences d’usages des ligneuses pour la pharmacopée traditionnelle au Ferlo (Passé-Présent)

- Un maintien de l’usage sur les ressources suivantes : *Cassia sieberiana*, *Sclerocarya birrea*, *Mitragyna inermis*, *Capparis decidua*, *Capparis tomentosa*, *Maerna crassifolia*, *Salvadora persica* et *Acacia nilotica*. Leur utilisation nécessite cependant, de longs déplacements vers des zones où ces espèces sont présentes (mares, savanes denses...).

A Tatki, Thieul et Revane, les listes d’espèces qui étaient utilisées, sont allongées soit par les espèces introduites au cours des reboisements, soit par l’anthropisation (espèces pionnières).

L’analyse montre ainsi une diminution qualitative et une substitution progressive, des meilleures espèces disparues, par des taxons de valeur moindre en progression naturelle ou artificielle dans le milieu. Pour cet usage, il n’y a pas de compensation quantitative nette de la perte de qualité au niveau local. La pression est maintenue sur les meilleures ressources.

### 9.3.2.3. Conséquences sur l’alimentation humaine

La figure 31 représente pour les deux périodes, les fréquences d’usages des ressources ligneuses consommées par les populations.

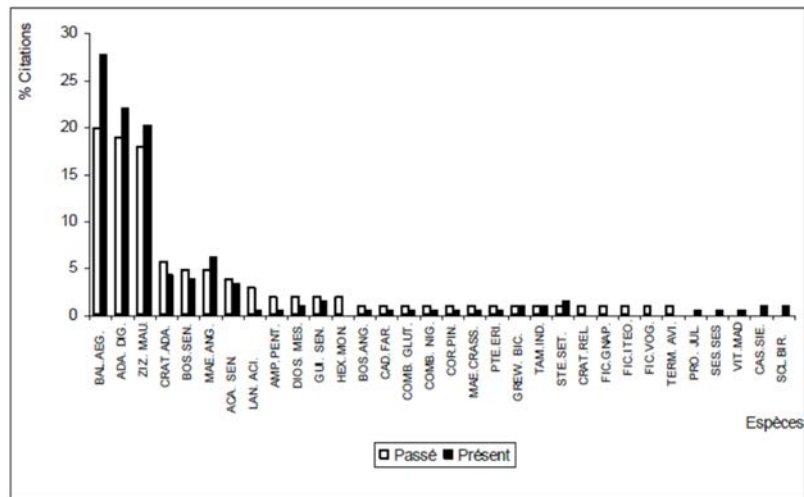


Figure 31: Fréquences d'usages des ligneuses pour l'alimentation humaine au Ferlo (Passé-Présent)

A l'échelle du Ferlo, l'analyse de cette figure montre :

Sur le plan qualitatif :

- Une disparition dans le terroir, de certaines ressources, qui met fin à leurs usages dans l'alimentation (*Hexalobus monopetalus*, *Ampelocissus pentaphylla*, *Crateva religiosa*, *Ficus sp* et *Terminalia avicennioides*) ;
- Une intégration des ressources issues des reboisements, dans le régime alimentaire : *Prosopis juliflora* ;

Sur le plan semi-quantitatif :

- une consommation accrue chez les espèces nouvellement abondantes, ainsi que chez quelques espèces en régression (*Balanites aegyptiaca*, *Adansonia digitata* et *Ziziphus mauritiana*) ;
- Une diminution de la consommation des ressources inaccessibles (*Lannea acida*, *Diospyros mespiliformis* et *Tamarindus indica*) ;

Les mêmes impacts sont notés à Tatki, Thieul et Revane. Cependant, les ressources qui caractérisent ces différentes formes d'impacts, varient en fonction du site.

Les résultats montrent une substitution progressive des ressources disparues ou inaccessibles, par des ressources nouvellement abondantes ou introduites dans le milieu qui possèdent des qualités alimentaires plus ou moins équivalentes à celles d'antan.

#### 9. 3. 2. 4. Impacts sur le commerce des produits ligneux ou non ligneux

Les fréquences d'usages des espèces commercialisées au passé et maintenant, sont représentées sur la figure 32.

L'analyse de la figure ne révèle pas une évolution qualitative de l'usage des ressources ligneuses pour le commerce. Les produits ligneux vendus hier et maintenant sont issus des mêmes essences.

Cependant, une commercialisation intense s'effectue sur les produits d'espèces abondantes et sur certaines essences en régression, mais qui sont abondamment consommées : *Balanites aegyptiaca*, *Adansonia digitata* et

*Ziziphus mauritiana*. L'accroissement de la commercialisation, se fait au détriment d'autres telles que *Acacia senegal* (Tatki et Revane) et *Acacia tortilis* (Thieul).

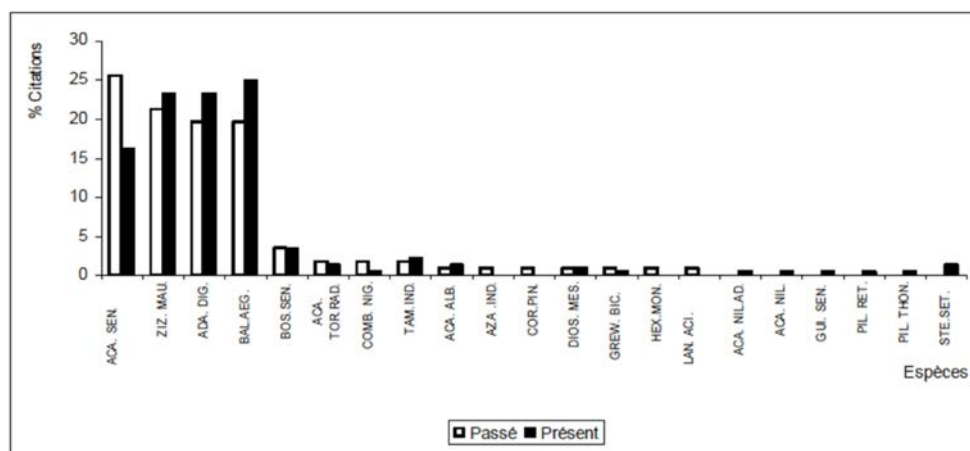


Figure 32 : Fréquences d'usages des ligneuses pour le commerce au Ferlo (Passé-Présent)

Les résultats montrent ainsi une substitution du commerce des produits de légumineuses (gomme, gousses), par d'autres produits issus d'essences en progression ou en régression dans le milieu telle que *Balanites aegyptiaca*, *Adansonia digitata* ou *Ziziphus mauritiana*.

### 9. 3. 2. 5. Impacts sur le fourrage et les coupes

La figure 33 représente pour les deux périodes étudiées, la fréquence d'usage des espèces fourragères.

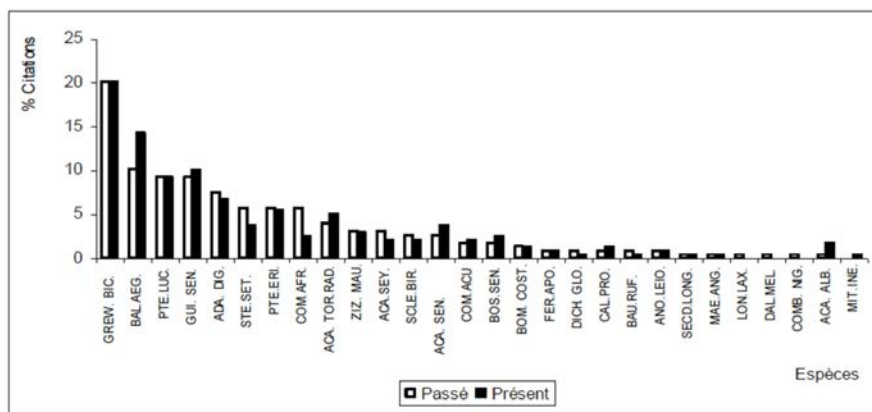


Figure 33 : Fréquences d'usages des ligneuses pour le fourrages au Ferlo (Passé-Présent)

Il ressort de l'analyse de cette figure qu'il n'y a pas de changements qualitatifs notoires dans la liste des ressources fourragères au cours de ces trente dernières années. Les mêmes espèces ligneuses sont utilisées à l'échelle du Ferlo (*Adansonia digitata*, *Sterculia setigera*, *Balanites aegyptiaca*, *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinacens*, *Guiera senegalensis* et *Grewia bicolor*).

Toutefois, l'analyse révèle sur le plan quantitatif :

- une augmentation de la pression sur les espèces les plus abondantes dans le milieu (*Balanites aegyptiaca* et *Guiera senegalensis*) et sur les légumineuses (*Acacia tortilis*, *Acacia senegal*), dont les populations ont régressé à l'échelle du terroir ;
- Par contre, sur *Commiphora africana* et *Sterculia setigera*, en régression du fait respectif du broutage et du climat, la pression a diminué dans le temps. Cependant, elle reste élevée comparée aux autres ressources fourragères de la liste.

En dehors du broutage direct, les ressources fourragères sont obtenues tout comme celles du bois énergie, par élagage des arbres. Ainsi, l'analyse de la figure 34 représentant les fréquences de citations des ressources ligneuses coupées, montre pratiquement les mêmes résultats que ceux décrits pour les essences fourragères.

Ces résultats montrent des variations de pression sur les ressources qui traduisent une adaptation progressive du régime alimentaire du bétail aux ressources disponibles et abondantes du milieu. Les meilleures ressources fourragères devenues rares (légumineuses, burséracées), subissent une substitution progressive à l'échelle du terroir. Il n'y a pas de compensation quantitative de la perte qualité.

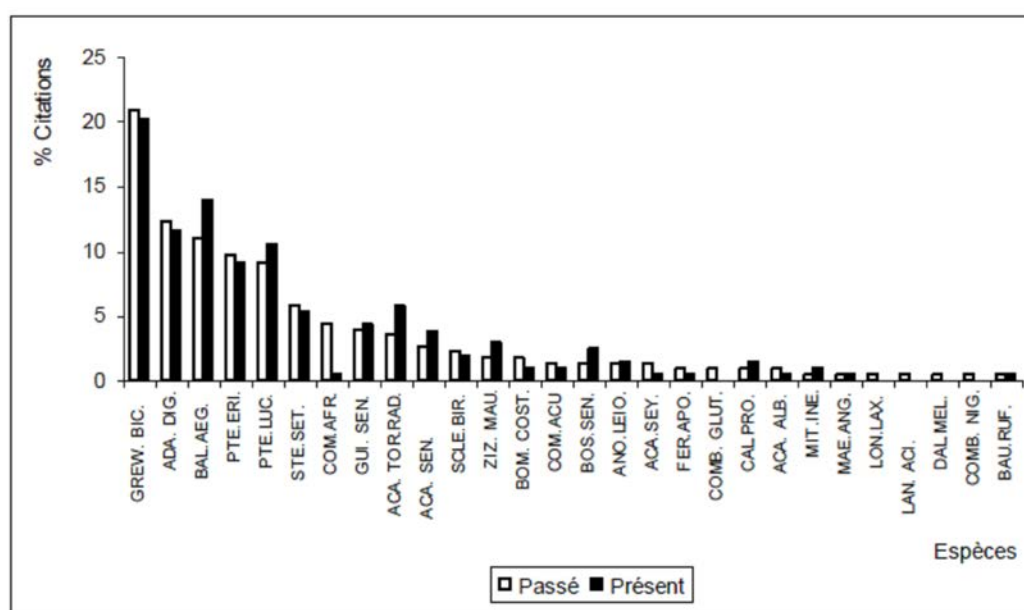


Figure 34 : Fréquences d'usages des ligneuses à travers les coupes au Ferlo (Passé-Présent)

### 9. 3. 3. Impacts sur les pratiques

#### 9. 3. 3. 1. Impacts sur les pâturages : le mode de conduite et la productivité

La figure 35 représente selon les populations, les impacts directs sur les pâturages, de la dynamique du peuplement ligneux.



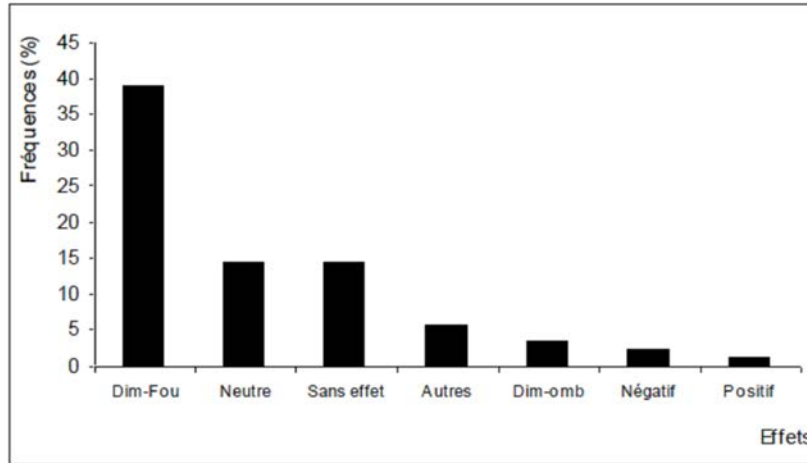


Figure 35 : Impacts sur les pâturages

Les effets sont de l'avis général, négatifs. La disparition ou la régression des arbres a contribué à la fragilisation de l'élevage. Cette fragilisation s'est matérialisée par une diminution du fourrage et par conséquent, celle des compléments nutritifs.

La production et la qualité fourragère ont baissé non seulement du fait de l'excédent de pression qu'elle subit (surpâturage), mais aussi à cause de l'absence de d'arbres, de la disparition progressive du couvert ligneux (Figure 36).

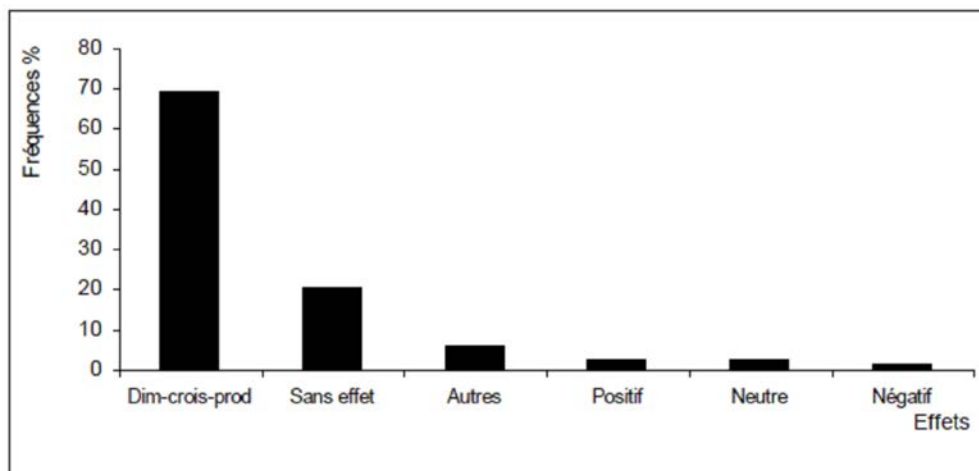


Figure 36 : Impacts sur la strate herbacée

Les impacts notés autour mares sont également négatifs et sont consécutifs à l'absence du rôle anti-érosif de l'arbre (figure 37). Ils se traduisent essentiellement par des ensablements et des réductions de la durée d'écoulement des mares (Dim-écoulement), un réchauffement, une évaporation et un tarissement rapides. Il y a de moins à moins d'ombre autour des mares pour le repos des animaux, après les abreuvements (Dim-omb).

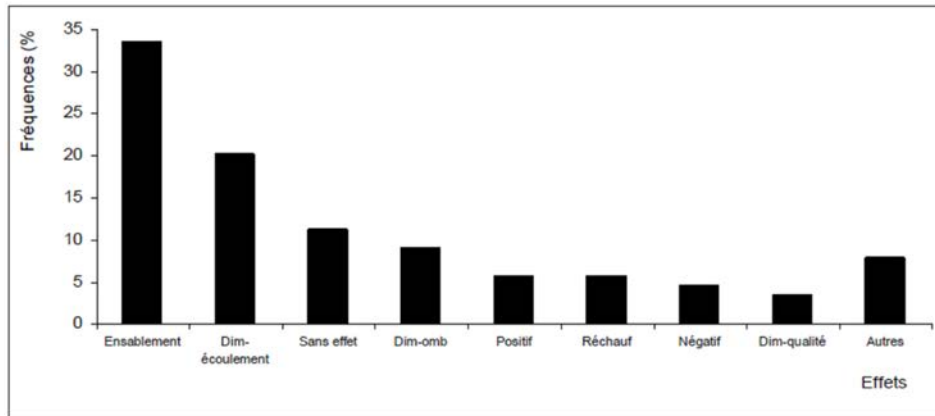


Figure 37 : Impacts sur les mares

La figure 38 représente selon les populations, les impacts sur le mode de conduite du bétail.

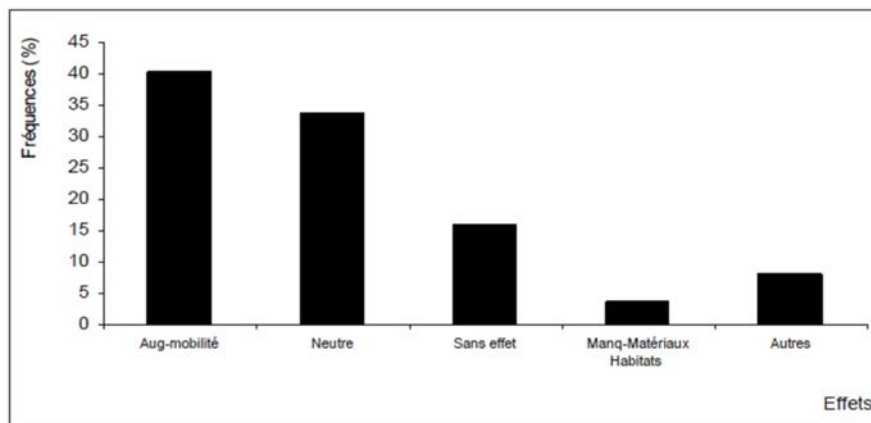


Figure 38 : Impacts sur les modes de conduite du bétail

L'augmentation de la mobilité et de la divagation (Aug-mobilité), avec la transhumance et les déplacements sur de longues distances (cf. Impacts sur l'usage des ligneux fourragers), a été l'impact le plus souligné par les populations, à l'échelle des trois forages. Ces changements sont consécutifs à la rareté des ressources ligneuses surtout pour les petits ruminants, en saison sèche (chèvres). Concernant la mobilité, les populations ont noté une augmentation de la vitesse des déplacements. Avec la divagation, les populations signalent des changements fréquents de parcours et des séjours courts sur ces derniers. De l'avis des populations, cette mobilité et cette divagation affaiblissent les animaux.

En ce qui concerne la productivité des animaux, une proportion importante des populations interrogées relie la dynamique du peuplement ligneux à l'état des animaux. Ces populations constatent une diminution de l'embonpoint et de la productivité des animaux (Dim-gros-prod), donc de celles de la qualité et de la quantité de lait et de viande produite (Figure 39). Elles ont également remarqué une réduction des effectifs (Dim-effect), du fait de la mortalité élevée du bétail, provoquée par la famine (Faim bétail). Ces impacts négatifs sont liés selon eux, à la disparition progressive de la fonction de compléments nutritifs des ligneux.

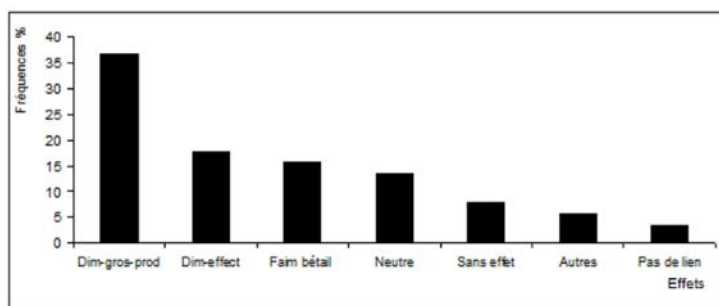


Figure 39 : Impacts sur la productivité des animaux

### 9. 3. 3. 2. Impacts sur la fertilité des sols

Selon les populations, les impacts de la dynamique régressive du peuplement ligneux sur les sols, sont également négatifs (sensu lato), (Figure 40).

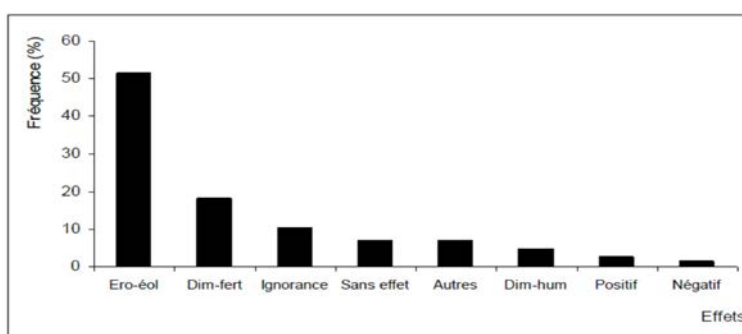


Figure 40 : Impacts sur les sols

Les effets négatifs sont relatifs à l'accentuation de l'érosion éolienne (Ero-éo) et à la diminution de la fertilité des sols (Dim-fert). La diminution du couvert ligneux entraîne selon eux, une absence de protection et d'apport en matières organiques aux sols. Ainsi, l'action anti-érosive (écran contre les vents et la fixation des sables) et enrichissante, disparaît.

Sur les cultures, la baisse de rendement consécutive à celle de la fertilité, est l'aspect négatif le plus cité (Figure 41).

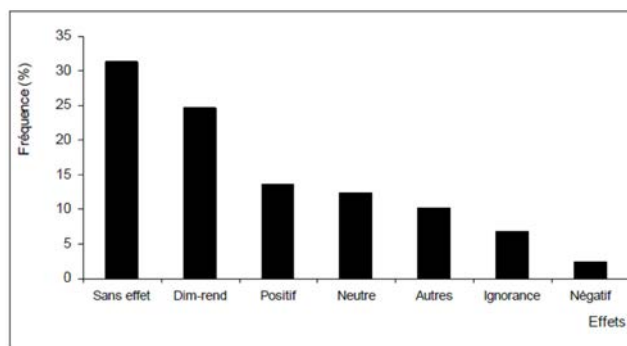


Figure 41 : Impacts sur les cultures

### 9. 3. 4. Gestion des ressources ligneuses au Ferlo

L'étude porte sur la perception que les populations ont de la gestion des ressources ligneuses. La gestion fait appel aux usages, aux acteurs, aux espaces concernés par la gestion et aux règles d'accès à la ressource. La caractérisation de l'impact de la dynamique sur les usages et pratiques a implicitement décrit les types d'usages<sup>41</sup> exercés sur les ressources ligneuses. Des études (Barral, 1982), ont également détaillé les espaces<sup>42</sup> concernés par la gestion, les acteurs<sup>43</sup> intervenant sur les ressources et les règles d'accès. La diversité des acteurs utilisant les ressources ligneuses (villageois ou communautaires, institutionnels, non-institutionnels), est à l'origine de différences de perceptions (Enda-Graf, 1992). Ainsi, le choix a été fait d'analyser les points de vue des populations pastorales sur les règles d'accès, les interventions dans le milieu (reboisement, mise en défens), les contraintes à une bonne gestion et les besoins en termes d'aménagement.

#### 9. 3. 4. 1. Perception des règles d'accès

##### 9. 3. 4. 1. 1. Accès actuel aux ressources ligneuses selon les populations

L'étude analyse dans ce paragraphe la perception des populations sur les droits d'accès et d'usage sur les ressources ligneuses. Les résultats obtenus à partir des enquêtes montrent que les populations du Ferlo sont au courant de l'existence de règles d'accès et d'usage sur les ressources ligneuses. 75,8 à 90,3 % parmi les personnes interrogées, reconnaissent l'ATEF comme le principal garant de leur application. Le tableau 51 décrit les règles actuelles telles que perçues par les populations et qui régissent selon eux, les droits d'accès et d'usages sur les ressources ligneuses.

Tableau 51 : Règles actuelles d'accès aux ressources ligneuses selon les populations

| Règles actuelles   | FERLO      | TATKI      | THIEUL     | REVANE     |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Interdictions de Coupes et de Feux   | 56,7       | 55,1       | 77,4       | 36,7       |
| Autres interdictions (Fours, transhumants, défrichements, exploitation...) | 11,1       | 13,8       | 12,9       | 6,7        |
| Pas de Réponses (Neutres)  | 17,7       | 24,1       | 9,7        | 20         |
| Réglementation mode d'habitation   | 5,6        | -          | -          | 16,7       |
| Interdiction de ramassage Bois Sec   | 3,3        | 6,9        | -          | 3,3        |
| Contrôle Mode d'élagage  | 2,2        | -          | -          | 6,7        |
| Mise en place de Pare-feux   | 2,2        | -          | -          | 6,7        |
| Pas de règles  | 1,1        | -          | -          | 3,3        |
| <b>Total</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

Il apparaît après analyse de ce tableau, que les règles d'accès telles que perçues par les populations, portent essentiellement sur une série d'interdictions (coupes, feux, défrichements...).

<sup>41</sup> : Types d'usages : Bois de feu-énergie ou de service, commerce, pharmacopée, charbons de bois, alimentation humaine ou animale, coupes.

<sup>42</sup> : Parcours : *seeno, baldiol, tiangol, niargo, sangré* ; Zones habitées et juxtaposées : *Dieï, houroum* ; campements : *galle, wouro* ; brousse : *ladde* ; mares : *belel, wendou*. forage...

<sup>43</sup> : Villageois : éleveurs, agropasteurs, agriculteurs, associations, comités, brigade de lutte contre les feux, femmes ... ; Institutionnels Service régional des eaux et forêts, ATEF, Projets (PAPEL, GTZ/PAPF), projets) ; Non-Institutionnels : étrangers, charbonniers, exploitants de bois, transhumants, commerçants, villages voisins.

### 9. 3. 4. 1. 2. Les règles anciennes comparées aux règles actuelles par les populations

A propos des règles anciennes ou traditionnelles, l'enquête a consisté à les caractériser et à établir une comparaison entre elles et les règles actuelles. La synthèse des réponses à la caractérisation des règles anciennes, est présentée dans le tableau 52.

Tableau 52 : Règles anciennes d'accès aux ressources ligneuses selon les populations

| <b>Règles anciennes</b>                                  | <b>FERLO TATKI THIEUL REVANE</b> |      |      |      |
|--|----------------------------------|------|------|------|
| Pas de réponse (Neutre)                                  | 44,4                             | 31,0 | 61,3 | 40,0 |
| Surveillance tacite et Responsabilisation des Djom wouro | 26,7                             | 44,8 | 16,1 | 20,0 |
| Gestion sélectionnée espèces utiles                      | 7,8                              | -    | -    | 23,3 |
| Absence de sanctions                                     | 7,8                              | 17,2 | 3,2  | 3,3  |
| Ignorance  | 4,4                              | 6,9  | 3,2  | 3,3  |
| Interdiction de Coupes, feux..                           | 5,5                              | -    | 12,9 | 3,3  |
| Sanctions  | 2,2                              | -    | -    | 6,7  |
| Elagage  | 1,1                              | -    | 3,2  | -    |
| <b>Total</b>   | 100                              | 100  | 100  | 100  |

L'analyse de ce tableau montre que les règles anciennes étaient essentiellement axées sur une responsabilisation des *Djom wouro* et sur une surveillance tacite des ressources ligneuses autour des *Wouro*. La négociation, la concertation et le pragmatisme constituaient la base de cette gestion traditionnelle. Il y avait également une gestion sélectionnée des ressources qui consistait à protéger les espèces les plus utiles (Exemple : interdiction d'exploitation des gommiers pendant trois mois, après concertation entre *Djom wouro*). Il n'y avait pas de sanctions sévères selon certaines populations, car les ressources végétales étaient abondantes et n'étaient pas menacées. La surveillance visait à faire respecter les interdictions de coupes (autorisées en cas d'extrême nécessité et se faisant par élagage), des feux.

En ce qui concerne la comparaison des deux types de règles, les avis sont partagés. 16,1 à 24,1% considèrent les règles actuelles comme meilleures (avis favorable), contre 20,6 à 26,6% de cette même population, dont l'avis est favorable aux règles anciennes (avis défavorable aux règles actuelles), (Tableau 53).

Tableau 53 : Perception des règles actuelles (R.A.) de gestion

| <b>Avis</b>                    | <b>Règles actuelles (R.A.) - Causes</b>          | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEU</b> | <b>REVANE</b> |
|--------------------------------|--|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Neutre                         | Pas de réponse                                   | 54,4         | 55,2         | 58,1         | 50            |
|                                | Sont persuasives                                 | 18,9         | 24,1         | 12,9         | 20            |
| R.A. meilleures car elles..... | Favorisent l'abondance de réserves fourragères   | 1,1          | -            | -            | 3,3           |
|                                | Permettent la protection des ressources          | 1,1          | -            | 3,2          | -             |
| R.A. pires car (l'ATEF).....   | Manque de Moyens                                 | 6,7          | 3,4          | 12,9         | 3,3           |
|                                | Inefficacité de l'ATEF (corruption, Partialité.) | 17,8         | 17,2         | 12,9         | 23,3          |
| <b>Total</b>                   |  | 100          | 100          | 100          | 100           |

Les arguments avancés portent globalement sur l'application faite des règles actuelles par l'ATEF.

Ainsi, les premiers appuient leur assertion sur le pouvoir de dissuasion de l'ATEF et sur l'impact bénéfique que peut avoir sa gestion sur l'état des ressources.

Les seconds fondent leur argumentation sur les aspects négatifs de la gestion de l'ATEF. Ces aspects sont liés aux sanctions sévères que les populations subissent, à l'incompétence de l'ATEF. Les reproches formulés par les populations contre l'ATEF portent sur son absentéisme, le manque de coordination avec les comités de surveillance, le coût des autorisations, la partialité dans les sanctions (sévéres sur les coupes domestiques alors que les grands exploitants ne sont jamais inquiétés) et la corruption. Ces comportements créent un sentiment de frustration au sein de certaines couches de la population. De ce fait, les acteurs de la gestion actuelle sont considérés par les populations, plus comme des théoriciens que des praticiens.

Le bilan mitigé de l'agent technique des eaux et forêts est encore illustré selon les populations, par la persistance des coupes, feux clandestins (autres interdits) et corollairement la réduction du couvert ligneux. A côté de ce bilan négatif sur l'ATEF, les populations reconnaissent néanmoins l'insuffisance d'agents et le manque de moyens logistiques pour sillonner toute la zone soumise à leur surveillance.

#### **9. 3. 4. 2. Perception des interventions sur le milieu par les populations**

Comme pour les règles de gestion, la perception des populations sur les interventions menées dans leur terroir, a été analysée. Les mises en défens et les reboisements qui ont été très régulièrement expérimentés ou appliqués dans la zone d'étude, sont les deux types d'actions abordées.

##### **9. 3. 4. 2. 1. La mise en défens**

Ce type d'intervention est une technique de gestion des pâturages connue des populations interrogées au Ferlo.

Le tableau 54 synthétise les différents avis et appréciations recueillis à propos de cette technique. L'analyse de ce tableau montre à l'échelle du Ferlo, trois groupes de perceptions :

- le groupe des populations favorables aux mises en défens (58,9%) ;
- celui des avis défavorables aux mises en défens (25,5%) ;
- et celui des populations qui émettent des conditions pour la mise en place de cette technique (10%).

Pour les populations favorables, les mises en défens revitalisent les parcours par une amélioration de leur biodiversité (régénération, richesse spécifique, densité), une constitution des réserves fourragères et une restauration de la fertilité des sols. Elles permettent une séparation des activités (agriculture et élevage) et protègent le bétail contre les vols. Ce sentiment est très marqué à Thieul (87,1%) et à Tatki (51,7%), qui correspondent aux écosystèmes les plus perturbés et fragilisés par l'aridité et l'avancée du front agricole, d'après l'étude sur la dynamique du peuplement (chapitre II).

Tableau 54 : Perception locale des mises en défens :

| Avis               | Motifs   | FERLO | TATK | THIEU | REVAN |
|--------------------|--|-------|------|-------|-------|
| <b>Favorable</b>   | Réserve Fourragère                               | 27,8  | 27,6 | 41,9  | 13,3  |
|                    | Biodiversité spécifique (Régénération -Richesse- | 21,1  | 24,1 | 19,4  | 20,0  |
|                    | Diminution vols                                  | 5,6   | -    | 16,1  | -     |
|                    | Séparation d'activités                           | 3,3   | 0,0  | 9,7   | 0,0   |
|                    | Création d'emploi                                | 1,1   | -    | -     | 3,3   |
| <b>Défavorable</b> | Réduction parcours                               | 22,2  | 17,2 | 3,2   | 46,7  |
|                    | Parcelles individualisées et non communautaires  | 2,2   | 6,9  | -     | -     |
|                    | Obligation                                       | 1,1   | -    | -     | 3,3   |
| <b>Mitigé</b>      | Mise en place soumis à des conditions            | 10,0  | 13,8 | 6,5   | 10,0  |
| <b>Neutre</b>      | Pas de réponses                                  | 4,4   | 6,9  | 3,2   | 3,3   |
| <b>Ignorance</b>   | Ignorance  | 1,1   | 3,4  | -     | -     |
| <b>Total</b>       |  | 100   | 100  | 100   | 100   |

Pour les populations défavorables essentiellement composées de pasteurs, les mises en défens sont considérées comme des facteurs de réduction de l'espace pastoral et de la mobilité du bétail. Ce sentiment est plus exacerbé à Revane (50%), qui correspond au milieu le moins perturbé et le plus stable.

Pour le troisième groupe, la mise en place de cette technique requiert les conditions suivantes : le transfert de la gestion aux populations, l'exclusivité du pâturage avec des charges partielles, ou la prise en compte de la situation sociale de la majorité des bénéficiaires. La proportion de ce groupe a été sous-estimée dans le tableau 54. En effet, une discussion profonde et ouverte avec les personnes interrogées, montre qu'une bonne moitié d'entre elles, qui avaient émis des avis favorables par rapport aux mis en défens, ajoutaient ces conditions dans leur discours.

#### 9. 3. 4. 2. 2. Les reboisements

Trois aspects ont été abordés dans cette première partie consacrée à la perception populaire des reboisements : d'abord la participation, ensuite l'importance des reboisements et enfin les motivations à la participation dans les opérations.

Les réponses obtenues par rapport à la participation, montrent que ce type d'intervention est connu par les populations du Ferlo. 41,3 à 61,3 % parmi elles, ont participé au moins une fois, à une action de reboisement. La plupart de ces campagnes de reboisements datent des années 1970 et 1980, du temps des plantations en régie appuyées par les ATEF, ou des plantations massives initiées par les nombreux projets qui existaient dans la zone (cf. chapitre I).

Le tableau 55 présente les perceptions des populations, à propos de l'importance des reboisements.

L'analyse du tableau montre une perception favorable pour les reboisements (67,7 % des personnes interrogées). Cependant, les critères d'appréciation des opérations varient en fonction des acteurs du même groupe communautaire. Selon les pasteurs, les reboisements contribuent au bon développement de l'élevage

par l'augmentation du potentiel fourrager (compléments nutritifs) et des zones d'ombre pour le repos des animaux.

Les reboisements participent également à l'amélioration :

- des conditions écologiques (Anti-érosion, maintien de la fertilité des sols), selon les agropasteurs et certains pasteurs ;
- de l'économie familiale (source de revenus : vente gomme, fruits...), chez les agriculteurs et certains pasteurs qui ont le commerce et l'agriculture comme activité secondaire.
- des conditions de vie (santé : médicaments de la pharmacopée et de la médecine moderne ; oxygène), pour les consommateurs domestiques. L'augmentation du nombre d'arbres et d'espèces par ces types d'action, élargit l'amplitude de choix des populations pour les besoins domestiques.

Tableau 55 : Perception locale de l'importance des opérations de reboisements

| Avis  | Importance des reboisements | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|---|-----------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Favora Elevage (Fourrage, ombre...)   |                             | 28,9  | 31    | 19,4   | 36,7   |
| Favora Vie (santé - oxygène)  |                             | 10    | 3,4   | 16,1   | 10     |
| Favora Economie familiale (source de revenus)                               |                             | 8,9   | 6,9   | 3,2    | 16,7   |
| Favora Ecologique (Augmentation Densité Couvert Ligneux, Anti-Pluviométrie) |                             | 14,4  | 13,8  | 16,1   | 13,3   |
| Favora Usages domestiques (alimentation, service, énergie)                  |                             | 3,3   | 3,4   | 6,4    | -      |
| Neutr Pas de réponses   |                             | 28,9  | 37,9  | 32,3   | 16,7   |
| Ignora Ignorance  |                             | 3,3   | 3,4   | -      | 6,6    |
| Total   |                             | 100   | 100   | 100    | 100    |

Le tableau 56 montre que la participation aux campagnes de reboisements cache des motivations diverses.

Tableau 56 : Motivations à la participation aux campagnes de reboisements

| Motivations  | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|--|-------|-------|--------|--------|
| Pas de réponses (Neutre)                             | 31.1  | 41.4  | 32.3   | 20.0   |
| Prise de conscience de l'importance des reboisements | 26.7  | 24.1  | 38.7   | 16.7   |
| Rémunération - Décoration                            | 16.6  | 17.2  | 3.2    | 30.0   |
| Pas de Participation                                 | 14.4  | 17.2  | 6.5    | 20.0   |
| Incitations de l'Agent Technique des eaux et Forêts  | 7.8   | -     | 12.9   | 10.0   |
| Incitations de projets                               | 2.2   | -     | 6.5    | -      |
| Imposition   | 1.1   | -     | -      | 3.3    |
| Total  | 100   | 100   | 100    | 100    |

En effet, bien que l'importance des reboisements soit bien perçue par une importante frange de la population (pasteurs transhumants occasionnels et agropasteurs), la plupart des participants sont motivés par les rémunérations et les décorations, ou y participent sur incitation de l'ATEF ou des agents de projets (17.2 à 40%). C'est le cas essentiellement des éleveurs sédentarisés pratiquant d'autres activités secondaires telles que l'agriculture et le commerce ; et des agriculteurs. Ils ont été habitués à cela à tel point que toute



activité de ce genre, est vouée à l'échec s'il ne prend pas en compte les aspects liés à la rémunération. Les plantations sur décisions personnelles, sont devenues rares, voire inexistantes

Dans la seconde partie de cette étude, les populations ont été interrogées sur les espèces qu'elles ont plantées au cours de ces opérations et sur leurs convenances.

Le tableau 57 dresse la liste des espèces qui ont été plantées par les populations. Il s'agit essentiellement de : *Acacia senegal*, *Acacia tortilis*, *Prosopis juliflora*, *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia albida*, *Adansonia digitata* et *Eucalyptus camaldulensis*. Les légumineuses autochtones et les espèces exotiques prédominent dans cette liste.

Tableau 57 : Liste des essences plantées par les populations au cours des reboisements

| Espèces                         | FERLO | TATKI | THIEUL | REVANE |
|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Acacia senegal</i>           | 24,9  | 22,7  | 14,0   | 36,7   |
| <i>Acacia tortilis</i>          | 14,9  | 4,6   | 1,8    | 35,0   |
| <i>Prosopis juliflora</i>       | 13,1  | 13,6  | 14,0   | 11,7   |
| <i>Azadirachta indica</i>       | 12,4  | 15,9  | 17,5   | 5,0    |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>     | 7,5   | 15,9  | -      | 8,3    |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>      | 6,2   | 9,1   | 8,8    | 1,7    |
| <i>Acacia albida</i>            | 4,4   | -     | 12,3   | -      |
| <i>Adansonia digitata</i>       | 4,4   | 4,6   | 8,8    | -      |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 2,5   | 2,3   | 5,3    | -      |
| <i>Anacardium occidentale</i>   | 1,9   | -     | 3,5    | 1,7    |
| <i>Mangifera indica</i>         | 1,3   | -     | 3,5    | -      |
| <i>Acacia nilotica nilotica</i> | 1,3   | -     | 1,8    | -      |
| Autre....                       | 5,6   | 11,4  | 7,0    | 0,0    |
| Total                           | 100   | 100   | 100    | 100    |

Les réponses obtenues par rapport à la convenance des essences plantées, permettent de distinguer deux groupes de perceptions :

- Un groupe à qui les essences plantées, conviennent (67%) ;
- et un autre que ces essences ne satisfont pas (33%).

Le premier groupe est essentiellement composé d'agriculteurs, d'agropasteurs et pasteurs sédentaires pratiquant l'agriculture ou le commerce de produits ligneux ou autres (70%). Par contre, le second groupe est à 97%, constitué d'éleveurs à majorité transhumants (70%).

La question relative aux préférences (essences que les populations aimeraient planter), traduit mieux la réelle perception des populations par rapport à la convenance des espèces reboisées. En effet, l'analyse des réponses du tableau 58 montre chez les populations un plus grand attachement aux essences forestières autochtones (légumineuses et autres fruitières : (*Acacia senegal*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca*).

La perception de la gestion des ressources ligneuses apparaît également à travers les contraintes soulignées par les populations.

Tableau 58: Essences préférées par les populations

| <b>Essnèces</b>                 | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|---------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| <i>Acacia senegal</i>           | 19,4         | 15,0         | 14,0          | 31,1          |
| <i>Ziziphus mauritiana</i>      | 12,2         | 15,0         | 8,6           | 13,5          |
| <i>Acacia tortilis</i>          | 10,9         | 5,0          | 1,1           | 29,7          |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>     | 10,5         | 21,3         | 3,2           | 8,1           |
| <i>Azadirachta indica</i>       | 6,9          | 7,5          | 11,8          | 0,0           |
| <i>Faidherbia albida</i>        | 6,5          | 1,3          | 16,1          | -             |
| <i>Mangifera indica</i>         | 4,9          | 3,8          | 8,6           | 1,4           |
| <i>Prosopis juliflora</i>       | 4,5          | 2,5          | 6,5           | 4,1           |
| <i>Adansonia digitata</i>       | 3,6          | 7,5          | 3,2           | -             |
| <i>Grewia bicolor</i>           | 3,2          | 8,8          | 1,1           | -             |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 2,4          | -            | 6,5           | -             |
| <i>Anacardium occidentale</i>   | 2,0          | -            | 4,3           | 1,4           |
| <i>Citrus limon</i>             | 2,0          | 1,3          | 4,3           | -             |
| <i>Acacia nilotica</i>          | 0,8          | 1,3          | 1,1           | -             |
| <i>Commiphora africana</i>      | 0,8          | 2,5          | -             | -             |
| <i>Gniera senegalensis</i>      | 0,8          | 1,3          | 1,1           | -             |
| <i>Piliostigma reticulatum</i>  | 0,8          | -            | 1,1           | 1,4           |
| <i>Piliostigma thonningii</i>   | 0,8          | -            | 1,1           | 1,4           |
| <i>Autre....</i>                | 4,8          | 6,3          | 2,2           | 6,8           |
| <b>Total</b>                    | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |

### 9. 3. 4. 3. Contraintes à l'implication dans la gestion et aux aménagements

Les populations ont été également interrogées sur leur implication ou non, à l'élaboration des règles de gestion, à la gestion proprement dite des ressources ligneuses et sur la forme d'implications au cas où elles seraient mêlées.

Selon les réponses obtenues, il y a une implication dans les actions menées dans le cadre de la gestion des ressources ligneuses. Par contre, il n'y a pas d'implication dans l'élaboration des règles qui régissent cette gestion. En effet, 80 à 87% des personnes interrogées affirment n'avoir jamais été mêlées dans les discussions ayant abouti à l'élaboration des textes réglementant l'usage et l'exploitation des ressources.

Concernant les formes d'implications, le tableau 59 résume les réponses fournies par les populations.

Tableau 59: Formes d'implications à la gestion des ressources ligneuses

| <b>Formes d'implications</b> | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Responsabilisation           | 55,5         | 62,1         | 58,1          | 46,7          |
| Neutre : Pas de réponses     | 16,7         | 24,1         | -             | 26,7          |
| Comité                       | 12,2         | 3,4          | 19,4          | 13,3          |
| Réunions                     | 8,9          | -            | 12,9          | 13,3          |
| Pas d'implication            | 6,6          | 10,3         | 9,6           | -             |
| <b>Total</b>                 | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |

La responsabilisation des populations à la surveillance et à la protection des ressources ligneuses autour des zones d'habitation, est la forme d'implication la plus soulignée. Elle consiste le plus souvent, en un choix de personnes (par l'ATEF ou le chef de village), dont la mission est de signaler les contrevenants aux règles d'interdictions.

La création de comités ou d'associations de surveillance et de lutte contre les feux de brousse (brigades), sous la tutelle de l'ATEF, des projets ou sur initiatives des populations (chef de village) et les réunions sporadiques avec ces derniers, sont d'autres formes d'implication soulignées par les populations.

L'installation de petites exploitations telle que les vergers, est souhaitée par les populations, mais leur faisabilité est limitée par les facteurs tels que l'eau, l'ignorance des populations, le bétail (brouillage) et les sols (pauvreté, termites...), (tableau 60).

Tableau 60: Contraintes liées à l'installation de vergers

| <b>Contraintes liées à l'installation de vergers</b>            | <b>FERLO</b> | <b>TATKI</b> | <b>THIEUL</b> | <b>REVANE</b> |
|---|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Eau   | 38.9         | 41.3         | 51.6          | 23.3          |
| Neutre : Pas de réponses  | 23.3         | 20.7         | 25.8          | 23.3          |
| Pas d'essais (ignorance- pas d'engagement de la part de l'état) | 20.0         | 24.1         | 9.7           | 26.7          |
| Bétail  | 4.4          | 6.9          | -             | 6.7           |
| Pas de contraintes  | 4.4          | -            | 6.5           | 6.7           |
| Sol (dégradation et termites)                                   | 7.7          | 3.4          | 6.5           | 13.4          |
| Inadaptation des espèces  | 1.1          | 3.4          | -             | -             |
| Total   | 100          | 100          | 100           | 100           |

## 9. 4. DISCUSSION & CONCLUSION

### Comment les usages sur les ressources ligneuses ont t - elles évolué ? Evolution des usages

L'étude de l'évolution globale des usages montre une évolution vers des activités plus lucratives et plus mobilisatrices d'espèces ligneuses (Pharmacopée traditionnelle, fabrication de charbon, commerce), à Thieul et à Tatki. Par contre, cette évolution n'est pas nette à Revane. Les usages non lucratifs sont dans ce site ceux qui mobilisent toujours plus d'espèces (bois de service, consommation humaine, coupes pour le fourrage, bois de chauffe).

Cette orientation et cette diversification vers d'autres activités génératrices de revenus est expliquée par la fragilité plus accentuée du système pastoral<sup>44</sup> à Tatki et à Thieul, liée aux conditions d'aridité (Tatki), la pression démographique plus élevée et l'avancée de l'agriculture réductrice de l'espace pastoral (Thieul). Ces revenus sont destinés pour l'essentiel à la capitalisation du bétail. A ces facteurs explicatifs s'ajoutent : l'augmentation du nombre de charbonniers (Thieul), le renforcement des capacités des populations pour

<sup>44</sup> Broutin & Sokona (1992) : Ce système a besoin de beaucoup de main d'œuvre et d'espace. La poussée démographique et la tendance à la sédentarisation et à la concentration des forages qui se traduit par un surcharge pastorale fragilisent le système et associé aux problèmes climatiques a des conséquences écologiques graves. La strate ligneuse est surexploitée pour le bétail. La recherche de revenu se traduit par un défrichage et une déforestation pour l'agriculture et le commerce du bois et du charbon.

certaines activités socio-économiques telles que le commerce des produits et sous produits ligneux, par rapport à Revane.

Les résultats montrent également une distribution des usages des ligneux en fonction du gradient d'accessibilité du site quelle que soit la période étudiée. Les usages lucratifs qui utilisent plus d'espèces ligneuses, s'exercent dans les sites les plus accessibles (Tatki et Thieul). Selon nos enquêtes, les coupes pour le bois énergie qui ont diminué dans la zone de Tatki (rareté du bois, ATEF, comités de surveillance des coupes), étaient l'œuvre des grands exploitants venant du *Walo*. L'accessibilité des sites de Tatki et de Thieul permet l'acheminement des produits ligneux commercialisés dans les marchés hebdomadaires (*Louma*) ou dans les villes, contrairement à Revane qui est plus enclavée.

Globalement, cette analyse qui s'appuie sur le critère du nombre d'essences ligneuses utilisées, montre un remplacement des usages à vocation alimentaire ou domestique par des activités lucratives. Il y a eu donc une diversification et une monétarisation progressive des usages sur les ligneux. Cette diversification est renforcée par l'accessibilité des sites et la présence de structures d'encadrements.

La vulnérabilité du système de production pastoral (avec l'évolution régressive des ressources fourragères), liée aux conditions arides du milieu, à l'avancée des cultures et à la pression démographique, expliquent cette évolution. Elle a entraîné dans les sites les plus fragiles, une orientation vers les usages qui procurent des revenus et qui mobilisent plus de ressources. Ces usages représentent des compléments de revenus pour l'exploitation pastorale fragilisée. Broutin & Sokona (1992) ont signalé une monétarisation de la société peule suite à la sédentarisation autour des forages (conséquence de la politique d'hydraulique pastorale et des sécheresses) et à la pénétration des wolofs (avancée du front agricole). Cette monétarisation se traduit par un accroissement du commerce des productions animales, agricoles et surtout forestières. Les produits de cueillette qui étaient des produits d'échange sont devenus des produits commerciaux.

### **Les conséquences de l'évolution du peuplement ligneux sur l'usage du Bois de feu et de service**

L'évolution régressive du peuplement ligneux a entraîné une perte de qualité du bois de feu et de service utilisé. Cette perte de qualité est compensée par une utilisation abondante de ressources moins efficaces et moins commodes. La compensation quantitative à l'échelle du terroir explique pour les usages du bois de feu et de service, l'absence de grands déplacements (à l'échelle de plusieurs terroirs), pour la satisfaction des besoins en énergie et en mobiliers traditionnels de qualité. En plus, cette absence de déplacements de grande envergure convient à la couche sociale qui exerce cette activité : les femmes considérées comme une couche vulnérable. C'est un choix adaptatif qui s'observe donc pour ces deux usages face à la dynamique régressive des ressources ligneuses. Cette adaptation se traduit par une substitution progressive des meilleures ressources disparues ou rares, par celles d'aujourd'hui qualitativement moins efficaces et plus abondantes. Celles-ci sont utilisées en grande quantité. Il y a donc, une compensation quantitative de la perte de qualité à

l'échelle du terroir et une disparition progressive de la sélection. Cependant, la substitution et la compensation quantitative de la perte de qualité sont moins perceptibles pour le bois de service que pour le bois de feu. Cette compensation est une adaptation qui épargne aux femmes exerçant cette activité, les grands déplacements.

En ce qui concerne le bois de service, la pression demeure toujours élevée sur les meilleures ressources, notamment à Revane. Cette forte pression exercée sur les essences caractéristiques ou rares de Revane, est liée à une plus grande disponibilité en ressources ligneuses dans ce site. Dans ce site, cette disponibilité maintient encore la sélection, l'usage et le mode d'habitat traditionnel. La rareté et les menaces qui pèsent sur les ressources à Tatki et à Thieul (aridité et défrichements), expliquent la faible pression (comparée à Revane). Cette rareté de ressources a entraîné une orientation vers un mode d'habitat relativement plus moderne et une régression de l'usage du bois de service par rapport au passé (cf. sous-chapitre Evolution des usages). Pour cet usage, la compensation quantitative encore timide à l'échelle locale, la disponibilité en ressource de qualité (Revane) et le changement progressif de mode d'habitat (Tatki, Thieul), sont des adaptations qui évitent aux femmes l'effort de grands déplacements.

### **Les conséquences de l'évolution sur l'usage des ligneux dans la pharmacopée traditionnelle**

L'évolution régressive des ressources a également entraîné pour la pharmacopée traditionnelle une substitution progressive des meilleures espèces disparues, par des taxons de valeur moindre en progression naturelle ou artificielle dans le milieu. Cependant, il n'y a pas de compensation quantitative nette de la perte de qualité au niveau local. Contrairement aux autres types d'usages, les résultats montrent le maintien d'une forte pression sur les meilleures ressources qui ont régressé ou disparu au niveau local. L'obtention de ces ressources ayant localement disparu ou régressé, nécessite des déplacements vers d'autres terroirs. L'explication qui lie l'existence de grands déplacements à la catégorie sociale exerçant l'usage, trouve ici une confirmation, car la pharmacopée est une activité typiquement masculine. La perte de qualité et l'absence de compensation quantitative au niveau local expliquent donc les longs déplacements effectués par les vrais tradipraticiens. Par ces déplacements, ces hommes maintiennent la sélection sur les ressources de très bonne qualité médicinale dont les effectifs ont diminué à l'intérieur du terroir.

L'accroissement de la pression sur les ressources nouvellement abondantes et le développement de cette activité seraient plutôt liés au caractère lucratif de cet usage (cf. sous-chapitre Evolution des usages). Cet aspect lucratif fait de toute ressource ligneuse un remède et surtout un moyen rapide d'acquisition de devises. Le risque encouru dans ce cas, est une prolifération de prestataires de service (mélange de vrais tradipraticiens et de charlatans) et une forte pression sur les ressources.

### **Les conséquences de l'évolution sur l'usage des ligneux dans l'alimentation humaine**

Les impacts de l'évolution des ressources ligneuses se traduisent dans cet usage, par des changements dans le régime alimentaire des populations. Ces changements consistent en une substitution progressive des ressources disparues ou inaccessibles, par des ressources nouvellement abondantes ou introduites dans le milieu. Il y a certes une réduction de la gamme de produits alimentaires offerts par le couvert ligneux, mais la valeur qualitative n'aurait pas complètement disparu. Les produits de certaines essences nouvellement appropriées à l'échelle du terroir, possèdent en effet de très bonnes qualités culinaires (Broutin & Sokona, 1992) ou nutritionnelles, bien que peu connues (Ex : Huile de « soump » ou *Balanites aegyptiaca* ; jus de « bouy » ou *Adansonia digitata* ; galettes de « sidèm » ou *Ziziphus mauritiana*). Il s'y ajoute une consommation toujours importante sur quelques ressources menacées, de très bonne qualité nutritive. Cette consommation faite après cueillette ou ramassage, ne représente pas un grand danger pour le potentiel ligneux menacé ; ce qui explique la forte pression exercée sur ces derniers pour cet usage.

La conservation de la qualité par ces deux options au niveau local, explique l'absence de grands déplacements. La qualité nutritionnelle offerte sur place par certaines des ressources nouvellement abondantes du milieu et les essences menacées, épargne ainsi aux femmes exerçant la cueillette de produits alimentaires ligneux, l'effort de grands déplacements.

Cette consommation accrue sur les essences abondantes ou en régression est encore favorisée par l'existence de moyens traditionnels de transformations de leurs produits. Broutin & Sokona (1992) signalent à proximité des villages wolofs une importante production d'huile de *Balanites aegyptiaca* par des femmes wolofs et peules, favorisée par la présence de presses manuelles originellement utilisées pour la confection d'huile d'arachide.

### **Les conséquences de l'évolution du peuplement ligneux sur leur usage comme produits de commerce**

Pour cet usage, les résultats montrent une substitution du commerce des produits de légumineuses (gomme, gousses), par d'autres produits issus d'essences en progression ou en régression dans le milieu. Cette variation s'explique non seulement par les diminutions d'effectifs au sein des populations de légumineuses, mais aussi par la baisse de la production de gomme (*Acacia senegal*), consécutives aux déficits pluviométriques. Ces résultats corroborent, ceux mentionnés par Broutin & Sokona (1992) dans la zone. Reprenant des enquêtes réalisées par l'ISRA, ces auteurs notent un envol du commerce des produits issus de ces trois ressources à partir de 1986 et soulignent un dédoublement du volume de production commercialisée en trois ans (1986-1989). Le secteur forestier de Linguère enregistrait en 1988, 49t de jujubes (fruits de *Ziziphus mauritiana*), 12t de "soump"(fruits de *Balanites aegyptiaca*), 12t de pain de singe (fruits d'*Adansonia digitata*), destinées aux marchés urbains. Quant à la production écoulee dans les marchés hebdomadaires du Nord, elle serait de 4 tonnes/semaine, entre 1986 et 1989. Ils signalent en même temps, la tendance à la baisse de la

production et du commerce de la gomme arabique (*Acacia senegal*) après une phase de décroissance brutale entre 1972 et 1981.

Les produits de *Zizyphus mauritiana*, de *Balanites aegyptiaca* et d'*Adansonia digitata* sont très sollicités dans les marchés hebdomadaires et urbains, et sont beaucoup consommés. La tendance de substitution de la cueillette de la gomme arabique par celle des fruits d'arbres forestiers comme complément de revenu de l'exploitation soulignée par Broutin & Sokona (1992), trouve ici une confirmation.

Les opportunités de gains offertes par ces ressources abondantes ou menacées dont l'exploitation n'est pas dangereuse pour le peuplement, expliquent la forte pression exercée sur elles au niveau local. Il y a une absence de grands déplacements pour les femmes, principales actrices de cet usage.

Cependant les bénéfices n'égalent pas, ceux des légumineuses très sollicitées par les populations (gousses) et par l'industrie (gomme arabique). Il y a donc un manque à gagner avec cette substitution.

### **Les conséquences de l'évolution du peuplement ligneux sur leur usage fourrager et les coupes**

Les variations de pression observées sur cet usage, traduisent une adaptation progressive du régime alimentaire du bétail aux ressources disponibles et abondantes du milieu. Ces ressources sont de moindre valeur nutritive. Les meilleures ressources fourragères devenues rares (légumineuses, burséracées), subissent une substitution progressive à l'échelle du terroir. Il n'y a pas de compensation quantitative de la perte de qualité. La perte de qualité et l'absence de compensation expliquent les déplacements et la forte pression maintenue sur les ressources en régression, de très bonne valeur pastorale. Il y a donc une perte de qualité à l'échelle du terroir, mais elle est compensée avec les grands déplacements qu'effectuent les éleveurs (jeunes bergers, transhumants).

L'accroissement de la pression sur les légumineuses, contrairement à ce qui est observé dans les autres usages, met en évidence l'importance de cette famille dans l'élevage.

### **Impacts de la dynamique du peuplement ligneux sur les pratiques pastorales**

La disparition ou la régression des espèces ligneuses contribue à la fragilisation de l'élevage au Ferlo. Cette fragilisation est le résultat direct ou indirect des impacts négatifs de la dynamique du peuplement ligneux sur les pratiques pastorales. Ces impacts se traduisent par une réduction de la production et de la qualité fourragère sur les pâturages. Au niveau des mares, la disparition ou la régression du couvert ligneux favorise l'ensablement, le réchauffement, l'évaporation, le tarissement et ainsi la réduction de la durée d'écoulement. La rareté des ressources ligneuses entraîne également une augmentation de la mobilité, de la divagation et des transhumances sur de longues distances. Elle engendre une augmentation de la vitesse des déplacements. Cette divagation et cette grande mobilité affaiblissent les animaux. Elle cause une diminution de l'embonpoint, de la productivité des animaux (quantité et qualité viande et lait) et des effectifs.

### **Impacts de la dynamique du peuplement ligneux sur la fertilité des sols**

La dynamique régressive du peuplement ligneux contribue aussi à la baisse de la fertilité des sols en milieu pastorale. Cette baisse est favorisée par les phénomènes d'érosion consécutifs à la diminution du couvert ligneux et par les apports de matières organiques aux sols. Elle se traduit par une réduction des rendements de cultures et des fourrages naturels.

### **Gestion des ressources ligneuses au Ferlo : Comment les populations pastorales perçoivent-elles les règles actuelles d'accès ?**

Les règles actuelles d'accès aux ressources ligneuses sont perçues par les populations pastorales comme une série d'interdictions portant par exemple sur les coupes, les feux, défrichement etc... Cette perception est une vue négative et limitée du code forestier actuel auquel se réfèrent ces règles. Elle se limite au seul cadre réglementaire (deuxième partie) du dit document, notamment dans son troisième volet consacré à la protection des ressources forestières. La connaissance populaire des règles actuelles n'est apparemment pas assez poussée sur les deux autres volets du cadre réglementaire (définition de notions des forêts et de domaines forestiers, gestion et exploitation forestière). Les volets de ce cadre complètent et précisent ceux du cadre juridique ou législatif (première partie du code forestier) qui définit le droit d'exploitation et d'usages des ressources forestières ligneuses. Ce dernier cadre est également mal perçu par les populations au regard des réponses obtenues. Pourtant, il reconnaît le droit de propriété privée sur les formations forestières et autorise aux populations riveraines l'exercice des droits d'usages tels que le ramassage du bois mort, le bois de service destiné à la construction d'habitat... Or, selon notre enquête, ces droits d'usages à des fins domestiques leur sont le plus souvent privés. Ces populations riveraines subissent même parfois des sanctions sévères de la part de l'ATEF suite à des usages de ce genre aux abords des campements. Il y a à ce niveau donc soit une méconnaissance du code de la part des deux groupes d'acteurs (ATEF, Villageois), soit un abus de la part de l'ATEF.

Par ailleurs, peu de personnes parmi les personnes interrogées ont mentionné les articles ayant trait aux autres volets de ce cadre juridique (répression des infractions et procédures ; rôle, obligations et pouvoir du service forestier).

L'analyse de la perception des règles actuelles d'accès aux ressources ligneuses met en exergue :

- la nature actuelle, indirecte du rapport usagers-ressources qui passe obligatoirement par l'agent de l'état (ATEF), ses règles et ses collaborateurs (*Djom-wouro*, associations, comités, brigades, projets.) ;
- chez les populations pastorales, une connaissance parcellaire, limitée et une perception négative du code forestier.

Cette méconnaissance peut avoir des conséquences dans les rapports entre acteurs (abus de la part des services de l'état, conflits, non appropriation des innovations nouvelles et absence de participation aux



interventions). Des conséquences dans les usages (utilisations clandestines et anarchiques, limitation des biens et services offerts par les ressources aux populations) et sur les ressources (forte pression et spoliation de la part d'acteurs étrangers au détriment des autochtones qui ignorent leurs droits), peuvent aussi être notées.

Cette méconnaissance de leurs droits et devoirs trouve son origine dans la faible vulgarisation du document, les différences de perceptions (arbre, échelle spatiale de gestion). Elle pourrait aussi découler de la non implication effective des populations à l'élaboration des textes et à la gestion des ressources ligneuses (voir contraintes). En effet, une référence récurrente aux règles anciennes de gestion est notée chez les personnes interrogées.

### **Comment les populations pastorales perçoivent-elles les règles anciennes d'accès par rapport à celles actuelles ?**

La comparaison des règles anciennes et des formes de gestion par rapport à celles actuelles, montre :

- avec les règles anciennes, un rapport "usagers autochtones-ressources" différent, plus direct, plus responsabilisant que celui noté à propos des règles actuelles, qui est plus lourd et privatif ;
- une perception différente des règles actuelles entre acteurs d'un même groupe villageois ou communautaire ;
- et des limites dans les deux types de règles, liées à l'existence ou à l'absence de sanctions.

Le rapport direct, responsable et réfléchi entre usagers autochtones et ressources, est illustré par ces termes : responsabilisation du *Djom wouro*, surveillance tacite, négociation, concertation, protection des ressources utiles. Ce rapport est libre mais organisé, car il est soumis à l'autorité morale du *Djom wouro* qui est lui-même utilisateur. Le *Djom wouro* est perçu plus comme un guide, un symbole d'unité, un conseiller plutôt qu'un régisseur, qui correspond au rôle incarné aujourd'hui par l'ATEF. Cet agent de l'état établi par les règles actuelles, est venu complexifier le rapport usagers-ressources qui est devenu plus indirect, moins responsabilisant et plus privatif. La différence de pourcentages pour la modalité «interdictions» entre les deux types de règles (plus élevée pour la forme actuelle), constitue une illustration de ce caractère privatif.

La relation indirecte est renforcée par la différence de perceptions (entre acteurs institutionnels et villageois) sur la fonction de la ressource (sensu lato). Si pour le forestier l'arbre est une matière administrative, donc une raison sociale de son activité ou un domaine d'application de disciplines techniques précises (dendrologie, sylviculture...), pour l'utilisateur par contre (femmes par exemple), il est ressource indispensable à la vie domestique (Enda-Graf, 1992). Le rapport à l'usage qui était déterminant avec les règles traditionnelles, l'est moins maintenant. Par conséquent, le facteur «étranger» qui est venu modifier la nature et l'intensité de ce rapport est automatiquement mal perçu. La ressource est alors vue comme une propriété

de l'état et non comme un bien communautaire sur laquelle chacun se sent responsable et engagé et dont la gestion incombe à tous les habitants du terroir.

Cette perception négative de l'agent et des règles qui l'ont rendu légitime, explique l'adhésion d'une bonne partie de la population aux règles anciennes ou traditionnelles. Néanmoins, une autre fraction de cette population est favorable aux règles actuelles.

Cet avis partagé traduit une différence de perception des règles actuelles entre acteurs habitant le même terroir et partageant les mêmes ressources villageoises ou communautaires. Cette différence de perception trouve son explication dans la diversité des acteurs (éleveurs, agriculteurs, agriculteurs...), et donc dans les enjeux différents autour de la ressource. Ces enjeux distincts engendrent des rapports différents, parfois privilégiés avec l'agent de l'état. Selon qu'ils leurs sont favorables ou non, ces rapports vont influencer la perception des acteurs sur les règles actuelles.

Cet avis partagé sur les règles traduit également les limites de chaque forme de gestion. Ces limites se rapportent essentiellement à l'existence ou à l'absence de sanctions. D'un côté si pour les règles actuelles et l'ATEF, les sanctions représentent une arme de dissuasion efficace, elles symbolisent en même temps le facteur qui a éloigné les populations de la gestion actuelle, car ces dernières ne perçoivent plus les ressources comme leur propriété ; ce qui change le rapport à l'usage.

D'un autre côté, si l'absence de sanction représentait un aspect positif des anciennes règles et responsabilisait plus les populations, elle constitue de nos jours une limite, car elle a été le plus souvent liée à l'abondance de ressource dans le passé. Son maintien dans ce cas, ne se justifie plus dans le contexte actuel où les ressources ont été fragilisées par les épisodes de sécheresses, l'avancée agricole ou par l'arrivée des charbonniers ou des exploitants de bois.

### **Perception des interventions / La perception populaire des mises en défens : intégrées dans les milieux fragilisés, rejetées ou méconnues dans les zones stables ou enclavées.**

Les résultats indiquent une perception favorable aux mises en défens dans les sites les plus fragiles où l'espace pastoral s'appauvrit en ressources à cause de l'aridité (Tatki) ou surtout se réduit du fait de l'avancée de l'agriculture (Thieul). Plus le milieu est perturbé et fragilisé, plus l'importance des mises en défens est perçue. Cependant, ce sentiment favorable ne traduit pas une adhésion complète à la technique. Il apparaît plutôt pour les populations pastorales (sensu lato) comme une réaction, un recours devant la menace de facteurs exogènes tels que le climat ou l'agriculture. En effet, le constat fait est que là où les ressources et l'espace pastoral sont moins menacés, les populations ont beaucoup plus rejeté cette technique ; c'est le cas à Revane qui est la zone à dominante pastorale la plus stable parmi nos trois sites d'étude.

Les conditions émises par les pasteurs (transfert de la gestion aux populations pastorales, exclusivité du pâturage des mises en défens), illustrent également ce manque d'adhésion totale à cette technique dont les résultats n'ont pas été toujours concluants. En effet, les résultats obtenus avec l'expérience des « pâturages contrôlés » de Widou Thiengoly ont montré l'inefficacité de cette technique pour la gestion des pâturages. Basée sur le principe d'équilibre entre charges animales et la capacité de charge des pâturages, et sur l'hypothèse selon laquelle la dégradation des ressources pastorales était directement liée à la surcharge animale, l'expérience a montré le rôle positif de la pâture sur la régénération des ligneux, notamment celle des légumineuses. La régénération des Acacias notamment celle d'*Acacia tortilis* a été plus élevée sur les pâturages à charges contrôlées et communautaires ou traditionnelles, que dans les mises en défens (respectivement pour tous les *Acacias* et *Acacia tortilis* (nombre d'arbres jeunes/adultes) : Mise en défens : 1,6-2 ; Pâture contrôlée éloignée du forage : 4,2-2,5 = Pâture contrôlée proche du forage : 3,2-1,8 ; Pâture traditionnelle : 3,3-4,5), (Miehe, 1997). Les placettes mises en défens offraient des bilans plus accusés que les placettes correspondantes dans le pâturage communautaire, si on excluait les effectifs de *Boscia senegalensis* (espèce indicatrice de conditions arides). Cela a permis de souligner l'importance déterminante de la pluviométrie et du type de savane sur la régénération des ligneux (Thébaud, 1994).

Les bilans socio-économique et humain réalisés dans le cadre de ce projet, ont également fait état d'une disparition du principe de réciprocité base du système pastoral dans son ensemble. L'éleveur qui a une parcelle dans le périmètre expérimental (pâturages contrôlés et mises en défens) peut conduire ses animaux dans des pâturages habituellement fréquentés par d'autres éleveurs, mais par contre ceux-ci ne peuvent en aucun cas entrer dans les parcelles. Cette disparition a été à l'origine des relations tendues entre les populations des parcelles et celles de l'extérieur du périmètre frustrées (Thébaud, 1994).

Les résultats peu concluants des expériences de mise en défens avec le rôle positif de la pâture, l'influence déterminante de la pluviométrie et du type de savane, sur la régénération des ligneux, amènent les populations pastorales à rejeter cette technique. Elles tiennent plus au libre usage de l'espace pastoral et de ses ressources qu'à sa mise en défens ou sa parcellisation. Elles sont favorables à ces dernières dans les endroits où les ressources sont insuffisantes du fait de l'aridité ou de l'extension de l'agriculture qui réduit les parcours et la mobilité. Et cette adhésion se fait le plus souvent sous certaines conditions privilégiant toujours le pastoralisme et l'usage communautaire des pâturages. Cette attitude conforte leurs dires sur les facteurs principaux responsables de l'évolution régressive du peuplement ligneux à savoir le climat et l'agriculture. Partant de cela et du fait que leur activité est moins prédatrice des ressources qu'on ne le pense, elles ne perçoivent pas très bien les mesures qui tendent à leur priver l'espace pastoral.

L'étude de la perception des populations sur les mises en défens révèle un sentiment de rejet de cette technique de gestion des pâturages qui est privative de l'espace pastoral et de ses ressources et réductrice de la mobilité. La perception favorable dans certaines zones découle du fait que la mise en défens y est

considérée comme un rempart, donc un moindre mal pour le pastoralisme, pour contrer les menaces plus cuisantes de l'aridité et de l'agriculture. Elle ne traduit pas une adhésion totale à la technique dans ces zones.

### **La perception des reboisements : bonne perception des reboisements mais motivations diverses**

Les résultats indiquent également une bonne perception des campagnes de reboisements. L'importance qui leur est attribuée est cependant variable en fonction des intérêts des acteurs. Ainsi, elle peut être pastorale, écologique, économique, sanitaire ou domestique.

Une importante frange de la population pastorale reconnaît les multiples intérêts des reboisements. Cependant, ceux-ci sont d'abord perçus par les éleveurs ayant subi les conséquences de la monétarisation du système, comme des opérations de l'état ou des projets pouvant procurer des sources de revenus. De ce fait, la participation à la gestion est le plus souvent l'aboutissement d'une action incitative venant d'acteurs étrangers à ces ressources (ATEF, projets) et d'une motivation pécuniaire ou en nature. Or, selon la DEFCCS (2001), la raison majeure pour laquelle les opérations massives (communautaires, villageois) ont été initiées est, qu'une fois la motivation obtenue, elles stimuleraient les initiatives individuelles ; ce qui n'est le cas d'après notre enquête.

La liste des espèces plantées permet de constater une part importante des légumineuses autochtones et les essences exotiques dans l'ensemble des opérations de reboisement. Cependant, les derniers bilans des campagnes de reboisements montrent une nette régression des reboisements et de la production d'espèces légumineuses locales (notamment *Acacia tortilis* et *Acacia senegal*), au profit des espèces exotiques. En effet, l'analyse des données de l'IREF de Louga (source DEFCCS), fait état d'un triplement de la production des principales espèces exotiques (*Prosopis juliflora* et *Eucalyptus camaldulensis*), entre 2000 et 2004 (respectivement 422.283 à 1.246.433 plants produits). Par contre, la production des principales légumineuses autochtones (*Acacia senegal* et *Acacia tortilis*), a diminué avec le même ordre de grandeur et sur la même période (respectivement 1.555.309 à 485.392 plants produits). La baisse de l'effort national de reboisement et le souci pour les décideurs de répondre aux attentes des populations quant à un bénéfice immédiat à retirer avec ces espèces exotiques à croissance rapide, expliquent ces évolutions.

Les résultats indiquent également que les essences plantées à majorité exotiques, conviennent plus aux autres acteurs communautaires (agriculteurs, agropasteurs et pasteurs sédentaires), qu'aux populations pastorales pratiquant la transhumance. Cette disconvenance au niveau local explique aussi leur grande mobilité pour la quête des meilleures ressources fourragères (cf. sous chapitre impacts sur le fourrage).

Concernant les essences qu'elles aimeraient planter, les populations montrent plus d'attachement aux essences forestières autochtones (légumineuses et autres fruitières : (*Acacia senegal*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*), qu'aux taxons exotiques. Or, ces essences locales ont à l'exception de *Balanites aegyptiaca* non seulement régressé dans le milieu, mais aussi dans les choix d'espèces à reboiser. Ces essences

autochtones sont à la fois d'excellentes ressources fourragères, domestiques et de bonnes sources de revenus (cf. sous chapitre impacts sur le commerce et l'alimentation).

En conclusion, la perception populaire des opérations de reboisements se traduit par :

- une bonne familiarisation avec ce type de campagne ;
- un sentiment globalement favorable pour ce type d'intervention dont l'importance est variable en fonction des intérêts des différents acteurs communautaires ;
- une variabilité à l'origine de motivations diverses de participation : pécuniaires pour les éleveurs sédentaires pratiquant l'agriculture, le commerce ou le maraboutage, et les agriculteurs ; fourragères, domestiques ou écologiques pour les pasteurs transhumants et les agropasteurs ;
- une absence d'initiatives individuelles ;
- des besoins en inadéquation avec les tendances actuelles de dynamique des peuplements ligneux et avec celles des choix d'espèces pour les campagnes de reboisements. Les populations préfèrent les essences forestières autochtones (légumineuses et autres fruitières : *Acacia senegal*, *Zizyphus mauritiana*, *Acacia tortilis*) qui régressent dans le milieu et dans les choix d'espèces à reboiser, aux essences exotiques.

### **Les contraintes I l'implication dans la gestion des ressources ligneuses et aux aménagements**

Les résultats obtenus dans cette partie reflètent la faible implication des populations dans la gestion des ressources ligneuse du terroir. Cette implication se situe le plus souvent à la phase d'exécution des projets, en aval des réflexions consacrées à la gestion des ressources ligneuses et non en amont.

Les conséquences auxquelles les programmes initiés peuvent se confronter en n'impliquant pas les populations et les innovations locales dans l'élaboration des textes sont : le manque d'enthousiasme, d'adhésion et d'engagement (liés à la méfiance ; au fait que les populations ne se sentent pas concernées), ou des biais par rapport aux objectifs de départ fixés, suite à une réappropriation et une réorientation des innovations nouvelles proposées. Recueillir les avis des acteurs locaux et en tenir véritablement compte seraient donc un bon début pour toute politique de gestion des ressources ligneuses dans les terroirs.

### **Conclusion**

L'étude s'était proposé d'analyser les impacts des modifications du peuplement ligneux sur les usages et les pratiques, et la perception populaire des interventions dans le milieu. Les résultats obtenus à terme révèlent :

- une diversification et une monétarisation progressive des usages sur les ligneux. Cette monétarisation s'est traduite par une transformation des produits d'échange (de cueillette ou de service), en produits commerciaux, dans les sites les plus accessibles et fragiles.

- un choix adaptatif qui se traduit par une substitution progressive des meilleures ressources (légumineuses), par des essences nouvellement abondantes et moins efficaces. Il y a une relation étroite entre la dynamique du peuplement ligneux et l'évolution des usages et pratiques. Ces dernières évolutions permettent de noter sur le plan qualitatif et quantitatif :
- une pression accrue sur les ressources caractéristiques nouvellement abondantes du milieu,
- une pression toujours élevée sur les espèces en régression ou rares (légumineuses restantes), mais qui a diminué par rapport au passé,

La dynamique régressive du peuplement ligneux a entraîné selon le type d'usage, des changements de stratégies. Ces changements de stratégies se traduisent par :

- une compensation quantitative de la perte de qualité énergétique pour l'usage du bois de feu et timidement pour l'utilisation du bois de service,
- un maintien du mode d'habitat traditionnel et de la sélection (donc de l'usage du bois de service) dans les zones les ressources sont relativement disponibles (Revane) et une timide orientation vers un habitat moderne utilisant d'autres matières premières là où elles sont rares ou défendues d'exploitation (Thieul, Tatk),
- une réduction de la gamme de produits alimentaires offerts par le couvert ligneux sans perte complète de la qualité, car les espèces nouvellement abondantes offrent d'autres atouts nutritifs,
- un manque à gagner suite à la substitution progressive du commerce des légumineuses par d'autres essences forestières abondantes et sources de gains.

La substitution d'espèces, la compensation quantitative, le changement ou la conservation du mode d'habitat traditionnel, évitent les grands déplacements aux femmes exerçant ces activités secondaires du pastoralisme (usage du bois de feu ou de service).

Par contre, pour l'usage des ligneux fourragers et la pharmacopée traditionnelle, la substitution progressive à l'échelle du terroir est complétée par de longs déplacements (entre terroirs ou régions), à la recherche de la meilleure ressource (légumineuses, burséracées). Ces déplacements effectués essentiellement par les hommes, permettent une conservation de la sélection et une compensation de la perte de qualité pastorale ou médicinale. L'absence de compensation quantitative à l'origine de ces longs déplacements, entraîne une forte pression sur les meilleures ressources restantes à l'intérieur du terroir.

L'existence ou non de déplacements à la quête d'une ressource dépend ainsi de l'espèce (qualité, spécificité), sa dynamique (disponibilité ou rareté) et de l'importance du type d'usage par rapport au pastoralisme. La stratégie choisie s'adapte généralement à la catégorie sociale qui exerce l'activité.

Les résultats des enquêtes révèlent des impacts négatifs sur le système pastoral. Ces impacts sont observables sur les parcours, les mares, les champs, les campements ou autour des forages. Sur les pâturages,

les impacts se traduisent par une diminution de la production fourragère et de sa qualité (compléments nutritifs) et une disparition progressive du rôle anti-érosif, anti-évaporation et d'ombre, des arbres autour des mares. La fertilité des sols des parcours s'est réduite, avec l'accentuation de l'érosion éolienne consécutive à la réduction du couvert ligneux. Il s'en est suivi une baisse de rendement des productions. Il y a une augmentation de la mobilité et de la divagation accompagnée d'un accroissement de la vitesse des déplacements et des changements fréquents de parcours et de séjours. Sur la production animale, les pasteurs notent une diminution de l'embonpoint, une fragilisation des animaux et des réductions d'effectifs. L'étude sur la perception de la gestion des ressources ligneuses révèle la nature indirecte lourde et privative du rapport usagers-ressources actuel qui était dans les règles anciennes, plus direct et plus responsabilisant. Elle montre une connaissance parcellaire, limitée du code forestier. Les règles actuelles sont perçues différemment par les divers acteurs communautaires du fait de l'existence ou de l'absence de sanctions et des enjeux différents autour de la ressource, mais négativement en majorité.

Concernant les interventions opérées dans le milieu, un sentiment de rejet de la technique des mises en défens est noté. Cette technique est juste un moyen pour conserver l'espace pastoral dans les zones où les menaces climatiques et agricoles sont imminentes. Par contre, il y a une bonne familiarisation avec les opérations de reboisement et une perception favorable, mais variable (selon l'importance du reboisement), en fonction du type d'acteurs communautaires. Des motivations diverses de participation, une absence d'initiatives individuelles et des besoins en inadéquation avec les tendances actuelles de dynamique des peuplements ligneux et avec celles des choix d'espèces pour les campagnes de reboisements, sont mis en évidence. Le niveau d'implication des populations se situe en aval des réflexions et des actions d'aménagements. Certains types d'exploitations (vergers) souhaités par les populations, sont confrontés à divers facteurs limitant tels que : l'eau, l'ignorance des populations, le bétail et les sols.

## **CHAPITRE 10 : IDENTIFICATION ET SELECTION D'INDICATEURS DE CARACTERISATION DES RESSOURCES LIGNEUSES ET DE DURABILITE DES ECOSYSTEMES PASTORAUX**

### **10. 1. INTRODUCTION**

La caractérisation du peuplement et des impacts de son évolution sur les usages et les pratiques, et sur le fonctionnement des sols, a permis d'identifier : les espèces caractéristiques ; régénérantes ; apparues (introduites) ; disparues ou en voie de disparition ; améliorantes légumineuses ; les espèces influant positivement sur les facteurs de production ; les espèces les plus utilisées dans les activités domestiques, pastorales, agricoles et sylvicoles ; et les contraintes à la gestion des ligneux,

L'analyse qui suit tente d'identifier, à partir de ces groupes d'espèces, de ces contraintes et paramètres combinés, des indicateurs d'état de la végétation ligneuse et de durabilité de l'écosystème pastoral.

### **10. 2. MATERIEL ET METHODES**

#### **10. 2. 1. Choix des indicateurs**

##### **10. 2. 1. 1. Définition d'un indicateur**

Un indicateur est une variable qualitative ou quantitative qui permet de mesurer ou d'apprécier un état, l'évolution d'une ressource, de décrire ou de donner des informations sur un phénomène. Les indicateurs doivent être des éléments perceptibles directs ou indirects (Carrière & Toutain, 1995). Les indicateurs écologiques comprennent habituellement les indicateurs biologiques et les indicateurs physiques regroupés sous le terme d'indicateurs biophysiques. L'indicateur biologique correspond à une espèce ou à un groupe d'espèces qui par sa présence ou son abondance est significatif d'une ou de plusieurs propriétés de l'écosystème dont ils font partie (Molfetas & Blandin, 1981 ; Guelorget & Perthuisot, 1984 ; in Jauffret, 2001). Ces propriétés caractérisent la structure et le fonctionnement de l'écosystème.

L'indicateur est conçu avec un certain nombre d'objectifs, à l'intention certain groupe d'utilisateurs, reflète une situation et guide les décisions à prendre (Brahimi, 2001). Les indicateurs ont deux principales fonctions, (OCDE, 1994) :

- réduire le nombre de mesure et de paramètres normalement nécessaires pour caractériser une situation avec exactitude,
- simplifier le processus de communication entre les utilisateurs de ces mesures.

##### **10. 2. 1. 2. Identification d'indicateurs biologiques**

L'identification des groupes d'espèces a été réalisée à partir d'une combinaison de démarches (écologique et la perception locale) et des paramètres suivants : la densité, la fréquence, le recouvrement, la surface terrière,



la régénération, la mortalité et la fréquence de citations. Les indices de diversité spécifique (Shannon), de régularité et d'importance écologique ont été également utilisés pour mieux affiner cette caractérisation.

Les groupes d'indicateurs ont été distingués sur la base des critères suivants :

- l'Etat du peuplement ligneux,
- le Fonctionnement du peuplement ligneux (stabilité et la durabilité de l'écosystème) : dégradation et maintien de la fertilité, satisfaction des besoins socio-économiques,
- La gestion des ressources ligneuses.

La classification des espèces les plus utilisées pour déterminer des indicateurs biologiques d'état a été établie à partir de la fréquence de citations. Dans chaque usage, les fréquences les plus élevées correspondent aux espèces les plus utilisées et les mieux classées. Le rang final d'une espèce (sur l'ensemble des usages), est déterminé à partir de la somme de ses rangs dans les différents usages où elle a été citée. Plus cette somme est faible, plus l'espèce est bien classée.

### 10. 2. 2. Caractéristiques des indicateurs

Les indicateurs identifiés et sélectionnés doivent répondre aux caractéristiques suivantes :

- La **pertinence** : L'indicateur quantitatif ou qualitatif doit être en rapport avec l'objet ou la question étudié(e) et adapté pour mieux décrire les phénomènes, et réagir aux changements de situation.
- La **précision** d'un indicateur fait référence à la clarté et à l'exactitude de l'information fournie, et à la rigueur avec laquelle ce résultat est obtenu. Elle est déterminée à partir des outils de la statistique (échantillonnages, tests de comparaison, etc.).
- Le **rapport coût/ bénéfice raisonnable** : Le bon indicateur possède au moins une méthode fiable de détermination facile à utiliser, et les séries de données obtenues à partir de celle-ci peuvent être soumises à des traitements statistiques et à des mises à jour. Les résultats fournis par l'indicateur doivent être compréhensibles, utiles, rentables, généralisables à différentes échelles spatio-temporelles et plus ou moins "modélisables" (prévisions). Ces propriétés se résument selon notre perception à quatre aspects : l'accessibilité, la fiabilité, la communicabilité et l'opérationnalité.
- La **valeur seuil ou repère** : Cette valeur correspond à la limite, au point critique au-delà duquel un phénomène devient irréversible. La détermination d'une valeur seuil (ou repère) pour un indicateur permet d'indiquer les tendances d'un phénomène et aide à la prise de décision.

Ces quatre caractéristiques résultent d'une synthèse des propositions de Carrière & Toutain (1995), Kane (2001), Shah (2000) et Desjardins & al. (2002).

## 10. 3. RESULTATS & DISCUSSIONS

### 10. 3. 1. Identification d'indicateurs biologiques

#### 10. 3. 1. 1. Indicateurs d'état de la végétation ligneuse

##### Espèces caractéristiques

Les espèces caractéristiques des écosystèmes du Ferlo sont : *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera*, *Adenium obesum*, *Combretum nigricans*, *Acacia tortilis*, *Acacia senegal*, *Pterocarpus lucens*, *Acacia seyal*, *Combretum aculeatum*, *Ziziphus mauritiana* et *Combretum glutinosum*.

Elles sont présentes dans le peuplement ligneux avec des valeurs de fréquence, de densité ou de recouvrement, relativement élevées. Leurs fortes proportions sont confirmées par les populations, qui les désignent comme étant les principales espèces du milieu. Ces espèces impriment leurs caractéristiques à la végétation ; c'est le cas par exemple de la structure juvénile du peuplement ligneux du Ferlo liée essentiellement aux structures des quatre premiers taxons. Tout changement majeur qualitatif ou quantitatif au sein de ses populations caractéristiques, est significativement perçu dans le peuplement et peut constituer un indicateur de niveau d'alerte (Kane, 2001).

##### Espèces régénérantes

L'état de la végétation ligneuse peut être suivi dans le temps à partir des effectifs, du couvert et de la richesse des (en) espèces régénérantes (rapportés ou non à l'effectif ou couvert total du peuplement). Celles-ci sont indicatrices de la capacité de renouvellement de l'écosystème.

Au Ferlo, ces espèces sont : *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Calotropis procera* et *Acacia tortilis* qui représentent l'essentiel des populations régénérantes (91.8%). Une réduction importante de ce taux, peut être un signal d'inhibition du renouvellement ou de vieillissement de la végétation, voire de l'écosystème. Les principaux facteurs d'inhibition de la régénération du peuplement ligneux au Ferlo sont les feux de brousses et le broutage, néfastes pour le développement des jeunes plants.

##### Espèces utilisées par les populations pastorales

L'usage de certaines espèces prisées dans les tâches domestiques et dans l'exploitation forestière, peut être indicateur de changement d'état de la flore et de la végétation ligneuse. Cependant, l'enquête a révélée que tous les usages opérés par les populations locales ne sont pas destructeurs du potentiel ligneux de l'écosystème. C'est le cas :

- des prélèvements à des fins de consommation humaine (aliments, bois sec ramassé pour la cuisine, etc.)
- du commerce des produits dérivés des ligneux, récoltés à maturité ou selon des modalités qui tiennent compte de la survie des plantes.

Par conséquent, sont considérés comme facteurs anthropiques de destruction du peuplement ligneux, les usages suivants :

- la pharmacopée traditionnelle,
- la construction d'habitation (bois de service),
- le charbon de bois,
- l'usage des ligneux fourragers (coupes, élagage).

Un suivi régulier des paramètres floristiques et structuraux des espèces les plus sollicitées dans ces usages, peut être indicateur des changements dans le peuplement ligneux et permet une meilleure précision du rôle du facteur anthropique dans les évolutions.

Le tableau 61 indique pour chacune des 7 types d'usages identifiés au Ferlo, les espèces les plus utilisées. Les 15 espèces les plus utilisées au Ferlo (~25%) dans les quatre usages destructeurs sont : *Grewia bicolor*, *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*, *Mitragyna inermis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia tortilis*, *Pterocarpus lucens*, *Adansonia digitata*, *Sclerocarya birrea*, *Acacia nilotica nilotica*, *Dalbergia melanoxylon*, *Ziziphus mauritiana*, *Calotropis procera* et *Sterculia setigera*.

Il y a parmi ces espèces, quelques-unes qui possèdent des aptitudes très élevées de régénération. Cette capacité de renouvellement, compense les pertes d'individus par mortalité naturelle, par utilisation abusive ou anarchique, et masque l'intensité de la pression anthropique. Ces espèces (*Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis* et *Calotropis procera*), seront donc moins appropriées pour évaluer l'ampleur de la pression anthropique sur le peuplement global.

Kane (2001) s'est basé sur une liste globale d'espèces utilisées pour 4 groupes d'usages (alimentation humaine, médecine et pharmacopée traditionnelle, construction et artisanat, bois de chauffe et charbon de bois), pour l'identification d'indicateurs, à la périphérie du parc Niokolo koba. Il n'avait pas spécifié les taxons en fonction des différentes catégories d'utilisations, ni ciblé les usages destructeurs.

### **Espèces apparues et espèces en voie de disparition**

Le suivi des effectifs d'espèces apparues ou en voie de disparition (menacées), peut être un indicateur d'une perte ou d'un gain de diversité. Les résultats obtenus au cours de nos enquêtes, montrent en dehors des espèces introduites lors des reboisements, une presque inexistence d'espèces apparues. Par contre, les espèces menacées de disparition sont assez nombreuses et suffisantes pour que des modifications dans leur structure puissent être perçues dans le peuplement et être indicatrices d'état et de changements significatifs d'état.

Tableau 61: Classification par type d'activité des espèces utilisées par les populations

| Espèces                            | B.F. | Alim. | Com. | Fou. | Ch.B. | B.S. | Phar.Trad. | C.1 | C.F. |
|------------------------------------|------|-------|------|------|-------|------|------------|-----|------|
| <i>Grewia bicolor</i>              | 1    | 10    | 11   | 1    | 1     | 1    | 6          | 1   | 2    |
| <i>Balanites aegyptiaca</i>        | 3    | 1     | 1    | 2    | 4     | 6    | 2          | 2   | 1    |
| <i>Guiera senegalensis</i>         | 4    | 8     | 11   | 3    | 6     | 2    | 3          | 2   | 3    |
| <i>Mitrasacme inermis</i>          | 15   | -     | -    | 21   | 10    | 2    | 11         | 4   | 12   |
| <i>Anogeissus leiocarpus</i>       | 6    | -     | -    | 19   | 3     | 6    | 18         | 5   | 9    |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i>       | 11   | 15    | -    | 6    | 9     | 9    | 31         | 6   | 5    |
| <i>Acacia tortilis raddiana</i>    | 11   | -     | 6    | 7    | 13    | 15   | 31         | 7   | 6    |
| <i>Pterocarpus lucens</i>          | 5    | -     | -    | 4    | 6     | 4    | -          | 8   | 14   |
| <i>Adansonia digitata</i>          | -    | 2     | 2    | 5    | 13    | -    | 7          | 9   | 7    |
| <i>Sclerocarya birrea</i>          | 15   | 10    | -    | 13   | 10    | -    | 10         | 10  | 10   |
| <i>Acacia nilotica nilotica</i>    | 14   | -     | 10   | -    | 13    | 15   | 8          | 11  | 13   |
| <i>Dalbergia melanocylon</i>       | 8    | -     | -    | -    | 5     | 8    | 24         | 12  | 17   |
| <i>Zizyphus mauritiana</i>         | 15   | 3     | 2    | 10   | 13    | 15   | -          | 13  | 4    |
| <i>Calotropis brocra</i>           | 6    | -     | -    | 17   | -     | 5    | 18         | 14  | 18   |
| <i>Sterculia setigera</i>          | -    | 8     | 6    | 8    | 12    | -    | 24         | 15  | 10   |
| <i>Acacia seyal</i>                | 11   | -     | -    | 13   | 8     | -    | 24         | 16  | 20   |
| <i>Commiphora africana</i>         | -    | -     | -    | 11   | 13    | -    | 31         | 17  | 25   |
| <i>Acacia ataxacantha</i>          | -    | -     | -    | -    | 13    | 15   | 31         | 18  | 27   |
| <i>Feretia abondanthera</i>        | 15   | -     | -    | 19   | -     | 13   | 31         | 19  | 21   |
| <i>Combretum glutinosum</i>        | 2    | 15    | -    | -    | -     | 11   | 1          | 20  | 15   |
| <i>Boscia senegalensis</i>         | 10   | 6     | -    | 11   | -     | -    | 4          | 21  | 16   |
| <i>Combretum aculeatum</i>         | -    | -     | -    | 13   | 2     | -    | -          | 21  | 29   |
| <i>Combretum micranthum</i>        | -    | -     | -    | -    | -     | 13   | 5          | 23  | 31   |
| <i>Acacia senegal</i>              | 9    | 7     | 4    | 8    | -     | -    | 18         | 24  | 8    |
| <i>Cordyla binnata</i>             | -    | 15    | -    | -    | -     | 15   | 12         | 25  | 22   |
| <i>Bombax costatum</i>             | -    | -     | -    | 17   | -     | 10   | -          | 25  | 34   |
| <i>Bauhinia rufescens</i>          | -    | -     | -    | 21   | -     | -    | 18         | 27  | 38   |
| <i>Celtis integrifolia</i>         | -    | -     | -    | -    | -     | 15   | 24         | 27  | 38   |
| <i>Azadirachta indica</i>          | -    | -     | -    | -    | -     | 11   | 31         | 29  | 40   |
| <i>Lannea acida</i>                | -    | 15    | -    | -    | 13    | -    | 31         | 30  | 27   |
| <i>Stereospermum kuanthianum</i>   | -    | -     | -    | -    | 13    | -    | 31         | 30  | 43   |
| <i>Dichrostachys glomerata</i>     | -    | -     | -    | 21   | -     | -    | 24         | 32  | 44   |
| <i>Maerua angolensis</i>           | -    | 4     | -    | 21   | -     | -    | 31         | 33  | 26   |
| <i>Cassia sieberiana</i>           | -    | 10    | -    | -    | -     | -    | 8          | 34  | 31   |
| <i>Boscia angustifolia</i>         | -    | 15    | -    | -    | -     | -    | 12         | 35  | 34   |
| <i>Maerua crassifolia</i>          | -    | 15    | -    | -    | -     | -    | 12         | 35  | 34   |
| <i>Cabbaris decidua</i>            | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 12         | 35  | 47   |
| <i>Cabbaris tomentosa</i>          | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 12         | 35  | 47   |
| <i>Salvadora persica</i>           | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 12         | 35  | 47   |
| <i>Combretum nigrum</i>            | 15   | 15    | 11   | -    | 13    | -    | -          | 36  | 19   |
| <i>Borassus flabellifer</i>        | -    | -     | -    | -    | -     | 15   | -          | 37  | 50   |
| <i>Faidherbia albida</i>           | -    | -     | 6    | 16   | -     | -    | -          | 38  | 33   |
| <i>Prosopis juliflora</i>          | -    | 15    | -    | -    | -     | -    | 18         | 39  | 37   |
| <i>Boscia salicifolia</i>          | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 18         | 39  | 53   |
| <i>Securidaca longepedunculata</i> | -    | -     | -    | 21   | -     | -    | -          | 40  | 54   |
| <i>Crateva adansonii</i>           | 15   | 5     | -    | -    | -     | -    | 24         | 41  | 23   |
| <i>Maerua oblongifolia</i>         | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 24         | 41  | 55   |
| <i>Diospyros mespiliformis</i>     | -    | 10    | 9    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 24   |
| <i>Piliostigma reticulatum</i>     | -    | -     | 11   | -    | -     | -    | 31         | 43  | 40   |
| <i>Piliostigma thonnineii</i>      | -    | -     | 11   | -    | -     | -    | 31         | 43  | 40   |
| <i>Cadaba farinosa</i>             | -    | 15    | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 45   |
| <i>Vitex madiensis</i>             | -    | 15    | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 45   |
| <i>Cabbaris corymbosa</i>          | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Eubhorbia balsamifera</i>       | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Ficus iteophylla</i>            | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Heeria insignis</i>             | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Mavtenus senegalensis</i>       | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Nauclea latifolia</i>           | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Terminalia avicennioides</i>    | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Ximenia americana</i>           | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Zizyphus mucronata</i>          | -    | -     | -    | -    | -     | -    | 31         | 43  | 56   |
| <i>Tamarindus indica</i>           | -    | 10    | 5    | -    | -     | -    | -          | -   | 29   |
| <i>Ampelocissus bentabhylla</i>    | -    | 15    | -    | -    | -     | -    | -          | -   | 50   |
| <i>Sesbania sesban</i>             | -    | 15    | -    | -    | -     | -    | -          | -   | 50   |

Cou. : Coupes ; Fou. : Fourrages ; Com. : Commerce ; Ch.B. : Charbon de bois ; B.F. : Bois d feu ; B.S. : Bois de service ; Phar.Trad. : Pharmacopée traditionnelle ; Alim. : Alimentation humaine ; C.F. : Classification finale ; C.1 : Classification pour les quatre usages destructeurs (Fou. ; Ch.B. ; B.S. ; Phar.Trad.)

Au Ferlo, ces espèces concernent : *Feretia apodanthera*, *Acacia macrostachya*, *Piliostigma thonningii*, *Bombax costatum*, *Mitragyna inermis*, *Piliostigma reticulatum*, *Lannea acida*, *Commiphora africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Dicbrostachys glomerata*, *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Dalbergia melanoxylon*, *Anogeissus leiocarpus*, *Sterculia setigera* et *Sclerocarya birrea*.

### **10. 3. 1. 2. Indicateurs du fonctionnement de l'écosystème ou Indicateurs de stabilité et de durabilité**

#### **Espèces pionnières**

L'étape ultime d'une dégradation causée par les actions persistantes du climat et des activités anthropiques est la mise en place dans le milieu d'espèces pionnières. Dans un modèle d'évolution «successionnelle» vers un climax, elles déterminent les premiers stades d'une végétation secondaire. La présence (en abondance) et les valeurs des différents paramètres floristiques et structuraux de ces taxons, peuvent être des indicateurs :

- du stade de développement du peuplement ligneux (végétation secondaire, stade intermédiaire, climax),
- de la persistance des perturbations qui empêchent l'évolution vers une nouvelle succession et peuvent à la longue conduire vers une dégradation irréversible.

Les espèces pionnières varient en fonction des types de perturbation. Dans le cas du Ferlo, elles sont indicatrices d'une accentuation des conditions d'aridité (*Boscia senegalensis*), d'une forte anthropisation (*Calotropis procera*), de surpâturage (*Balanites aegyptiaca*) ou de pression agricole (présence de jachères : *Guiera senegalensis*).

#### **Espèces améliorantes ou légumineuses**

Les arbres relèvent la fertilité des sols essentiellement par un apport aérien de matière organique riche en azote (retombées de litière) et par le renouvellement des racines (turn-over). Les légumineuses, en particulier les mimosacées telles que les acacias, offrent des taux relèvement plus élevés que ceux des autres peuplements. L'étude menée en serre (chapitre) a également montré une production de matière sèche plus importante sur les sols d'*Acacia tortilis* et d'*Acacia senegal*. L'importance des légumineuses, surtout à grande extension latérale racinaire tel qu'*Acacia tortilis* dans le relèvement de la qualité biologique des sols, a été soulignée.

Par conséquent, la fertilité d'un milieu pourrait largement être influencée par la proportion des acacias dans le peuplement. A chaque rapport effectif ou couvert acacias/ effectif ou couvert peuplement pris en un instant T0, correspondra une ou des valeurs de la qualité des sols (biomasse microbienne, minéralisation, bactéries nitrifiantes etc.). La réduction (ou augmentation) des effectifs ou du couvert de peuplements

d'acacias par rapport à d'autres moins enrichissantes et en expansion, pourrait refléter une perte (ou un gain) de fertilité et de production des sols.

Les changements de fertilité des sols et de productivité des écosystèmes seront ainsi perceptibles à travers, un suivi du nombre de taxons, des effectifs ou du recouvrement des espèces améliorantes du milieu. Pour cela, il s'agira d'établir des corrélations et des modèles entre les paramètres structuraux des espèces améliorantes (par rapport aux autres populations du peuplement) et les indicateurs de fertilité et de productivité, et de déterminer les seuils de réversibilité et d'irréversibilité. La connaissance de ces seuils peut aider à mieux cibler les actions de reboisement à mener dans ces écosystèmes. Les paramètres tel que l'âge des populations d'acacias, les caractéristiques du milieu suivi à l'état initial, doivent également être pris en compte puisque la quantité et la qualité de la litière (enrichissement organique), varient en fonction de ces facteurs.

Au Ferlo, les espèces légumineuses ciblées pour le suivi de la fertilité sont : *Acacia tortilis*, *Faidherbia albida* et *Acacia senegal*.

### **Espèces «clés de voûte»**

Les espèces ne jouent pas les mêmes rôles dans l'écosystème. Certaines appelées « clés de voûte » ou « keystone species » assureraient des fonctions essentielles au bon fonctionnement de l'écosystème (Jauffret, 2001). Elles constituent la matrice structurante des systèmes écologiques. Elles sont souvent dominantes et leurs disparitions entraîneraient la raréfaction puis la disparition d'autres espèces, qui déstabilise ainsi l'écosystème (Paine, 1969 in Jauffret, 2001). La présence à une densité suffisante de ces espèces attributs vitaux de l'écosystème, permet de juger du maintien de la structure et du fonctionnement de l'écosystème ou inversement de sa déstructuration et de son dysfonctionnement (Jauffret, 2001).

Au Ferlo, *Acacia tortilis* est considéré comme une espèce clé de voûte des sols du Diéri. Elle peut être considérée comme indicatrice du bon fonctionnement du système écologique pastoral.

### **Espèces disparues ou en voie de disparition comme indicateurs de conditions climatiques**

L'essentiel des espèces disparues ou en voie de disparition (menacées) au Ferlo, est constitué de taxons à affinité sahélo-soudanienne à soudanienne. Les sécheresses chroniques et la baisse des isohyètes climatiques ont favorisé la disparition ou la régression de ces espèces à feuilles larges (*Terminalia* sp., *Pterocarpus lucens*, *Anogeissus leiocarpus* et d'autres Combrétacées). Elles ont été progressivement remplacées par des xérophytes (ligneux sclérophylles, microphylls, mésophytes). Les changements au sein des populations menacées à cause de leur situation géographique (à la limite de leur aire phytogéographique), peuvent être indicateurs de la persistance des conditions d'aridité ou d'un retour de conditions climatiques plus humides.

Ces espèces sont : *Feretia apodanthera*, *Piliostigma thonningii*, *Bombax costatum*, *Lannea acida*, *Pterocarpus erinaceus*, *Dichrostachys glomerata*, *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Dalbergia melanoxylon*, *Anogeissus leiocarpus*, *Sterculia setigera* et *Sclerocarya birrea*.

### **Espèces indicatrices de conditions écologiques particulières**

Au Ferlo, les espèces indicatrices de conditions écologiques particulières concernent pour l'essentiel, des taxons affiliés aux zones inondables (mares, vallées, etc.) : *Piliostigma thonningii*, *Mitragyna inermis*, *Piliostigma reticulatum* et *Anogeissus leiocarpus*.

Leur présence liée à celle ancienne ou actuelle de faciès bien drainés, peut être indicatrice d'une évolution dans la distribution spatiale des points d'eau. Il s'agira donc d'une reconstitution de la carte d'occupation des points d'eau, à partir des zones affectées par les phénomènes d'érosion éolienne (ensablement, enfouissement et tarissement), dans lesquelles ces espèces persistent.

Kane (2001) a également identifié à la périphérie du parc Niokolo koba des espèces indicatrices de conditions écologiques particulières.

### **Espèces fourragères, à usages multiples et génératrices de source de revenus, indicatrices du niveau de satisfaction des populations pastorales**

L'une des composantes de la durabilité du système pastoral, est la satisfaction permanente des besoins fourragers pour une bonne productivité du troupeau et pour le bien être socio-économique de l'éleveur.

Le suivi des effectifs et du cortège floristique des principaux ligneux fourragers, de la proportion des espèces à usages multiples (par rapport aux espèces spécifiques à certains usages), des bénéfices tirés des espèces sources de revenus, permet d'évaluer respectivement le niveau de satisfaction par rapport à :

- la qualité pastorale de l'écosystème,
- le service fourni par rapport aux usages domestiques,
- à l'économie familiale ou rurale.

Cet aspect de la durabilité pourrait également être évalué à partir du rapport entre besoins et disponibilités (potentialités) en ligneux pour chaque fonction ou usage.

### **Espèces fourragères**

Les principales espèces fourragères du domaine sahélien et sahélo-soudanien rencontrées ou citées au Ferlo sont : *Maerua crassifolia*, *Maerua, angustifolia*, *Crateva adansonii*, *Boscia angustifolia*, *Cadaba farinosa*, *Capparis decidua*, *Maerua oblongifolia*, *Capparis tomentosa*, *Faidherbia albida*, *Acacia tortilis*, *Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Combretum aculeatum*, *Commiphora africana*, *Bauhinia rufescens*, *Tamarindus indica* *Pterocarpus erinaceus*, *Pterocarpus lucens* et

*Balanites aegyptiaca*. Ces taxons classés par ordre décroissant selon leurs valeurs bromatologiques, appartiennent essentiellement à la famille des Capparidacées et des mimosacées.

### **Espèces I usages multiples**

L'augmentation d'espèces à usages multiples dans le contexte d'une évolution régressive des ressources signifie que les populations ne font plus un choix sur les espèces qu'elles utilisent pour leurs besoins domestiques. Tout arbre qui leur tombe sur la main, est bon pour être utilisé, quitte à augmenter la quantité d'utilisation pour obtenir le rendement voulu (compensation quantitative, chapitre 8).

Les espèces à usages multiples<sup>45</sup> identifiées au Ferlo sont : *Balanites aegyptiaca*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Zizyphus mauritiana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia tortilis*, *Adansonia digitata*, *Acacia senegal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Sterculia setigera*, *Sclerocarya birrea*, *Mitragyna inermis*, *Acacia nilotica nilotica*, *Pterocarpus lucens*, *Combretum glutinosum*, *Boscia senegalensis*, *Dalbergia melanoxylon*, *Calotropis procera*, *Combretum nigricans*, *Acacia seyal* et *Feretia apodanthera*.

### **Espèces génératrices de source de revenu**

Les espèces sources de revenus dans le système pastoral et agropastoral sont : *Balanites aegyptiaca*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Adansonia digitata*, *Acacia nilotica nilotica*, *Sterculia setigera*, *Acacia tortilis*, *Zizyphus mauritiana*, *Sclerocarya birrea*, *Anogeissus leiocarpus*, *Mitragyna inermis*, *Acacia senegal*, *Combretum nigricans*, *Dalbergia melanoxylon*, *Acacia seyal*, *Pterocarpus erinaceus*, *Diospyros mespiliformis*, *Piliostigma reticulatum*, *Piliostigma thonningii*, *Commiphora africana*, *Combretum aculeatum*, *Boscia senegalensis*, *Tamarindus indica*, *Combretum micranthum*, *Pterocarpus lucens* et *Faidherbia albida*.

Le niveau de satisfaction des sociétés pastorales peut également être évalué par un suivi des paramètres structuraux (abondance, recouvrement, etc.), des espèces préférées (cf. chapitre 9), aussi bien dans le milieu que dans les options de reboisements (proportions dans les choix d'espèces).

## **10. 3. 1. 3. Indicateurs de la gestion des ressources ligneuses**

### **Espèces introduites lors des campagnes de reboisement comme indicateurs de gestion**

La réussite ou l'échec des campagnes de reboisement est perceptible à travers l'évaluation des effectifs ou du couvert des populations d'espèces introduites. Au Ferlo, ces espèces sont : *Prosopis juliflora*, *Azadirachta indica*, *Faidherbia albida*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Moringa oleifera* et *Parkinsonia aculeata*.

### **Accès aux ressources ligneuses les plus utilisées**

---

<sup>45</sup> : Utilisées au moins dans 4 usages sur 7



L'accès aux ressources ligneuses les plus utilisées (dans les 7 usages identifiés), (tableau 61), pour les populations, et les modes d'exploitation de ces taxons constituent également des indicateurs de bonne ou mauvaise gestion.

### **Suivi des espèces en voie de disparition ou menacées**

Le suivi des populations d'espèces menacées peut fournir un signal d'une régénération du milieu induite par une bonne protection de ces taxons contre l'exploitation ou inversement une dégradation du milieu par la persistance de la pression anthropique.

### **Contraintes liées à la gestion des ressources ligneuses**

Les principales contraintes soulevées par les populations se rapportent :

- au travail de l'ATEF et à ses moyens d'action,
- l'accès au foncier et aux ressources ligneuses nécessaires au pastoralisme (menaces de l'agriculture et contraintes des mises en défens),
- et à la disponibilité de l'eau (pour les aménagements de pépinières et vergers).

Ces contraintes peuvent être des indicateurs de la gestion des ressources ligneuses. En effet, leur évaluation régulière renseigne sur la bonne ou mauvaise gestion des ressources ligneuses.

## **10. 3. 2. Sélection et proposition d'indicateurs**

### **10. 3. 2. 1. Indicateurs biologiques sélectionnés**

Des groupes d'espèces ont été précédemment identifiés à l'intérieur de chacune des trois critères d'indicateurs (état, fonctionnement gestion). La sélection qui suit consiste à choisir les espèces les plus représentatives dans chaque critère. Pour cela, un classement basé sur le nombre de choix ou de sélections partielles de l'espèce a été effectué. Plus ce nombre est élevé, plus grande est la représentativité de l'espèce et mieux elle est appropriée pour être un indicateur.

Le tableau 62 présente les groupes d'espèces retenus pour chaque critère d'indicateurs.

Une sélection plus approfondie effectuée sur l'ensemble des trois critères d'indicateurs et sur les 16 groupes d'espèces identifiées, montre qu'*Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Anogeissus leiocarpus*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia senegal*, *Dalbergia melanoxylon*, *Mitragyna inermis*, *Sclerocarya birrea* et *Sterculia setigera*, sont dans l'ordre, les espèces les mieux classées. Elles ont été au moins sélectionnées dans 7 groupes d'espèces sur 16. Elles représentent 22 % du total des espèces.

Elles sont plus appropriées pour caractériser à la fois l'état du peuplement ligneux, le fonctionnement de l'écosystème et la bonne ou mauvaise gestion des ressources ligneuses.

Tableau 62: Groupes d'espèces ou d'indicateurs biologiques retenus

| Critères                              | Espèces sélectionnées ou retenues   | Commentaires   |
|---------------------------------------|---|--|
| <b>Etat de la végétation</b>          | 1. <i>Acacia tortilis</i> , 2. <i>Balanites aegyptiaca</i> ,<br>3. <i>Calotropis procera</i> , 4. <i>Guiera senegalensis</i> ,<br>5. <i>Anogeissus leiocarpus</i> , 6. <i>Boscia senegalensis</i> , 7. <i>Dalbergia melanoxylon</i> , 8. <i>Grewia bicolor</i> ,<br>9. <i>Mitragyna inermis</i> , 10. <i>Pterocarpus erinaceus</i> ,<br>11. <i>Pterocarpus lucens</i> , 12. <i>Sclerocarya birrea</i> ,<br>13. <i>Sterculia setigera</i> , 14. <i>Ziziphus mauritiana</i> . | Espèces identifiées au moins dans 2 groupes d'espèces sur 4. Elles représentent environ 45% du total des espèces identifiées au départ et Répondent aux 4 caractéristiques choisies. |
| <b>Fonctionnement de l'écosystème</b> | 1. <i>Acacia tortilis</i> , 2. <i>Acacia senegal</i> ,<br>3. <i>Balanites aegyptiaca</i> , 4. <i>Acacia seyal</i> ,<br>5. <i>Anogeissus leiocarpus</i> , 6. <i>Pterocarpus erinaceus</i> , 7. <i>Faidherbia albida</i> , 8. <i>Grewia bicolor</i> , 9. <i>Guiera senegalensis</i> ,<br>10. <i>Ptilostigma thonningii</i> .  | Espèces identifiées au moins dans 4 groupes d'espèces sur les 9 de ce critère. Elles représentent 20 % du total des espèces identifiées et Répondent aux mêmes caractéristiques      |
| <b>Bonne gestion</b>                  | 1. <i>Anogeissus leiocarpus</i> , 2. <i>Commiphora africana</i> , 3. <i>Dalbergia melanoxylon</i> , 4. <i>Feretia apodanthera</i> , 5. <i>Grewia bicolor</i> , 6. <i>Lannea acida</i> , 7. <i>Mitragyna inermis</i> , 8. <i>Pterocarpus erinaceus</i> , 9. <i>Sclerocarya birrea</i> , 10. <i>Prosopis juliflora</i> , 11. <i>Azadirachta indica</i> ,<br>12. <i>Faidherbia albida</i> .  | 12 espèces identifiées <sup>46</sup> au moins dans 2 des 3 groupes d'espèce. Elles représentent 32 % du total des taxons présélectionnés.  |

### 10. 3. 2. 2. Choix des paramètres ou des indicateurs écologiques associés aux indicateurs biologiques retenus

Pour mieux caractériser l'état, le fonctionnement et la gestion des ressources dans l'écosystème pastoral, ces espèces retenues doivent être appréciées à partir d'un certain nombre de paramètres. L'utilisation inadaptée et récurrente de certains parmi ces paramètres (surface terrière, la hauteur, l'importance écologique, distance entre individus, nombre de brins, etc.), la nécessité d'une prise en compte de la perception locale, le contexte pastoral, agricole ou agropastoral du Ferlo, suggèrent une sélection plus appropriée.

Pour les trois critères d'indicateurs, il s'agit de sélectionner et de proposer les paramètres qui répondent le mieux aux caractéristiques de précision, de pertinence, du rapport coût/ bénéfice raisonnable et de valeur seuil ou repère.

Les paramètres proposés dans le tableau 6 3, sont les mieux adaptés pour indiquer l'état, le fonctionnement de l'écosystème et la bonne ou mauvaise gestion des ressources naturelles à partir des espèces pérennes ligneuses retenues.

<sup>46</sup> Les trois dernières espèces parmi ces 12 ont été ajoutées car elles sont les essences les plus reboisées. Pour rappel, le facteur reboisement a été identifié précédemment comme un indicateur dans la gestion des ressources ligneuses.

Tableau 63: Paramètres sélectionnés pour les trois critères d'indicateurs identifiés

| Critères                              | Paramètres   |
|---------------------------------------|--|
| <b>Etat de la végétation</b>          | densité, recouvrement, circonférence à 30 cm et à 1,30 cm, production aérienne (quantité et qualité), richesse spécifique, fréquence de citations.   |
| <b>Fonctionnement de l'écosystème</b> | densité, production aérienne (quantité et qualité), richesse spécifique, fréquence de citations, valeur ou bénéfice économique, biomasse microbienne et leur qualité (bactéries nitrifiantes), matière organique et la minéralisation (efficacité d'utilisation de l'azote). |
| <b>Bonne gestion</b>                  | densité, recouvrement, circonférence à 30 cm et à 1,30 cm, fréquence de citations.   |

### 10. 3. 2. 3. Descriptions des paramètres associées aux indicateurs biologiques retenus

**La densité :** Elle renseigne sur les tendances évolutives des individus du peuplement ligneux. Le nombre élevé d'individus d'espèces colonisatrices et pionnières (rejets de souches), reflète par exemple la capacité de régénération de l'écosystème (Jauffret, 2001). Une densité élevée permet également la fixation des particules de sol et l'amélioration du bilan hydrique, et donc la réinstallation d'espèces. Ce paramètre est beaucoup plus informatif sur les facteurs environnementaux, y compris les activités humaines et l'exploitation, que la simple liste de plantes (Carrière & Toutain, 1995). Il représente la mesure la plus intuitivement évidente d'une population et la plus facilement comprise (Sharman, 1988).

L'un des avantages est que les mesures collectées à partir de différentes méthodes fiables, sont comparables directement. Cependant, la densité présente une importance écologique moindre par rapport au recouvrement à cause du manque d'uniformité dans la répartition des individus (espèces à densités élevées et à faibles recouvrements), (Sharman, 1988). Sa détermination aisée en zone semi-aride se confronte parfois à des difficultés dans les zones de dépression.

La densité permet de suivre les tendances évolutives des espèces caractéristiques, régénérantes ou améliorantes, etc. Pour chaque usage ou groupe d'espèces, la densité donne un état de l'offre (le disponible ou les potentialités).

### **Le recouvrement (par les couronnes)**

Le taux de recouvrement donne une estimation synthétique de l'état de la végétation et de sa tendance évolutive (Carrière & Toutain, 1995). Il permet de suivre les modifications qui affectent la structure du

peuplement végétal (ouverture du milieu, contraction des associations végétales) et constitue en même temps un élément de diagnostic de l'état des sols par rapport à l'érosion éolienne et hydrique (repérage des "plages" de désertification ou de sols nus). C'est une mesure sensible au changement écologique (variabilité saisonnière par exemple), utile et facile à saisir (Sharman, 1988) ; Ce dernier le considère comme le meilleur paramètre de la végétation pour mesurer l'impact sur les pâturages, des changements naturels ou provoqués par l'homme (aléas climatiques, pression animale, défrichements, feux, exploitation excessive du bois). Ce paramètre permet également un changement d'échelle : du local au régional (Jauffret, 2001). Sa détermination s'opère par des mesures de terrain (méthode des lignes d'interception (Ickowicz, 1995) ou à partir des images satellitales. Les informations fournies par les images satellitaires sont moins précises et doivent être complétées par des mesures sur le terrain. Les mesures au sol sont le plus souvent rapides et faciles à exécuter.

Le paramètre couvert est mieux compris et approprié par les populations que la notion de densité. En effet, pour évaluer l'abondance des individus ligneux, la majorité des personnes interrogées a traduit cette notion en termes de distance couverte par les arbres à partir d'un point pris comme repère (campements, mares le plus souvent) ou par le degré de visibilité d'un point à travers la végétation. Ex : « si la végétation était à moins de 1 km du campement, aujourd'hui, elle est à 2 km » ou bien « aujourd'hui nous parvenons à voir un campement voisin à travers la végétation, ce qui n'était pas le cas il y a 20 à 30 ans ». Le recouvrement informe mieux que la densité sur l'importance écologique des groupes d'espèces identifiés (caractéristiques, régénérantes, améliorantes, fourragères etc..).

### **La circonférence**

Elle est plus précise que la hauteur des arbres pour caractériser la structure de la végétation ligneuse. Pour la hauteur, les valeurs sont souvent biaisées par la pression anthropique (coupe et élagage) et le broutage (formes rabougries). Les prélèvements d'écorces (affectant la circonférence ou le diamètre), existent, mais ils sont insignifiants par rapport à ceux opérés sur la taille des arbres. Les mesures de hauteurs sont assez longues et vite imprécises dès que les individus dépassent 5-6 m (Piot, 1983). De plus, les hauteurs plafonnent plus ou moins rapidement pour toutes les espèces contrairement aux diamètres ou circonférences des tiges. Les prélèvements de bois, le broutage, les feux de brousse se répercutent très sensiblement sur la taille des plantes.

Si les mesures de la hauteur permettent de déceler l'impact des prélèvements, celles de la circonférence à 30 cm et à 130 cm ou du diamètre peuvent également édifier sur l'impact des facteurs anthropiques. En effet, l'inexistence de mesures de circonférence à 130 cm pour un individu dont la circonférence à la base est grande (gros tronc), peut être indicatrice dans la plupart des cas observés :

- de la présence d'un individu à base large et présentant une taille naturelle naine telle qu'en général *Boscia senegalensis* et *Adenium obesum*,
- d'une coupe ou du broutage.

La circonférence renseigne sur leur renouvellement et le vieillissement du peuplement ligneux qui sont des notions bien perçues par les populations pastorales. Les difficultés souvent rencontrées pour la détermination de ce paramètre se rapportent aux mesures sur les espèces multicaules (brins à mesurer, pertinence de la mesure à 1,30 m pour les arbrisseaux et arbustes en zone sahélienne).

### **La quantité et la qualité de la biomasse aérienne**

Dans un contexte pastoral et semi-aride, l'estimation de la production (notamment foliaire), est utile pour évaluer la quantité de matière organique restituée aux sols (fertilité) par les espèces ligneuses et la quantité de fourrage disponible pour le bétail. Pour beaucoup d'espèces telles qu'*Acacia tortilis* et *Faidherbia albida*, importantes dans le fonctionnement de l'écosystème, il existe peu de données au Ferlo sur la quantité de litière ou de matière organique fournie au sol.

L'estimation de la biomasse ligneuse n'est pas aisée du fait de plusieurs facteurs qu'elle doit prendre en compte (zone climatique, espèces, organes, etc.). Les méthodes de détermination sont détaillées dans le chapitre 2 (Ickowicz, 1995 ; Le Houerou, 1980). Celles utilisées actuellement nécessitent des améliorations et des validations. Néanmoins, ce paramètre demeure toujours indicatif, précis, communicatif et opérationnel bien qu'ayant suscité avec la notion de capacité de charge qui lui est associée, beaucoup de remise en questions.

### **La richesse spécifique**

La richesse spécifique est également usitée, mais peu de travaux se sont appesantis sur son importance dans l'évaluation et le suivi de la biodiversité au Ferlo. L'évolution du nombre d'espèces ligneuses permet d'apprécier la perte ou le gain de richesse floristique, et donc la diversité d'une station, dans une catégorie de végétaux susceptibles de contribuer le plus à la stabilité des écosystèmes (Jauffret, 2001). Ce paramètre est indicatif et communicatif et sa détermination à partir des deux démarches (écologique et perception locale), est facile. Sa précision va varier en fonction du nombre de sites échantillonnés ou d'individus interrogés. Quelle que soit la démarche utilisée, en un moment donné, un nombre limite d'espèces recensées ou citées par site est atteint. La richesse spécifique informe sur la valeur qualitative du fonctionnement de l'écosystème et de l'offre pour les différents usages. La connaissance du nombre d'espèces redondantes, à usages multiples ou spécifiques, est très importante pour évaluer le niveau de fonctionnalité qu'offre l'écosystème (nombre de fonctions).

Les divers indices associés à ce paramètre (Shannon, Malgalef, équitabilité, Jaccard, etc.), permettent d'apprécier la diversité totale, car ils prennent en compte la répartition des individus d'espèces, les similitudes et les différences entre communautés.

L'intégration de la perception des populations et des types d'usages et de pratiques sur les ressources ligneuses, permet de proposer les paramètres de fréquence de citations et de valeur économique de la ressource ligneuse.

### **La fréquence de citations**

Elle apparaît comme le paramètre local le plus approprié pour être comparé aux indicateurs écologiques, notamment à la fréquence relative (présence - absence d'espèces). Dans cette étude, elle a permis de confronter les réponses obtenues sur les différents thèmes abordés simultanément par la démarche écologique et l'enquête auprès des populations (espèces principales, disparues, apparues, stables ou menacées). La fréquence de citations permet de classer les réponses qualitatives (nominales, ordinales ou textuelles), concernant des processus, des états, des faits, des actions, des individus ou des espèces. En lieu et place des mesures sur le terrain, des calculs et des regroupements de paramètres pour caractériser un seul indicateur (flore, recouvrement et densité pour les espèces caractéristiques : mesures de circonférence et de hauteur pour la régénération ou vieillissement, etc.), la fréquence de citation livre et classe directement les noms d'espèces ou les modalités qui composent ces groupes (espèces caractéristiques et régénérantes). La classification de l'interlocuteur est basée sur l'observation et l'expérience du terrain. Ce classement permet d'obtenir l'information la plus récurrente et généralement la plus utile pour les populations. La précision de l'information obtenue dépendra de celle de l'échantillonnage (nombre de personnes interrogées, leurs états, niveau de connaissance, etc.).

Dans le cadre de la gestion, une enquête sur les techniques d'utilisation ou d'exploitation des espèces ligneuses apporte plus de précision sur le rôle du facteur anthropique.

### **La valeur ou le bénéfice socio-économique**

Ce paramètre permet d'évaluer le niveau de satisfaction des populations par rapport aux fonctions et bénéfices offerts par les ressources arborées et arbustives. Elle permet d'apprécier l'apport de cette composante végétale dans un contexte de lutte contre la pauvreté et pour la sécurité alimentaire, et dans la quête d'un développement durable (dimension socio-économique). Cette évaluation économique des diverses fonctions offertes par les ressources ligneuses (aliments, médicaments, semences), est à ce jour partielle et insuffisante. Ce paramètre pertinent et perceptible peut être déterminé à partir des enquêtes. En ce qui concerne les fonctions de la biodiversité, les outils économiques actuels utilisés sont incompatibles avec son aspect dynamique (Desjardins & al., 2002).

### **Matière organique, biomasse microbienne, minéralisation potentielle de l'azote**

Ces paramètres de fertilité sont déjà décrits dans les chapitres 1 et 7. Ce sont des indicateurs pertinents de la fertilité des sols, sensibles aux variations de la composition des peuplements ligneux. Il faudra cependant ajouter à ces paramètres, une évaluation de la qualité de cette composante microbienne, avec la détermination de la proportion des groupements fonctionnels particuliers (bactéries nitrifiantes ou fixatrices d'azote), pour avoir une meilleure compréhension sur les activités des microorganismes. L'efficacité d'utilisation de l'azote peut également être évaluée.

### **Conclusion**

Cette étude a tenté d'identifier des indicateurs d'état de la végétation ligneuse (lato sensu) et de durabilité de l'écosystème pastoral à partir de groupes d'espèces, des contraintes et des paramètres combinés, mis en évidence par les analyses de la dynamique et de la structure des peuplements ligneux, et par celles des impacts de cette évolution sur les écosystèmes pastoraux.

Au terme des analyses, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Anogeissus leiocarpus*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia senegal*, *Dalbergia melanoxylon*, *Mitragyna inermis*, *Sclerocarya birrea* et *Sterculia setigera* ont été sélectionnées comme étant les meilleures espèces sur lesquelles, il est possible de s'appuyer pour caractériser l'état, le fonctionnement et la gestion des ressources ligneuses. A ces espèces, nous avons associées des paramètres écologiques et ethnobotaniques pertinents, précis, repérables, rentables et opérationnels pour évaluer ces critères ou groupes d'indicateurs. Certains parmi ces indicateurs et ces critères figurent dans ceux élaborés pour l'Afrique tropicale sèche. D'autres tels que la fréquence de citations, la valeur ou le bénéfice socio-économique qui permet d'évaluer le niveau de satisfaction des populations, la matière organique, la biomasse microbienne et la minéralisation potentielle de l'azote (fertilité des sols), que nous avons proposés, nécessitent une validation sur le terrain.

## **DISCUSSION GENERALE**



## **HOMOGENEISATION DE LA FLORE ET DE LA VEGETATION LIGNEUSE**

Au Ferlo, la dynamique des peuplements ligneux entre 1970 et 2000 est caractérisée par une diminution sensible de la diversité induisant une homogénéisation de la végétation et de la flore (cf. glossaire).

L'homogénéisation de la végétation est illustrée par les résultats de l'évolution des groupements végétaux ou unités de végétation au cours de cette période et celle de la structure verticale des peuplements actuels. La comparaison des relevés de 2000 avec ceux des années précédentes stockées dans la base Flotrop, a en effet révélé une réduction des unités anciennement définies (Valenza et Diallo, 1972 ; IEMVT, 1989). De neuf unités de végétation, les analyses que nous avons effectuées dans la zone sylvopastorale décrivent trois groupements végétaux (soit une diminution de 6 groupements), dont les cortèges floristiques convergent en 2000 (indices de diversité de Jaccard). Les gradients climatiques et anthropiques ont été les principaux facteurs discriminatoires des trois groupements actuels. Ces facteurs ont permis d'identifier:

- un groupement (Pa), localisé dans la zone pastorale sèche,
- un groupement (JPa), correspondant à la région plus humide agropastorale à forte tendance agricole
- et un groupement intermédiaire (IJP), ou zone agrosylvopastorale humide à forte tendance pastorale.

Par ailleurs, l'analyse de la structure verticale de la végétation ligneuse en 2000 a montré une uniformisation des strates en peuplements juvéniles ou arbustifs. Cette simplification structurale du peuplement est favorisée par la régression ou la disparition des grands arbres dans l'ensemble de la zone et l'expansion de populations d'espèces à port naturel arbustif.

L'importance de ces résultats et les implications futures dans l'écosystème pastoral lato sensu, suggèrent une précision du processus d'homogénéisation qui n'avait pas encore été mentionné au Ferlo, et des mécanismes générateurs.

### **Homogénéité : définition, échelle**

La notion d'homogénéité (ou homogénéisation<sup>47</sup>) caractérise une structure uniforme dont les éléments constitutifs sont de même nature ou répartis de façon uniforme (Petit Robert, 2001). Elle est couramment utilisée en écologie ou en phytosociologie (phase analytique) pour caractériser les aires minimales d'échantillonnages. Les nombreuses définitions énoncées, ont fait appel au terme de répétition ou de distribution régulière ou uniforme d'un groupe d'espèces dans une association végétale (Daget & Godron, 1974). Guinochet (1973) définit par exemple une aire floristiquement homogène comme une surface n'offrant pas d'écarts de composition entre ses parties et qui n'a rien à voir avec une distribution des individus d'espèces. Oswald (1923) in Daget & Godron (1974), parle d'une répétition régulière de la variation ou du détail dans la composition du tapis végétal.

---

<sup>47</sup> : L'homogénéisation correspond au processus qui tend vers cette structure

Ces définitions principalement axées sur la composition floristique, expriment le mieux la perception que nous avons de la notion d'homogénéisation au Ferlo. Cependant, contrairement à notre échelle d'analyse, ces définitions renvoient à une échelle stationnelle et correspondent à la surface la plus petite sur laquelle les relevés floristiques sont exécutés.

En plus de la dimension floristique, notre perception de l'homogénéisation intègre aussi la dimension structurale, c'est à dire la distribution verticale des individus d'espèces ligneuses (végétation), qui s'uniformisent en une seule strate arbustive.

L'homogénéisation de la composition floristique et de la végétation ligneuses du Ferlo ne signifie pas « homogénéisation écologique » qui prend en compte l'ensemble des facteurs (biotiques et abiotiques) du milieu. Il s'agit plutôt d'une homogénéisation d'un élément essentiel, à savoir la végétation (lato sensu) dont :

- l'évolution peut modifier à court ou long terme les autres variables de l'écosystème, à savoir les sols (pédologie, et géomorphologie), le bilan hydrique, le climat (microclimat), les activités de l'homme et même le comportement alimentaire des animaux ;
- l'évolution peut être la conséquence de l'action combinée ou non de ces éléments cités précédemment, et donc de la dégradation du milieu Jauffret (2001).
- Selon le même auteur, les modifications de la végétation dans les régions arides ont une conséquence directe sur le fonctionnement et la structure des sols et vice versa, et ces éléments (végétations et sols) peuvent être dissociés thématiquement, même si les phénomènes sont totalement interpénétrés dans la nature. Ainsi, l'homogénéité floristique pourrait conduire dans des délais plus ou moins longs, vers une homogénéisation écologique.

Dans la zone sahélienne, le concept d'homogénéité a été le plus souvent utilisé pour décrire la variabilité spatiale de la strate ligneuse. Ainsi, celle-ci a été considérée comme homogène en apparence, et hétérogène à des niveaux spatiaux plus réduits à l'intérieur des unités (Sharman, 1988 ; Ickowicz, 1995). Sharman (1988) décrit une hétérogénéité spatiale régionale et locale, avec des communautés de plantes distinctes en relation avec les types de sol et la topographie (dunes, versants, bas-fonds et replats).

La plupart de ces travaux ont porté sur la répartition spatiale des effectifs des peuplements, sur les taux de couverture et sur la production végétale ligneuse (à l'aide d'images). Sur la base de l'imagerie satellitale (Landsat MSS, NOAA...) ou des photographies aériennes, la végétation sahélienne a été décrite comme un « brousse tigrée » caractérisée par une variabilité spatiale.

Si sur le terrain, la diversité de la strate herbacée a été abordée, peu d'études ont été étendues sur celle de la composante ligneuse pour parler d'écarts élevés de composition floristique et d'hétérogénéité entre les faciès répartis en fonction des types de sols ou de la topographie. Pourtant, les conditions climatiques et

anthropiques n'ont pas cessé de s'empirer depuis 1970. Face à cette carence d'études et à l'aggravation des facteurs de dégradation du milieu, il y a donc lieu de s'interroger sur les déterminants écologiques actuels de la distribution de la flore ligneuse. Autrement dit, est ce que l'hétérogénéité qui caractérise les milieux sahéliens sur le plan structural concerne la composition floristique ligneuse comme c'est le cas avec la strate herbacée (Ickowicz, 1995) ? L'autre interrogation porte sur le poids discriminatoire dans la distribution de la flore ligneuse, des facteurs morphopédologiques qui évoluent lentement<sup>48</sup> par rapport aux variables climatiques et surtout anthropiques qui s'accroissent à un rythme presque saisonnier dans ces écosystèmes.

La nécessité d'évaluer la diversité des ressources ligneuses est également un début de réponse à la problématique mondiale de conservation et d'amélioration de la biodiversité. Bounkougou (2001) in Desjardins & al. (2002), a souligné l'insuffisance de données sur la diversité floristique dans les zones arides et semi-arides. Dans ces régions, elle demeure relativement méconnue (Desjardins & al., 2002).

Les résultats que nous avons obtenus montrent qu'à l'intérieur des groupements ou unités de pâturages, la végétation ligneuse du Ferlo ne garde que quelques traits caractéristiques des formations sahéliennes. En effet, la structure en mosaïque qui était typique des peuplements ligneux du sahel (Ickowicz, 1995), est entrain de disparaître pour ressembler à certains endroits, à une prairie, vue de loin.

Certes, la composition floristique demeure un peu plus riche ou diversifiée au niveau des dépressions et sur certains types de sol. Cependant, il faut reconnaître qu'en dehors des réserves, l'aridité croissante, mais aussi la pression anthropique croissante (défrichements, prélèvements par coupes, broutage, charbonniers...), ont enclenché un processus d'appauvrissement de la flore. L'homogénéisation effective à l'échelle des grands ensembles végétaux, commence à affecter les microsites tels que les zones de dépressions (surtout les mares), qui constituaient jusque là, les derniers « îlots naturels de maintien de la diversité spécifique des milieux ». Ce constat est confirmé par les dires des populations. Certaines parmi elles (30%), affirment que la dégradation de la flore ligneuse est perceptible partout, tandis que d'autres (55.6%), la situent sur les parcours localisés autour des mares.

Nos résultats montrent des densités, des recouvrements et des productions plus élevés dans les microdépressions comparées aux microdunes ou aux plateaux. Cependant, la comparaison des listes d'espèces entre ces faciès topographiques révèle une convergence autour de quelques espèces dominantes en progression dans le milieu : *Boscia senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*. Nous avons constaté sur de nombreux sites de relevés à fortes densités (Thieul et Revane), une faible richesse floristique et des peuplements monospécifiques de *Guiera senegalensis*, *Calotropis procera* ou *Balanites aegyptiaca*, témoins de l'action de l'homme sur le milieu. Peu d'espèces (*Grewia bicolor*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia macrostachya* et *Sterculia*

---

<sup>48</sup> Au rythme de centaines d'années (Beknke & Scoones, 1990)

*setigera*, *Anogeissus leiocarpus* ou *Mitragyna inermis*), présentes à l'état de quelques individus, persistent dans les microdépressions et maintiennent les faibles dissemblances entre les différents faciès morphopédologiques de l'écosystème.

## Mécanismes ou déterminants des changements

La réduction des groupements végétaux originels observée à partir de l'analyse diachronique, est le résultat d'une imbrication de plusieurs processus. Elle suppose sur le plan structural, l'existence d'une interpénétration ou fusion entre les unités de végétation jadis identifiées et différenciées. Et ce rapprochement entre groupements végétaux originellement distincts (Diouf, 2001), s'est effectué grâce aux modifications des compositions floristiques. Ces changements se traduisent le plus souvent par une série de disparition d'espèces spécifiques ou exclusives à chaque niche écologique et une convergence floristique progressive autour de taxons (apparus ou non), qui reflètent le mieux les variables communes du milieu. L'homogénéisation du peuplement par perte de diversité en termes de groupements végétaux et de strates, s'accompagne ainsi d'une perte de diversité floristique.

Dans la zone sahélienne du Ferlo, l'aridité et l'anthropisation suivie d'une artificialisation du milieu, constituent actuellement les principales variables communes. Ainsi, l'homogénéisation au niveau de la flore s'effectue autour d'un groupe d'espèces indicatrices des conditions d'aridité et des processus croissants d'anthropisation. Ces derniers s'exercent sur toute cette région malgré les différences locales d'intensité ou de type (activités distinctes exercées dans les trois sites : pastoralisme, agriculture, sylvopastoralisme ou agropastoralisme). Ces espèces pionnières caractérisent une succession secondaire et semblent soutenir un modèle « successional » d'évolution pour le peuplement ligneux du Ferlo pris dans son ensemble.

Les résultats des études écologiques et des enquêtes plaident en faveur d'un effet principal des sécheresses. Leurs effets négatifs sont "exclusifs"<sup>49</sup> ou combinés aux actions anthropiques selon les régions écogéographiques et les activités qui y sont exercées. Le climat exerce une sélection sur les espèces qui sont à la limite de leur aire géographique par la baisse des isohyètes. La sélection induite par les facteurs anthropiques, s'opère sur les meilleures espèces susceptibles d'être utilisées par l'homme ou de le gêner (présence des arbres dans les champs ou d'espèces toxiques).

Nos résultats indiquent dans la zone (en dehors des réserves), une disparition effective des espèces à affinité soudanienne ou guinéenne telles que : *Terminalia avicennioides*, *Strychnos spinosa*, *Hexalobus monopetalus*, *Lannea humilis*, *Heeria insignis*, *Stereospermum kunthianum*, *Ximenia americana* et *Boscia angustifolia*. Ils soulignent également la disparition partielle ou la raréfaction de *Cordyla pinnata*, *Securidaca longepedunculata*, *Gardenia ternifolia*,

---

<sup>49</sup> Dans la nature, un facteur n'agit pas seul quelle que soit sa prépondérance sur les autres déterminants écologiques

*Salvadora persica*, *Gossypium anomalum*, *Grewia villosa*, *Grewia flavescens*, *Diospyros mespiliformis*, *Cassia italica*, *Capparis decidua*, *Capparis sepiaria*, *Acacia nilotica adstringens*, *Acacia ebrebergiana* et *Entada africana*.

Ces disparitions ont été souvent précipitées par les coupes pour les différents usages et les défrichements dans la partie sud de la zone. C'est le cas de *Cordyla pinnata*, *Terminalia avicennioides*, *Ximenia americana*, *Gardenia ternifolia*, *Stereospermum kunthianum*, *Hexalobus monopetalus* et *Diospyros mespiliformis*.

Il faut cependant noter que la disparition totale d'une espèce est fonction de l'échelle spatiale d'analyse. Les disparitions constatées dans cette zone écogéographique, pourraient correspondre au plan régional à une raréfaction et un déplacement vers le sud avec l'évolution de la pluviométrie (Luxereau & Roussel, 1998 in Desjardins & al., 2002).

### **Rôle particulier de l'élevage**

L'hypothèse du rôle prépondérant de l'élevage extensif dans cette évolution de la flore ligneuse n'est pas confirmée. En effet, une régénération partielle a suivi les sécheresses malgré l'accroissement de la pression du bétail. Les résultats montrent que dans le site de Tatki, le plus aride des 3, où l'élevage pastoral est mobile, les crises climatiques ont eu un impact déterminant sur la réduction de la richesse floristique. La stabilité et la régénération de certaines espèces ligneuses constatées avec le retour des pluies sur les courbes d'évolution le suggèrent. Des auteurs tels que Coppock (1990), De Leeuw (1990) et Grouzis (1990), in Behnke & Scoones, 1990) ont abouti aux mêmes conclusions dans d'autres régions du Sahel.

Par ailleurs, des essais à long terme sur 25 ans en milieu sahélien (Widou Thiengoly) de Miehé (1997), montrent des impacts positifs de la pâture sur la biodiversité ligneuse et l'inefficacité des mises en défens. La régénération de certaines espèces ligneuses comme *Acacia tortilis* diminue dans les zones où il est strictement interdit de pâturer. Ces résultats confirment les déclarations des éleveurs dont 60 à 80%, désignent les sécheresses comme étant les principales causes de l'appauvrissement floristique du peuplement ligneux.

Dans la zone sahélo-soudanienne plus humide par contre, les pressions agricoles, sylvicoles et pastorales (avec les transhumants), combinées ou non aux déficits pluviométriques ont déterminé l'évolution régressive de la flore. La résilience n'a pas été constatée malgré le retour de bonnes conditions climatiques. Et les résultats dans cette zone (Thieul) indiquent que les activités agricoles et l'exploitation forestière clandestine, à défaut d'être les principaux facteurs, constituent plus que l'élevage, les variables anthropiques les plus prépondérantes combinées au climat. Les actions du climat et de l'agriculture sur le peuplement ligneux apparaissent plus incisives tant que la mobilité existe et que les effectifs du cheptel sont moins concentrés autour de certains points (campements, points d'eau).

La perception du processus d'homogénéisation du peuplement ligneux n'est pas évidente puisqu'il s'exerce sur des entités (groupements végétaux : les associations ou les formations), qui sont relativement floues, notamment en ce qui concerne leur délimitation. Cependant, deux aspects permettent de saisir ce processus : la ressemblance dans la composition floristique qui très déterminante et la physionomie qui peut renseigner sur l'uniformisation ou non de la végétation. L'homogénéisation est donc plus qu'une uniformisation du peuplement ligneux dans la mesure où elle s'appuie d'abord sur la qualité des groupements végétaux bien avant l'aspect structural.

Par ailleurs, l'une des difficultés régulièrement rencontrées pour apprécier l'homogénéité d'un tapis végétal réside dans l'échantillonnage. Etant donné que l'appréciation de l'homogénéité est tributaire du nombre de relevés de l'échantillon analysé, il faut admettre que la délimitation d'un ensemble homogène est toujours provisoire et conjoncturelle (Gillet, 2000).

Cependant, malgré cette relativité ou ce caractère éphémère, le processus d'homogénéisation des peuplements ligneux est un fait au Ferlo. Il importe donc de comprendre ses implications notamment sur le potentiel en ressources naturelles et sur la durabilité d'un écosystème.

## **LES POTENTIALITES ACTUELLES DU MILIEU, STABILITE ACTUELLE DE L'ECOSYSTEME ET DURABILITE DU PASTORALISME**

### **Le potentiel floristique et végétal ligneux actuel**

Le peuplement ligneux actuel renferme malgré les vagues de disparition, un potentiel floristique moyen à assez riche d'environ 48 espèces<sup>50</sup>. Les taux de recouvrements (7,4%), les densités (201 indiv./ha) et les distances entre individus (14,9 m) ajoutés à cette flore appauvrie, confèrent encore des traits sahéliens aux peuplements ligneux du Ferlo.

Depuis 1970, l'évolution des peuplements ligneux se fait dans le sens d'une diminution de densité. Une réduction de 15 à 25 % des ligneux était déjà mentionnée entre 1979 et 1981 dans la zone (Piot & Diaité, 1983 in Le Houérou, 1988). En 1972 et 1976, les taux de recouvrement ligneux dans la zone de Fété Olé proche de Tatki étaient respectivement de 10 et 8.1 % (Poupon, 1980), contre 4 % à Tatki en 2000. Au niveau du site expérimental de Souilène au Nord de Tatki, le recouvrement ligneux était passé de 37 à 24,4 % en 7 ans (Akpo, 1993 ; Diouf, 2000).

Les espèces communes et dominantes du peuplement actuel sont *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Calotropis procera* et *Balanites aegyptiaca* (85% des effectifs). Elles sont avec *Combretum glutinosum*, les espèces les plus fréquentes. A Fété Olé, 20 ans plus tôt, 6 espèces représentaient 99 % des effectifs (*Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Grewia bicolor*, *Acacia senegal* et *Commiphora africana*), (Poupon, 1980). Les résultats de Diouf (2000) à Souilène faisaient état de répartitions d'effectifs (97.4%) avec 3 espèces (*Balanites*

---

<sup>50</sup> : Valeur issue de la synthèse des approches écologique et enquête (perception locale)

*aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Acacia tortilis*). Maintenant à Tatki, zone proche, 98% des effectifs du peuplement ligneux sont distribués entre *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera* et *Balanites aegyptiaca*.

La présence des autres espèces du cortège floristique dépend de la nature et des propriétés des sols : *Acacia tortilis* sur terrains sableux, *Pterocarpus lucens* sur cuirasses latéritiques, *Acacia seyal* dans les dépressions argileuses, *Piliostigma thonningii*, *Mitragyna inermis*, *Piliostigma reticulatum* et *Anogeissus leiocarpus* sont préférentiellement localisées aux abords ou dans les zones temporairement drainées (mares ou vallées). Ces espèces permettent de différencier les groupements. D'autres espèces sont plus ubiquistes : *Acacia senegal*, *Commiphora africana* et *Ziziphus mauritiana*. Beaucoup d'autres espèces sont présentes à l'état de spécimens isolés et sont actuellement menacées de disparition ou ont déjà localement disparu du fait des défrichements et de l'exploitation qui accélèrent l'effet néfaste des sécheresses chroniques.

Même s'il faut tenir compte de la diversité des méthodes utilisées, les comparaisons dans le temps montrent :

- une nette progression d'espèces adaptées aux conditions sévères d'aridité (*Boscia senegalensis*) ou résultant d'une forte anthropisation (*Calotropis procera*),
- la persistance de taxons supportant bien la pression pastorale (*Balanites aegyptiaca*),
- la régression ou la disparition d'espèces sensibles aux déficits pluviométriques (*Grewia bicolor* et *Commiphora africana*) et au pâturage intense : jeunes pieds de légumineuses (*Acacia tortilis*, *Acacia senegal*).

Pour Van Praet (1983), il s'agirait d'un remplacement progressif d'espèces faiblement sclérophylles (*Acacia senegal*, *Sclerocarya birrea*, *Commiphora africana*), par d'autres plus sclérophylles supportant mieux l'aridité (*Boscia senegalensis* et *Balanites aegyptiaca*).

Les peuplements sont caractérisés sur le plan structural par :

- des populations relativement équilibrées et vigoureuses (*Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* et *Guiera senegalensis*, *Calotropis procera*),
- des populations vieillissantes et peu dynamiques (*Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Combretum glutinosum*, *Commiphora africana*, *Grewia bicolor*),
- des populations déséquilibrées dont la régénération laisse suspecter une survie difficile de la plupart des sujets (*Acacia tortilis*)<sup>51</sup>.

La régénération du peuplement ligneux est assurée à 85,6 % par *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis* et *Balanites aegyptiaca*. A Fété Olé, *Balanites aegyptiaca* constituait naguère la principale espèce régénérante (Poupon, 1980). La prépondérance des jeunes individus de *Boscia senegalensis* traduit une accentuation de l'aridification du milieu. L'augmentation de *Balanites aegyptiaca* et *Boscia senegalensis* est typique du processus de sahélation (Vincke, 1995).

---

<sup>51</sup> : *Combretum aculeatum* est un cas particulier en raison de sa dimension et de sa forme élancée.

L'étude de l'évolution de la production végétale au cours de cette période n'a pas pu être réalisée. Le suivi en fin de saison des pluies effectué par le CSE depuis 1987, met cependant en évidence une tendance globale de stabilité de la production végétale.

### **Impacts de l'évolution du peuplement ligneux : Vie (usages, pratiques), production et gestion de la biodiversité en milieu pastoral**

L'appauvrissement qualitatif et quantitatif et la progression d'espèces pionnières xérophytiques dans le milieu ont engendré chez les populations des stratégies d'adaptation différentes selon le type d'usage. Globalement, il y a une diversification et une monétarisation progressive des usages sur les ligneux et un choix adaptatif parfois passif qui se traduit par une substitution progressive des meilleures ressources notamment des légumineuses, par des essences nouvellement abondantes, accessibles et moins efficaces (faible qualité). Il y a une relation étroite entre la dynamique du peuplement ligneux et l'évolution des usages et pratiques. L'insuffisance de l'offre par rapport à la demande a accru la pression non seulement sur ces espèces de faible qualité (compensation quantitative de la perte qualitative : usage du bois de feu et de service), mais aussi sur les meilleurs taxons restants tels que les légumineuses. La pression sur les espèces menacées s'est accrue car la substitution par l'usage d'espèces xérophiles ou marquant l'anthropisation agricole du milieu, en expansion, n'est pas satisfaisante, que ce soit en termes de bois énergie, de fourrage ou autres usages domestiques. Cette pression permanente exercée sur les meilleures espèces, peut entraver leur régénération naturelle comme cela est observé pour *Acacia tortilis* et *Acacia senegal*.

L'usage a disparu sur certaines ressources qui n'existent plus dans le terroir. Il y a une réduction de la gamme de produits alimentaires offerts par le peuplement. Cependant, les espèces nouvellement abondantes possèdent d'autres atouts nutritifs. C'est la raison pour laquelle, elles sont fortement consommées et commercialisées. Cette commercialisation de nouveaux produits d'espèces forestières qui s'est substituée à celle des légumineuses plus rentable, crée un manque à gagner.

Dans les endroits où la ressource est relativement disponible, l'usage du bois de service dans le mode d'habitat traditionnel se maintient de même que la sélection. Là où elle est rare ou défendue d'exploitation par contre, nous assistons à une timide orientation vers un habitat moderne utilisant d'autres matières premières (ciment, tuile, zinc...).

Globalement, la quête de qualité et la sélection disparaissent progressivement avec la rareté ressource. Bazile (1998) indique dans une étude réalisée au Mali que dans un territoire ayant une ressource abondante, la sélection des espèces est marquée par un rejet d'une espèce sur deux, alors qu'en situation de pénurie, 80%



des espèces sont utilisées comme combustible. Cette réduction de la sélection diminue l'efficacité et le rendement dans les usages.

Le maintien de certains usages et pratiques tels que le mode de conduite du bétail ou la pharmacopée traditionnelle, s'effectue au dépend d'une longue et pénible quête de la meilleure ressource sur de longues distances et avec des moyens laborieux. Les mobilités saisonnières et quotidiennes des troupeaux s'accroissent. Les réponses obtenues pendant la phase de préenquête montrent que les distances parcourues varient en saison sèche de 1 à plus de 20 km en cas de déficit fourrager. Pendant la saison des pluies, la mobilité est réduite à moins d'1 km car l'herbe est disponible en cette période. Si la recherche du bois se limitait au voisinage des campements (-1 km), aujourd'hui, elle s'effectue en moyenne dans un rayon de 5 à 15 km.

Ainsi, l'existence ou non de déplacements à la quête d'une ressource dépend de l'espèce (qualité, spécificité), sa dynamique (disponibilité ou rareté) et de l'importance du type d'usage par rapport au pastoralisme. La stratégie choisie (substitution, compensation quantitative, changement ou conservation du mode d'habitat traditionnel, déplacements) s'adapte généralement à la catégorie sociale qui exerce l'activité (homme ou femme).

Les espèces épargnées par la dynamique régressive du peuplement (*Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*) et certains taxons menacés de disparitions (*Ziziphus mauritiana*, *Combretum glutinosum* et *Adansonia digitata*), suscitent un intérêt (sources de revenus) croissant chez certaines franges de la population telles que les femmes. Ce regain d'intérêt est remarqué sur certaines activités telles que le commerce (femmes), la pharmacopée traditionnelle, la fabrication du charbon de bois (peuls du Fouta Djallon).

Le fonctionnement de l'écosystème en général et les interactions arbres-herbes-sols sont bien perçus par les populations. La productivité, le rendement, les phénomènes d'érosion (éolienne ou hydrique) et la présence de termitières (ou d'autres faciès), sont autant d'indicateurs utilisés pour apprécier la fertilité ou la dégradation des sols et l'effet de l'arbre. Plus de 50% des pasteurs interrogés affirment une réduction de la production fourragère imputable à la perte de diversité et à la diminution de la densité ligneuse depuis 1970. La qualité fourragère a également diminué au regard du cortège floristique actuel de l'écosystème pastoral. Ce cortège est dominé par les mimosacées, les combrétacées et les césalpiniacées. Or, la classification faite par Le Houerou (1980) indique que les principales espèces fourragères sahéliennes appartiennent aux familles des capparacées, des burséracées, des légumineuses dont les mimosacées, et des combrétacées.

Parmi les conséquences prévisibles sur les écosystèmes et sur l'élevage du maintien de cet état, nous pouvons citer :

- une disparition de l'élevage extensif consécutive à la baisse de la productivité du milieu,

- une décimation du potentiel ligneux et une perte des biens et services offerts par cette strate (plusieurs fonctions),
- un maintien de l'état de perturbation de l'écosystème (pression sur les espèces pionnières caractéristiques).

Ces résultats reflètent un bon niveau de connaissance des interactions dans l'écosystème de la part des populations pastorales, notamment celles concernant les impacts de l'évolution des ressources ligneuses sur les usages et pratiques. Cependant, ces connaissances se limitent le plus souvent en une appréciation qualitative de l'état ou des impacts, suffisante dans les prises de décisions chez les populations, mais limitée chez les scientifiques. Il appartient à l'observateur ou à ces derniers d'analyser les réponses par une triangulation et une semi-quantification (cf. Discussion combinaisons des deux perceptions), pour essayer d'atteindre des résultats qui satisfassent le maximum possible les critères des deux types d'approches, et livrer une information utile et opérationnelle. C'est ce que nous avons essayé de faire ici en utilisant les fréquences de citations comme indicateurs semi-quantitatifs de pression.

L'évolution régressive du peuplement ligneux qui a abouti au faible potentiel ligneux actuel (surtout sur le plan qualitatif) et les impacts négatifs des changements sur l'écosystème pastoral, ont été observés malgré l'existence de règles de gestion. Les règles actuelles inscrites dans le code forestier sont mal perçues négativement par les populations, car elles ont transformé le rapport usagers - ressources direct et responsabilisant dans la gestion traditionnelle, en un rapport indirect, lourd et privatif. Les populations ont une connaissance parcellaire du code forestier et ne se sentent plus garantes du devenir des ressources du terroir. Concernant les interventions opérées dans le milieu, il y a un sentiment de rejet de la technique des mises en défens qui est juste un moyen pour conserver l'espace pastoral dans les zones où les menaces climatiques et agricoles sont imminentes. Par contre, les opérations de reboisement sont bien perçues. Cependant, l'importance qui leur est attribuée varie en fonction du type d'acteurs communautaires.

La responsabilisation des populations dans la gestion des ressources ligneuses est encore timide et se fait par l'intermédiaire des comités de surveillance et de lutte contre les feux, des associations de jeunes dont les réunions sont sporadiques, ou par le chef de campement « *Djom wouro* ». Cette responsabilisation se situe le plus souvent en aval des programmes de gestion. En effet, l'implication des populations apparaît essentiellement sur la phase d'exécution et non sur phase d'élaboration des règles.

La participation des populations à la gestion des ressources ligneuses est notée lors des campagnes de reboisements, de la mise en place des pare-feux, en cas de feux de brousses ou dans la surveillance à proximité des lieux d'habitations. Cette participation cache cependant diverses motivations, allant de la

rémunération attendue à une libre prise de conscience personnelle suivie d'une réaction pour mieux préserver son environnement.

*Dans le contexte actuel, la participation à la gestion ne naît pas d'une volonté personnelle des populations pourtant consciente de l'état et de l'évolution de leurs ressources. Elle est le plus souvent l'aboutissement d'une action incitative venant d'acteurs étrangers à ces ressources.*

Les contraintes à une bonne gestion des ressources ligneuses au Ferlo portent essentiellement sur :

- l'aspect institutionnel,
- l'accès aux ressources ligneuses,
- l'accès à l'eau

Le premier aspect porte sur lois établies par l'état, dont l'application est assurée par ses agents (ATEF). Les populations perçoivent ces règles comme des impositions qui ne collent pas avec leurs modes de vie, leurs formes de gestion des ressources communautaires. Celles-ci ont fait leurs preuves dans ces milieux, et aucune autre forme de gestion n'a pu jusqu'à présent avoir des résultats aussi concluants et efficaces.

Le travail des agents de l'état est également mal apprécié du fait des mauvaises pratiques (corruption, partialité, sanctions sévères, incompétence ...), mais aussi à causes du manque de moyens (humains ou matériels).

La raréfaction de la ressource limite l'accès. Il en est de même pour les mises en défens et l'attribution des terres pour des cultures de rente.

Par ailleurs, certaines espèces ou types d'aménagements que les populations aimeraient expérimenter dans ces zones sont limités par le facteur eau, l'ignorance des techniques, le bétail ou la pauvreté des sols.

### **Potentiel ligneux, stabilité et viabilité des pratiques pastorales**

Si l'on se réfère à la définition de la notion stabilité (chapitre I) et à l'importance que la diversité spécifique y prend, l'écosystème pastoral analysé à partir d'un de ses éléments (peuplement ligneux et des impacts de son évolution), est en situation d'instabilité. Cette situation est illustrée par :

- le processus d'homogénéisation ou réduction de la diversité des grands ensembles végétaux et la convergence floristique que Jauffret (2001) décrit comme un état découlant d'une dégradation ;
- la perte de diversité floristique qui réduit les interactions, la stabilité de l'écosystème ainsi que ses multiples fonctionnalités (appauvrissement) ;
- La structure du peuplement ligneux actuel qui reflète des caractéristiques d'une végétation secondaire, état relativement plus fragile que l'état primaire ;

- la perte de fertilité de sols et de production liée :
  - ✓ à un état de pauvreté général des sols par rapport aux autres zones écogéographiques de la région,
  - ✓ à la régression des légumineuses,
  - ✓ et à la baisse de l'activité microbienne par réduction d'apports en matière carbonée et de la diversité microbienne, une des principaux indicateurs de la qualité biologique des sols.

Dans ce contexte d'instabilité, la viabilité ou durabilité des écosystèmes et des pratiques repose sur trois aspects :

- la non persistance des déterminants écologiques actuels,
- la capacité d'adaptation des sociétés pastorales et agropastorales,
- les changements au niveau institutionnel,

La restauration et la préservation des milieux demeurent possibles puisque des signes de résilience montrent que le seuil d'irréversibilité caractéristique d'une dégradation n'est pas atteint. En effet, le retour de bonnes conditions climatiques permet une régénération de la végétation et maintient le système. Par ailleurs, le peuplement recèle encore sur le plan quantitatif, d'un stock ligneux ou de semences relativement stable dans les dépressions malgré le processus d'homogénéisation et d'appauvrissement floristique et la réduction du couvert global par rapport aux années pré-sécheresse (1970). Concernant le facteur anthropique, un accent doit être mis sur l'ajustement des rapports Homme/Animal/Ressources dans la mesure où le facteur climatique est aléatoire, moins contrôlable et soumis à une forte variabilité. Ce rapport (offre ou disponible/demande) est très déséquilibré actuellement du fait de l'accroissement de la pression sur les meilleures ressources restantes pour les usages et les pratiques. Dans cette zone sahélienne déjà fragile, les défrichements doivent être abandonnés et les réserves réhabilitées. Le rééquilibrage du rapport animal/ressource est aussi nécessaire autour des points de concentration du bétail (forages, antennes, mares) et au niveau des couloirs de transhumance.

Dans le contexte de cette étude, les populations locales ont montré une bonne connaissance de leur milieu et de réelles capacités d'adaptation par rapport à l'évolution des ressources. La substitution des espèces utilisées originellement dans les usages et l'alimentation du bétail par des essences certes moins satisfaisantes, mais disponibles, est une illustration de cette faculté d'adaptation. Cette substitution a été accompagnée d'une disparition progressive de la sélection. Face à la rareté des meilleures ressources, les populations locales ont augmenté l'amplitude et la durée de la mobilité du bétail pour maintenir le système. L'adaptation des populations à l'évolution des ressources ligneuses s'opère par une satisfaction quantitative et non qualitative des besoins. Le peuplement ligneux s'appauvrit qualitativement, mais sur le plan quantitatif, il continue de jouer son rôle dans les usages et les pratiques des populations. La question est de savoir actuellement jusqu'à

quand le stock disponible pourra tenir ce rôle du moment que la sélection disparaît progressivement et les utilisateurs ne vont plus se préoccuper de la qualité, mais de la quantité pour obtenir les rendements voulus (compensation quantitative de la perte de qualité) ? L'enjeu sera de préserver ce potentiel ligneux et d'essayer de rétablir une diversité utile dans l'écosystème, à partir d'espèces autochtones pour satisfaire les besoins fourragers et les autres usages pastoraux sur les ligneux, à des fins de lutte contre la pauvreté.

La satisfaction des besoins des populations peut s'effectuer à partir de ces espèces autochtones adaptées aux conditions écologiques actuelles et qui suscitent des intérêts socio-économiques de plus en plus croissants auprès des femmes (vente des fruits de *Balanites aegyptiaca*, *Adansonia digitata*, *Ziziphus mauritiana* etc.). Toutefois, il ne faut pas oublier que la satisfaction des besoins fourragers et la durabilité du système pastorale ne se limitent pas aux seules ressources ligneuses. La strate herbacée constitue une ressource fondamentale du pastoralisme, peu prise en compte dans cette étude, mais toujours productive. Botoni (2003), souligne également la satisfaction des besoins fourragers et de la durabilité des systèmes d'élevage dans les zones agricoles par une appropriation encore timide des résidus de culture et l'adoption des cultures fourragères. La viabilité du système repose également sur d'autres paramètres tels que l'eau qui est un besoin permanent exprimé par les populations, la formation et l'équipement des structures et le recrutement d'agents responsables de la gestion des ressources naturelles du milieu.

### **Besoins en contradiction avec la dynamique des ressources et les choix**

Pour le moment, la nécessité de préserver le potentiel ligneux, d'établir une stabilité et certaines fonctionnalités de l'écosystème et de lutter contre la pauvreté par la satisfaction des besoins fourragers et domestiques à partir d'espèces autochtones, contrastent avec la dynamique déjà décrites et les actions de gestion menées (reboisements par exemple).

Concernant les espèces améliorantes ou clés de voûte, les choix effectués actuellement sur les espèces forestières à produire en pépinière et à planter, n'est pas en adéquation avec les besoins de fonctionnement et de durabilité de l'écosystème. En effet, une synthèse des bilans de productions de plants en pépinière réalisée entre 2000 et 2004 dans la région de Louga (IREF Louga), montre en dehors d'*Acacia senegal* (44.6%), une prédominance des espèces exotiques dans les choix : *Prosopis juliflora* (13.1%), *Eucalyptus camaldulensis* (10.7%), *Parkinsonia aculeata* (4.9%) et *Azadirachta indica* (1.9%). Encore que les reboisements concernant *Acacia senegal*, tels qu'ils sont réalisés par certains projets qui ne se soucient que du bénéfice économique tiré de la gomme, contribuent à la réduction de la biodiversité et des fonctionnalités de l'écosystème. En effet, sur de nombreuses superficies de la zone du Ferlo (autour de Dahra ; communauté rurale de yang-yang par exemple), nous assistons à éradication complète de la diversité naturelle du milieu au profit de plantations monospécifiques d'*Acacia senegal*. Le vieillissement simultané de ces peuplements monospécifiques risque non

seulement de limiter la production de gomme à long terme, mais d'accélérer la dégradation du milieu avec les vagues de disparitions par mortalité naturelle et avec l'absence d'espèces redondantes. Les productions de plants d'*Acacia tortilis* et de *Faidherbia albida* sont très faibles (respectivement 1.36 et 0.31%), au regard de leur importance dans le fonctionnement de l'écosystème. Celles des espèces forestières menacées sont également insignifiantes (*Acacia nilotica* (1.1%), *Sclerocarya birrea* (0.2%), *Anogeissus leiocarpus* (0.0%), *Dalbergia melanoxylon* (0.0%).

Parmi les espèces fruitières-forestières sources de revenus identifiées dans notre étude, il n'y a que *Ziziphus mauritiana* (25.9%) et *Balanites aegyptiaca* (2.3%) qui sont produites. Selon le bilan 1993- 1998 du PAFS (Plan d'Actions forestières du Sénégal), (Diouf & al., 2001), la production de plants répond aux besoins des populations et l'essentiel des plants produits est réellement distribué et mis en terre. Les auteurs de cette synthèse se basent sur le développement des plantations villageois, communautaires et des vergers à l'échelle nationale. Ce constat n'est pas valable dans la zone sylvopastorale caractérisée par les déficits pluviométriques et l'insuffisance de pépinières privées communautaires, villageois ou scolaires. En outre, les résultats obtenus au cours de nos enquêtes montrent que les taxons exotiques reboisés ne répondent pas aux besoins réels des populations. Leurs préférences portent principalement sur les espèces suivantes : *Acacia senegal*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida*, *Azadirachta indica* et *Mangifera indica*.

La durabilité du système pastoral confronté à un appauvrissement de sa flore ligneuse tient également à une réelle volonté des décideurs (politiques ou autres) à :

- Réactualiser et « redynamiser » les activités de reboisements en régie ou de protection de la régénération naturelle. Globalement, des actions vigoureuses doivent être entreprises pour accroître l'effort national de reboisement en tenant compte des priorités précédemment citées (besoins écologiques et socioéconomiques). Déjà, l'analyse des bilans des campagnes effectuées de 1961 à 2000 révèle au niveau national une régression de cet effort. 349865 ha ont été reboisés contre 100000 ha de formations végétales qui disparaissent annuellement, soit 1.8% par rapport à la superficie totale du territoire national (DEFCCS, 2001). L'accroissement de l'effort national nécessite une pérennisation des actions en régie qui ne doivent pas disparaître bien vrai qu'elles se sont matérialisées sur le terrain, par des réalisations insuffisantes liées à la non-pérennité des projets à forte composante de reboisement. Même si l'approche participative par la multiplication des pépinières privées, villageoises, communautaires ou scolaires traduit une appropriation de la politique de foresterie rurale par les populations (Diouf & al., 2001), elle ne suffit pas à elle seule pour combler la disparition des formations végétales. Cela est d'autant plus vrai que les populations rurales bien que conscientes de la nécessité de reboiser (d'après nos enquêtes), sont plus préoccupées par la

satisfaction des besoins immédiats de survie. Leur calendrier pastoral agropastoral ou cultural (Diouf & al., 2001), chargé ne leur permet pas en outre de s'impliquer dans les activités de reboisement, reléguées au second plan. L'augmentation de l'effort national de reboisement doit non seulement s'appuyer les collectivités rurales qui doivent être dotées de moyens, mais aussi sur des actions en régie de grande envergure, hors des zones de desserte des forages (points de concentration démographiques) et dans les réserves affectées par la dégradation. Les actions de reboisement combinées doivent orienter les choix d'espèces produites en pépinières et plantées, vers les espèces autochtones connues qui augmentent ou maintiennent les fonctionnalités de l'écosystème pastoral.

- prendre en compte la perception locale en amont et en aval de leurs programmes de développement, pour pallier à certaines contraintes (règles de gestion ou du code inappropriées, non implication locale, clivages sociaux, mauvaise perception des mises en défens), de la gestion des ressources ligneuses ;
- reconnaître l'élevage traditionnel extensif comme forme d'exploitation valorisante et moins destructrice de l'écosystème que l'agriculture de rente, malgré ses effets négatifs au niveau des points de concentration du bétail (points d'eau et zones de forte transhumance) ;
- maîtriser et à redistribuer équitablement le foncier entre les différents systèmes de productions pour permettent aux sociétés pastorales une meilleure accessibilité aux ressources ;

Au stade actuel de notre étude, l'enjeu du développement durable des écosystèmes pastoraux se situe au niveau de la maîtrise du foncier, de l'accès aux ressources naturelles (et indirectement à la sécurité alimentaire), de la sécurisation des filières de commerce des produits issus des ligneux, de la mise en place d'actions combinées de reboisements et aussi de la combinaison des savoirs locaux et scientifiques.

## **LA COMBINAISON DES DEUX PERCEPTIONS**

L'objectif méthodologique visé par cette étude était de comparer autour d'une même problématique la démarche scientifique et la perception locale, et de voir l'intérêt de leur combinaison. Les principaux résultats montrent que la perception locale constitue actuellement à côté des méthodes scientifiques, un outil de recherche incontournable pour une meilleure compréhension de la dynamique des écosystèmes et des impacts de celle-ci. Notre étude montre les avantages et les inconvénients de chacune des deux perceptions et l'intérêt de leur association.

### **Avantages, particularités et limites des perceptions**

L'approche écologique (scientifique) apparaît comme un outil de quantification, de précision, de prévision et de standardisation des savoirs locaux, plus synthétiques et globalisantes.

Nous avons identifié à partir de la perception locale des groupes d'espèces caractérisant la structure et la dynamique du peuplement ligneux. Les paramètres écologiques ont permis d'affecter aux espèces de chaque groupe des valeurs quantitatives qui confortent la typologie faite par les populations. La perception locale apparaît plus globale que la démarche scientifique et a tendance à fournir en une seule réponse ce que l'écologie décrit à partir de plusieurs paramètres. Nous avons vu qu'avec cette typologie, la perception locale caractérise le peuplement ligneux à partir de deux états : l'état actuel et la dynamique (disparitions et les apparitions d'espèces). La démarche scientifique va plus loin dans les détails et distingue des groupes d'espèces dans chaque état (état actuel : régénération, vieillissement...). Barthélemy (2005) souligne en comparant savoirs locaux détenus par des pêcheurs amateurs du Rhône et expertise scientifique, que là où les scientifiques distinguent la température, le débit et la turbidité, les pêcheurs appréhendent ces facteurs de manière globale à travers la reconnaissance de l'affluent et de sa couleur.

La démarche scientifique telle que définie Cornu (1998), est un moyen pour obtenir de nouvelles connaissances sur la réalité. Elle procède par l'observation, la nouvelle vision, la mise en équations puis les prévisions. L'expérimentation permet de passer d'une simple observation de phénomène naturel à l'observation mieux contrôlée des phénomènes provoqués par le scientifique. L'inspiration, l'imagination, et l'analogie avec d'autres phénomènes, guidés par l'intuition, constituent des outils importants pour les scientifiques pour changer leurs points de vue après avoir observé une chose inhabituelle aux lois connues. Cette nouvelle vision va se traduire par de nouveaux postulats mathématiques, puis de nouvelles théories mathématiques à l'origine des équations descriptives des phénomènes. Les lois identifiées sont par la suite formalisées pour obtenir des informations quantitatives et testées dans divers cas de figure. L'un des principaux avantages de la démarche scientifique réside dans cette étape de prévisions à partir de lois élaborées et de théories quantitatives. Cette succession d'étapes logiques et cette capacité de prévoir par des lois, des phénomènes non encore observés, confère à la démarche scientifique son objectivité et efficacité. Cependant, elle ne constitue pas l'unique moyen de découvrir la réalité (Cornue, 1998), car toutes les grandeurs ne sont pas observables, ni mesurables (données qualitatives). La science peut être confrontée au problème de non reproductibilité des phénomènes observés. Les principes qui traduisent le caractère incomplet de la vision proposée pour décrire la réalité, sont utilisés là où la théorie n'est pas mathématisable pour adapter les résultats aux observations. L'application rigoureuse du canevas de la démarche scientifique n'est pas une garantie de la véracité totale d'une théorie essayant de décrire une réalité, à cause des erreurs (mesures, interprétation).

Une des différences majeures entre la démarche scientifique et les savoirs locaux, se situe dans la phase de prévisions des phénomènes observés. Cette phase relève le plus souvent du domaine mystique, religieux ou irrationnel pour les populations. Cependant, mêmes si elles ne se basent pas sur des lois ou modèles



mathématiques, les populations rurales sont capables d'observer un phénomène pendant une très longue durée, de le comprendre avec leur logique et d'y adapter une stratégie. Cette réaction traduit un savoir-faire efficace et pratique. Olivier de Sardan (1998) in (Diallo, 2004), souligne le caractère opérationnel et pragmatique des savoirs populaires techniques. Ainsi, en guise d'exemple, les populations ont toujours disposé d'une nomenclature détaillée des plantes, de moyens pour diagnostiquer et traiter les maladies humaines et animales, et de techniques de cultures adaptées aux différents types de sol (Diallo, 2004).

La connaissance locale accumulée à travers des siècles, constitue aujourd'hui, un élément fondamental de la culture et de la technologie de chaque société (Warren & Cashman in Gueye & Freudenberg, 1991 puis Diallo, 2004). Elle se rapproche plus des sciences de la nature dans laquelle la phase d'observation est particulièrement développée et la mise en équation est plus empirique (Cornue, 1998), que les disciplines plus mathématiques. Les informations quantitatives obtenues sont basées sur des principes plutôt que sur des lois fondamentales.

Les savoirs locaux confortent, complètent et corrigent les résultats scientifiques. La comparaison des résultats obtenus à partir des paramètres de structure et de dynamique du peuplement ligneux (fréquence, régénération, vieillissement, stabilité, disparition, apparition, en voie de disparition), montrent une convergence de vue avec des taux de similitude d'au moins 50% en moyenne. Ces similitudes montrent que les populations perçoivent bien les changements qui surviennent dans leur écosystème. Par ailleurs, les données obtenues par les enquêtes apportent des éléments de précision indispensables à la compréhension des dynamiques de l'écosystème, parfois inaccessibles aux méthodes scientifiques. Notre étude a permis d'interroger les populations sur l'utilisation des ressources ligneuses de leur terroir. Les résultats permettent de mieux situer la part de l'action anthropique et des autres facteurs tels que le climat dans l'évolution du peuplement. Le rôle principal du climat dans l'évolution régressive du peuplement ligneux a été longtemps souligné par les populations, mais ignorée par la communauté scientifique. Actuellement, cette opinion largement partagée, a corrigé la thèse qui indexait l'élevage comme principale cause de la dégradation des milieux.

Cette démarche permet de recueillir en dehors de la perception des populations sur la dynamique et la gestion des ligneux :

- les stratégies développées face à une raréfaction des meilleures ressources du milieu (modifications de pratiques pastorales et d'usages),
- et les besoins des populations en matière de ressources ligneuses.

Les informations fournies par les savoirs locaux compensent les limites spatio-temporelles de la démarche écologique. En effet, la plupart des outils scientifiques n'arrivent pas à couvrir de vastes superficies du fait de

leurs coûts très élevés (Cartographie par exemple). S'ils y parviennent, l'information recueillie est tellement générale que des études de terrains sont nécessaires pour préciser les données. L'enquête auprès des populations qui ont une vue d'ensemble de leur terroir, permet d'avoir une couverture spatiale (vision intégrale) plus large que quelques stations échantillons. Elles ont les avantages de la proximité avec l'objet étudié (végétation, sol, mares...), et de la connaissance pratique du système.

Sur le plan temporel, les savoirs locaux ont l'avantage de décrire les événements historiques qui se déroulent dans le terroir et qui peuvent aider à mieux cerner la dynamique des peuplements ligneux. La permanence et de la durée dans le milieu est un argument de taille par rapport au site d'expérimentation ou de relevés partiellement visités par des auteurs différents, avec des méthodes et des outils différents, sources potentielles de biais (géoréférences). L'existence de quelques hétérogénéités dans la base Flotrop a davantage motivé notre choix d'intégrer dans notre démarche, la perception locale pour mieux cerner la dynamique des peuplements ligneux. Le choix des interlocuteurs à partir du critère « durée d'installation » apparaît dès lors important pour obtenir des données fiables à l'échelle temporelle.

Les savants locaux ont une vision intégrée et systémique du fonctionnement des écosystèmes dont ils se considèrent comme partie prenante (Roué & Nakashima (2003) in Barthélemy, 2005). Ces derniers affirment que la pensée empirique est systémique alors que la pensée scientifique tente difficilement de l'être dans la mesure où elle appréhende mieux les interactions milieu - facteurs naturels, artificiels et sociaux.

Cette vision plus large (ou profonde) et plus complète de l'espace et du temps est parfois à l'origine des écarts entre les résultats de deux approches. Ces écarts peuvent être perçus comme des compléments d'informations ou des biais (aspect développé dans les paragraphes suivants). Pour être validés comme compléments, les écarts devront être soumis à des recoupements ou triangulation (avec des bases de données anciennes de la zone, herbiers, flore...), pour accroître leur fiabilité. S'il s'agit par exemple d'une espèce citée, son optimum écologique peut également être comparé avec les conditions du milieu préexistantes ou actuelles pour éviter des aberrations.

Les taux de dissimilitude élevés obtenus pour les groupes « d'espèces apparues et disparues » dans notre étude, révèlent certes des différences méthodologiques entre les deux approches. Cependant, ils ont permis de déceler une autre perception de la notion « d'apparition » chez les locaux, qui conforte la large vision qu'ils ont sur leur milieu. En effet, leur perception prend en compte à la fois les espèces apparues naturellement (régénération à partir du stock semencier préexistant ou déposé par les facteurs du milieu (anémochorie, zoochorie...), et les espèces introduites par l'homme et l'artificialisation du milieu : campagnes de reboisements, reboisements individuels...). Les actions de reboisement en milieu pastoral sont le plus souvent limitées aux aires de desserte des points d'eau, zones régulièrement oubliées par les relevés de végétation.

Cet oubli entraîne une perte d'information pour la flore et la couverture végétale, comblée par les enquêtes auprès des populations.

Les listes d'espèces disparues fournies par les populations et les recoupements ont permis de compléter les relevés de végétation (1970-2000). Ces taxons non recensés par ces derniers ont été stockés, récoltés ou cités dans les anciennes bases de données, herbiers, cahiers de route, de la zone étudiée.

Malgré l'effort fourni pour accroître la fiabilité des données, l'information obtenue peut être sujette à de nombreux biais que l'observateur doit tenter de minimiser.

Le principal reproche fait à la perception locale, c'est son aspect qualitatif (nominal, ordinal ou textuel...). Les données d'enquête décrivent des processus ou états, relatent des faits ou citent ou énumèrent des actions, des individus, des espèces. Les tentatives de quantification sont accompagnées de pertes d'informations au moment des dépouillements. Cet aspect qualitatif selon les scientifiques, réduit l'objectivité des savoirs locaux, car il ne permet pas d'établir des lois mathématiques reproductibles expliquant les phénomènes de la nature. Cependant, cette part de subjectivité n'équivaut pas à une mauvaise traduction de la réalité. Si pour certains indicateurs modelés par les scientifiques adaptés à leur perception, les savoirs locaux n'apportent que peu de réponses précises, pour d'autres par contre, leur diagnostic semble très pertinent et pratique dans la traduction de la réalité du milieu. Dans le contexte de notre étude, les méthodes phytosociologiques apportent plus de précision sur les variables quantitatives (densité ou production), cependant pour les paramètres de diversité (flore et sa structure), les informations fournies à partir des deux démarches sont comparables. Dans ce cas, l'information apportée par un relevé de végétation peut être identique à celle obtenue lors d'un entretien avec une personne habitant la zone étudiée (considérée par analogie comme un relevé).

Le développement récent de l'outil informatique a permis d'accéder à des outils de traitement et d'analyses qui minimisent ces pertes d'informations. L'essentiel du travail de dépouillement se résume donc à la codification des réponses pour effectuer des statistiques descriptives sur les données. Nous avons utilisé ce procédé pour « sémi-quantifier » certaines données et aboutir à des tableaux ou histogrammes de fréquences.

Une part de cette subjectivité trouve son origine dans la démarche adoptée par les premiers pionniers de la science et du développement pour approcher les populations. Ils ont ignoré les règles traditionnelles trouvées sur place pour instaurer de nouvelles qui ont été sources de clivage social entre acteurs partageant les ressources communautaires. Les privilégiés sont souvent proches d'eux ou des projets de développement et se chargent de raconter pour mieux se positionner et tirer profit, ce que les bailleurs ou les agents veulent entendre et taisent les vraies réalités de leur terroir. De ce fait, l'information recueillie au près de ces gens est très souvent biaisée, d'où la nécessité d'un bon échantillonnage.

Les écarts entre les réponses (liste d'espèces ouvertes), soulignés dans les paragraphes précédents peuvent correspondre à des biais liés à des paramètres d'ordre technique (modalités des entretiens (lourdeurs des questions, incompréhensions linguistiques, durée des entretiens, durée d'installation dans la zone...), l'intégrité physique ou morale de l'interlocuteur (santé, défaillance de la mémoire, vieillissement...).

Le choix des critères de durée d'installation, d'ethnie, d'âge et l'optimisation des réponses par une limitation du nombre d'espèce citée afin d'éviter les divagations, nous ont permis de minimiser les biais. Les autres biais rencontrés en interrogeant les populations locales, relèvent d'un souci de sécurité personnelle (peur de représailles, superstitions ou impôts qui amenaient par exemple les pasteurs à ne pas donner le chiffre exact des effectifs de leurs troupeaux, les secrets qui procurent des sources de revenus en pharmacopée).

En dehors de l'échantillonnage, la principale difficulté rencontrée avec la démarche enquête sur la perception des populations, réside dans les phases synthétiques (traitements, analyses, recoupements, tableaux synthétiques..). Or, Diallo (2004) souligne que l'intégration des savoirs locaux aux bases de données pour le développement nécessite une analyse synthétique afin d'identifier les aspects effectivement utiles.

Même si des efforts de quantification sont encore à faire pour atteindre des taux de fiabilité ou de précision plus élevée, les données dites « empiriques » qualitatives, se sont jusque là révélées pratiques dans les différentes relations entre l'homme et les ressources naturelles.

Dans le domaine du pastoralisme, nous pouvons citer en guise d'exemples :

- les affirmations longtemps soulignées par les populations, mais ignorées par la communauté scientifique, du rôle principal du climat dans le processus de dégradation de la végétation des écosystèmes pastoraux ;
- le mode d'élevage extensif traditionnel toujours très efficace, plus valorisant et soucieuse de l'état des ressources végétales, qu'on a essayé de supplanter au profit d'une sédentarisation avec des conséquences néfastes sur l'environnement biologique et sociologique.

Nous avons vu à travers nos résultats, une convergence de vue sur presque l'ensemble des paramètres étudiés à partir des deux démarches.

Les bilans mitigés des plans de gestion proposés au cours de ces dernières décennies de recherche et d'expérimentations unilatérales, ont mis en exergue l'importance des savoirs locaux dans la marche vers un développement durable.

Chacune des deux démarches présente des avantages et des limites, d'où l'intérêt de les combiner pour optimiser les résultats. Douillet & Geysler (2003) souligne dans le contexte du dialogue territorial, l'importance de compléter les connaissances scientifiques souvent exogènes par les savoirs locaux. Cette

combinaison est non seulement gage d'enrichissement, mais aussi la garantie d'une meilleure appropriation du processus par les acteurs locaux.

Dans notre contexte, la personne interrogée choisie à partir d'un échantillonnage rigoureux apporte le plus souvent les mêmes informations, sinon plus que la surface échantillon homogène sur laquelle le relevé est exécuté.

L'échantillonnage (des relevés ou des interlocuteurs) et la phase synthétique apparaissent en ce moment très déterminant pour obtenir des résultats fiables, opérationnelles, utilisables par les différents acteurs qui se les approprient.

Pour une bonne combinaison, la démarche scientifique devra s'ouvrir et se départir des préjugés de subjectivités qu'elle attribuait à la perception locale. En effet, selon Douillet & Geysler (2003), je cite : « La culture scientifique tient lieu d'affirmation forte, elle peut être considérée comme porteuse de vérité ce qui risque de ne laisser qu'une marge étroite à la concertation ».

## **CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

Cette étude s'était proposé d'analyser la dynamique des peuplements ligneux du Ferlo entre 1970 et 2000, les impacts de ses changements sur la vie des populations (usages et pratiques) et sur le fonctionnement écosystème. Ces analyses réalisées à partir d'une combinaison d'approches scientifique et locale (populations), devaient en outre identifier des indicateurs d'état, de gestion des ressources ligneuses et de fonctionnement de l'écosystème.

### **Sur le plan fondamental :**

Notre étude montre que le peuplement ligneux juvénile, s'appauvrit et s'homogénéise autour de quelques espèces dotées d'une capacité de régénération élevée et indicatrices des déterminants écologiques actuels du milieu (climat, activités anthropiques). Elle a permis de décrire les changements intervenus dans le peuplement ligneux avec un niveau de profondeur temporelle jamais réalisée dans la zone (30 ans), et de caractériser l'état actuel de celui-ci. Elle a en outre relancé le débat sur les principaux facteurs de la dégradation du milieu au Ferlo et précisé les déterminants écologiques responsables des modifications, de la structure et de la composition floristique actuelle du peuplement. Elle a montré le rôle principal joué par le climat et l'agriculture par rapport aux activités pastorales dont les impacts négatifs ne sont remarquables qu'au niveau des points de concentration du cheptel (forage, antenne, puits, ou mares).

L'étude des impacts de ces changements a révélé de profondes modifications sur les pratiques pastorales liées à la mobilité du bétail, à la productivité animale. Nous avons noté une monétarisation progressive de l'utilisation des ligneux et une réaction adaptative des populations face à la l'évolution régressive des

ressources ligneuses, et spécifiquement des stratégies variables selon les usages et s'adaptant à la catégorie sociale exerçant l'activité. Certains usages se sont maintenus et d'autres par contre connaissent des mutations profondes liées à la rareté de la ressource de qualité. Les espèces jadis utilisées et moins disponibles ont été progressivement substituées par d'autres moins satisfaisantes adaptées au milieu et abondantes, d'où une régression de la quête de qualité au profit de la quantité. Cependant, la pression est toujours maintenue sur les meilleurs taxons restants. Les écosystèmes ont également souffert de la disparition du couvert ligneux et de la perte de diversité avec les phénomènes d'érosion éolienne et hydrique sur les parcours, au niveau des mares (ensablement, tarissement rapide etc....) et la diminution de la production végétale. Cette réduction est d'autant plus accentuée que les meilleures espèces qui entretenaient ou amélioraient la fertilité des écosystèmes (*Acacia tortilis*, *Acacia senegal*), subissent une régression.

Le peuplement ligneux instable du fait du processus d'homogénéisation, de la perte de diversité, de l'état secondaire de sa végétation et de la régression d'espèces améliorantes, continue cependant de jouer sur le plan quantitatif, son rôle dans les usages et les pratiques des populations. Toutefois, la pérennité de cette fonction est menacée par la persistance des facteurs anthropiques (agriculture, exploitation et coupes).

Notre étude montre également que les populations autochtones perçoivent bien l'état de leur écosystème et les changements qui y surviennent. La prise en compte de leur perception permet de compléter et corriger les résultats de l'approche scientifique écologique et les rend plus proches et utiles aux populations. Par la combinaison de deux perceptions (scientifiques et savoirs locaux) pour répondre à une problématique, ce travail fraye un nouveau chemin épistémologique quant à la recherche en écologie végétale au sahel. Il apporte une dimension beaucoup plus sociale et concrète à cette discipline à laquelle, il est reproché le fondamentalisme, les choix d'indicateurs moins concrets et moins adaptés au contexte de développement durable.

La combinaison des paramètres écologiques et de savoirs locaux, et surtout les types usages opérés par les populations sur ligneux, nous ont également permis d'identifier et de proposer des indicateurs de (d') :

- Etat de la végétation ligneuse, notamment avec les espèces caractéristiques, régénérantes, menacées et les plus utilisées dans les usages dits destructeurs ;
- Fonctionnement de l'écosystème : Indicateurs de stabilité et de durabilité avec les espèces pionnières, améliorantes de la fertilité, clés de voûte, à affinité sahélo-soudaniennes, indicatrices de conditions écologiques particulières, fourragères, à usages multiples ou spécifiques et sources de revenus ;
- Gestion des ressources ligneuses : espèces reboisées, les plus utilisées et menacées.

## **Sur le plan application :**

Ce travail :

- permet une meilleure appropriation des résultats obtenus à partir des deux perceptions par l'ensemble des acteurs de la gestion des ressources ligneuses ;
- relève l'importance des légumineuses dans les écosystèmes pastoraux et la nécessité de redynamiser les actions telles que les reboisements et la régénération en faveur des espèces de cette famille en difficulté dans le peuplement ;
- identifie des indicateurs qui devront être approfondis, validés et modélisés pour un meilleur suivi et une bonne gestion des ressources ligneuses ;
- place directement l'enjeu de la recherche actuelle sur la satisfaction des besoins réels des populations pastorales et sur la compréhension du manque de réactivité face à la l'évolution régressive des ressources, et non sur leur conscientisation par rapport aux changements dans leurs écosystèmes qu'elles connaissent déjà. Ceci constitue un gain de temps énorme car les populations ne seront plus considérées comme des ignorants, mais comme des partenaires dans l'élaboration, le déroulement et l'achèvement des programmes de développement locaux.

Dans un contexte mondial de préservation de la biodiversité, de lutte contre la pauvreté et d'interdisciplinarité, nos activités de recherche future doivent s'atteler à :

- Une plus grande intégration de la cartographie, des paramètres de densité et de la production. La base Flotrap sur laquelle l'étude de la dynamique écologique s'est basée, ne renferme pas de données sur la densité et la production. Notre travail peut servir de point de départ pour un suivi de l'évolution quantitative des peuplements (densité, recouvrement, biomasse). Le paramètre de densité intervient également dans le calcul des indices de diversité écosystémique (Shannon-Weaver, équitabilité, Malgalef). Les données sont insuffisantes sur la production fourragère ligneuse et sur la quantité et la qualité de litière des espèces ligneuses (efficacité de la minéralisation), les méthodes d'études de biomasse mériteraient d'être améliorées et validées, car celles qui existent sont fastidieuses et peu précises ;
- Analyser les changements dans la végétation secondaire dans le contexte climatique favorable de ces seize dernières années (reprise de la pluviométrie 95-2009). L'objectif serait de vérifier notre hypothèse de succession climacique et de réversibilité de processus d'appauvrissement, de dégradation du peuplement (stabilité et durabilité), notamment dans les zones où le stock semencier était toujours élevé (îlots de diversité : dépressions, abords des mares) ;

- l'évaluation de la valeur économique des espèces sources de revenus et des impacts de leur exploitation, sur le pastoralisme, notamment l'apport des activités liées aux ligneux et essentiellement exercées par les femmes, au développement des sociétés pastorales (approche genre) ;
- Définir une méthodologie combinée, pertinente et opérationnelle de suivi des ressources végétales (Protocole associant perception scientifique et savoirs locaux). Elle doit permettre d'acquérir des informations complètes et utiles sur l'état et l'évolution des ressources, les facteurs écologiques responsables des changements (climat, usages et pratiques, historique) et qui aident à mieux réorienter les stratégies de gestion ;
- la validation des indicateurs proposés, la modélisation de la relation paramètres structuraux et floristiques du peuplement - indicateurs de fertilité et la détermination des seuils, i. e. les niveaux de densité, de recouvrement ou de diversité du peuplement à partir duquel on note une dégradation irréversible de la qualité biologique des sols ; la recherche sur le manque de réactivité des populations face aux différents processus d'évolutions ; Une nouvelle typologie des parcours prenant en compte la strate herbacée.

Les actions à mener dans le cadre de la gestion doivent viser une plus grande maîtrise du foncier pastoral pour un meilleur contrôle de la pression anthropique. La question du foncier est aujourd'hui un enjeu majeur de développement pour l'écosystème pastoral du fait de la menace qui pèse sur la mobilité, principale fondement du pastoralisme. Cette menace est engendrée par l'avancée du front agricole et la non application des législations existantes. S'il est vrai maintenant que la loi d'orientation agrosylvopastorale (LOASP, 2004), reconnaît le pastoralisme comme mode de mise en valeur des terres, nous notons qu'une faible part des décisions est consacrée à l'élevage. En ce qui concerne la sylviculture, la réforme proposée est toujours conforme au code forestier en ce qui concerne les règles, le défrichage, le pâturage et les feux de brousse. Or, beaucoup de points du code forestier font l'objet de contestations de la part des populations non impliquées dans leurs élaborations. Ces points nécessitent de réelles et sincères concertations entre acteurs intervenant dans la gestion des ressources.

Les actions à mener doivent également porter sur la régénération et le reboisement d'espèces autochtones, améliorantes, clé voûte, utiles et en régression dans l'écosystème comme *Acacia tortilis raddiana* et *Faidherbia albida*. Le choix d'autres espèces doit être guidé par une réelle prise en compte des impacts sur le fonctionnement de l'écosystème et des besoins des populations. Ces campagnes doivent combiner les actions en régie et celles à l'échelle des collectivités rurales dotées de moyens.

Aucun plan de gestion ne peut être envisagé sans prendre en compte la question de l'eau. L'inaccessibilité de cette ressource vitale pour l'écosystème pastoral a été fréquemment soulignée par les populations interrogées



au cours de nos enquêtes. Des efforts doivent être fournis pour bien desservir la zone en équipements hydrauliques (forages, bassins de rétention, puits et antennes) et permettre aux populations de satisfaire les besoins d'abreuvements des animaux et domestiques. La rareté de l'eau a été beaucoup avancée comme étant le facteur de blocage pour l'initiation de certains types d'aménagements tels que les vergers aux abords des points d'eaux et les plantations individuelles dans les campements. Avec le regain d'intérêt constaté pour les espèces sources de revenus, la filière sylvicole doit être mieux protégée et optimisée par un encadrement adéquat des couches de populations telles que les femmes (approche genre) qui s'adonnent à ces types d'activités. Concernant la recherche, cette démarche interdisciplinaire doit être poursuivie, affinée et appliquée à d'autres champs non encore élucidés ou maîtrisés par les scientifiques (Production, techniques d'usages et d'exploitation des populations rurales, notions de capacité de charge...).

Ces recommandations doivent s'appuyer sur une volonté et des actions politiques effectives et fortes. Les questions de gestion de la biodiversité, de lutte contre la pauvreté à partir d'un usage durable des ressources naturelles, et de lutte contre la désertification, doivent occuper une place importante dans les programmes politiques des pays sahéliens. Cependant, il ne faudra pas se limiter à la seule inscription de ces points dans ces programmes. Les actions concernant ces priorités doivent être traduites en actes concrètes en partant des acquis apportés par la recherche et en tenant compte des échecs passés, et de l'avis des bénéficiaires du début à la fin de ces interventions.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A

- AKPO L. E. (1990)** : Dynamique des systèmes écologiques sahéliens, Structure spécifique, productivité, et qualité des herbages : le forage de Widou Thiengoly, *Mémoire DEA*, UCAD 55 p.
- AKPO L. E. (1992)** : Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. Les déterminants écologiques, *Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle de Biologie Végétale* : option écologie. UCAD, Dakar, 174p.
- AKPO L. E. (1993)** : Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. ORSTOM, Paris, *TDM*, 93 F, 174p.
- AKPO L. E. (1998)** : L'Arbre et l'Herbe le Long d'un Gradient Climatique. *Thèse, doctorat écologie*. UCAD, Dakar, 142 p.
- AKPO L. E. & GROUZIS M. (1995)** : Interaction Arbre/Herbe le Long d'un Gradient Climatique en zone de savanes. *Rapport d'activité* ORSTOM Dakar, 12 p.
- AKPO L. E. & GROUZIS M. (1996)** : Influence du couvert ligneux sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord-Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia*, 50, (2) :247-263p.
- AKPO L. E. & GROUZIS M. (1996)** : Interactions Arbre/herbe en zones arides et semi-arides d'Afrique : état des connaissances. *Revista di Agricoltura Subtropicale e tropicale*, 1 (13p.).
- AKPO L. E., GASTON A., GROUZIS M. (1995)** : Structure spécifique d'une végétation sahélienne : cas de Widou Thiengoly (Ferlo, Sénégal). *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, 4<sup>èmesec</sup>, 17, section B, Adansonia* n°1-2, p 39-52.
- AKPO L. E., BANOIN M., GROUZIS M. (2003)** : Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu sahélien. *Revue Méd.Vét.*, 2003, 154, 10, 619-628.
- AHLCHRONA E. (1989)** : *The impact of climate and man on land transformation in central Sudan : applications of remote sensing*, Meddelanden fran Lunds Universitets Geografiska institutioner, Avhandlingar 103.
- AMATO M. & LADD J. N. (1988)**: Essay for microbial biomass based on ninhydrin-reactive nitrogen in extracts of fumigated soils. *Soil Biol. Biochem. Vol 20, N°* . 1.107-114
- ARBONIER M. (2000)** : *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. CIRAD, Paris. 573p.
- ARONSON J., FLORET C. , LE FLOC'H E. , OVALLE C., PONTANIER R. (1993)** : Restoration and rehabilitation of degradation in arid and semi-arid lands, I : A view from the south. *Restoration ecology*, p 8-18.
- ATLAS (1998)** : Encyclopédie. Mon micro me rend service. Version électronique CD1&2.

### B

- BA A. & NDIAYE P. (2003)** : Mélange, Annales de la Faculté des Lettres et Sciences humaines, Tome 1, UCAD, Dakar.
- BA C. (1986)** : *Les Peuls du Sénégal*, étude géographique. Editions NEA, 394 p.
- BARBAULT R. (1997)** : Biodiversité. Les fondamentaux, Paris. 159 p.
- BARRAL H. (1982)** : Le Ferlo des forages, gestion ancienne et actuelle de l'espace pastoral, ORSTOM, Dakar, 85 p
- BARRAL H., BENEFICE E., BOUDET G., DENIS J.P., DE WISPELAERE G., DIAITE I., DIAW O.T., DIEYE K., DOUTRE M.P., MEYER J.F., NOEL J., PARENT G., PIOT J., PLANCHENAULT D., SANTOIR C., VALENTIN C., VALENZA J. & VASSILADES G. (1983)** : Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. ORSTOM, 162 p.
- BARRET-GEYSER P. (2003)** : Guide pratique du dialogue territorial : concertation et médiation pour l'environnement et le développement local, Editions fondation de France, collections pratiques, ISBN, 136p.

- BARTHELEMY C. (2005)** : Les savoirs locaux entre connaissances et renaissance. *Vertigo-La revue en sciences de l'environnement*, Vol6 N°1.
- BAUMER M. (1995)** : *Arbres, Arbustes et arbrisseaux nourriciers en Afrique occidentale*. Dakar, Enda-tiers monde. 260 p.
- BAZILE D. (1998)** : La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations, cas de la zone soudanienne du Mali. *Thèse de Doctorat NR en géographie*, Université de Toulouse le Mirail, volume 1., 339p.
- BEAUD M. (2001)** : *L'art de la thèse : Comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, un mémoire de DEA ou de maîtrise ou tout autre travail universitaire*, Guides repères, éd. La découverte, 204p.
- BEHNKE R.H., SCOONES I., KERVEN C., (1993)** : *Range Ecology at Disequilibrium*. ODI, IIED, London 248 p.
- BEHNKE R.H., & I SCOONES (1990)** : *Repenser l'écologie des parcours : Implications pour la gestion des terres de parcours en Afrique*, IIED Programmes Réseaux des zones arides, ODI, dossier N° 33, 46p.
- BELLEFONTAINE, R., GASTON A., PETRUCCI Y., (1997)** : Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. Rome, *Cahier FAO Conservation*, N° 32. 316 p.
- BELSKY A. J., AMUNDSON R. G., DUXBURY J. M., RIHA S.J., ALI A. R., MWONGA S. M. (1989)** : The effects of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology*, 26 : 1005-1024
- BELSKY A. J., MWONGA S. M. AMUNDSON R. G., DUXBURY J. M., RIHA S.J., ALI A. R., (1993)** : Comparative effects of isolated trees on their under canopy environments in high-and low-rainfall savannas. *J. of App. Ecol.*, 30, 143-155.
- BENJELLOUN H., CHEMAOU A., EL MERCHT. (2002)** : « Variabilités dans le temps et dans l'espace des formes minérales de l'azote dans les sols des écosystèmes forestiers du moyen Atlas central (Cas des forêts de Boujirhirh et de Jaaba » in *Ann. Rech. For. Maroc.*, (T35), p 31-42
- BENZECKRI J.P. (1966)** : Leçons sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes. *Cours Inst. Statist.* Univ. Paris.
- BERHAUT J. (1967)** : *Flore du Senegal*. Clairafrique, DAKAR, 485 p.
- BERNHARD — REVERSAT, 1982** : Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna. *Oikos*, 38 : 321-332
- BERNHARD & REVERSAT (1987)** : Les cycles des éléments minéraux dans un peuplement à *Acacia seyal* et leur modification en plantation d'*Eucalyptus* au Senegal. *Acta Oecologica, Oecol. Getier.*, 1987, Vol. 8, no 1, p. 3-16.
- BERNHARD-REVERSAT F., HARMAND J.M., UGEN K. (1998)** : « Les litières et la dynamique de l'azote dans divers biotopes à acacia d'Afrique occidentale et centrale » in *L'acacia au senegal* : Campa C., Grignon C., Gueye M., Hamon S., ORSTOM Editions, Paris, p.205-219.
- BILLE J C. (1971)** : *Principaux caractères de la végétation herbacée du Sahel*. ORSTOM, 46p.
- BILLE J.C. (1977)** : Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien, *Thèse de Doctorat es science*, Univ. Paris-Sud Centre d'orsay, ORSTOM, 112 p
- BILLE J. C. (1980)** : Mesure de la production primaire appétée des ligneux. In Le Houerou H.N. (éditeur). *Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances*. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril 1980, CIPEA, p : 183-193
- BOTONI H. E. (2003)** : Interaction Elevage-Environnement : Dynamique des paysages et évolution des pratiques pastorales dans les fronts pionniers du Sud-ouest du Burkina Faso, *Thèse de doctorat*, Université Paul Valery, Montpellier, France. 295 p.
- BOUBAKER (BEN) A. (1988)** : Relation *Acacia cyanophylla* (Lindl)- végétation herbacée en conditions pâturées (Tunisie du nord -ouest). Thèse ENSA, Montpellier : 146p. + annexes.
- BOUDET G. (1984)** : *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*. Ministère des relations extérieures coopération et développement / IEMVT, ORSTOM, Paris, 266 p.
- BOUDET G. (1989)** : Evolution de la vegetation des parcours sahéliens et possibilités de réhabilitation. *Fourrages* 120 : 401- 415

**BRAHIMI Y. (2001) :** *Indicateurs d'impact et de mise en œuvre des programmes d'action de lutte contre la désertification. Concepts et expériences en Afrique, Asie et Amérique latine*, Rapport de suivi-évaluation pour la COP5, OSS/CILSS, 33p.

**BREMAN H. & DE RIDDER N. (1991) :** Manuel des pâturages des pays sahéliens. Karthala, ACCT, CABO-DLO et CTA, 485p.

**BREMAN H. & KESSLER J.J. (1995) :** Le rôle des ligneux dans les agro-écosystèmes des régions semi-arides (avec un accent particulier sur les pays sahéliens). CABO, Wageningen, 288p.

**BROUTIN C. & SOKONA K. (1992) :** La production d'huile de sump dans la zone sylvopastorale du Nord-Senegal, ENDAGRAF /GRET, CRDI, 34 p.

## C

**CAMPA C., GRIGNON C., GUEYE M., HAMON S. (1998) :** *L'acacia au senegal*. Paris, ORSTOM Editions, 476p.

**CARRIERE M. & TOUTAIN B. (1995) :** Utilisation des terres de parcours par l'élevage et interactions avec l'environnement ; Outils d'évaluation et indicateurs. 93 p.

**CBD (2005) :** Situation et perspectives d'évolution de la biodiversité des terres arides et sub-humides et les menaces auxquelles elle est exposée. UNEP/CBD/SBSTTA11/4/Add.1, Onzième réunion, Montréal, 28 novembre - 2 décembre, 2005.

**CCD (1994) :** *Convention des Nations Unies sur la lutte contre la Désertification, dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier l'Afrique*, texte avec annexes publié par le Secrétariat de la Convention, Bonn, Allemagne, 71 p.

**CED HESS, P. T. (2000) :** "Who's managing the commons" *Securing the commons* 1: 40.

**CHAUSSOD R. (1996) :** La qualité biologique des sols. Evaluation et implications. *Etude et Gestion des Sols*, 3, pp 261-277.

**CHAUSSOD R. & ZUVIA M. & BREUIL M. C. & HETIER J. M. (1992) :** Biomasse microbienne et « statut organique » des sols tropicaux : exemple d'un sol vénézuélien des Llanos sous différents systèmes de culture *Cah. Orstom, ser. Pedol., vol. XXVII, no 1, 1992 : 59-67*

**CHARREAU C. & VIDAL P. (1965) :** Influence de l'*Acacia albida* Del. sur le sol, nutrition minérale et rendement des mils *Pennisetum* au Senegal.

**CHEN J. & STARK J. M. (2000) :** Plant species effects and carbon and nitrogen cycling in a sagebrush-crested wheatgrass soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 47-57.

**CHOTTE J. L., VILLEMEN G., GUILLORE P. & JOCTEUR-MONROZIER L. (1994) :** Morphological aspects of microorganism habitats in vertisol. In: *Soil Micromorphology: Studies in management and genesis*, A.J. Ringrose-Voase and G.S. Humphreys (Eds.). Proc. IX Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, Townsville, Australia, July 1992. *Development in Soil Science* 22, Elsevier, Amsterdam, pp-395-403.

**CIRAD, GRET, MAE (2002) :** *Mémento de l'Agronome*. Paris, 1690 p.

**CISSE M. I. (1980) :** Production fourragère de quelques arbres sahéliens: Relations entre biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques. In: Le Houérou H.N. (éditeur). *Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances*. AddisAbeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril 1980, CIPEA; pp : 203 - 208.

**CISSE M. L. & SACKO B. (1987) :** Etude statistique de la liaison de la biomasse foliaire et des paramètres physiques chez quelques espèces sahéliennes. Programme des zones arides et semi-arides. Rapport de consultation; CIPEA/ILCA, Bamako, 110p.

**CISSE A. M. (1986) :** Dynamique de la strate herbacée des pâtures de la zone sud sahélienne. *Thèse Doctorat*, CABO, Wageningen, 211p.

**CMED (1989) :** *Notre avenir à tous*, Editions du Fleuve, Montréal.

**COCHRAN W. G. (1950) :** Estimation of bacterial densities by means of the "Most Probable Number." *Biometrics* 6:105-116. **CONSTANTINIDES M. & FOWNES J. H. (1994) :** Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants : Relationships to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentration. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 49-55.

**CORNET A. (1981)** : Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. *Thèse Doct-Ing.*, USTL, Montpellier, 353 p.

**CORNET A. (1992)** : « Relation entre la structure spatiale des peuplements végétaux et le bilan hydrique des sols de quelques phytocénoses en zone aride » in *L'aridité une contrainte au développement : caractérisation, Réponses biologiques, stratégies des sociétés*, LE FLOC'H E., GROUZIS M., CORNET A., BILLE J.C., ORSTOM, p 245-265.

**CORNET A. & POUPON H. (1977)** : Description des facteurs du milieu et de la végétation dans cinq parcelles situées le long d'un gradient climatique en zone sahélienne au Sénégal. *Bull. IFAN A*, 39, p. 241-302.

**CORNUE J. M. (1998)** : La démarche scientifique création et diffusion scientifique, contrat créative (by-sa) cc.

**CORRERA A. (2006)** : Dynamique de l'utilisation des ressources fourragères par les dromadaires des pasteurs nomades du Parc National du Banc D'Arguin (Mauritanie). Thèse Doctorat du Muséum national d'histoire naturelle, option : Ecologie et gestion de la biodiversité, 362p.

**CSE (2000)** : Annuaire de l'environnement et les ressources naturelles du Sénégal, Dakar, 268 p.

## D

**DAGET P. (1999)** : « Evaluer la densité des ligneux par la méthode des distances ? Un problème » in *Revue élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, CIRAD, Montpellier, 263-266 p.

**DAGET P. & GASTON A. (1999)** : « Flotrop : constitution d'une base de données sur les pâturages d'Afrique tropicale septentrionale » in *Sécheresse n°3*, AUPELF-UREF, p.183-189.

**DAGET P. & GODRON M. (1974)** : *Vocabulaire d'écologie*. Editions Hachette, Montpellier 273 p.

**DAGET P. & GODRON M. (1995)** : *Pastoralisme, troupeaux, espaces et sociétés*. Hatier/AUPELF/ UREF, 510 p.

**DAGET P. & ICKOWICZ. A. (1999)** : «Evaluer la densité des ligneux par la méthode des dénombrements ? Une difficulté » in *Revue élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, CIRAD, Montpellier, 270-271 p.

**DAGET P., ICKOWICZ A., MBAYE M. (1999)** : « Evaluer la densité des ligneux par la méthode des distances ? Un problème» in *Revue élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, CIRAD, Montpellier, 263-266 p.

**DAGET & POISSONET (1997)** : Biodiversité et végétation pastorale. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 1997, 50 (2) : 141- 144

**DAGET P. & TRANCHEFORT J. (1974)** : Une méthode globale d'analyse diachronique de populations complexes : application au peuplement végétal d'une prairie permanente. *Colloque international sur l'utilisation de l'informatique dans les sciences de l'environnement. Arlon, 20-22 mai*, 18 p.

**DANCETTE C. & NIANG M. (1979)** : Rôle de l'arbre et son intégration dans les systèmes agraires du Sénégal. I.S.R.A: 16p.

**DE BOER W., KLEIN GUNNEWIEK P. J. A. & PARKINSON D. (1996)** : Variability of N mineralization and nitrification in a simple, simulated microbial forest soil community. *Soil Biology and Biochemistry*, 28: 203-211.

**DE HAAN C., STEINFELD H., BLACKBURN H. (1999)** : Élevage et Environnement. A la recherche d'un équilibre. FAO, 115 p.

**DE LAJUDIE P., WILLEMS A., POT B., DEWETTINCK D., MAESTROJUAN G., NEYRA M., COLLINS M. T., DREYFUS B., KERSTERS K. & GILLIS M. (1994)** : Polyphasic taxonomy of Rhizobia: emendation of the genus *Sinorhizobium* and description of *Sinorhizobium meliloti comb. nov. Sinorhizobium saheli sp. nov.*, and *Sinorhizobium teranga sp. nov.* *Int. J. of Syst. Bact.* 44 : 715-733.

**DEFCCS, (2001)** : Préparation d'une stratégie nationale pour la campagne de reboisement 2001, conférence nationale 14-15- 16 février, Dakar, ME, République du Sénégal, 29p .

**DFID, (2001)** : Notes d'information sur les moyens d'existence durables, Londres 182 p .

**DESJARDINS M.R , CHARRETON M.B., C3ED, (2002)** : *Désertification et environnement mondial (Biodiversité et changement climatique)*, octobre 2002, 42p + annexes.

**DERVIN C. (1988)** : *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ?* Paris, 75 p.

- DIALLO D. (2004)** : Savoirs locaux et bases de données pour la gestion des écosystèmes et le développement durable en zone soudano-sahélienne. *Actes de Colloque* « Développement durable : leçons et perspectives » du 1<sup>er</sup> au 4 juin 2004, Ouagadougou, p85-90.
- DIALLO M. D. (2005)** : Effet de la qualité des litières de quelques espèces végétales sahéliennes sur la minéralisation de l'azote, *Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle* de Biologie Végétale, UCAD, Dakar, 150p.
- DIAO A. S. (2000)** : Caractérisation des dynamiques socio-économiques du pastoralisme dans l'unité pastorale de Thieul. Département aménagement du territoire, Environnement et de la Gestion Urbaine. *Mémoire, Ingénieur des travaux* ENEA, Dakar, 85 p.
- DIAO A. S. (2001)** : Dynamique Socioéconomiques du pastoralisme dans le Ferlo. Rapport de stage, PPZS, Dakar.
- DICTIONNAIRE LE ROBERT / VUEF (2001)** : *Le Petit Robert*, nouvelle édition (version 2, électronique).
- DICTIONNAIRE DES NOMS COMMUNS (1993)** : Larousse, Paris, 1104 p.
- DIEDHIOU I. (1994)** : Importances des légumineuses dans les systèmes écologiques arides et semi-arides du Sénégal. DEA, UCAD-ISE, Dakar, 69p.
- DIEDHIOU I., DIATTA M., DIOUF M., (1999)** : Influence de la densité de plantation de deux légumineuses arborées sur l'alimentation hydrique et le comportement du Sorgho (*Sorghum bicolor L.*) en zone semi-aride au Sénégal in *Jachère en Afrique tropicale*, 13p.
- DIEME G. (2002)** : Dynamique des ressources en eau dans la zone sylvopastorale : le cas des mares de la communauté rurale de Thieul (Sud Ferlo), *Mémoire de maîtrise géographie*, UCAD, 110 p.
- DIEYE K. & GASTON A. (1986)** : « Productivité et gestion des parcours naturels en milieu pastoral sahélien » in LANDAIS E. & FAYE J., *Méthode pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale*, p269-288.
- DIOP A. T. (1989)** : L'aménagement et la gestion des ressources sylvopastorales au Nord du Sénégal : Le cas de l'aire d'influence du forage de Tatki. *Thèse du doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle* en sciences de l'environnement, UCAD, 190 p.
- DIOUF M. (2000)** : Dynamique des écosystèmes sahéliens : effets des microsites topographiques sur la diversité de la végétation ligneuse au Ferlo (Nord-Sénégal), *Mémoire, DEA*, UCAD, 44 p.
- DIOUF A. (2000)** : Analyse du paysage et l'exploitation des pâturages dans l'unité pastorale de Thieul (Ferlo). *Mémoire de DEA* en géographie, 66 p.
- DIOUF A. (2001)** : Analyse diachronique du paysage et l'occupation du sol dans le Ferlo. *Rapport de stage*, 65 p.+annexes
- DIOUF J. C. (2001)** : Dynamique du peuplement ligneux dans l'aire du forage de Thieul (Ferlo-sud, Sénégal). *Mémoire, DEA*, UCAD, Dakar 39 p.
- DIOUF M., NEYRA M. & GROUZIS M. (2003)** : « Phénologie de la nodulation d'*Acacia raddiana* en milieu naturel » in Grouzis M., Le Floch E., éd. : *Un arbre au désert, Acacia raddiana*. Paris, IRD Editions, 2003: p171-182.
- DIOUF D., NEYRA M., SOUGOUFARA B. & LESUEUR D. (2001)** : Le Plan d'action forestier du Sénégal : bilan et perspectives des activités de reboisement de 1993 à 1998. *Bois et Forêts des Tropiques*, 2001, N° 270 (4), Dossier Dry Zones / Forestry Action Plan, p.5-13.
- DOUILLET R. & BARRET-GEYSER Y. (2003)** : Les limites du dialogue territorial, Actes 10 des ateliers internationaux et du forum sur la concentration et la médiation environnementale, 18-19 mars et 20-21mars 2003, Bordeaux, p29-30.
- DREUX P. (1974)** : Précis d'écologie. Collection SUP, France, 231 p.
- DUPUY N., WILLEMS A., POT B., DEWETTINCK D., VANDENBRUAENE I., MAESTROJUAN G., DREYFUS B., KERSTERS K., COLLINS D. C. & GILLIS M. (1994)** : Phenotypic and genotypic characterization of bradyrhizobia nodulating the Leguminous tree *Acacia albida*., *International Journal of Systematic Bacteriology* 44 (3) : 461-473.

## E

**ENDA-GRAF (1992)** : Avenir des terroirs : La ressource humaine, Dakar, Enda-Editions Recherches populaires n°147-148- 149.

## F

**FARDOUX J., FERNANDES P., NIANE-BADIANE, A., CHOTTE J. L. (2001)** : Effet du séchage d'échantillons d'un sol ferrugineux tropical sur la détermination de la biomasse microbienne : comparaison de deux méthodes biocidales de référence in *Biofonctionnements des sols tropicaux et mode de gestion des terres, Etude et Gestion des Sols* (FRA), 2000, Vol. 7, No 4, p. 385-394

**FELLER C. (1995)** : La matière organique du sol: un indicateur de la fertilité. Application aux zones sahélienne et soudanienne. *Agriculture et développement*, 8: p. 35-41.

**FELLER C., FRITSCH E., POSS R. VALENTIN C. (1991)** : Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XXVI, n°1, 1991 : 25-36.

**FLORET C. & R. PONTANIER (1998)** : Jachère et systèmes agraires. Niamey (Niger), Orstom, 212p.

**FLORET Ch., R. PONTANIER (1999)** : La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagement, alternative, actes de séminaire. 164 p.

**FOURNIER CH., (1995)** : Fonctionnement hydrique de six espèces ligneuses coexistant dans une savane sahélienne, *Thèse de Doctorat es science* (région du Ferlo, Nord), ORSTOM, TDM, Paris, 169p.

**FRONTIER S. (1999)** : *Les écosystèmes*. Que sais-je. P. u. d. France. Paris: 127p.

## G

**GARCIA M. F. (1982)** : Comparaison de plusieurs méthodes d'étude des structures horizontale et verticale de formations végétales, application aux cas de deux anciennes friches languedociennes, thèse, doctorat en écologie terrestre, USTL Montpellier, 430 p.

**GARCIA-GIL J. C., PLAZA C., SOLVER-ROVRA P. & POLO A. (2000)** : Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1907-1913.

**GASTON A. (1981)** : La végétation du Tchad. Evolutions récentes sous des influences climatiques et humaines. *Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles*, Paris XII-Créteil, 333 p.

**GASTON A. & BOERWINKEL E. (1982)** : Essai de méthode de suivi continu du couvert ligneux. PISCEPS, Dakar, FAO, Rome, 61 p.

**GILLET F. (2000)** : La phytosociologie synusiale intégrée, guide méthodologique. *Document de laboratoire 1*, 4<sup>ème</sup> édition revue et corrigée, Université de Neuchâtel, 68p.

**GODRON M. & DAGET P. (1995)** : Pastoralisme Troupeaux, espaces et société.

**GOUDET J.P. (1986)** : Aménagement des forêts naturelles et reboisement en Afrique tropicale sèche. In *Aménagement et nature* 81 : p33-36.

**GOUET J. P. (1978)** : L'élaboration d'un protocole d'enquête, Proposition d'un plan type détaillé et quelques commentaires. ITCF, 98 p.

**GUEYE B. & FREUDENBERGER S. K. (1990)** : Introduction à la méthode accélérée de recherche participative (MARP), Document de travail 72 p.

**GUEYE B. (1993)** : Rapport de l'atelier régional de formation des formateurs sur la méthode accélérée de recherche et de planification participatives (MARP). Dakar, IIED. 90 p.

**GUEYE M. & NDOYE I. (1998)** : « Diversité génétique et fixation biologique de l'azote chez les acacias » in *L'acacia au sénégale* : Campa C., Grignon C., Gueye M., Hamon S., ORSTOM Editions, Paris, p.351-375.

**GUEYE M. & NDOYE I. (2003)** : « Le potentiel fixateur d'azote d'Acacia raddiana comparé à celui d'Acacia senegal, Acacia seyal et Faidherbia albida in Grouzis M., Le Floch E., éd. : *Un arbre au désert, Acacia raddiana*. Paris, IRD Editions, 2003: p171-182.

**GUEYE S. (2000)** : Etude sur les ressources forestières et les plantations forestières du Sénégal, Programme de partenariat CE-FAO (1998-2002), PROJET GCP/INT/679/EC.

**GUINOCHET M. (1973)** : *Phytosociologie*. Editions Masson et Cie, Paris, 227 p.

**GREGO S., MOSCATELLI M.C., DI MATTIA. E., MARINARI S., CACCIARI I. (2003)** : Activité biochimique de la rhizosphère d'Acacia raddiana au nord et au sud du Sahara in Grouzis M., Le Floch E., éd. : *Un arbre au désert, Acacia raddiana*. Paris, IRD Editions, 2003 : 231-247.

**GROUZIS M. (1982)** : Méthodes d'étude des pâturages naturels, ORSTOM, Ouagadougou, 28 p.

**GROUZIS M. (1988)** : Structure, Productivité et Dynamique des systèmes écologiques Sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). *Etudes et Thèses*, Editions ORSTOM, 336 p.

**GROUZIS M., NIZINSKI G., FOURNIER C. (1990)** : L'arbre et l'herbe au Sahel. Séminaire physiologie des arbres et arbustes des zones arides, 27 Mars- 6 Avril 1990, Nancy

**GROUZIS M. & AKPO L. E. (1997)** : Influence of tree cover on herbaceous biomass above and below-ground phytomasse in the Sahelian zone of Senegal. *J. of Arid Environments*, 35, 285- 296.

**GROUZIS M. & AKPO L. E. (1998)** : « Dynamique des interactions arbre-herbe en milieu sahélien : Influence de l'arbre sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée » in *L'Acacia au Sénégal*, p 37-45.

**GROUZIS M. & AKPO L. E. (2003)** : Influence d'Acacia tortilis raddiana sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée dans le Ferlo sénégalais in Grouzis M., Le Floch E., éd. : *Un arbre au désert, Acacia raddiana*. Paris, IRD Editions : p249-262.

**GROUZIS M. & La FLOCH E. (2003)** : *Un arbre au désert, Acacia raddiana*, Paris, IRD Editions scientifiques, 313p.

**GUERIN H. (1987)** : Alimentation des Ruminants Domestiques sur Pâturages Naturels Sahéliens et Sahelo-soudaniens : Etude Méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Montpellier, ENSAM: 211p.

**GUERIN H., RICHARD D., LEFEVRE P., FRIOT D., MBAYE N. (1989)** : Préviation de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. Actes du XVIème Congrès International des Herbages, Nice, France, Vol 2, pp 879 -880.

**GUISSÉ A. (1989)** : Influence allélopathique des acides phénoliques des litières sur l'activité nitrifiante des sols de lande. *Thèse de Doctorat. Université de Rennes I, U.F.R. Sciences de la Vie et de l'environnement*, 208 p.

## H

**HAMIDOU+ B. (1987)** : Relation herbe-arbre en conditions pâturées. Influence du recouvrement arboré dans des taillis de chêne pubescent (*Quercus pubescens* Wild.) Thèse USTL, Montpellier : 114p.

**HEAL O. W., ANDERSON J.M. & SWIFT M. J. (1997)** : Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: Cadish, G., Giller, K.E. (Eds.), *Driven by Nature. Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International, Wallingford, pp. 3-30.

**HEINRICH D. & MANFRED H. (1990)** : Atlas de l'écologie, Encyclopédies d'aujourd'hui, La Pochothèque. 286 p. **HIERNAUX R., DIARRA L., MAIGA A. (1990)** : Dynamique de la végétation sahélienne après sécheresse. Un bilan du suivi des sites pastoraux du Gourma en 1989. CIPEA-ILCA Mali. Document de travail n° 001/90.

**HIERNAUX P. & LE HOUEROU H. N. (2006)** : Les Parcours du Sahel in *Sécheresse* vol. 17, (1-2), p. 51-57.

**HURLEY M. & ROSCOE M. E. (1983)** : Automated statistical analysis of microbial enumeration by dilution series. *J. Appl. Bacteriol.* 55:159-164.



## I

**ICKOWICZ A. (1995)** : Approche Dynamique du Bilan Fourrager Appliquée à des Formations Pastorales du sahel Tchadien. *Thèse de doctorat* en science de la vie et de la santé, Université Paris XII Créteil, France, 477 p.

**ICKOWICZ A. & GUERIN H. (2000)** : Appui au volet "Systèmes d'Élevage et Ressources Pastorales" du Projet d'Hydraulique Pastorale au Kanem - PHPK. Tchad, CIRAD-EMVT.

**ICKOWICZ A. & FRIOT D. & HUBERT GUERIN H. (2005)** : *Acacia senegal*, arbre fourrager sahélien ? *Bois et Forêts des Tropiques*, 2005, N° 284 (2), Arbre Fourrager / Le Point sur..., p. 59-69.

**IEMVT (1989)** : ATLAS du Sénégal : *Élevage et potentialités pastorales sahéliennes : synthèses cartographiques*, Sénégal. CTA, 27 p.

**ISICHEI O.A. & MUOGHALU I.J. (1992)**: The effect of tree canopy cover on soil fertility in a nigerian savanna. *Journal of tropical Ecology*, 8, 329-338.

**ISRA (1996)** : Atelier sur l'élaboration d'un plan concerté d'aménagement des unités pastorales (UP) de Thiel et de Thiargny : Unité Régionale de Recherches Zone Sylvopastorale, 15 p.

**ISRA (1994)** : Synthèse des travaux de recherches sur les ressources alimentaires.

**ISRA/LNERV (1983)** : *Méthodes d'inventaires et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens*. Application au développement, actes de colloque tenu à Dakar en novembre 1983, 439 p.

**ITAB (2002)** : Activités biologiques et fertilité des sols : Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles, groupe de travail «état et activités biologiques des sols » de la commission « agronomie — systèmes de production », Première édition, Paris, 27p.

**IYAMUREMYE F., GEWIN V., DICK R. P., DIACK M., SENE M., BAIANE A. & DIATTA, M. (2000)** : Carbon, Nitrogen and Phosphorus mineralization potential of native agrophorestry plant residues in soils of Senegal. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14 : 359-371.

## J

**JAUFFRET S. (2001)** : Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides, application au suivi de la désertification dans le sud tunisien, *Thèse d'écologie*, Université d'Aix Marseille, 328 p. + ann.

**JENKINSON D. S. & POWLSON D. S. (1976)** : The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil. Biol. Biochem.*, 8, p. 209-213

**JOFFRE R. (1987)** : Contraintes du milieu et réponses de la végétation herbacée dans les dehesas de la Sierra Norte (Andalousie, Espagne). Thèse USTL, Montpellier : 201p.

**JORDAN D. C. (1984)** : "Rhizobiaceae Conn 1938, 321AL." In Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 1st éd. (N. R.) Krieg, (J. G.) Holt éd. The Williams & Wilkins Co, Baltimore : 234-256.

**JUND S., PAILLARD C., FROSSARD P. A., LACHAT B., SAUCY M., LOST G., BESSAGUET J.C., P. GOETGHEUBEUR, RUSSO P., WALTER S. (2000)** : Guide de gestion de la végétation des bords de cours d'eau, *Rapport général*, Bureau d'études Sinbio-Agence de l'eau Rhin-Meuse, 54p.

## K

**KANE L. (2001)** : Proposition d'une méthode de suivi et d'évaluation de la dynamique de la flore et de la végétation ligneuse dans la périphérie de la réserve de biosphère du Niokolo koba (sud-est du Sénégal). *Mémoire de DEA en sciences de l'environnement*. ISE/UCAD-63p.

**KENNARD D. G. & WALKER H. (1973)** : Relationship between tree canopy cover and *Panicum maximum* in the vicinity of Fort Victoria. *Rhod. J. agric. Res.* 11: 145-153

**KLUG S. (1982)** : Inventaire et suivi (monitoring) de la végétation dans la parcelle d'élevage à Widou-Tiengoly (Ferlo, Sénégal). Rapport final, GTZ, 134 p.

## L

- LAGARDE J. (1983) :** *Initiation à l'analyse des données*. Dunod, 157 p.
- LEBRUN J. P. & STORK A. (1991) :** *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale, I- Généralités et Annonaceae à Pandaceae*, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville, Genève, 250 p.
- LEBRUN J. P. & STORK A. (1992) :** *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale, II - Chrysobalanaceae à Apiaceae*, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville, Genève, 260 p.
- LEBRUN J. P. & STORK A. (1995) :** *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale, III - Monocotylédones : Limnocharitaceae à Poaceae*, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville, Genève, 340 p.
- LEBRUN J. P. & STORK A. (1997) :** *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale, IV - Gamopétales : Clethraceae à Lamiaceae*, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville, Genève, 712 p.
- LEPRUN J. C. (1992) :** Etude de quelques brousses tigrées sahéliennes : structure, dynamique, écologie. In *Le Floc'h E., Grouzis M., Cornet A., Bille J.C., eds. L'aridité, une contrainte au développement*. ORSTOM éditions, Paris : 221 - 244.
- LE FLOC'H E., GROUZIS M., CORNET A., BILLE J.C. (1992) :** *L'aridité, une contrainte au développement : caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés*. ORSTOM, 597p.
- LE HOUEROU H.N (1980) :** *Les Fourrages ligneux en Afrique : état actuel des connaissances*. 481 p.
- LE HOUEROU H.N (1988) :** Introduction au projet écosystèmes pastoraux sahéliens. *Rapport technique*, GEMS SERIE SAHEL, PNUE/ FAO/SENEGAL, 146 p.
- LPDE (1999) :** Lettre de politique de développement de l'élevage, juillet 1999, Ministère de l'élevage République du Sénégal, 14p.
- LONG G. (1974) :** Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire (Monographie N° 4) Tome 1 - Principes généraux et méthodes, édition Masson et Cie, 252 pages.

## M

- MARGALEF R. (1974) :** *Ecologia*. Ed. Omega, Barcelone. 951p.
- MAIGNIEN R. (1965) :** Carte pédologique du Sénégal au 1/1000000 (avec notice explicative). ORSTOM, Dakar.
- MBAYE M. (1991) :** Etude de la dynamique des peuplements ligneux du Ferlo cas de trois forages : Tessekre, Mbidi, Tatki (1979-1985). *Mémoire de maîtrise* de géographie 75 p.
- MCD (1991) :** *Mémento de l'agronome*, 4<sup>ème</sup> édition, Collection « Techniques rurales en Afrique », 1635p.
- MIEHE S. (1990) :** Inventaire et suivi de la végétation dans les parcelles pastorales à Widou-Tiengoly. Résultats de recherches effectuées de 1988 à 1990 et évaluation globale provisoire de l'essai de pâturage contrôlé après une période de 10 ans, GTZ, 108 p.
- MIEHE S. (1991) :** Inventaire et suivi de la végétation dans les parcelles expérimentales de Widou Thiengoly : les résultats des recherches effectuées de 1988 à 1990 et évaluation globale provisoire de l'essai de pâturage contrôlé après un période de 10 ans. Widou/Göttingen. 108 p. et annexes.
- MIEHE S. (1992) :** Inventaire et suivi de la végétation dans le périmètre expérimental à Widou-Tiengoly : l'évolution de la strate herbacée au cours de la nouvelle sécheresse 1990-1992. Rapport de mission, GTZ, 36 p.
- MIEHE S. (1994) :** Inventaire et suivi de la végétation dans le périmètre expérimental à Widou-Tiengoly : Bilan des modifications de la végétation après 13 années d'essai et recommandations, rapport de mission, GTZ, 101 p.
- MIEHE S. (1994) :** Bilan des modifications de la végétation après 13 années d'essai et recommandations pour de futures phases du projet/ de futurs projets.
- MIEHE S. (1997) :** Inventaire et suivi de la végétation dans le périmètre expérimental à Widou-Tiengoly, rapport de mission, GTZ, 49 p.
- MEPN (1996) :** Stratégie nationale et plan national d'actions pour la conservation de la biodiversité. Dakar, PNUD. 91p.
- MEPN (1998) :** Code Forestier- Loi N°98/03 du 08 janvier 1998, décret N°98/164 du 20 février 1998, DEFCCS, 42p.

**MOMMAERTS J. P. (2005) :** La diversité biologique : quelques réflexions sur sa signification et sa mesure. Note 1. Action Environnement Beauvechain, 6p.

## N

**NDIONE J. A. (2002) :** Bilan climatique de l'Observatoire ROSELT du Ferlo (Sénégal), Rapport de consultation, République du Sénégal PROGRAMME ROSELT, CSE, 39p.

**NIAMIR M. (1996) :** *Foresterie communautaire- L'éleveur et ses décisions dans la gestion des ressources naturelles des régions arides et semi-arides d'Afrique.* FAO, Rome, 143p.

**NIANE-BADIANE A., GANRY F., JACQUIN F. (1999) :** Les variations de la biomasse microbienne d'un sol cultivé : conséquences sur la réserve organique mobilisable (cas d'un d'un sol ferrugineux tropical au Sénégal. *Comptes- Rendus de l'Académie d'Agriculture de France* (328) : p45-50.

**NIZINSKI J., MORAND D., FOURNIER C. (1992) :** Le rôle du couvert ligneux sur le bilan hydrique d'une steppe (nord du Sénégal), *cah. Orstom, sér. Pédol., vol XXVII, n°2, 1992* : p225-236

## O

**OCDE (1994) :** Indicateurs d'environnement. Corps central de l'OCDE. Paris : 159 p.

**ODUM E. P. (1969) :** The strategy of ecosystem development. *Science*, 164 : 262-270.

**OVALLE C. & AVENDAÑO J. (1984) :** Utilizacion silvopastoral del espinal. II. Influencia del espinio (*Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn) sobre algunos elementos del medio. *Agricultura técnica.* Chile, 44, 4 : 353-362.

**OVALLE C. & AVENDAÑO J. (1988) :** Interactions de la strate ligneuse avec la strate herbacée dans les formations d'*Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn. au Chili. 2. Influence de l'arbre sur quelques éléments du milieu. *Acta Oecologica, Oecol. Plant.* 9, 2 : 113- 134.

## P

**PAPPEL (2000) :** Caractérisation des unités pastorales de Thieul et Thiargny (1995), Résumé des travaux, 12 p.

**PARTON W. J., SCHIMEL D. S., COLE C. V., OJIMA D. S. (1987) :** Analysis of factors controlling soil matter level in Great Plains grassland. Soil Science society

**PIERI, C. (1989) :** Fertilité des terres de savanes. Paris.

**PIOT J. (1983) :** « Etude et suivi de la couverture ligneuse en milieu Sylvopastoral » in *Méthodes d'inventaires et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens.* . Actes colloque de novembre 1983, p 223 -233.

**PIOT J., NEBOUT J. P., NANOT R., TOUTAIN B. (1980) :** Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Haute-Volta). GERDAT/CTFT-IEMVT, 216p.

**PNUE (1992) :** Atlas mondial de la désertification. Edward Arnold. Londres.

**POUPON H. (1973) :** Influence de l'année 1972-1973 sur la végétation d'une savane Sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. In. "La désertification au Sud du Sahara" - Colloque de Nouackchott, 17-19 Décembre 1973. Dakar, Nouvelles Editions Africaines, pp. 96-101.

**POUPON, H. (1976) :** Influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la végétation d'une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. In « La Désertification au Sud du Sahara ». Colloque de Nouakchott 17-19 décembre 1973, p. 96-101. *Dakar-Abidjan*, Nouvelles Ed. Africaines.

**POUPON H. (1980) :** *Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au Nord du Sénégal.* Travaux et Documents, ORSTOM, Paris, 351 p.

**POISSONNET J., TOURE I. A., GILLET H., CABARET M. (1985) :** *Méthodologie pour l'étude des pâturages sahéliens.* FAPIS/PNUD/UNSO/UNESCO/CILSS/INSAH /EISMV/ENCR, Edition Unival, 28 p.

**PPZS (2002) :** Proposition de programme scientifique, comité de groupement du Pôle Pastoral Zones Sèches, 3-4 mai 2001, ISRA, CIRAD, CSE, UCAD, 33p.

**PROGEDE (2002)** : Mise en place d'un système d'information écologique, Forestier et Pastoral - SIEF, rapport de fin de mission, Dakar. 63p.

**PROJET USAID/PNAT (1985)** : *Cartographie et télédétection des ressources naturelles de la république du Sénégal*

## R

**RADERSMA S. (1996)** : Influence des arbres agroforestiers sur le sol et la strate herbacée du Sud du Sahel (étude particulière du phosphore) Rapports N° 26, 104 pp., 5 annexes

**REPUBLIQUE DU SENEGAL, PROGRAMME ROSELT, CSE (2002)** : Synthèse des études diagnostiques des sites de l'Observatoire du Ferlo.

**REPUBLIQUE DU SENEGAL, MI, SERVICE DE FORMATION (1996)** : Décrets d'applications des textes de lois de la décentralisation. Appui au programme de décentralisation, Friedrich Ebert Stiftung, 153p.

**RIEDACKER A., DREYER E., PAFADNAM C., JOLY H., BORY. G. (1991)** : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'étude de l'arbre Observatoire du Sahara et du Sahel, 446 p.

**RIVIERE R. (1978)** : Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ministère de la Coopération. IEMVT, Maisons-Alfort, 525p.

**ROUX M.B. (1996)** : Diversité des espèces ligneuses et anthropisation des jachères, cas des deux terroirs villageois du Mali, *Mémoire, DEA*, ENSA Montpellier, 28 p.

## S

**SAE-LEE S., VITYAKON P., PRACHAIYO B. (1992)** : Effects of trees on paddy bund on soil fertility and rice growth in Northeast Thailand. in *Agroforestry Systems*, Springer Science + Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., Volume 18, Number 3, p.213 - 223

**SAGNE M. (2002)** : *Caractérisation des sols de l'Observatoire ROSELT du Ferlo (Sénégal), Rapport de consultation, République du Sénégal PROGRAMME ROSELT, CSE, 39p.*

**SALEY K., BATIONO B.A., BELLEFONTAINE R., ICHAOU A. (2003)** : Reboiser au moindre coût les zones semi-arides par marcottage naturel. XII<sup>ème</sup> Congrès Forestier Mondial (Montréal), sept. 2003, mémoire volontaire (envoyé le 15 nov. 2002), 8p.

**SANON H. O (1978)** : "Gestion et restauration de différents types de pâturages en zone Sahélienne." Programme production animale INERA: 4.

**SANON H. O., NIANOGO J. A., NANGLEM N. S., SANOU S. (2005)** : Amount of fallen fodder components from *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* and *Ziziphus mauritiana* available to ruminants in selected Sahelian pastures. *Livestock Research for Rural Development* 17 (12), Guidelines to authors, LRRD News, 10p.

**SAPORTA G. (1990)** : Probabilités, analyse des données statistiques. Technip. Ed., Paris 493 p. (403-428).

**SCHÜTZ J. P. (1997)** : Sylviculture : la gestion des forêts irrégulières et mélangées, Editions Lausanne [CHE] - Presses polytechniques et universitaires romandes, collections Gérer l'environnement num. 13, Vol. 2, 178 p.

**SCOONES Y. (1994)** : *Living with uncertainty*, New direction in pastoral development in Africa, intermediate technology Publications, Londres.

**SHAH R. (2000)** : Indicateurs environnementaux in *Statistiques pour la politique de l'environnement* (chapitre 5), Munich, Agence Européenne de l'environnement, p26-41.

**SHARMAN M. (1988)** : Inventaire et surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens. Annexe 4 Echantillonner la végétation sahélienne. GEMS SERIE SAHEL, PNUE/ FAO/SENEGAL, 196 p.

**STUART-HILL G.C. & TAINTON N.M. (1989)** : The competitive interaction between *Acacia Kairro* and the herbaceous layer and how this is influenced by defoliation. *Jour. Appl. Ecology*, 26 : 285-298.

**SOUMARE, A. (1996)** : Utilisation des éléments nutritifs par deux arbres du Sahel: *Acacia seyal* et *Sclerocarya birrea*. *Rapport If* 22. 119 pp.

**SY O. (2003)** : Dynamique des ressources en eau et évolution de la mobilité pastorale en zone sylvopastorale. *Thèse de 3ème cycle* en Sciences de l'environnement. 210p.

**SYLLA C. (1986)** : Comportement de divers ligneux en plantation dans la zone sahélienne : le cas de Mbidi. *Ecologie forestière, Mémoire de confirmation, CNRF-Dakar*, 80p.

## T

**THEBAUD B. (1994)** : Projet 'Exploitation agro-sylvo-pastorale des sols dans le Nord du Sénégal (GTZ) : Bilan et identification d'un nouveau projet. 50p

**THIAM I. (2001)** : Caractérisation des pratiques de gestion des ressources pastorales des éleveurs du Ferlo dans un contexte biologique et socio-économique évolutif. Etude de cas à Tatki, Thieul et Revane. Montpellier, EITARC: 115.

**THIOULOUSE J. (2002)** : Initiation à l'utilisation du logiciel ADE4, document de travail 72 p.

**TIAN G., BRUSSAARD L. & KANG B.T. (1995)** : An index for assessing the quality of plant residues and evaluating their effects on soil and crop in the (sub-) humid tropics. *Appl. Soil Ecol.*, 2: 25-32.

**TIELKES E., SCHELCHT E., HIERNAUX P. (2001)** : *Elevage et Gestion de Parcours au Sahel, Implications pour le Développement*. Comptes rendus d'un atelier régional ouest-africain, Niamey, Niger, 381 p.

**TONDEREAU E. (2001)** : " Indicateurs et pratiques de gestion des ressources naturelles vus par les éleveurs et par les scientifiques dans la zone du Ferlo au Sénégal". DESS Productions animales en régions chaudes, Université Montpellier II Sciences et techniques du Languedoc, place Eugène Bataillon, 34095 MONTPELLIER Cedex 5. Rapport de stage, 41 pages, plus annexes.

**TOURE O. (1997)** : *Espace pastoral et dynamiques foncières au Sénégal*. Programme zones arides, iied/PRASET/GTZ, 33 p.

**TOURE I. & GILLET H. (1987)** : Technique d'inventaire des ligneux et d'estimation de la biomasse ligneuse appréciée. Actes du séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants. 16-20 novembre 1987, gaoundéré, Cameroun. Etudes et synthèses IEMVT N° 30, Maisons-Alfort, pp: 8-9.

**TOURE I. (2010)** : cartographie, PPZS.

**TOUTAIN B., BORTOLI L., DULIEU D., FORGIARINI G., MENAUT J.C. & PIOT J. (1983)** : *Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes pâturés sahéliens de Haute-Volta. Synthèse des résultats du programme*. Maisons-Alfort, France, GERDAT-IEMVT, 124 p.

**TRECA B., TAMBA S., AKPO L. E. & GROUZIS M. (1996)** : Importance de l'avifaune sur les apports en azote et en phosphore dans une savane sahélienne du nord Sénégal. *Rev. Ecol., (Terre Vie)*, 51, 359-373, 1996.

**TREMBLAY S. & OUMET R. (2002)** : Relation entre la quantité de carbone organique dans les sols et la composition du couvert des peuplements du Québec méridional. *Notes de recherche forestière N°112*, Ressources naturelles Québec, 14p.

## U

**URI V., LOHMUS K. & TULLUS H. (2003)** : Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 184: 167-176.

## V

**VALENZA J. & DIALLO A.K. (1972)** : *Etude des pâturages du Nord Sénégal*. Carte au 1/200 000, *Etude agrostologique n° 34*, IEMVT/LNERV, 311 p.

**VALENZA J. (1979)** : Surveillance continue des pâturages sahéliens sénégalais. Résultats de 1974 à 1978, *agrostologie n° 1*, IEMVT/LNERV, 37 p.

**VALENZA J. (1981)** : Surveillance continue de pâturages naturels sahéliens sénégalais. Résultats de 1974 à 1978. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 34 (1) : 83-100.

**VALENZA J. (1984)** : Surveillance continue des pâturages sahétiens sénégalais. Résultats de 10 années d'observations, agrost n° 44, IEMVT/LNERV, 53 p.

**VANCE E. D. & CHAPIN III F. S. (2001)** : Substrate limitations to microbial activity in taïga forest floors. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 173188.

**VANPRAET C. L. VAN ITTERSUM G. (1983)** : « Considérations sur les analyses dimensionnelles de quelques espèces ligneuses de la zone sylvopastorale au Sénégal » in *Méthodes d'inventaires et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahétiens*. . p 243-249.

**VANPRAET C. L. (1983)** : Méthodes d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahétiens application au développement. Actes de colloque, ISRA, FAO, PNUE, 439 p.

**VETAAS O.R. (1992)** : Micro-sites effects of trees and shrubs in dry savannas. *Journal of Vegetation Science*, 3, 337-344. **VINCKE C. (1995)** : La dégradation des systèmes écologiques sahétiens : effets de la sécheresse et des facteurs anthropiques sur l'évolution de la végétation ligneuse du Ferlo. *Mémoire de fin d'études pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur agronome*, 82 p.

**VIRETON F. (2002)** : La vulnérabilité en milieu pastoral Sénégalais. DESS d'Economie Agricole Internationale, Sécurité Alimentaire et Développement Durable. Rapport de stage, Université Paris XI, PPZS, 87p.

## W

**WALKER B. H., LUDWIG D., HOLLING C. S., PETERMAN R. (1981)** : "Stability of semi-arid savanna grazing systems", *Journal of Ecology*, 69:473-498.

**WARREN A. & AGNEW C. (1988)** : *An Assessment of desertification and land degradation in arid and semi-arid areas* Drylands Program research paper, Londres : IIED.

**WEICKER M. (1993)** : *Nomades et Sédentaires au Sénégal*. Edition Enda tiers-monde Dakar, 161 p.

**WELTZIN J. F. & COUGHENOR M. B. (1990)**: Savanna tree influence on understory vegetation and soil nutrients in northwestern Kenya. *Journal of vegetation Science*, 1: 325-334

**WISPALAERE G. D. (1981)** : Etude et cartographie de l'évolution de la végétation par Télédétection. Lutte contre l'aridité en milieu tropical. IEMVT. Dakar, LNERV, IEMVT, GERDAT, CTFT, ORSTOM; 2ème campagne: 51 p.

**WISPELAERE G. D. & NOEL J. (1985)** : Utilisation des données satellitaires dans une démarche de suivi de la dynamique de la végétation pastorale sahélienne dans le Nord du Sénégal. Rapport scientifique, 41 p.

**WISPELAERE, G. D. (1990)** : Dynamique de la désertification au sahel du Burkina-Faso.

**WRI (2002)** : *Drylands People and Ecosystems Goods and Services: A Web-Based Geospatial Analysis*. <http://biodiv.wri.org/pubs description.cfm?PubID=3813>.

## Z

**ZECH W., SENESI N., GUGGENBERGER G., KEISER K., LEHMAN J., MIANO T. M., MILTNER A. & SCHROTH G. (1997)** : Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, 79: 117-161.

### Bibliographie électronique :

<http://www.christian-faure.net/2008/11/18/distinguer-les-usages-des-pratiques/>

<http://www.fao.org/docrep/004/w3120F/w3120f11.htm>

<http://www.fao.org/docrep/004/x2333F/x2333f12.htm>

<http://www.mpl.ird.fr/resrurcon/ResRurEcon/Themes/glossaire.html>

<http://www.mpl.ird.fr/resrurcon/ResRurEcon/Themes/glossaire.html>

[http://fr.encyarta.msn.com/encyclopedia\\_761593062/%C3%A9cosyst%C3%A8me.html](http://fr.encyarta.msn.com/encyclopedia_761593062/%C3%A9cosyst%C3%A8me.html)

[http://biodiv.wri.org/pubs\\_description.cfm?PubID=3813](http://biodiv.wri.org/pubs_description.cfm?PubID=3813).

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Extinction\\_des\\_esp%C3%A8ces](http://fr.wikipedia.org/wiki/Extinction_des_esp%C3%A8ces)

## ANNEXES

Annexe 1 : Groupements végétaux décrits par Valenza & Diallo (1972)

| Unité de végétation & (%Surface occupée)   | Types de sols                   | ESPECES DOMINANTES   |  |
|--|---------------------------------|--|--|
|  |                                 | LIGNEUSES  | HERBACEES  |
| G1 : groupement à <i>Pterocarpus lucens</i> , parcours à <i>Loudezia togoensis</i> , sangaré (28.0)  | Squelettiques                   | <i>Pterocarpus lucens</i><br><i>Combretum nigricans</i><br><i>Pterocarpus erinaceus</i>                        | <i>Loudezia togoensis</i><br><i>Zornia glochidiata</i><br><i>Diheteropogon hagerupii</i>                             |
| G2 : groupement à <i>Pterocarpus lucens</i> , parcours à <i>Schoenefeldia gracilis</i> , niargo (8.5)  |                                 | <i>Combretum glutinosum</i><br><i>Commiphora africana</i><br><i>Grewia bicolor</i>                             | <i>Schoenefeldia gracilis</i><br><i>Eragrostis tremula</i><br><i>Zornia glochidiata</i>                              |
| Pa1 : groupement à <i>Balanites aegyptiaca</i> et <i>Schoenefeldia gracilis</i> , parcours <i>Boscia senegalensis</i> et <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (4.3)              | Sablo-argileux à argilo-sableux | <i>Balanites aegyptiaca</i><br><i>Boscia senegalensis</i><br><i>Commiphora africana</i>                        | <i>Aristida mutabilis</i><br><i>Schoenefeldia gracilis</i><br><i>Chloris prieurii</i>                                |
| Pa3 : groupement à <i>Balanites aegyptiaca</i> et <i>Schoenefeldia gracilis</i> , parcours à <i>Combretum glutinosum</i> (1.6)   |                                 | <i>Balanites aegyptiaca</i><br><i>Combretum glutinosum</i><br><i>Acacia senegal</i>                            | <i>Aristida mutabilis</i><br><i>Eragrostis tremula</i><br><i>Dactyloctenium aegyptium</i>                            |
| D1a : groupement à <i>Combretum glutinosum</i> et <i>Tephrosia purpurea</i> à <i>Guiera senegalensis</i> et <i>Aristida stipoides</i> (5.0)                                | Sableux                         | <i>Combretum glutinosum</i><br><i>Guiera senegalensis</i><br><i>Balanites aegyptiaca</i>                       | <i>Cenchrus biflorus</i><br><i>Aristida mutabilis</i><br><i>Aristida stipoides</i>                                   |
| Ps4 : groupement sur pénéplaine haute à <i>Sclerocarya birrea</i> et <i>Balanites aegyptiaca</i> , parcours à <i>Aristida stipoides</i> et <i>Tephrosia purpurea</i> (6.6) | Sableux à sablo-argileux        | <i>Sclerocarya birrea</i><br><i>Combretum glutinosum</i><br><i>Guiera senegalensis</i>                         | <i>Aristida mutabilis</i><br><i>Eragrostis tremula</i><br><i>Zornia diphylla</i>                                     |
| PS5 : Sur pénéplaine basse à <i>Balanites aegyptiaca</i> et <i>Schoenefeldia gracilis</i> , parcours à <i>Acacia seyal</i> et <i>Aristida mutabilis</i> (1.3)              |                                 | <i>Balanites aegyptiaca</i><br><i>Boscia senegalensis</i><br><i>Combretum glutinosum</i>                       | <i>Schoenefeldia gracilis</i> ,<br><i>Aristida adsencionis</i> ,<br><i>Dactyloctenium aegyptium</i>                  |
| BC1 : Zones très cultivées (4.9)   | sableux à sablo-argileux        | <i>Acacia albida</i> et <i>Adansonia digitata</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i> , <i>Guiera senegalensis</i> . | <i>Pennisetum pedicellatum</i> ,<br><i>Cenchrus biflorus</i> , <i>Aristida mutabilis</i> , <i>Eragrostis tremula</i> |
| A1a : groupement sur pénéplaine basse à <i>Balanites aegyptiaca</i> et <i>Aristida mutabilis</i> à <i>Boscia senegalensis</i> et <i>Schoenefeldia gracilis</i> (1.8)       | Argilo- sableux à argileux      | <i>Balanites aegyptiaca</i><br><i>Boscia senegalensis</i><br><i>Commiphora africana</i>                        | <i>Aristida funiculata</i><br><i>Schoenefeldia gracilis</i><br><i>Chloris prieurii</i>                               |

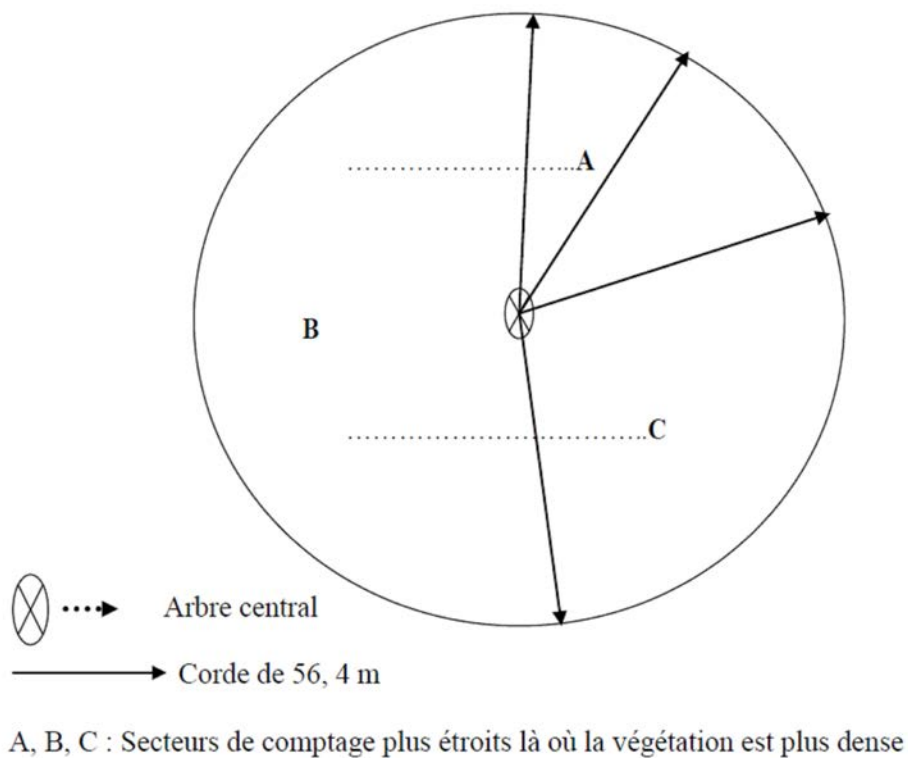
Annexe 2 : Surfaces attribuées (en ha) à Thieul par type d'activités

| Surfaces totales minimales octroyées (ha)     | (ha)            | %           |
|---|-----------------|-------------|
| <b>Total</b>                                  | <b>83721.34</b> | <b>100</b>  |
| Agriculture                                   | 69916           | 83.5        |
| Pâturages                                     | 13800           | 16.5        |
| Autres (Habitations, Marchés, Dispensaires..) | 5.3             | 0.01        |
| <b>Total : Agriculture</b>                    | <b>69916</b>    | <b>100%</b> |
| Marabouts                                     | 40812           | 58.4        |
| Pasteurs                                      | 2445            | 3.5         |
| Agriculteurs simples                          | 22459           | 32.1        |
| Commerçants                                   | 50              | 0.07        |
| Agropasteurs                                  | 1800            | 2.6         |
| Notables                                      | 2350            | 3.4         |
| <b>Total : Pâturages</b>                      | <b>13800</b>    | <b>100%</b> |
| Parcelles expérimentales Asré Bani            | 13000           | 94.2        |
| Agropasteurs                                  | 800             | 5.8         |

**Annexe 3 : Coordonnées géographiques des sites de relevés**

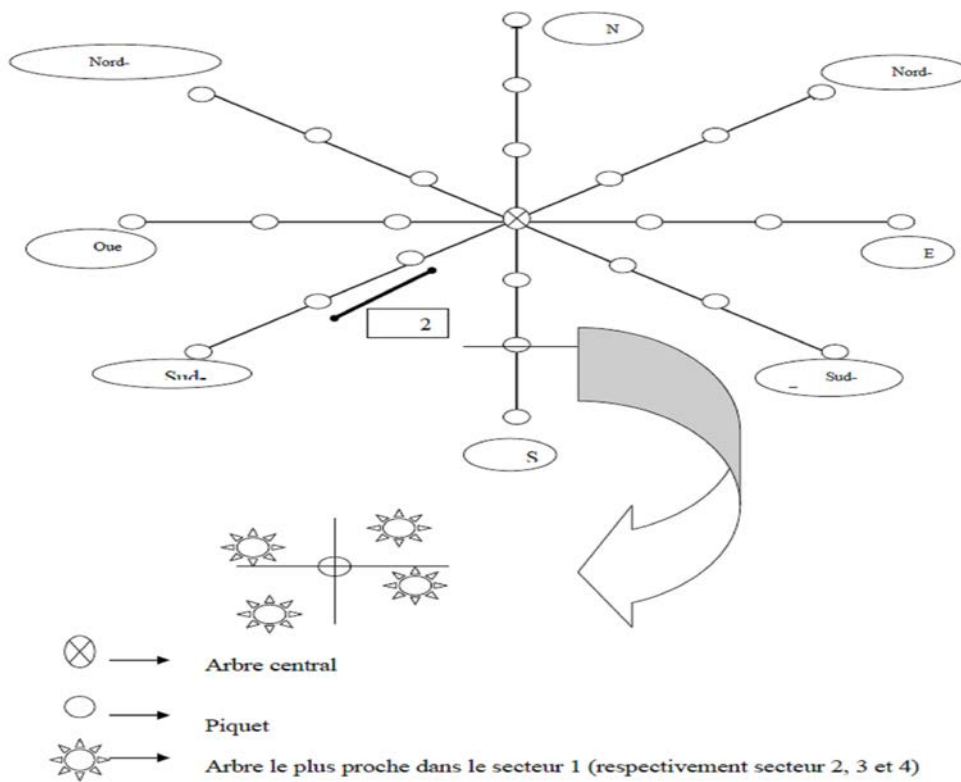
| Sites d'étude | Unités de végétation | Sites de relevés (stations) | Longitude (dms) | Latitude (dms) |          |          |
|---------------|----------------------|-----------------------------|-----------------|----------------|----------|----------|
| Tatki         | Pa1                  | Tat49                       | 15.22.00        | 16.18.00       |          |          |
|               |                      | Tat 11                      | 15.15.00        | 16.10.00       |          |          |
|               |                      | Tat 37                      | 15.15.00        | 16.14.00       |          |          |
|               |                      | Tat 41                      | 15.18.00        | 16.15.00       |          |          |
|               |                      | Tat 22                      | 15.18.00        | 16.12.00       |          |          |
|               |                      | Tat 50                      | 15.13.00        | 16.19.00       |          |          |
|               |                      | Pa3                         | Tat 33          | 15.11.00       | 16.14.00 |          |
|               |                      |                             | Tat 20          | 15.16.00       | 16.12.00 |          |
|               |                      |                             | Tat 27          | 15.15.00       | 16.13.00 |          |
|               |                      | Ps4                         | Tat 17          | 15.19.00       | 16.11.00 |          |
|               | Tat 8                |                             | 15.15.00        | 16.09.00       |          |          |
|               | PS5                  | Tat 6                       | 15.22.00        | 16.08.00       |          |          |
|               | A1a                  | Tat 14                      | 15.24.00        | 16.10.00       |          |          |
|               |                      | Tat 24                      | 15.11.00        | 16.13.00       |          |          |
|               |                      | Thieul                      | G1              | Dol3           | 15.09.00 | 14.43.00 |
|               | Dol10                |                             |                 | 15.09.00       | 14.47.00 |          |
|               | R13                  |                             |                 | 15.02.11       | 15.00.41 |          |
| R17           | 15.06.00             |                             |                 | 15.02.45       |          |          |
| R26           | 14.54.23             |                             |                 | 14.56.35       |          |          |
| R27           | 14.59.27             |                             |                 | 14.51.43       |          |          |
| DolA          | 15,09,01             |                             |                 | 14,46,59       |          |          |
| Dol 5         | 15.16.00             |                             |                 | 14.44.00       |          |          |
| Revane        | G2                   |                             |                 | Reva12         | 14.23.00 | 15.40.00 |
|               |                      |                             |                 | G1             | Reva 11  | 14.23.00 |
|               |                      | D1a                         | Reva 9          | 14.23.00       | 15.37.00 |          |
|               |                      | Reva 7                      | 14.19.00        | 15.37.00       |          |          |

**Annexe 4 : Schéma de la méthode de l'hectare circulaire**

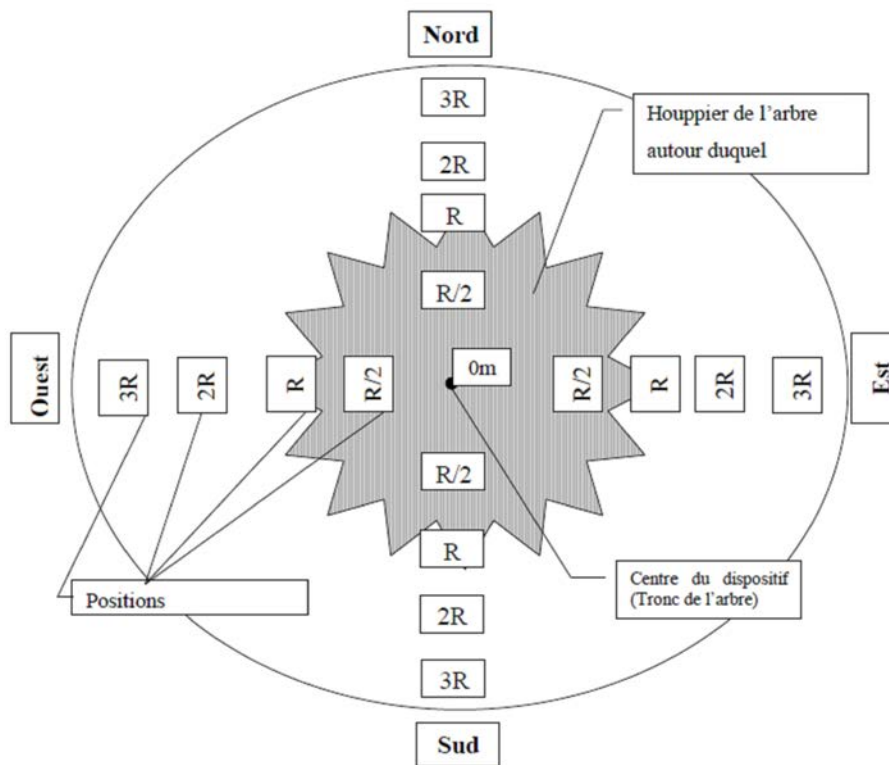




Annexe 5 : Schéma de la méthode des quadrants centrés sur un point



Annexe 6 : Schéma de l'échantillonnage des mesures de sols



## Annexe 7 : Nombre et lieux de prélèvements des échantillons de sols

| Paramètres étudiés                         | Espèces                     | Distances | Directions                  | Profondeurs | Nombre d'arbre/Espèce | Nombre de sites | Total des échantillons |
|--|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-----------------------|-----------------|------------------------|
| Activités microbiennes - Test de Fertilité | <i>Acacia raddiana</i>      | 5         | 1(mélange des 4 directions) | 1 (0-10cm)  | 3                     | 2               | 30                     |
|  | <i>Acacia senegal</i>       | 5         | 1(mélange des 4 directions) | 1 (0-10cm)  | 3                     | 3               | 45                     |
|  | <i>Balanites aegyptiaca</i> | 5         | 1(mélange des 4 directions) | 1 (0-10cm)  | 3                     | 3               | 45                     |
| Total                                      |                             |           |                             |             |                       |                 | 120                    |
| Densité, diversité de nodules              | <i>Acacia raddiana</i>      | 1         | 4 (séparés)                 | 1 (0-75cm)  | 3                     | 2               | 24                     |
|  | <i>Acacia senegal</i>       | 1         | 4 (séparés)                 | 1 (0-75cm)  | 3                     | 3               | 36                     |
| Total                                      |                             |           |                             |             |                       |                 | 60                     |
| Dénombrement et diversité des rhizobiums   | <i>Acacia raddiana</i>      | 1         | 1(mélange des 4 directions) | 1 (0-75cm)  | 3                     | 2               | 6                      |
|  | <i>Acacia senegal</i>       | 1         | 1(mélange des 4 directions) | 1 (0-75cm)  | 3                     | 3               | 9                      |
|  | <i>Balanites aegyptiaca</i> | 1         | 1(mélange des 4 directions) | 1 (0-75cm)  | 3                     | 3               | 9                      |
| Total                                      |                             |           |                             |             |                       |                 | 24                     |

## Annexe 8 : ACP préliminaire pour l'échantillonnage des mesures de sols

### Introduction :

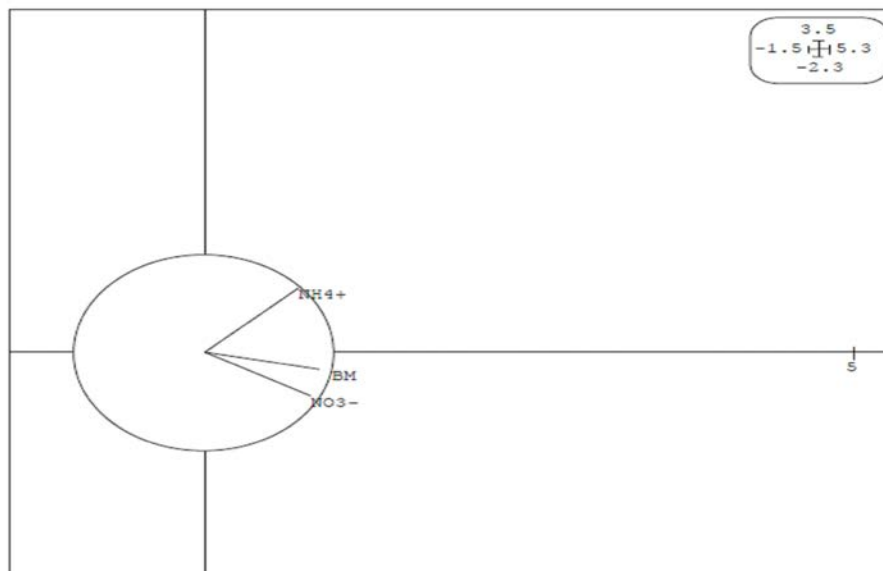
Nous avons analysé la biomasse microbienne et la minéralisation potentielle en azote ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) sur 120 échantillons récoltés dans la zone agrosylvopastorale (cf. protocole). Pour l'interprétation de nos résultats, nous avons besoin de données complémentaires sur les propriétés chimiques de nos sols, plus particulièrement le rapport C/N et la texture qui sont des facteurs principaux de variation de la qualité biologique des sols (Chaussod R, 1996).

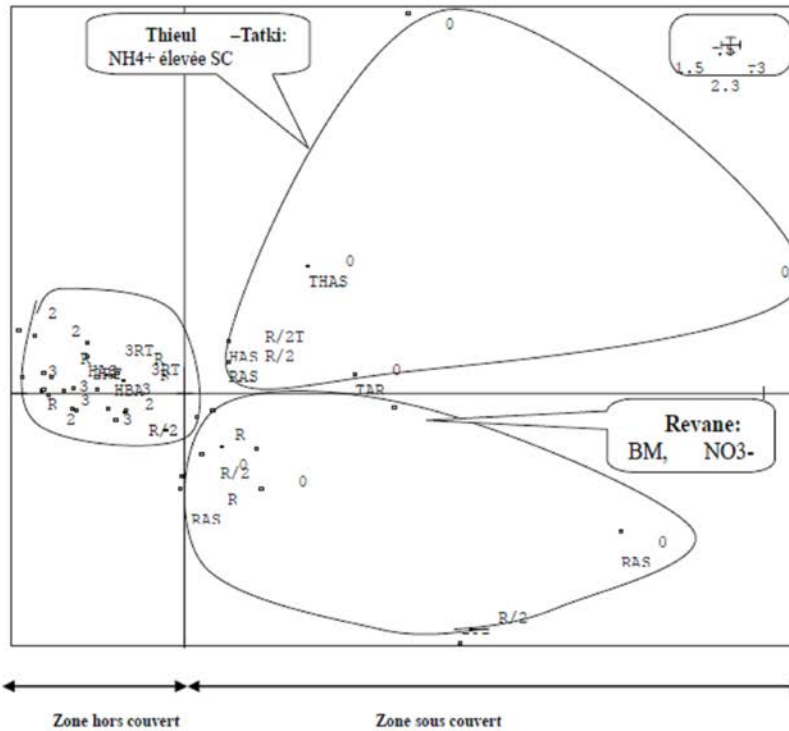
Concernant ces paramètres C/N et texture, nous devons faire une ACP pour déterminer un éventuel effet site, espèce ou distance et choisir en fonction de cela s'il est nécessaire de faire l'analyse sur l'ensemble des échantillon (120)

### Résultats de L'ACP :

#### Analyse des Composantes principales, Sols/paramètres étudiés : Plan factoriel (1-2), inertie (87,99%)

Le tableau soumis à une ACP est constitué de 40 lignes représentant les moyennes de trois individus échantillonnés par espèce et par site, et de 3 colonnes correspondant aux paramètres analysés (BM,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$ ).





**NB :**

- Les deux premières lettre et chiffre indiquent le niveau de prélèvement (R/2 , 2R , 3R), (un chiffre ou une lettre pour les niveaux 0m, R),
- La lettre suivante (deux pour Thieul (TH)) indique le site : R (Revane), T (Tatki),
- Les deux dernières lettres l'espèce (AS : *Acacia senegal* ; AR : *Acacia tortilis raddiana* ; BA : *Balanites aegyptiaca*).

Le plan factoriel principal exprime environ 88% de l'information. Il y a une corrélation positive entre les variables (BM, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) sur l'axe F1 (66,6%). L'axe F1 du diagramme des sols oppose les échantillons prélevés sous couvert (0m, R/2) à ceux du hors couvert (2R, 3R). Ces échantillons correspondent respectivement aux sols de fortes et de faibles valeurs de BM, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Tous les paramètres étudiés varient donc de la même manière en fonction de la distance au tronc de l'arbre. En dehors des échantillons situés à 0m sous *Balanites aegyptiaca* (à Thieul et Revane), tous les autres appartenant au groupe sous couvert ont été prélevés sous les légumineuses.

• L'axe F1 représente donc un gradient de distance qui sépare les échantillons sous couvert (notamment des légumineuses) caractérisés par des valeurs élevées de BM, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, des échantillons hors couvert avec de faibles valeurs pour les mêmes paramètres.

Sur l'axe F2 (21,4%), BM et NO<sub>3</sub><sup>-</sup> d'une part et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> d'autre part sont négativement corrélés. Les échantillons discriminés sur l'axe F2 du diagramme de sols ont été tous prélevés sous couvert et essentiellement sous des légumineuses. Cet axe sépare ainsi les sols sous légumineuses de Revane et ceux de Tatki et Thieul. Les sols de Revane sont caractérisés par des valeurs élevées de BM et de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tandis que ceux de Tatki et Thieul se distinguent par de fortes teneurs en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

• L'axe F2 représente donc un gradient de site qui sépare sous-couvert des légumineuses Revane avec ses fortes teneurs en BM et de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, de Tatki et Thieul caractérisés par des valeurs élevées de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Puisque les deux gradients caractérisés séparent essentiellement les sols sous-couverts des deux légumineuses, du restant des échantillons des trois espèces et que l'ACP permet d'écarter les variables redondantes, nous avons limité notre analyse aux échantillons de sol prélevés sous la légumineuse la plus représentée dans les trois sites d'études et sous l'espèce témoin *Balanites aegyptiaca*.

## Annexe 9 : Questionnaire

### I. CARACTERISATION SOCIALE

- 1- N° du campement : .....
- 2- Nom du répondant : .....
- 3- Age :
- 4- Ethnie :
- 5- Activité principale :
- Agriculteur /  Eleveur (S/T/TO) /  Agropasteurs /  Autres
- 6- Activité secondaire :
- Agriculteur /  Eleveur (S/T/TO) /  Agropasteurs /  Autres
- 7- Décrivez-nous les différents types de parcours que vous avez ?
- 8- Depuis quand êtes vous installé dans le terroir ? .....

### II. DYNAMIQUE ET FACTEURS D'EVOLUTION DU COUVERT LIGNEUX

#### II.1 STRUCTURE ET EVOLUTION

- 10- Comparés au passé, les ligneux sont-ils plus abondants dans le terroir ?  Oui /  Non

- 14- Citez les trois principales espèces (en terme d'abondance) ligneuses trouvées dans le terroir ?

|    |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |

- 15- Citer trois espèces principales qu'on trouve fréquemment à l'état de jeunes individus au sein du peuplement ligneux.

|    |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |

- 16- Ceux-ci arrivent-ils généralement au terme de leur développement (adulte, sénescence) ?  Oui /  Non  Sinon, pourquoi ?

- 17- Citer trois espèces qui sont présentes uniquement à l'état de vieux individus au sein du peuplement.

|    |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |

- 18- Quelles sont les espèces ligneuses qui ont disparu ? Sur quel lieu de fréquentation ont elles disparu le plus ?

| Espèces disparues | Lieux de fréquentation |
|-------------------|------------------------|
| 1.                |                        |
| 2.                |                        |
| 3.                |                        |

- 19- Quelles sont les espèces ligneuses qui sont apparues ? Sur quel lieu de fréquentation sont elles apparues le plus ?

| Espèces apparues | Lieux de fréquentation |
|------------------|------------------------|
| 1.               |                        |
| 2.               |                        |
| 3.               |                        |

- 20- Quelles sont les espèces ligneuses qui se sont maintenues ? Sur quel lieu de fréquentation se sont elles le plus maintenues ?

| Espèces maintenues | Lieux de fréquentation |
|--------------------|------------------------|
| 1.                 |                        |
| 2.                 |                        |
| 3.                 |                        |

- 21- Quelles sont les espèces menacées de disparition ?

|    |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |

- 22- Globalement, comment peut-on qualifier l'état du couvert ligneux en tenant compte de sa couverture et de sa composition floristique ?

- Dégradé (évolution régressive)  Amélioré (évolution progressive)  Stabilisé  
 23- Où avez-vous perçu le plus de dégradation ( ou amélioration, stabilisation) ?  
 Mares /  Parcours/ Champs et Jachères/  Campement et Forages

## II.2 FACTEURS D'EVOLUTION DU COUVERT LIGNEUX

24- Quels sont selon vous les acteurs ou les facteurs principaux de cette évolution (Dégradation/ Amélioration/ ou Stabilisation ?

- Climat /  Eleveurs /  Agriculteurs /  Transhumants /  Autres (à préciser)

25- Selon vous à quand remonte la dernière grande sécheresse ? 19...../200.....

26- Comment s'est-elle manifestée sur le couvert ligneux ?

27- Quelles sont les espèces coupées pour nourrir votre bétail ?

| Espèces d'avant | Espèces actuelles |
|-----------------|-------------------|
| 1.              | 1.                |
| 2.              | 2.                |
| 3.              | 3.                |

28- Citer les principales espèces fourragères appréciées.

| Espèces d'avant | Espèces actuelles |
|-----------------|-------------------|
| 1.              | 1.                |
| 2.              | 2.                |
| 3.              | 3.                |

29- Quel lien y a t-il entre l'élevage et l'évolution de ce potentiel fourrager ligneux ?

30- Quel lien y a t-il entre la transhumance et l'état du couvert ligneux de vos pâturages ?

31- Quel lien y a t-il entre l'agriculture et l'évolution du couvert ligneux de vos pâturages ?

32- Quelles sont les espèces défrichées (supprimez) dans vos champs ?

| Espèces d'avant | Espèces actuelles |
|-----------------|-------------------|
| 1.              | 1.                |
| 2.              | 2.                |
| 3.              | 3.                |

33- Quelles sont les espèces conservées dans vos champs ?

| Espèces d'avant | Espèces actuelles |
|-----------------|-------------------|
| 1.              | 1.                |
| 2.              | 2.                |
| 3.              | 3.                |

34- Pratiquez-vous la jachère ?  Oui /  Non Pour combien de temps ? .....ans ?

35- Quelles sont les espèces qui colonisent spécifiquement ces jachères ?

|    |    |    |
|----|----|----|
| 1. | 2. | 3. |
|----|----|----|

36- Citer les trois principales espèces dont les produits (fruits, feuilles, écorce, racine...) sont commercialisés et celles qui l'étaient ?

| Espèces d'avant | Espèces actuelles |
|-----------------|-------------------|
| 1.              | 1.                |
| 2.              | 2.                |
| 3.              | 3.                |

37- Cette exploitation a-t-elle un impact sur le couvert ligneux ?

- Oui ( positif/  négatif) /  Non Pourquoi ?

38- Les charbonniers étaient-ils présents dans votre terroir ?  Oui/  Non

39- Y en a-t-il maintenant ?  Oui /  Non

40- Sont-ils plus nombreux ou pas ?  Oui /  Non

41- Quels sont les espèces prisées actuellement pour le charbon ?

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

42- Quelles sont celles qui étaient utilisées auparavant ?

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

43- Quel est l'effet de l'exploitation du charbon sur ce couvert ligneux ?  positif/  négatif

44- Les feux ont-ils eu un impact sur l'évolution du couvert ligneux ?  Oui/ Non Comment ?

### II.3 IMPACT DE L'EVOLUTION DU COUVERT LIGNEUX :

45- Avec quel type de bois vous approvisionnez-vous le plus souvent ?  Bois sec/  Bois humides ?

46- Citer les principales espèces utilisées pour le bois de feu et les conséquences de l'évolution sur l'utilisation.

| Espèces d'avant | Espèces actuelles | Conséquences |
|-----------------|-------------------|--------------|
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |

47- Citer les principales espèces utilisées pour le bois de service et les conséquences de l'évolution sur l'utilisation.

| Espèces d'avant | Espèces actuelles | Conséquences |
|-----------------|-------------------|--------------|
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |

48- Citer les principales espèces utilisées dans la pharmacopée et les conséquences de l'évolution sur l'utilisation.

| Espèces d'avant | Espèces actuelles | Conséquences |
|-----------------|-------------------|--------------|
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |

49- Citer les principales espèces utilisées pour la consommation et les conséquences de l'évolution sur l'utilisation.

| Espèces d'avant | Espèces actuelles | Conséquences |
|-----------------|-------------------|--------------|
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |
|                 |                   |              |

50- Quelles sont les conséquences de l'évolution des espèces fourragères sur leur utilisation ?

51- Selon vous quel est l'effet de cette évolution sur le sol ?

52- Quel est l'effet de cette évolution sur le rendement des cultures ?

53- Quel est l'effet de cette évolution sur la strate herbacée ?

54- Quel est l'effet de cette évolution sur l'état des mares (durée de vie, qualité...)?

55- Quel est l'effet de cette évolution sur les pâturages (brousse, jachères) ?

56- Quelles sont les conséquences de cette évolution sur le mode conduite des troupeaux (habitat, conduite au pâturage...)?

57- Quelles sont les conséquences de cette évolution sur la productivité du troupeau (qualité et quantité de lait ou de viande produite) ?

### III. GESTION DES RESSOURCES LIGNEUSES DANS LE TERROIR

58- Avez-vous accès comme tous les autres acteurs aux ressources ligneuses dans le terroir ?

Oui /  Non

59- Êtes-vous soumis à des règles d'accès à ces ressources ?  Oui /  Non

60- Si oui, lesquelles ?

61- Êtes-vous impliqués dans l'élaboration de ces règles ?  Oui /  Non

Si oui, Comment ?

62- Êtes-vous impliqués dans la gestion des ressources ligneuses telle que définie dans ces règles ?

Oui /  Non

Si oui, Comment ?

63- Est-ce que vous percevez ces règles comme des contraintes ?

Oui /  Non Pourquoi ?

65- Quels sont les endroits spécifiques où on vous autorise à exercer votre activité ?

66- Avez-vous des règles d'accès aux ressources ligneuses différentes de celles citées précédemment ?

Oui/  Non

67- En quoi était-il différent ?

68- Entre l'ancienne et la nouvelle forme de gestion quelle est selon vous la meilleure ?

Ancienne  Nouvelle Pourquoi ?

69- Voulez-vous que cette gestion vous soit confiée ?  Oui /  Non

70- Peut-on combiner voyez-vous une combinaison des deux formes de gestion ?

Oui/  Non Pourquoi ?

71- Est-ce qu'il y a des associations pour la gestion des ressources ligneuses ?  Oui /  Non

72- Sous quelle tutelle sont-elles ?  Etat  Organisme  Population

73- Sous l'autorité de quel pouvoir abattez-vous des arbres ?  CR  AEF  CV  Autres

74- Qui peut cueillir un arbre ?

75- Qui peut émonder un arbre ?

76- Etes-vous pour les mises en défens ?  Oui/  Non Pourquoi ?

77- Avez-vous participé à des Projets de reboisement ?  Oui /  Non Pourquoi ?

78- A quel titre ?  Personnelle  Privée (ONG, associations villageoises, Etat...)

79- Si oui, Avez vous entretenu les arbres plantés ?  Oui /  Non

80- Selon vous, quel est l'impact de ces actions de reboisement ?

81- Les espèces plantées vous conviennent-elles ?  Oui /  Non Pourquoi ?

82- Citer les espèces que vous aimerez planter dans votre terroir. Pourquoi ?

|    |    |    |
|----|----|----|
| 1. | 2. | 3. |
|    |    |    |

83- Y a t'il de vergers dans votre terroir ?  Oui/  Non

Si non, Pourquoi ?

84- Y a t'il des exploitations de bois dans votre terroir ?  Oui/  Non

Si non, Pourquoi ?

85- Souhaitez-vous qu'on augmente (implante) des vergers avec l'introduction d'espèces fruitières ?

Oui /  Non

84- Entrenez-vous des actions pour lutter contre les feux de brousse ?  Oui /  Non

85- Pouvez-vous nous proposer (dessin) un plan d'aménagement de votre terroir incluant une bonne gestion des ressources ligneuses.

S: Sédentaire

T: Transhumant

TO : Transhumant occasionnel

CR : Communauté rurale

ATEF : Agent eaux et forêts

CV : Chef de village

E : Etat

P : Privé

- Passé ou avant ) période d'installation

- Présent ou actuel) période d'enquête

Annexe 10 : Liste par famille des espèces rencontrées ou citées entre 1970 et 2000

| Famille         | Genre                | Espèces   | Codes (abréviations) |
|-----------------|----------------------|---|----------------------|
| Anacardiaceae   | <i>Heeria</i>        | <i>insignis</i> (Del.) O. Kze.  | HEE. INS.            |
| Anacardiaceae   | <i>Lansea</i>        | <i>acida</i> A. Rich.   | LAN. ACI.            |
| Anacardiaceae   | <i>Lansea</i>        | <i>humilis</i> (Oliv.) Engl.  | LAN.HUM.             |
| Anacardiaceae   | <i>Sclerocarya</i>   | <i>birrea</i> (A. Rich.), Hochst.   | SCL.BIR.             |
| Annonaceae      | <i>Hexalobus</i>     | <i>monopetalus</i> (A. Rich) Engl. et Diels                                       | HEX. MON.            |
| Apocynaceae     | <i>Adenium</i>       | <i>obesum</i> (Forsk.) Roem. et Schult.   | AD. OBE.             |
| Asclepiadaceae  | <i>Calotropis</i>    | <i>procera</i> (Ait.) F.  | CAL. PRO.            |
| Asclepiadaceae  | <i>Caralluma</i>     | <i>retrospiciens</i> (Ehrenb.) subsp. <i>Tombuctuensis</i> (A. chev) A. chevalier | CARR.RET.            |
| Asclepiadaceae  | <i>Leptadenia</i>    | <i>pyrotechnica</i> (Forsk.) Decne  | LEPT. PYR.           |
| Balanitaceae    | <i>Balanites</i>     | <i>aegyptiaca</i> (L.) Del.   | BALA.AEG.            |
| Bignoniaceae    | <i>Stereospermum</i> | <i>kuenthianum</i> Cham.  | STER KUNT.           |
| Bombacaceae     | <i>Adansonia</i>     | <i>digitata</i> L.  | ADA. DIG.            |
| Bombacaceae     | <i>Bombax</i>        | <i>costatum</i> Pellgr. et Vuillet  | BOM. COST.           |
| Burseraceae     | <i>Commiphora</i>    | <i>africana</i> (A. Rich.) Engl.  | COM. AFR.            |
| Caesalpiniaceae | <i>Bauhinia</i>      | <i>rufescens</i> Lam.   | BAU. RUF.            |
| Caesalpiniaceae | <i>Cassia</i>        | <i>italica</i> (Mill.) Lam. ex F. W. Andr.  | CAS. ITA.            |
| Caesalpiniaceae | <i>Cordyla</i>       | <i>pinnata</i> (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redhead                                  | CORD. PIN.           |
| Caesalpiniaceae | <i>Parkinsonia</i>   | <i>aculeata</i> L.  | PARK.AC.             |
| Caesalpiniaceae | <i>Piliostigma</i>   | <i>reticulatum</i> (DC.) Hochst.  | PIL. RET.            |
| Caesalpiniaceae | <i>Tamarindus</i>    | <i>indica</i> L.  | TAM. IND.            |
| Capparaceae     | <i>Boscia</i>        | <i>angustifolia</i> A. Rich.  | BOS. ANG.            |
| Capparaceae     | <i>Boscia</i>        | <i>senegalensis</i> (Pers.) Lam.  | BOS.SEN.             |
| Capparaceae     | <i>Cadaba</i>        | <i>farinosa</i> Forsk.  | CAD.FAR.             |
| Capparaceae     | <i>Capparis</i>      | <i>decidua</i> (Forsk.) Edgew.  | CAP. DEC.            |
| Capparaceae     | <i>Capparis</i>      | <i>sepiaria</i> L.  | CAP. SE.             |
| Capparaceae     | <i>Maerna</i>        | <i>angolensis</i> DC.   | MAE. ANG.            |
| Capparaceae     | <i>Maerna</i>        | <i>oblongifolia</i> (Forsk.), A. Rich.  | MAE. OBL.            |
| Combretaceae    | <i>Anogeissus</i>    | <i>leiocarpus</i> (DC.) Guill. et Perr.   | ANO. LEIO.           |
| Combretaceae    | <i>Combretum</i>     | <i>aculeatum</i> Vent.  | COMB. ACU.           |
| Combretaceae    | <i>Combretum</i>     | <i>glutinosum</i> Perr. ex DC.  | COMB. GLUT.          |
| Combretaceae    | <i>Combretum</i>     | <i>micranthum</i> G. Don.   | COMB. MIC.           |
| Combretaceae    | <i>Combretum</i>     | <i>nigricans</i> Lepr. ex G. et P.  | COMB. NIG.           |
| Combretaceae    | <i>Guiera</i>        | <i>senegalensis</i> J.F. Gmel.  | GUI. SEN.            |
| Combretaceae    | <i>Terminalia</i>    | <i>avicennioides</i> Guill. et Perr.  | TERM. AVI.           |
| Ebenaceae       | <i>Diospyros</i>     | <i>mespiliformis</i> Hochst. ex A. Rich.  | DIOS.MES.            |
| Fabaceae        | <i>Dalbergia</i>     | <i>melanoxylon</i> Guill. et Perr.  | DAL.MEL.             |
| Fabaceae        | <i>Pterocarpus</i>   | <i>erinaceus</i> Poir.  | PTE. ERI.            |
| Fabaceae        | <i>Pterocarpus</i>   | <i>lucens</i> Guill. et Perr.   | PTE. LUC.            |
| Fabaceae        | <i>Pterocarpus</i>   | <i>lucens</i> Lepr.   | PTE. LUC.            |
| Loganiaceae     | <i>Strychnos</i>     | <i>spinosa</i> Lam.   | STRY.SPI.            |
| Malvaceae       | <i>Gossypium</i>     | <i>anomalum</i> Wawra ex Wawra & Peyr.  | GOS. ANO.            |
| Meliaceae       | <i>Azadirachta</i>   | <i>indica</i> A. Juss.  | AZA IND.             |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>ataxacantha</i> DC.  | ACA. ATA.            |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>ehrenbergiana</i> Reichenb. ex Benth.  | ACA. EHR.            |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>macrostachya</i> Reich.  | ACA. MAC.            |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>nilotica adstringens</i> (Oliv.) Roberty PP.                                   | ACA. NILAD.          |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>nilotica nilotica</i> (L.) Willd. Ex Del                                       | ACA.NILO.            |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>senegal</i> (L.) Willd.  | ACA. SEN.            |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>seyal</i> Del.   | ACA. SEY.            |
| Mimosaceae      | <i>Acacia</i>        | <i>tortilis</i> (Forsk.) Hayne subsp. <i>raddiana</i> (Savi)                      | ACA. TOR. RAD.       |



|               |                      |   |                   |
|---------------|----------------------|---|-------------------|
|               |                      | <i>Brenan</i>                             |                   |
| Mimosaceae    | <i>Dichrostachys</i> | <i>cinerea</i> (L.) Wight et Arn.         | DICH. GLO.        |
| Mimosaceae    | <i>Entada</i>        | <i>africana</i> Guill. et Perr.           | ENT.AFR.          |
| Mimosaceae    | <i>Faidherbia</i>    | <i>albida</i> (Del.) Cher.                | ACA. ALB.         |
| Mimosaceae    | <i>Parkia</i>        | <i>biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. Ex G. Don | PAR. BIG.         |
| Mimosaceae    | <i>Prosopis</i>      | <i>juliflora</i> (Sw.) DC.                | PRO.JUL.          |
| Moringaceae   | <i>Moringa</i>       | <i>oleifera</i> Lam.                      | MOR. OLE.         |
| Myrtaceae     | <i>Eucalyptus</i>    | <i>camaldulensis</i> Dehnb                | EUC.CAM.          |
| Olacaceae     | <i>Ximenia</i>       | <i>americana</i> L.                       | XIM. AME.         |
| Polygalaceae  | <i>Securidaca</i>    | <i>longepedunculata</i> Fres.             | SECD.LON.         |
| Rhamnaceae    | <i>Ziziphus</i>      | <i>mauritiana</i> Lam.                    | ZIZ. MAU.         |
| Rhamnaceae    | <b>Ziziphus</b>      | <b>mucronata Wild.</b>                    | ZIZ. MUC.         |
| Rubiaceae     | <i>Feretia</i>       | <i>apondanthera</i> Del.                  | FER.APO.          |
| Rubiaceae     | <i>Gardenia</i>      | <i>ternifolia</i> Schumach. et Thonn.     | GAR. TER.JOV-TON. |
| Salvadoraceae | <i>Salvadora</i>     | <i>persica</i> L.                         | SAL. PER.         |
| Sapotaceae    | <i>Vitellaria</i>    | <i>paradoxa</i> Gaertn. f.                | VIT. PAR.         |
| Solanaceae    | <i>Solanum</i>       | <i>incanum</i> L.                         | SOL. INC.         |
| Sterculiaceae | <i>Sterculia</i>     | <i>setigera</i> Del.                      | STE.SET.          |
| Tiliaceae     | <i>Grewia</i>        | <i>bicolor</i> Juss                       | GREW. BIC.        |
| Tiliaceae     | <i>Grewia</i>        | <i>flavescens</i> Juss                    | GREW.FLA.         |
| Tiliaceae     | <i>Grewia</i>        | <i>villosa</i> wild.                      | GREW. VIL.        |
| Vitaceae      | <i>Cissus</i>        | <i>quadrangularis</i> L.                  | CIS. QUAD.        |

#### Annexe 11 : Liste des espèces nommées dans le document

| Famille         | Genre                | Espèces   |
|-----------------|----------------------|---|
| Anacardiaceae   | <i>Euphorbia</i>     | <i>Anacardium occidentale</i> L.  |
| Anacardiaceae   | <i>Heeria</i>        | <i>insignis</i> (Del.) O. Kze.  |
| Anacardiaceae   | <i>Lannea</i>        | <i>acida</i> A. Rich.   |
| Anacardiaceae   | <i>Lannea</i>        | <i>humilis</i> (Oliv.) Engl.  |
| Anacardiaceae   | <i>Sclerocarya</i>   | <i>birrea</i> (A. Rich.), Hochst.   |
| Annonaceae      | <i>Annona</i>        | <i>senegalensis</i> pers.   |
| Annonaceae      | <i>Hexalobus</i>     | <i>monopetalus</i> (A. Rich) Engl. et Diels                                       |
| Apocynaceae     | <i>Carissa</i>       | <i>edulis</i> Vahl.   |
| Apocynaceae     | <i>Adenium</i>       | <i>obesum</i> (Forsk.) Roem. et Schult.   |
| Asclepiadaceae  | <i>Calotropis</i>    | <i>procera</i> (Ait.) F.  |
| Asclepiadaceae  | <i>Caralluma</i>     | <i>retrospiciens</i> (Ehrehn.) subsp. <i>Tombuctuensis</i> (A. chev) A. chevalier |
| Asclepiadaceae  | <i>Leptadenia</i>    | <i>pyrotechnica</i> (Forsk.) Decne  |
| Balanitaceae    | <i>Balanites</i>     | <i>aegyptiaca</i> (L.) Del.   |
| Bignoniaceae    | <i>Stereospermum</i> | <i>kanthianum</i> Cham.   |
| Bombacaceae     | <i>Adansonia</i>     | <i>digitata</i> L.  |
| Bombacaceae     | <i>Bombax</i>        | <i>costatum</i> Pellgr. et Vuillet  |
| Burseraeae      | <i>Commiphora</i>    | <i>africana</i> (A. Rich.) Engl.  |
| Caesalpiniaceae | <i>Bauhinia</i>      | <i>rufescens</i> Lam.   |
| Caesalpiniaceae | <i>Cassia</i>        | <i>italica</i> (Mill.) Lam. ex F. W. Andr.  |
| Caesalpiniaceae | <i>Cassia</i>        | <i>sieberiana</i> Del.  |
| Caesalpiniaceae | <i>Cordyla</i>       | <i>pinnata</i> (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redhead                                  |
| Caesalpiniaceae | <i>Parkinsonia</i>   | <i>aculeata</i> L.  |
| Caesalpiniaceae | <i>Piliostigma</i>   | <i>thonningii</i> (Schum.) Milne-Redh.  |
| Caesalpiniaceae | <i>Piliostigma</i>   | <i>reticulatum</i> (DC.) Hochst.  |
| Caesalpiniaceae | <i>Tamarindus</i>    | <i>indica</i> L.  |
| Capparaceae     | <i>Boscia</i>        | <i>angustifolia</i> A. Rich.  |
| Capparaceae     | <i>Boscia</i>        | <i>senegalensis</i> (Pers.) Lam.  |
| Capparaceae     | <i>Boscia</i>        | <i>salicifolia</i> Oliv.  |
| Capparaceae     | <i>Cadaba</i>        | <i>farinosa</i> Forsk.  |
| Capparaceae     | <i>Capparis</i>      | <i>tomentosa</i> Lam.   |
| Capparaceae     | <i>Capparis</i>      | <i>decidua</i> (Forsk.) Edgew.  |
| Capparaceae     | <i>Capparis</i>      | <i>sepiaria</i> L.  |
| Capparaceae     | <i>Capparis</i>      | <i>corymbosa</i> Lam.   |
| Capparaceae     | <i>Crateva</i>       | <i>adansonii</i> DC.  |
| Capparaceae     | <i>Maerua</i>        | <i>angolensis</i> DC.   |

|                  |               |   |
|------------------|---------------|---|
| Capparaceae      | Maerua        | <i>oblongifolia</i> (Forsk.), A. Rich.                              |
| Celastraceae     | Maytenus      | <i>senegalensis</i> (Lam.) Excell                                   |
| Combretaceae     | Anogeisus     | <i>leiocarpus</i> (DC.) Guill. et Perr.                             |
| Combretaceae     | Combretum     | <i>aculeatum</i> Vent.  |
| Combretaceae     | Combretum     | <i>glutinosum</i> Perr. ex DC.                                      |
| Combretaceae     | Combretum     | <i>micranthum</i> G. Don.   |
| Combretaceae     | Combretum     | <i>nigricans</i> Lepr. ex G. et P.                                  |
| Combretaceae     | Guiera        | <i>senegalensis</i> J.F. Gmel.                                      |
| Combretaceae     | Terminalia    | <i>avicennioides</i> Guill. et Perr.                                |
| Ebenaceae        | Diospyros     | <i>mespiliformis</i> Hochst. ex A. Rich.                            |
| Euphorbiaceae    | Euphorbia     | <i>balsamifera</i> Ait.   |
| Fabaceae         | Sesbania      | <i>sesban</i> (L.) Merrill  |
| Fabaceae         | Dalbergia     | <i>melanoxylon</i> Guill. et Perr.                                  |
| Fabaceae         | Pterocarpus   | <i>erinaceus</i> Poir.  |
| Fabaceae         | Pterocarpus   | <i>lucens</i> Guill. et Perr.                                       |
| Fabaceae         | Pterocarpus   | <i>lucens</i> Lepr.   |
| Hymenocardiaceae | Hymenocardia  | <i>acida</i> Tul.   |
| Loganiaceae      | Strychnos     | <i>spinosa</i> Lam.   |
| Malvaceae        | Gossypium     | <i>anomalum</i> Wawra ex Wawra & Peyr.                              |
| Meliaceae        | Azadirachta   | <i>indica</i> A. Juss.  |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>ataxacantha</i> DC.  |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>ebrenbergiana</i> Reichenb. ex Benth.                            |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>macrostachya</i> Reich.  |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>nilotica adstringens</i> (Oliv.) Roberty PP.                     |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>nilotica nilotica</i> (L.) Willd. Ex Del                         |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>senegal</i> (L.) Wild.   |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>seyal</i> Del.   |
| Mimosaceae       | Acacia        | <i>tortilis</i> (Forsk.) Hayne subsp. <i>raddiana</i> (Savi) Brenan |
| Mimosaceae       | Dichrostachys | <i>glomerata</i> (L.) Wight & Arn.                                  |
| Mimosaceae       | Dichrostachys | <i>cinerea</i> (L.) Wight et Arn.                                   |
| Mimosaceae       | Entada        | <i>africana</i> Guill. et Perr.                                     |
| Mimosaceae       | Faidherbia    | <i>albida</i> (Del.) Chev.  |
| Mimosaceae       | Parkia        | <i>biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. Ex G. Don                           |
| Mimosaceae       | Prosopis      | <i>juliflora</i> (Sm.) DC.  |
| Moraceae         | Ficus         | <i>iteophylla</i> Miq.  |
| Moringaceae      | Moringa       | <i>oleifera</i> Lam.  |
| Myrtaceae        | Psidium       | <i>guajava</i> L.   |
| Myrtaceae        | Eucalyptus    | <i>camaldulensis</i> Debnb  |
| Olacaceae        | Ximenia       | <i>americana</i> L.   |
| Polygalaceae     | Securidaca    | <i>longepedunculata</i> Fres.                                       |
| Rhamnaceae       | Ziziphus      | <i>mauritanica</i> Lam.   |
| Rhamnaceae       | Ziziphus      | <i>mucronata</i> Wild.  |
| Rubiaceae        | Gardenia      | <i>erubescens</i> Stapf & Hutch.                                    |
| Rubiaceae        | Mitragyna     | <i>inermis</i> (Willd.) Ktze  |
| Rubiaceae        | Nuclea        | <i>latifolia</i> (Smith)  |
| Rubiaceae        | Feretia       | <i>apodanthera</i> Del.   |
| Rubiaceae        | Gardenia      | <i>ternifolia</i> Schumach. et Thonn.                               |
| Rutaceae         | Citrus        | <i>limon</i> (L.) Burm. f.,   |
| Salvadoraceae    | Salvadora     | <i>persica</i> L.   |
| Sapotaceae       | Vitellaria    | <i>paradoxa</i> Gaertn. f.  |
| Solanaceae       | Solanum       | <i>incanum</i> L.   |
| Sterculiaceae    | Sterculia     | <i>setigera</i> Del.  |
| Tiliaceae        | Grewia        | <i>bicolor</i> Juss   |
| Tiliaceae        | Grewia        | <i>flavescens</i> Juss  |
| Tiliaceae        | Grewia        | <i>villosa</i> wild.  |
| Ulmaceae         | Celtis        | <i>integrifolia</i> Lam.  |
| Verbenaceae      | Vitex         | <i>madiensis</i> Oliv.  |
| Vitaceae         | Ampelocissus  | <i>pentaphylla</i> (Guill. & Perr.) Gilg & M.Brandt                 |
| Vitaceae         | Cissus        | <i>quadrangularis</i> L.  |

**Annexe 12 :** Photos illustrant les types de peuplements ligneux sur sols seeno, sangré et baldiol ; et les actions anthropiques (exploitation du bois, du charbon et les coupes abusives) à Tatki, Revane et Thieul.



Steppe herbacée parsemée de *Balanites aegyptiaca* sur *Seeno* -Tatki (JCD-2003)



Peuplement arbustif dominée par *Calotropis procera* sur *Seeno* -Tatki (JCD-2003)



Steppe arbustive dominée par *Boscia senegalensis* sur *Seeno* -Tatki (JCD-2003)



Concentration de la végétation dans les bas-fonds-Tatki (JCD-2003)



Le *Sangré* latéritique ou sols gravillonnaires des plateaux à Revane (JCD-2003)



Savane arbustive à *Combretum glutinosum* à Revane (JCD-2003)



Savane arbustive à *Acacia seyal* sur le *Baldiol* - Thieul (JCD-2003)



Savane arbustive à *Balanites aegyptiaca* à Thieul (JCD-2003)



Savane arbustive à *Guiera senegalensis* -Thieul (JCD-2003)



Exploitation forestière : Camion transportant du bois vers le *Walo*- (JCD-2003)



Exploitation du charbon de bois : four à du bois charbons clandestin dans la savane arbustive *Balanites aegyptiaca* et *Combretum glutinosum* à Thieul (JCD-2003)



Coupes abusives opérées sur *Acacia seyal*, à Thieul - (JCD-2003)

## GLOSSAIRE

### **Causalité circulaire**

L'existence de rétroactions rend difficile la distinction entre l'effet et la cause d'un phénomène au sein d'un système. C'est le paradoxe de la poule et de l'œuf : l'effet rétroagit sur la cause qui devient effet et il est impossible de dire qui se trouve à l'origine ! (Il s'agit d'une fausse question !) Une boucle doit toujours être étudiée dans sa globalité dynamique sans l'ouvrir ou la couper. Une des conséquences est de rendre inattendu et imprévisible le comportement des systèmes complexes et de provoquer l'apparition de certaines réactions-réponses spontanées qui prennent la forme d'"effets pervers".

### **Ecosystème**

Unité écologique fonctionnelle qui regroupe une communauté animale et végétale (biocénose), et le milieu que cette communauté occupe (biotope). La biocénose et le biotope constituent deux éléments indissociables qui réagissent l'un sur l'autre pour former un système plus ou moins stable, l'écosystème. Ainsi, un étang ou une forêt constituent chacun un écosystème. L'ensemble des écosystèmes forme la biosphère, mince couche superficielle de la Terre occupée par les êtres vivants.

[http://fr.encyclopedia.msn.com/encyclopedia\\_\\_761593062/%C3%A9cosyst%C3%A8me.html](http://fr.encyclopedia.msn.com/encyclopedia__761593062/%C3%A9cosyst%C3%A8me.html)

### **Ecosystèmes arides et semi-arides**

Les écosystèmes arides sont définis comme des régions ayant un rapport P/PET supérieur ou égal à 0,05 et inférieur à 0,20, et les régions semi-arides, comme celles ayant un rapport P/PET supérieur ou égal à 0,20 et inférieur à 0,50. Les régions arides et semi-arides constituent donc des sous-catégories des régions non irriguées.

Selon le PNUE (1997), les régions arides couvrent près de 16 millions de kilomètres carrés et elles se répartissent plus également que les régions hyperarides, sur les continents.

### **Exploitation et Système de production**

L'exploitation signifie l' (le) :

- "action d'exploiter, de faire valoir une chose;
- action de faire fonctionner en vue d'un profit ;
- lieu où se fait la mise en valeur du bien" (Le Petit Robert, 2001).

Ces trois aspects apparaissent réunis dans une des nombreuses définitions que des économistes ont donné de l'exploitation agricole : "une unité économique dans laquelle l'agriculteur pratique un système de production en vue d'augmenter un profit...Le système de production agricole est la combinaison des productions et des facteurs de production (capital foncier, travail et capital d'exploitation) dans l'exploitation agricole" (Chombart de Lauwe J., Poitevin J., Tirel J.C., 1963. Nouvelle gestion des exploitations agricoles. Dunod, Paris, 509 p.).

Les termes d'"exploitation" ou "système d'exploitation" sont parfois utilisés pour désigner autre chose que l'exploitation agricole et le système de production. On parle d'exploitation intensive ou extensive, d'exploitation de ressources naturelles. En économie de la pêche, Rey et al. (1997) définissent un système d'exploitation et une unité d'exploitation halieutiques (Rey H., Catanzano J., Mesnil B., Biais G., 1997. Système halieutique. Un regard différent sur les pêches. Institut océanographique/IFREMER, Paris, Collection "Propos", 278 p.).

<http://www.mpl.ird.fr/resrurcon/ResRurEcon/Themes/glossaire.html>

### **Phytosociologie**

Branche de l'écologie dont l'objet est la description de la structure des phytocénoses, l'analyse des groupements végétaux à partir desquels sont définies des associations végétales ainsi que l'étude de l'évolution dans le temps des communautés végétales. Celle-ci commence par l'analyse de la végétation qui permet d'établir un inventaire floristique à partir duquel peuvent être mis en évidence des groupements végétaux. Par exemple, l'inventaire d'espèces et le relevé des différentes strates floristique d'une pelouse sèche calcicole, relève de la phytosociologie.

### **Pratique**

Manière concrète d'exercer une activité (opposé règle, principe), procédure. C'est l'application des règles, des principes, par opposition à la théorie, qui en est la connaissance raisonnée.

La pratique d'un art, d'une science, d'une technique. Le mode de conduite dans l'élevage extensif par exemple.

Dans un contexte relatif à l'interaction entre l'objet technique, ou technologique, et l'homme, « usages » et « pratiques » relèvent tout deux de l'activité humaine, mais dans un sens différent (Fauré, 2008) :

- on parle d'usage lorsque l'on met l'accent sur l'objet, car c'est lui qui offre des fonctions et des services qui permettent des usages.
- on parle de pratique lorsque l'on met l'accent sur l'homme.

### **Pression**

Nous dégageons des définitions du mot pression deux sens :

- "force qui agit sur une surface donnée; mesure de la force qui agit par unité de surface" ;
- "influence, action insistante qui tend à contraindre" (Le Petit Robert, 2001).

Lorsque l'on parle de pression sur les ressources, on sous-entend pression de prélèvement ou d'exploitation, en insistant sur son intensité mais sans présager de la forme de cette exploitation. C'est avec le même sens que sont employés les termes de pression démographique ou pression parasitaire.

Pour l'analyse de l'évolution des usages, le nombre d'espèces utilisées pour un usage est un indicateur du degré d'exercice ou de pratique de l'usage ; donc de la pression subie. La fréquence de citation est aussi utilisée pour évaluer la pression (fréquence d'usage) sur la ressource ligneuse. En effet, l'attention portée sur une ressource et qui amène l'interlocuteur à la citer, relève non seulement de l'habitude de voir la ressource dans le milieu, mais aussi de son utilisation fréquente. De ce fait, plus une espèce est citée par usage, plus elle est fréquemment utilisée. Ainsi, il s'agit dans ce chapitre d'une pression relative à la fréquence de prélèvements et non d'une pression en termes de quantité de ressources utilisées.

### **Usage**

- "Le fait de faire agir un objet, une matière, pour obtenir un effet qui satisfasse un besoin, que cet objet, cette matière subsiste (utilisation), disparaisse (consommation) ou se modifie (usure)" ; - "le fait de pouvoir produire un effet particulier et voulu": fonction, utilité, service ;
- "pratique que l'ancienneté ou la fréquence rend normale, courante, dans une société donnée" : droits d'usage, usages locaux, valeur d'usage (Le Petit Robert, 1970 : 1864-1865).

### **Végétation :**

Elle correspond au sens large (lato sensu) à l'ensemble des espèces végétales ou groupement végétaux peuplant ou se développant en un lieu (flore), (Flahault Ch. 1901 et Gounot M., 1958 ; in Daget & al., 1974). Mais selon Gaussen H. (1963), ce terme peut signifier plus que la flore la façon dont se groupent les plantes pour former des forêts, des landes, des prairies etc. Donc la végétation correspond à un ensemble d'espèces botaniques caractérisées par leur répartition et leurs agencements entre elles (Harant H. et Jarry D., 1964). Ces derniers recommandent même de ne pas confondre végétation et flore.

### **Viabilité**

- "Etat d'un fœtus viable (dont le développement dans l'utérus est suffisant pour le rendre apte à vivre par lui-même)",
- "caractère de ce qui est viable, peut vivre, se développer. Viabilité d'une entreprise, d'un projet" (Le Nouveau Petit Robert, 1993 : 2383).

Le terme de viabilité est souvent utilisé comme traduction du terme anglais "sustainability" qui a les deux sens de pérennité et reproductibilité.

Aubin (1996) est l'auteur d'une théorie sur la viabilité qui rend compte de la compatibilité entre l'évolution d'un système et des contraintes portant sur son état (Aubin J.P., 1996. Une métaphore mathématique du principe de précaution. Natures, Sciences, Sociétés, Vol. 4, 2 : 146-154). Cette théorie mathématique a été motivée par la présence de traits communs à nombre de systèmes biologiques, économiques, sociaux et culturels, des systèmes formés d'êtres vivants.