

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
DE L'ELEVAGE ET DE LA PECHE

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

REPUBLIQUE DU MALI  
UN PEUPLE UN BUT UNE FOI

PROJET CSFD n° 98002300 - CONVENTION n° 035/00

## Rapport Final



### **Etude des conséquences des modalités d'utilisation des Terres en zone aride sur la dégradation des milieux physiques et biologiques au Mali (Zone de Bamba)**

Avril 2004

Ce rapport a été élaboré par messieurs :

Fadiala DEMBELE, Chercheur à l'IER, Responsable du projet, pour la partie surveillance de la végétation et climatologie

Moussa KAREMBE, Professeur à l'Université du Mali, pour la partie surveillance de la végétation

Alain GERBE, Conseiller Spécial au Ministère de l'Environnement, pour la partie ensablement

Denis GAUTIER, Chercheur au CIRAD, pour la partie socio-économie

Avec l'appui de Aly SOUMARE, Directeur du CRRA/IER de Gao

# 1 INTRODUCTION

Le Mali, pays continental de l'Afrique de l'Ouest, situé entre 10° et 25° de latitude Nord et entre 4° de longitude Est et 12° de longitude Ouest, couvre une superficie de 1.241.138 km<sup>2</sup> dont les deux tiers sont occupés par les zones arides (MEATEU, 2000). Cette situation fait du Mali un pays sahélien et justifie en conséquence son intégration au sein du Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS). Ces zones arides au nord du Mali se situent entre le 15° et le 25° de latitude Nord.

La manifestation ultime de la désertification dans la zone Nord du Mali est l'ensablement dû aux effets conjugués du climat et de la pression anthropique. Les effets néfastes du climat se traduisent par la diminution et la répartition irrégulière dans le temps et dans l'espace de la pluviométrie d'une part et le phénomène d'érosion éolienne aggravé par l'harmattan d'autre part. Quant à la pression humaine et animale, elle se traduit par une dégradation de l'environnement suite à la régression sans cesse du couvert végétal. Elle résulte d'une utilisation conjointe de l'espace :

- par les populations sédentaires (sonrhaïs) de la vallée du fleuve avec deux usages principaux dont le pâturage des troupeaux et l'exploitation des formations forestières pour la satisfaction des besoins en énergie domestique (bois de feu et charbon de bois), en bois de service et d'œuvre.
- par les nomades (tamasheqs et maures) au cours de leur cycle de transhumance avec des durées de présence liées à la disponibilité en eau et du fourrage, elle même liée aux conditions climatiques.

La zone d'étude du projet est située dans cette zone aride sur la rive gauche du fleuve Niger (au nord du fleuve) de part et d'autre de la ville de Bamba sur un linéaire Est-ouest de fleuve de 36 Km et sur une distance nord-sud d'environ 37 km. Elle est limitée au sud par le cours du Niger (latitude moyenne 17°), au nord par le parallèle 17°20. Les limites Est et Ouest du polygone englobant la zone sont 1°10 et 1°30 de longitude ouest.

L'ensablement est une menace permanente au nord de la zone pour le couvert végétal et la fertilité des sols, et au sud pour les cultures dans la vallée du fleuve, les habitations, les voies de communication et le cours du fleuve Niger.

Le principal vecteur de transport de sables en zone terrestre est l'harmattan, vent dominant, qui souffle de février à juillet en provenance du nord-est. Les autres vents ont un effet secondaire de remaniement des formations sableuses.

Spatialement, la zone du projet comprend deux grands types de milieux :

- au nord une zone, essentiellement pastorale, est caractérisée par l'existence de puits pastoraux et des formations végétales déterminées par la topographie. Ces formations, à condition édaphique identique, présentent des niveaux de dégradation variables liés à la pression anthropique présente et passée ;

- au sud, en bordure du fleuve, l'ensablement est intensif sur une bande dont la largeur (dans le sens nord-sud) varie de 3 à 4 km. La végétation y est absente ou très dégradée avec la présence de *Calotropis procera* et/ou *Leptadenia pyrotechnica* ; Les berges du fleuve sont entièrement minéralisées, avec des formations dunaires actives, mobiles ou servant de relais de transport de sable..

C'est dans la zone d'ensablement, en bordure du fleuve que se trouvent les villages sédentaires, les pistes et, dans la zone d'inondation de la crue, les cultures céréalières (essentiellement riz), le maraîchage et la culture du tabac.

L'occupation anthropique de cette zone est intense. En plus des occupants sédentaires, la zone est fréquentée par des troupeaux nomades qui s'abreuvent au fleuve en période sèche. Elle est aussi un lieu de passage du fleuve pour les fractions tamasheqs et leurs troupeaux (de camelins, et de petits ruminants) qui transhument entre le Haoussa et le Gourma. En outre elle est une zone commerciale d'échanges et le point d'arrivée au fleuve des caravanes (principalement de sel) en provenance du nord.

A Bamba et dans les villages avoisinants, plusieurs quartiers ont du être déplacés et reconstruits à cause de l'intensité de l'ensablement des habitations.

Les transports de sable sont particulièrement importants en période d'harmattan au niveau des habitations, des rives du fleuve (dans les jardins et cultures maraîchères), et dans les lits majeur et mineur du fleuve où se situent les champs de riz et les bourgoutières (pâturage aquatique). La morphologie la plus courante en bordure du fleuve est celle de formations dunaires vives et très mobiles.

Après la période de l'harmattan, la crue du fleuve est un vecteur important de transport du sédiment accumulé dans le lit mineur plus en aval.

Pendant la période des basses eaux, le sable transporté dans le lit du fleuve est exondé, formant ainsi des bans de sable. A l'arrivée de l'harmattan, ces sédiments sont transportés sur la rive droite du fleuve (coté Gourma) où ils reconstituent le plus souvent des formations dunaires.

La zone de Bamba, à l'instar des zones désertiques du Mali, est confrontée depuis deux décennies à la dégradation de leurs ressources naturelles, accentuée sous l'effet conjugué de la sécheresse exceptionnelle qui a affecté les zones sahéliennes et soudano-sahéliennes entre 1968 et 1984, et d'un accroissement de la pression humaine et animale sur les systèmes écologiques aboutissant à un phénomène de désertification de plus en plus alarmant (PZA,1994). Aujourd'hui, face à cette situation, il s'impose plus que jamais, la nécessité d'asseoir une politique de développement socio-économique durable des ressources naturelles dans ces zones pour la survie des populations.

Pour ce faire, les activités de recherche à mener dans ce domaine doivent être fondées sur l'approche « *analyse de la dynamique interactive spatiale et temporelle entre les usages et les ressources naturelles* ». C'est dans ce cadre que se situe le présent projet intitulé « *Etude des conséquences des modalités d'utilisation des Terres en zone aride sur la dégradation des milieux physiques et biologiques au Mali (Zone de Bamba)* ».

Le projet à ce titre a bénéficié par le biais l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali d'un financement du Ministère Français des Affaires Etrangères à travers le SCAC de Bamako (Service de Coopération et d'Action Culturelle). Ce financement a fait l'objet d'une Convention (Convention n° 035/00) entre l'Institut d'Economie Rurale (IER) et le dit Département Ministériel français, notifiée le 18 juillet 2000.

Si les travaux de recherche relatifs au phénomène de dégradation des écosystèmes des zones arides suite au changement climatique et à la pression humaine sont aussi nombreux que variés, ceux mettant en relation la dynamique interactive spatio- temporelle entre les usages et les ressources naturelles, notamment dans les zones Nord du Mali essentiellement pastorales, sont par contre rares.

- **Point de connaissances sur le phénomène de l'ensablement dans la boucle du fleuve Niger**

L'ensablement de la vallée du fleuve entre Gao et Abacoïra (à l'ouest de la zone du projet), représentant 250 km de linéaire du fleuve, a été étudié depuis 1991 dans le cadre du programme ROSELT et d'études spécifiques de l'IER (bien que les travaux de terrain aient été freinés par l'insécurité, due à la rébellion du nord du Mali, qui a régné dans la zone jusqu'en 1996).

Ces travaux ont permis de mieux comprendre les mécanismes de transport de sables sous l'effet de l'harmattan et de la crue du Niger.

Ils ont permis de quantifier la vitesse de progression du flux sableux dans le sens de l'harmattan (par des méthodes indirectes) à 9 m<sup>3</sup> de sédiment par mètre linéaire au niveau des berges du fleuve. La vitesse d'avancée des dunes au bord de fleuve était comprise entre 0,30 et 1,50 mètres pendant la période de l'harmattan ; au sein des massifs dunaires plus en amont par rapport à l'harmattan cette vitesse était plus importante (entre 0,50 et 3 mètres). Les dunes bordières du fleuve semblent être des formations qui intègrent des remaniements des formations dunaires plus mobiles en amont (le rivage du fleuve créant des conditions aux limites).

Un système d'observation local a été mis en place à Bourem en 1993 avec des mesures sur :

- l'avancée de dunes bordières du fleuve, sur l'évolution de la lentille d'eau en fonction des la pluviométrie (moyenne 150 mm mais avec une grande variabilité inter-annuelle) ;
- la granulométrie et la composition minéralogique des sables ;
- l'étude du mécanisme de saltation (principal mécanisme de transport).

Les principaux résultats sont la grande variabilité d'avancée des dunes, allant de la stabilité jusqu'à des vitesses de plus de 2 mètres par période d'harmattan (les zones concernées ont aujourd'hui été fixées par des formations ligneuses et sont stabilisées) et par la mesure d'un flux sableux de 10 m<sup>3</sup> de sédiments par mètre linéaire perpendiculaire à la direction de l'harmattan (du même ordre de grandeur que les mesures faites à Bamba).

Une identification et une caractérisation des principaux sites d'ensablement de cette zone ont été effectuées par voie terrestre et fluviale, et se sont terminées en 1994. Elles seront renouvelées dans le cadre de ROSELT (par une combinaison des voies terrestre et satellitaire et, éventuellement, par photos aériennes) probablement en 2004. Le pas de temps de dix ans permettra de mieux cerner l'évolution de l'ensablement au cours d'une décennie sans grande sécheresse multi annuelle.

- **Objectifs, Hypothèses et principales questions soulevées**

- **Objectif global**

La dégradation des ressources naturelles en général dans la Boucle du Niger et plus particulièrement dans la zone de Bamba, s'est accélérée pendant et après les deux grandes sécheresses des décennies 1970 et 1980. Aux causes climatiques se sont ajoutées la modification des modalités d'occupation de l'espace caractérisée par une pression plus importante des différentes communautés utilisatrices des ressources naturelles, principalement autour des points d'eau (fleuve et puits).

Le savoir faire traditionnel de gestion de l'espace par les communautés n'a pas eu le temps de s'adapter aux conditions de ces changements, compte tenu de leur intensité et de leur persistance sur une longue période (de 1972 à 1985). Pour ce faire, il s'avère nécessaire et urgent de fournir aux utilisateurs, des informations sur les liens entre les pratiques anthropiques (mise en place des cultures, pastoralisme, coupe de bois, cueillette,...) et l'évolution des ressources naturelles (dégradation) afin de leur permettre de changer de comportement par rapport à leur mode de gestion.

- **Objectifs spécifiques du projet**

Le présent projet est complémentaire des travaux menés par l'Observatoire ROSELT. Il se concentre sur une zone plus réduite autour de Bamba suivant un gradient où se rencontrent plusieurs modes d'utilisation des ressources.

Les objectifs spécifiques consistent à développer l'analyse des interactions entre les ressources et les usages dans cet espace en focalisant les travaux sur :

- l'analyse des phénomènes de dégradation de la végétation et du sol ;
- l'identification des causes anthropiques et climatiques de la désertification en approfondissant l'analyse des interactions cause-effet du phénomène.

- **Hypothèses**

Les travaux entrepris visaient à vérifier un certain nombre d'hypothèses :

- entre les indicateurs des unités de la zone ensablée au sud et ceux des unités de la zone végétalisée plus au nord (dans le sens de l'harmattan) ; l'hypothèse à valider est selon laquelle le passage d'une de ces zones vers l'autre, dans le sens d'une augmentation de la dégradation, est guidé par les facteurs climatiques et biophysiques ;
- entre les indicateurs socio-économiques et biophysiques de la zone végétalisée ; l'hypothèse est selon laquelle la dégradation du milieu est surtout due aux causes anthropiques. La présence d'unités voisines en latitude mais avec des niveaux de dégradation très différents confirme cette hypothèse.

Il est également possible de formuler un certain nombre de questions auxquelles nous nous efforcerons de répondre par le présent travail. Ces questions sont relatives au phénomène de

désertification suite à la dégradation du sol et de la végétation et de l'ensablement dans la zone de Bamba.

- A l'état actuel du phénomène d'ensablement dans la zone d'étude à Bamba, quel est son impact sur les ressources naturelles (sols, eaux, végétation) et les indicateurs pertinents de dégradation du milieu ?
- Quel est le degré de stabilité et de résilience des écosystèmes, dans la zone pastorale de Bamba, soumis à la précarité du climat et la forte pression humaine et animale sur les ressources ?
- Existe-t-il une véritable menace d'ensablement du lit du fleuve Niger ?
- Quelles solutions peut-on envisager à moyen et long terme pour palier durablement au phénomène d'ensablement notamment sur le long du fleuve Niger ?

Il est évident que les réponses à ces questions permettront également de dégager un certain nombre d'acquis techniques transférables vers les exploitants pour une utilisation durable des ressources et de l'espace dans la zone.

Sur le plan scientifique, l'étude contribuera à une meilleure connaissance des causes et effets ainsi que les indicateurs biophysiques de la dégradation conduisant à la désertification des écosystèmes dans la zone.

Le présent rapport comporte 6 chapitres. Le chapitre I est consacré à l'introduction. Dans le chapitre II, il sera présenté les caractéristiques de la zone d'étude. L'approche méthodologique adoptée pour la mise en oeuvre des activités du projet est décrite dans le chapitre III.

Le chapitre IV est consacré à la présentation des résultats, suivi de la discussion générale au chapitre V. L'étude s'achève sur une conclusion générale et les perspectives de recherches (chapitre VI).

## 2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

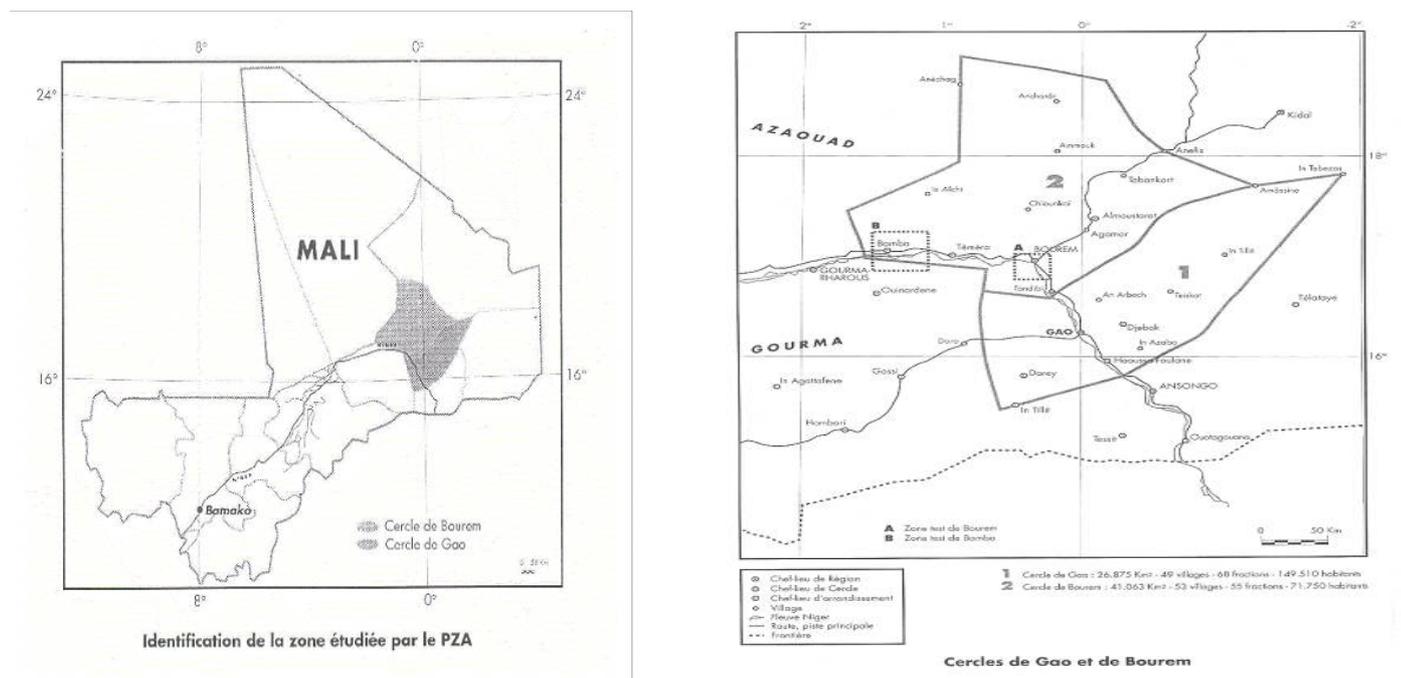
La commune de Bamba, site du projet, couvre une superficie de 8 000 km<sup>2</sup> avec une population de 30 000 habitants, soit une densité de 3,75 habitants par km<sup>2</sup>. Administrativement, la commune relève du Cercle de Bourem et de la région de Gao (cf. Fig. 1).

Elle est composée de 19 villages et 7 fractions nomades. Avec les vicissitudes de l'histoire, notamment les multiples pénétrations intercommunautaires et les guerres d'influence, la commune rurale de Bamba connaît un fort brassage ethnique. Elle est peuplée de Songhoï, de Armas, des Peulhs venus de Saragamou et Macina, des Arabes et des Touaregs venant de l'Adrar des Iforas.

La commune de Bamba se situe dans la zone agro-écologique du Kounta (PIRT, 1986). Elle se compose de trois ensembles distincts mais complémentaires :

- les regs constitués de plateaux rocheux situés à l'Est ;
- les ergs, ensemble dunaire au Nord et à l'Ouest ;
- les terres alluviales du fleuve Niger au sud.

La végétation ligneuse sur les regs se compose de *Boscia senegalensis* et *Acacia ehrenbergiana*. La strate herbeuse essentiellement graminéenne comprend *Aristida* sp. et *Schoenefeldia gracilis*. Sur les ergs la strate ligneuse est dominée par *Acacia raddiana* et *Leptadenia pyrotechnica* et dans la strate herbacée par *Panicum turgidum*. Dans la vallée se trouvent des peuplements fortement dégradés de *Hyphaene thebaïca*.



**Figure 1 : Localisation de la zone d'étude**

La commune de Bamba se situe dans la grande région naturelle du Tilemsi, exclusivement en zone aride du Mali. Le climat est du type sahélo-saharien, ce qui correspond à la zone agro-climatique saharienne (PIRT, 1986). Le bioclimat saharien, suivant les données du PIRT, se caractérise par une longueur de la saison agricole inférieure à 25 jours et une précipitation moyenne annuelle de moins de 150 mm.

Le niveau très faible de la pluviométrie (moins de 150 mm, enregistrée en moins de 20 jours sur une période de 2-4 mois) et sa répartition irrégulière dans le temps et dans l'espace compromet toutes les chances pour les cultures sèches ou pluviales au profit des cultures irriguées dans les plaines inondables notamment dans le lit du fleuve. De ce fait, la principale activité socio-économique dans la zone demeure l'élevage. L'arrondissement de Bamba compte (suivant les statistiques du recensement de 1996) un cheptel de 14 799 têtes composé de :

- Bovins : 2 059
- Ovins- caprins : 10 390
- Asins : 1 364
- Equins : 71
- Camelins : 915

Les différentes approches méthodologiques adoptées pour la mise en oeuvre des activités font l'objet du chapitre suivant.

## 3 METHODOLOGIE

### ***3.1 Approche méthodologique générale***

1/ La méthodologie du projet est basée sur une lecture commune de l'état de la dégradation des milieux et des liaisons entre les compartiments physiques de l'espace :

- au nord de la zone des espaces boisés avec des niveaux locaux de dégradation variables de la végétation et des sols, qui ne dépendent pas du gradient pluviométrique mais plutôt d'une surexploitation locale, souvent ancienne ; ce sont les zones actives de naissance de l'érosion éolienne ;
- au sud, en bordure du fleuve, la zone d'ensablement est totalement dégradée, avec de nombreuses formations dunaires et quelques formations végétales typiques de la dégradation des sols (*Calotropis procera*, *Leptadenia pyrotechnica*,...) à faible taux de recouvrement. Cette zone présente des caractéristiques morphodynamiques assez différentes d'est en ouest ;

Un des principes adoptés par le projet est que la liaison entre ces deux zones est corrélée avec le vent dominant du nord-est, l'harmattan, l'état de l'ensablement étant la résultante de la dégradation du couvert végétal plus au nord (en amont par rapport à l'harmattan) et de la pression anthropique le long du fleuve.

2/ Partant de ce principe on effectue, à partir d'observations de terrain et de données satellitaires, un zonage de l'espace en unités paysagères "homogènes" (qui est l'un des principes de base du SIE-ROSELT) :

- d'une part dans la zone végétalisée en termes de formations sol-végétation mais aussi de sensibilité à la dégradation (taux de recouvrement, état de la régénération,...) ;
- d'autre part dans la zone d'ensablement en fonction de la morphodynamique des systèmes sableux et des stocks de sédiments accumulés ;

Les unités paysagères de la zone végétalisée et de la zone ensablée sont conçues de manière à pouvoir faire une analyse en corrélation (problèmes de taille, du degré d'hétérogénéité au sein d'une même unité) à terme à partir des résultats de 2004.

3/ Dans un premier temps, l'analyse en terme socio-économique, porte sur la caractérisation et l'effet de chacun des usages (pastoralisme, prélèvement de bois de chauffe et de bois d'œuvre, cueillette), sur les ressources en termes de charge et de pressions, puis elle sera étendue dans un deuxième temps sur des considérations foncières. Elle est effectuée selon la méthodologie décrite au sous chapitre 3.4 (analyse des causes de la dégradation).

4/ A ce stade du projet, l'unité de base statistique est l'unité paysagère. Sur chacune de ces unités des observations et des mesures sont effectuées selon des protocoles décrits ci-dessous. Le résultat des mesures effectuées sera traduit :

- en indicateurs d'état (végétation, ensablement) qui traduisent l'effet de la dégradation ;
- en indicateurs de pression (socio-économie et usages) qui traduisent les causes de la dégradation.

En fin 2003, seuls les indicateurs de végétation sont disponibles sur chaque unité paysagère. Les unités paysagères en zone d'ensablement ont été déterminées mais les dispositifs de mesure de l'ensablement n'ont pas pu être installés dans toutes ces unités. Les indicateurs d'ensablement sont donc globaux en 2002 et 2003 mais seront localisés dans chaque unité en 2004 et 2005 dans le cadre du programme ROSELT

Les données climatiques seront également traduites en indicateurs (pluviométrie ; vents actifs pour le transport de sable) qui seront utilisées dans le cadre :

- de l'analyse des corrélations entre zones végétalisées et d'ensablement ;
- des analyses internes à chaque compartiment de mesure (pluviométrie / production végétale ; régime éolien / transport de sable) ;
- des études diachroniques ultérieures.

Une station météo complète (avec environ 11 paramètres) est en cours d'installation à Bamba par le programme ROSELT. Elle servira de base à ces analyses.

Le traitement des données pour expliciter les liens entre les causes et les effets de la dégradation sera effectué dans un premier temps avec les méthodes statistiques (ANOVA, ACP, régressions simples et multiples,...). Dans un second temps, les spécialistes de modélisation de l'équipe du CIRAD basée au Mali décideront sur la base des résultats ainsi obtenus s'il est nécessaire de développer d'autres analyses de données.

### **Liens entre la méthodologie développée et celle prévue en début de projet**

Le projet prévoyait initialement l'utilisation d'un modèle d'analyse des interactions entre les usages et les ressources, le SIE-ROSELT élaboré par l'équipe IRD piloté par J.M. D'herbès, qui a été testé sur le site de Banizoumbou au Niger, en configuration essentiellement agricole, et qu'il était prévu d'adapter à une configuration pastorale dans le cas de Bamba.

La méthode de caractérisation des espaces concernés est basée sur un zonage de l'espace en unités paysagères comme le préconise le SIE-ROSELT. La spécificité de la zone pastorale de Bamba implique de les utiliser comme unités spatiales de référence. On privilégie cette solution plutôt que de rechercher des unités de pratiques homogènes (comme le préconise le SIE-ROSELT pour arriver à la définition d'unités spatiales de références issues du croisement des deux zonages) car les observations locales ont montré que l'état de chaque unité paysagère est souvent la résultante d'usages successifs passés et différents sur des pas de temps de plusieurs dizaines d'années. Les enquêtes et les caractérisations devront intégrer de tels pas de temps.

De ce fait, l'adaptation du modèle SIE-ROSELT à la zone pastorale de Bamba s'est avérée beaucoup plus problématique que prévue, alors que les moyens humains correspondant prévus au début du projet ont subi de sérieuses amputations (mutation du modélisateur malien pivot de cette activité, participation allégée de l'IRD).

L'utilisation de ce modèle a guidé la caractérisation des milieux mais il ne sera pas utilisé pour le traitement des données pour lesquelles des analyses de corrélations seront effectuées plus simplement (notamment à l'aide de l'analyse factorielle ou de l'analyse de variance).

### ***3.2 Surveillance des paramètres météorologiques et climatiques***

Les données collectées par rapport aux paramètres météorologiques et climatologiques concernent la pluviométrie, la température et le vent. Pour la pluviométrie, il s'agit des données décennales sur 6 ans pour la station météorologique de Gao et 4 ans pour les stations de Bourem et Bamba. Pour la température et le vent, les données concernent uniquement la station météorologique de Gao sur les 6 dernières années.

La station météorologique en cours d'installation à Bamba permettra d'acquérir les paramètres locaux vrais du vent (vitesse, direction) avec des pas de temps infra-journaliers. Le traitement de ces données et l'utilisation de modèles du type Fryberger (basé sur le potentiel d'arrachement du sable par le vent et sur les formules de Bagnold et de Lettau pour la capacité de transport du sable par le vent et la structure de la couche limite) permettront de calculer un coefficient de potentiel de transport de sable par le vent et de comparer ses valeurs au débit du flux sableux mesuré in situ. Si la corrélation est bonne, les mesures du vent permettront de modéliser le transport de sable en zone non végétalisée.

Les données climatiques ont une incidence sur la végétation. L'approche méthodologique utilisée pour l'étude de la végétation est décrite ci dessous.

### ***3.3 Etude de la végétation et de la biodiversité***

#### **3.3.1 Etablissement de la carte des unités paysagères**

Pour mieux cerner la diversité des paysages (formations végétales) et effectuer une bonne répartition des sites d'observation de la végétation dans la zone d'étude, il a été réalisé, la carte des unités paysagères. Cette carte a été réalisée par le Laboratoire Sol Eau Plante (Labo-SEP) de l'IER basé au Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba. Pour les relevés de terrain, l'équipe du Laboratoire fut appuyée par celle de la surveillance de la végétation du projet qui maîtrise parfaitement le terrain après deux années de relevés.

La diversité des types d'unité de paysage est à la fois fonction des conditions physiques du milieu (types de sols, micro-climats), des facteurs biogéographiques (types de végétations) et des facteurs humains (pression sur l'occupation du sol (Baudry, in Loireau 1998). Cela sous-entend qu'il est difficile de donner une définition standard de l'unité paysagère. Loireau (1998) dans le

cadre de l'étude « spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien » a établi la carte des unités paysagères suivant quatre critères : la géomorpho-pédologie, le recouvrement végétal, la structure horizontale et la densité de la végétation naturelle et la structure globale du paysage morcelé ou non en parcelles agricoles. Dans le cadre de notre étude, compte tenu de la zone à vocation quasiment pastorale, le type de sol exclusivement sableux et de l'homogénéité de la flore ligneuse, les critères de découpage de la zone d'étude en unités paysagères ont été basés essentiellement sur la composition floristique et l'abondance dominante de la strate herbacée.

La zone d'étude du projet couvre une superficie de 930 km<sup>2</sup>. Elle s'étend de part et d'autre de la ville de Bamba sur un linéaire Est-ouest de fleuve de 36 km, entre 1°10' et 1°30' de longitude ouest. Du nord au sud, elle s'étend sur environ 37 km entre les latitudes 17° et 17°20'. Elle est caractérisée par une forte hétérogénéité spatiale à cause de la pression humaine et animale sur les ressources naturelles notamment pastorales. Cette pression humaine et animale est beaucoup plus perceptible dans les environs de Bamba et autour des points d'eau, et met en évidence des unités de formations végétales relativement homogènes (à travers la composition floristique et l'abondance dominante de la végétation herbacée).

La carte des unités paysagères a été réalisée au mois d'août, après l'installation de l'hivernage. Le choix de la période d'hivernage se justifie par l'apparition des herbacées dont la composition floristique et l'abondance dominante ont été notre critère principal de discrimination des unités paysagères. Pour ce faire, sur la base d'une carte IGN de 1959 à l'échelle 1/200 000, la zone d'étude a été compartimentée en 7 bandes parallèles d'environ 5 km de large chacune orientées dans la direction Nord-Sud. Les bandes sont séparées par des layons ou lignes matérialisées à tous les 5 km (qui correspond à 3 mn sur la longitude). A l'aide d'un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin 12, la matérialisation des layons a été faite par rapport à la longitude ; à partir de la ligne 1°30' à 1°10' respectivement limites ouest et est de la zone d'étude. Sur chaque ligne et à chaque fois qu'un changement ou variation de la composition floristique et/ou de l'abondance-dominance de la végétation herbacée est observée, il est effectué un relevé de point géoreférencé. Au total, il a été géoreférencé 64 points plus les principaux puits pastoraux. Les points qui marquent le début ou la fin d'une même unité de formation végétale ont été joints par une ligne droite pour matérialiser les différentes unités paysagères. En plus de ces points, il a été matérialisé à l'aide du GPS « Géoexplorateur », les plaines inondables de Zanzan et Gabbé, la formation dunaire localisée entre la route nationale et le fleuve.

La route nationale 32 reliant Gao-Tombouctou et les déviations vers Sobori et Kermachoye ont été aussi matérialisées. Après cette phase de cartographie, à chaque sortie de l'équipe de surveillance de la végétation sur le terrain, il a été effectué des relevés de points complémentaires marquant le début ou la fin des unités paysagères déjà cartographiées. Cette opération a permis de réduire les marges d'erreurs sur les limites des unités et en conséquence d'améliorer la qualité de la carte.

### **3.3.2 Etude de la végétation herbacée**

- **Choix et matérialisation des sites d'observation**

Pour la mise en œuvre de la surveillance de la végétation, il a été choisi en juin 2000, 14 sites d'observation. Ils ont été numérotés de B1 à B14 avec la lettre B qui signifie Bamba, donc les

sites d'observations dans la localité de Bamba. Les sites B sont complémentaires des sites ROSELT immatriculés R. Le premier critère déterminant dans le choix de l'ensemble des sites fut la direction des vents dominants (Nord-Est) par rapport au fleuve Niger. Ce critère se justifie par le souci de mieux cerner le phénomène d'ensablement très critique sur environ, une bande de 3-4 km de large le long du fleuve, sur la rive gauche. Il a été tenu compte en plus de la direction des vents dominants, des critères comme, la géomorpho-pédologie et le recouvrement global de la végétation. De ce fait, les sites d'observations ont été choisis suivant le gradient Nord-Est, le long d'un axe d'environ 25 km à partir de Bamba. Il a été surtout tenu compte dans la répartition spatiale des sites, la position des puits pastoraux à l'intérieur de la zone d'étude. Dans la zone d'étude, les puits jouent un rôle déterminant dans la dynamique des pâturages. La répartition de sites le long de l'axe, Nord-Est a été effectuée de façon presque systématique avec un pas de 5 km. L'ensemble des sites identifiés ont été matérialisés par des points géoreférencés. Cependant, après la localisation des sites, sur la carte topo IGN à l'échelle de 1/200 000 par la nouvelle équipe en charge du projet, il s'est avéré que des unités de formation étaient beaucoup déficitaires en sites contrairement à d'autres jugées excédentaires. Ce ci a conduit à l'installation de nouveaux sites immatriculés par la lettre A et à éliminer d'autres. Malgré cette suppression, les sites maintenus n'ont pas subi une nouvelle renumérotation ; ce qui explique la discontinuité dans leur numérotation.

De ce fait, il a été maintenu au total 17 sites d'observation et de surveillance de la végétation dans la zone de Bamba. Chaque site est assimilé à un transect d'une longueur de 1 km, matérialisé par 2 bornes géoreférencées.

Il est important de signaler l'enlèvement fréquent des piquets de bornages par les pasteurs De ce fait, pour faciliter le repérage des sites sur le terrain effectué à l'aide de GPS, il a été choisi un grand arbre comme borne de départ.

Les protocoles qui ont servi à effectuer les différentes mesures font l'objet des points ci dessous.

- **Mesure et évaluation de la biomasse herbacée**

L'évaluation de la biomasse herbacée a été effectuée sur 2 campagnes (2002, 2003) dans l'ensemble des sites d'observation et de surveillance de la végétation, soit 17 au total. Les opérations ont consisté à faire, un échantillonnage de la strate herbacée suivi de mesure et évaluation de la production de biomasse herbacée sèche.

**Echantillonnage de la strate herbacée**

Les écosystèmes des pâturages des zones d'études sont caractérisés en général par une hétérogénéité du tapis herbacé. Elle se manifeste par la présence des espaces de déflation appelés sols nus, des espaces à fort, moyen et faible couvert de végétation. De ce fait, l'approche d'échantillonnage stratifiée est la mieux indiquée pour une meilleure évaluation de la biomasse herbacée.

Pour l'étude, d'abord, la méthode d'approche consiste à faire une stratification du couvert herbacé le long d'une ligne d'un kilomètre sur chaque site. L'opération consiste à déterminer mètre par mètre, sur le long de la ligne délimitée par un ruban de 100 m, les différentes classes

de strates en fonction de la densité apparente du couvert herbacé. Cette densité est répartie en quatre classes :

- biomasse forte notée (H),
- biomasse moyenne notée (M),
- biomasse basse notée (B),
- Sol nu noté (O).

### **Evaluation de la production de biomasse sèche**

L'évaluation de la biomasse, a été effectuée sur la base d'un échantillonnage pseudo-aléatoire le long de la ligne. Il consiste à prendre 12 plots d'un mètre carré chacun répartis comme suit : 3 plots dans le couvert fort (H), 6 plots dans le couvert moyen (M) et 3 dans le couvert faible (B). Aussi, faut-il le rappeler que le maximum de plots (6) est toujours choisi dans la strate dominante et les 6 autres dans les 2 strates moins représentées. Il est important de signaler que dans les écosystèmes de la zone d'étude que le couvert moyen a toujours été dominant par rapport aux autres.

Chaque prélèvement de biomasse consiste à poser le carré (1 m x 1 m) au sol à 1 m de la ligne matérialisée par le ruban de 100 mètres. Dans chaque mètre carré (appelé plot), il est effectué des observations relatives au couvert global de la végétation, de celui des principales espèces et la liste floristique. Dans chaque plot, à l'aide d'une faucille ou d'un sécateur, toute la biomasse sur pied est coupée et mise dans un sac à creton pour la détermination du poids frais. Après séchage au soleil pendant 2 ou 3 jours, les échantillons sont pesés à l'aide d'une balance pour la détermination de la matière sèche brute. Sur les sites dominés par les pérennes comme *Panicum turgidum* et *Cyperus jeminicus*, le nombre de touffes a été recensé puis classé en touffes faibles, moyennes et fortes. Le classement est fait suivant la circonférence de touffes. Dans chaque classe de touffes, il a été coupé une dizaine de touffes pesées en vert puis séchées et pesées en sec pour la détermination de la matière sèche.

#### • **Etude de la composition et de la diversité floristique**

Comme l'échantillonnage stratifié et l'estimation de la biomasse herbacée, sur tous les sites d'observation, la composition et la diversité floristique ont été étudiées par la méthode des points quadrats (**Fig. 2b**). Pour ce faire, sur chaque site, le long du transect, à l'intérieur de toutes les parcelles unitaires d'étude de la végétation ligneuse, il a été matérialisé une ligne permanente de 50 mètres, perpendiculaire à l'azimut du transect. Toutes les mesures s'effectuent systématiquement sur cette même ligne permanente. Pour ce faire, chaque site comporte 4 lignes permanentes. Sur chaque ligne permanente, les points de lecture sont distancés de 50 cm soit 100 points de lecture sur les 50 mètres.

La méthode des points quadrats, décrite par Levy et Madden (1963 in HUBER, 1978), est une méthode de mesure de la végétation pastorale. Elle a été simplifiée et rendue plus pratique par les chercheurs du Centre d'Ecologie Fonctionnel et Evolutive (C.E.F.E) Louis EMBERGER de Montpellier (Daget et Poissonnet, 1964, 1969, 1971). Elle permet de quantifier la composition floristique, en terme de recouvrement d'un parcours, en mesurant la fréquence de toutes les espèces recensées. Ce qui est possible lorsque le nombre de points de lecture ou de mesure est très

élevée (Floret, 1988 ; Poissonnet et *al.*, 1985 ; Poissonnet et Touré, 1986 ; Daget et Godron, 1995).

Pour l'étude de la composition et de la diversité floristique par la méthode des points quadrats, les mesures sont effectuées tous les 50 cm le long d'une tige métallique descendu verticalement dans la végétation. A chaque point de lecture, on note la présence de toutes les espèces qui touchent la tige. Si aucune espèce n'est présente au point de lecture, c'est l'état de la surface du sol qui est noté : sol nu, litière. Il est possible qu'en un point de lecture, une même espèce touche la tige métallique à plusieurs niveaux de hauteur (0-20, 20-40, 40-60 cm), dans ce cas il est noté le nombre de niveaux de graduation sur la tige. Par contre, si une espèce touche plus d'une fois la tige à un même niveau de graduation, elle n'est considérée qu'à un seul contact.

### **3.3.3 Etude de la végétation ligneuse**

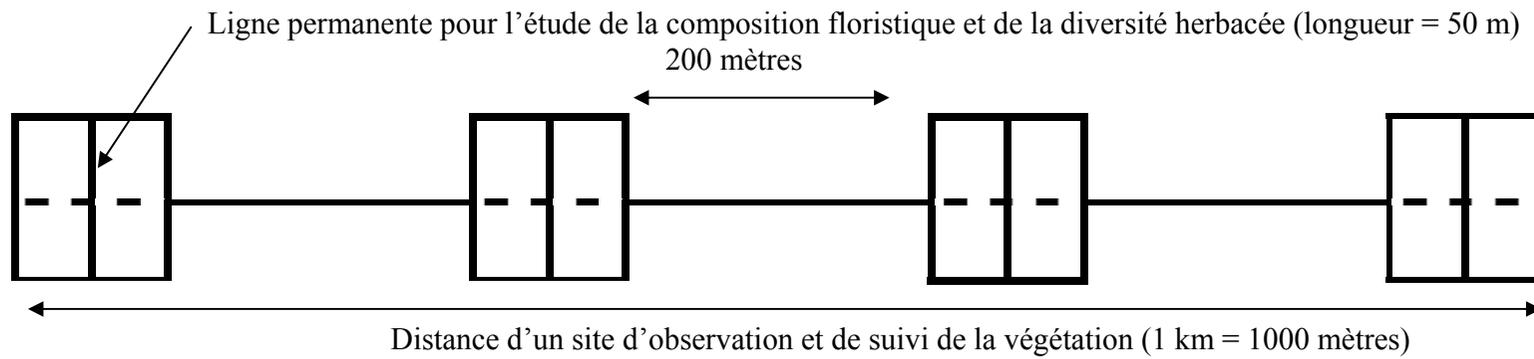
L'étude de la végétation ligneuse a été réalisée dans tous les sites d'observation. Pour ce faire, il a été choisi sur chaque site quatre placettes ayant chacune 100 mètres de côté, soit une superficie d'un hectare (**Fig. 2a**). Les placettes sont distantes de 200 mètres sur un transect de 1 000 mètres (longueur d'un site d'observation de la végétation). Les relevés ou inventaires à l'intérieur de chaque parcelle ont consisté à mesurer les paramètres dendrométriques tels que la circonférence à la base, la hauteur totale de toutes les tiges ligneuses dont la circonférence à la base est supérieure ou égale 15 cm, la longueur et la largeur de la couronne.

Les mesures de circonférence et hauteur ont été faites respectivement à l'aide d'un ruban de couturier (1,5 m) et d'une perche graduée de 5 à 6 mètres de longueur. Tous les individus de circonférence basale inférieure à 15 cm sont systématiquement comptés et considérés comme régénérations de souche. Il est aussi inventorié les anciennes et récentes souches issues des coupes d'exploitation pour évaluer la pression de l'homme sur les formations forestières. Dans chaque parcelle élémentaire, il a été aussi inventorié la régénération naturelle pour toutes les espèces rencontrées. Les résultats de l'analyse et l'interprétation des paramètres collectés sur la végétation ligneuse, dans les différents sites d'observation, sont présentés dans le chapitre IV.

### **3.3.4 Traitement des données**

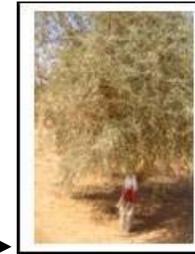
Pour le traitement des données, il a été utilisé la méthode graphique, le calcul d'indice de diversité de Shannon et Weaver et l'analyse de variance à l'aide du logiciel STAT-ITCF

**Fig.2a : Matérialisation des placettes et lignes d'étude de la composition et la diversité de la strate herbacée**

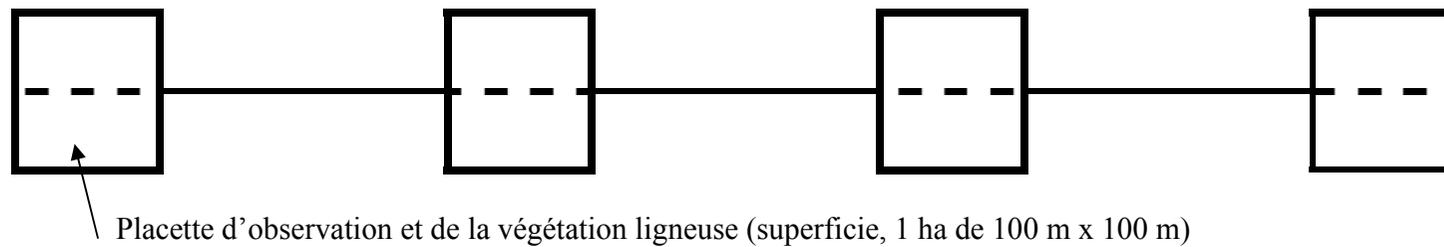


Fj

Borne limite d'un site d'observation de la végétation



**Fig. 2b : Matérialisation des placettes de suivi de la strate ligneuse sur un site d'observation**



**Figure 2 : Schéma d'un site d'observation et de surveillance de la végétation dans la zone pastorale de Bamba**

### ***3.4 Etude de l'ensablement***

L'état spatial de la zone ensablée résulte de la convergence de pratiques anthropiques locales intensives (surexploitation de la végétation par les animaux et les hommes) et de l'existence d'un substrat sableux auquel s'ajoute une importation de sable par l'harmattan en provenance de la zone végétalisée liée à l'importance de la dégradation du couvert végétal. La zone d'ensablement est donc en ce sens une résultante de la dégradation de la zone végétalisée ; elle devra donc effectuer un zonage paysager qui puisse être mis à terme en correspondance avec celui de la zone végétalisée.

Les mécanismes de transport de sables sous l'effet de l'harmattan et de la crue du Niger sont décrits au chapitre 4.3.3 ci-dessous.

Compte tenu de ces mécanismes, deux types de mesures ont été fixés pour la zone ensablée :

1/ Zonage en cinq unités paysagères homogènes (en regard de l'ensablement) selon un axe est-ouest

2/ Caractérisation de chaque unité par trois types de paramètres :

- un paramètre caractérisant le stock de sable accumulé dans cette unité,
- un paramètre de mesures de la dynamique sableuse par la vitesse d'avancée des dunes ;
- un paramètre de mesure des flux sableux transportés en période d'harmattan.

#### **• Les unités paysagères de la zone d'ensablement**

Les unités paysagères sont définies comme présentant une relative homogénéité de leur état de dégradation à partir d'observations sur :

- la morphologie et la mobilité des formations sableuses, notamment au niveau des berges du fleuve, où ces formations se trouvent en bout de chaîne du processus de dégradation (dans le sens de l'harmattan) et sont un bon intégrateur et indicateur ;
- l'importance spatiale relative des zones totalement minéralisées et des zones où subsistent des formations végétales (en générales très dégradées) ;
- l'intensité du transport des flux sableux.

Le zonage est effectué en cinq unités paysagères selon un axe est-ouest. Il reste à mieux analyser par des études fines de milieu, la correspondance entre la limite nord de ces unités et la limite sud des unités paysagères de la zone végétalisée.

Chaque unité paysagère est caractérisée par trois types de mesures :

- des mesures du stock de sable accumulé dans cette unité, par des observations de terrain (géoréférencées au GPS) et par voie satellitaire SPOT (ou photo aérienne), devant aboutir à une cartographie thématique ;
- des mesures de la dynamique sableuse : vitesse d'avancée des dunes bordières du fleuve sur une zone test par unité paysagère ;
- des mesures du flux sableux transporté en période d'harmattan à l'aide de pièges à sable situés dans les unités paysagères en amont et en aval par rapport à la direction du vent.

Ces mesures doivent être effectuées pour chaque unité paysagère si les conditions de terrain le permettent. En 2002 et 2003, les conditions de terrain n'ont pas permis d'effectuer l'ensemble des mesures dans toutes les unités (cf. les résultats des mesures) ; l'objectif à partir de 2004 est de compléter les dispositifs déjà installés de manière à couvrir au mieux l'ensemble des unités.

- **Mesure de la dynamique dunaire**

Ces mesures concernent la vitesse d'avancée des dunes bordières du fleuve perpendiculairement au rivage, sachant que cette mesure est la plus significative, la dynamique de la dune bordière intégrant les dynamiques plus en amont.

La vitesse d'avancée des dunes est mesurée en pied de dune à l'aide d'une pique verticale dont on mesure la distance au flanc de dune avec une perche graduée. Le matériel de mesure est mobile ; la localisation du site de mesure se fait par une borne en béton implantée à proximité du pied de dune et par un repérage au GPS.

La mesure est faite perpendiculairement à la ligne de pied de dune (qui est toujours parallèle à la ligne de rivage).

- **Mesure des flux sableux**

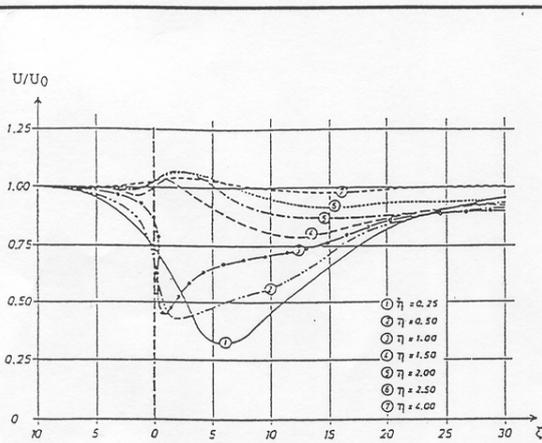
Les mesures de flux sableux sont effectuées uniquement dans la direction de l'harmattan par des pièges à sable fixes adaptés au terrain, utilisant des matériaux locaux et ne posant pas de problème d'entretien majeur (ouvrages construits sur place).

Méthode de mesure : il s'agit d'un ouvrage brise-vent de caractéristiques générales suivantes :

- Principe : utilisation de trois haies mécaniques successives en bois de hauteur un mètre et de porosité comprise entre 50 et 60 % ;
- Matériaux utilisés : bois léger (tiges de calotropis) et fil de fer pour la fabrication des haies ; bois d'œuvre pour les ancrages au sol et la fixation des haies ;
- Architecture : trois lignes successives de 6 mètres de long, espacées de 2 mètres, placées perpendiculairement au vent dominant.

L'effet de chaque ligne de haie est de diminuer la vitesse du vent et donc son potentiel de transport de sable qui varie comme le cube de la vitesse du vent (Bagnold, Kawamura).

La diminution de vitesse du vent a donc pour effet un dépôt du sable progressif après chaque ligne. Si le nombre de lignes est suffisant et la distance interlignes adaptée, l'ouvrage décharge le vent de la totalité de sa charge en sable. Il suffit de mesurer périodiquement la quantité de sable déposée dans l'ouvrage pour connaître le flux sableux transporté par unité de longueur.

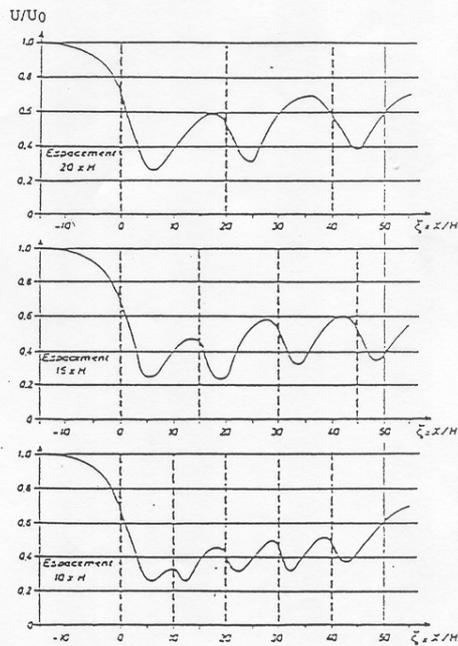


**Figure 1 :** Influence d'un brise-vent de perméabilité à 50% sur la vitesse réduite du vent à différents niveaux (d'après Nageli).

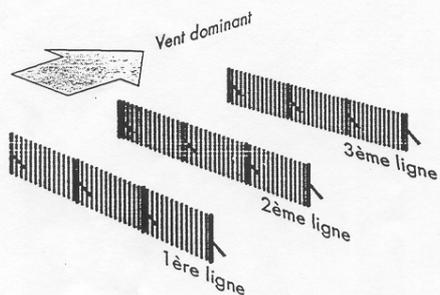
H hauteur du brise-vent  
 x distance du brise-vent  
 z altitude de la mesure  
 U<sub>0</sub> vitesse incidente du vent  
 U vitesse mesurée au point (z, x)

$\xi = \frac{x}{H}$  distance en coordonnées réduites

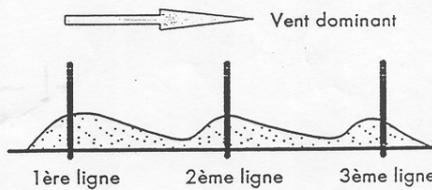
$\eta = \frac{z}{H}$  altitude en coordonnées réduites



**Figure 2 :** Effet d'une série de brise-vent de perméabilité à 50% sur la vitesse réduite du vent en fonction de leur espacement.



**Figure 3 :** Schéma de principe d'un ouvrage "piège à sable" de 3 lignes.



**Figure 4 :** Ensablement de l'ouvrage (vue de profil).

### ***3.5 Etude socio-économique des pratiques et modes d'usages des ressources naturelles***

Dans le cadre du présent projet, peu d'études ont pour l'instant été menées sur les aspects humains du processus de dégradation du milieu, hormis des analyses du foncier (Hamadoun et Gerbe, 1995). Pour contribuer à éclairer au mieux l'interface Nature/Société, vue de la société (ou des sociétés), que la présente étude a été souhaitée et organisée par les responsables de l'IER du projet CFSD « Bamba ».

Pour la perspective systémique de sa démarche et pour son intérêt scientifique relatif à la gestion des ressources naturelles, l'équipe CIRAD basée à l'Institut d'Economie Rurale du Mali s'est vue confier la mission de réaliser une analyse fine sur les perceptions, savoirs et pratiques humaines en lien avec les processus de dégradation des ressources naturelles observés par les autres équipes du projet.

Cette mission arrivant en fin de projet a été réalisée dans un laps de temps relativement court sur le terrain compte tenu de la disponibilité de l'équipe en charge. Elle a pris le parti de concentrer son effort d'investigation sur les perceptions d'acteurs, laissant pour un avenir prochain des études plus fouillées et mieux réparties sur l'année. Ces études porteront, sur les usages, les modes et pratiques d'exploitation des ressources naturelles et leurs conséquences sur l'environnement.

- **Méthode**

L'analyse des pratiques d'utilisation des ressources n'a pas pu se faire comme prévue en assemblée générale dans les villages et fraction en présence des conseils de villages ou fractions, des groupes socioprofessionnels et des organisations paysannes (hommes, femmes et jeunes) compte tenu des réalités de terrain et du temps imparti. De ce fait, il n'était pas envisageable en une semaine de réaliser un diagnostic participatif global sur l'ensemble de la commune de Bamba, afin de constituer un échantillon représentatif qui aurait permis de mener des enquêtes socio-économiques de façon « raisonnée » afin d'obtenir une vision globale et quantifiée des perceptions, savoirs et pratiques selon les catégories d'acteurs.

De ce fait, il a été adopté une méthode d'enquêtes souple, qui consiste à interroger, de façon individuelle ou collective, des acteurs du territoire de Bamba sur leurs perceptions, savoirs et pratiques de gestion des ressources naturelles. Au total 39 enquêtes ont été réalisées et ont concerné à faire :

- des entretiens avec les groupes socioprofessionnels ;
- des entretiens avec les personnes ressources.

En plus des ces entretiens, des observations des pratiques sur le terrain ont été réalisées.

- **Entretiens avec les groupes socioprofessionnels**

Ces entretiens plus spécifiques ont visé à définir les typologies locales d'utilisation des ressources (zones agricoles, sylvicoles piscicoles et pastorales) et à les localiser sur la carte. Ils

visent à identifier les lieux privilégiés pour chaque type d'utilisation et leur impacte sur la ressource et en conséquence sur l'environnement. Aussi, ils visent à déterminer les indicateurs de terrain qu'ils utilisent pour appréhender la situation écologique des lieux fréquentés. Ils permettent de définir les droits d'accès et d'usage, le principe de gestion individuel et collectif qui déterminent selon les utilisateurs, la pérennité des ressources. Ils visent aussi à déterminer les compétitions entre les usagers des ressources, les conflits qui en résultent et leur mode de règlement.

- **Entretiens avec les personnes ressources**

Il s'agit des entretiens semi-directifs menés auprès des personnes ressources (personnes ayant gardé à la mémoire l'évolution des ressources dans le temps et dans l'espace). Les questions étaient orientées sur sa situation sociale et professionnelle, ses activités, sa perception sur les usages et l'évolution des ressources ainsi que les causes et conséquences des changements observés. En outre il a été demandé à chaque personne ressource sa perception sur les perspectives d'avenir par rapport aux besoins et à la disponibilité des ressources pour les populations.

- **Observations des pratiques sur le terrain**

Elles ont permis de vérifier les informations collectées précédemment. Il s'agit de savoir où vont-ils, que font-ils, comment le font-ils, pourquoi choisissent-ils ce lieu et cette manière d'agir, avec qui rentrent-ils en compétition dans l'usage de la ressource ?

Il nous semble, au sortir d'une semaine de terrain, que nous avons pu entendre les perceptions et savoirs de bon nombre des groupes d'acteurs qui vivent et agissent sur le territoire de Bamba. Ainsi, propriétaires terriens et gens sans terre, pêcheurs, agriculteurs, éleveurs sédentaires et nomades, hommes et femmes, ont été interrogés, de même que responsables administratifs et politiques.

Les données collectées ont été analysées, sachant qu'elles devraient être recoupées, autant que possible avec celles écologiques collectées par les équipes de végétation et de l'ensablement afin de saisir les liens entre processus écologiques et perceptions d'acteurs.

### ***3.5 Etude du système foncier***

Dans le cadre ce travail, pour comprendre le fonctionnement de la dynamique des interactions entre les systèmes écologiques et les systèmes sociaux, une place de choix a été réservée à la problématique foncière.

Pour la mise en œuvre de l'étude du système foncier, il a été procédé à la délimitation du champs d'étude, à la collecte des données secondaires (étude bibliographique) et aux enquêtes sur le terrain.

- **Délimitation du champ d'étude**

Pour la délimitation du champ d'étude il a été pris en compte les principales activités socioéconomiques exercés dans le territoire de Bamba. Il s'agit de l'agriculture, de la pêche et de

l'élevage. Pour ce faire, il a été retenu deux villages (Bamba île, Kermachoy) et une zone nomade (les campements autour du puits pastorale de Inamankor). Ce champ d'étude se situe dans la zone du suivi de la végétation et de l'ensablement.

- **La collecte des données secondaires**

Pour les sources secondaires, il a été procédé à une lecture et une analyse de la documentation existante. Pour ce faire, la documentation fut scindée en deux types :

- premier type qui parle de la problématique générale du foncier ;
- deuxième type qui aborde le problème foncier dans la région de Gao et plus spécifiquement dans la zone de Bamba.

La documentation se compose en livres, rapports scientifiques et publications scientifiques.

Cette documentation a été complétée par une participation à des fora, des entretiens avec des chercheurs et spécialistes de questions foncières et environnementales.

- **Les enquêtes sur le terrain**

Pour les enquêtes, il été choisi un village Arma (Bamba île), un village Songhoy (Kermachoy) et une zone pastorale (puits de Inamankor).

Les Arma sont en général les grands propriétaires terriens et moins agriculteurs contrairement aux Songhoy qui sont des grands agriculteurs.

Dans la mesure où il existe une connaissance antérieure de la problématique foncière sur la base de la bibliographie, et que la présente étude vise plutôt un approfondissement et cherche à vérifier quelques hypothèses spécifiques, deux guides d'entretiens ouverts ont été établis. L'un pour la vérification des hypothèses et l'autre à partir de la typologie foncière. Pour ce faire, il a été choisi l'entretien ouvert ou libre qui invite le sujet (l'interviewé) à répondre de façon exhaustive, dans ses propres termes et avec son propre cadre de référence. Le but visé pour ce type d'outils est d'essayer de comprendre le contexte, les besoins, les motivations et les solutions proposées.

En amont des entretiens, les premiers contacts sont pris pour retenir le jour, le moment et le lieu de rencontre. Dans tous les cas il a été respecté la volonté des sujets. Les entretiens comme d'habitude commencent avec le "Salamaleck" qui est une salutation arabe. Après la salutation, il a été procédé à la présentation de l'équipe, du service d'où elle relève, le but de la mission. Pour éviter tout amalgame, il est expliqué aux sujets les raisons pour lesquelles ils ont été choisis et les modalités de collecte des informations qui est la prise de note. A cet égard, il est expliqué aux sujets la disponibilité de l'équipe à travailler avec eux en fonction de leur emploi de temps. Il a été porté à la connaissance de tous les sujets que rien de durable en matière de développement ne peut se faire sans une connaissance préalable des problèmes réels des populations.

Après ces formalités, les guides ont été administrés à des personnes et groupes de personnes dans les différentes localités citées ci dessus. Dans chaque village, l'échantillon interviewé est composé de chef de village et de ses conseillers, les propriétaires terriens, les personnes ressources (religieux notables) et d'opérateurs de projet. En plus de ces personnes, sont

concernés par l'interview, le Maire, le Secrétaire général de la commune et les conseillers municipaux.

Les questions contenues dans le guide d'entretien ne sont pas systématiquement posées à chacune des personnes ou chaque groupe de personnes rencontrées. Les questions sont spécifiquement choisies en fonction de la qualité de l'interviewé.

- **Le traitement des données**

Compte tenu de la nature de données collectées qui sont qualitatives, il a été utilisé la méthode d'analyse du contenu.

### ***3.6 Traitement et analyse des données***

Pour la présentation des résultats, les données relatives au climat, à la végétation, à l'ensablement et à la socio économie, les méthodes graphiques, les tableaux et l'analyse de contenus ont été utilisés et font l'objet du chapitre suivant.

## **4 RESULTATS**

Les résultats présentés ici sont relatifs successivement aux paramètres météorologiques, de la végétation, de l'ensablement et de la socio économie.

En ce qui concerne le foncier, il a fait l'objet d'un mémoire de DEA non encore soutenu. Après soutenance et correction des observations du jury, un exemplaire sera transmis au CSFD.

### ***4.1 Surveillance des paramètres météorologiques et climatiques***

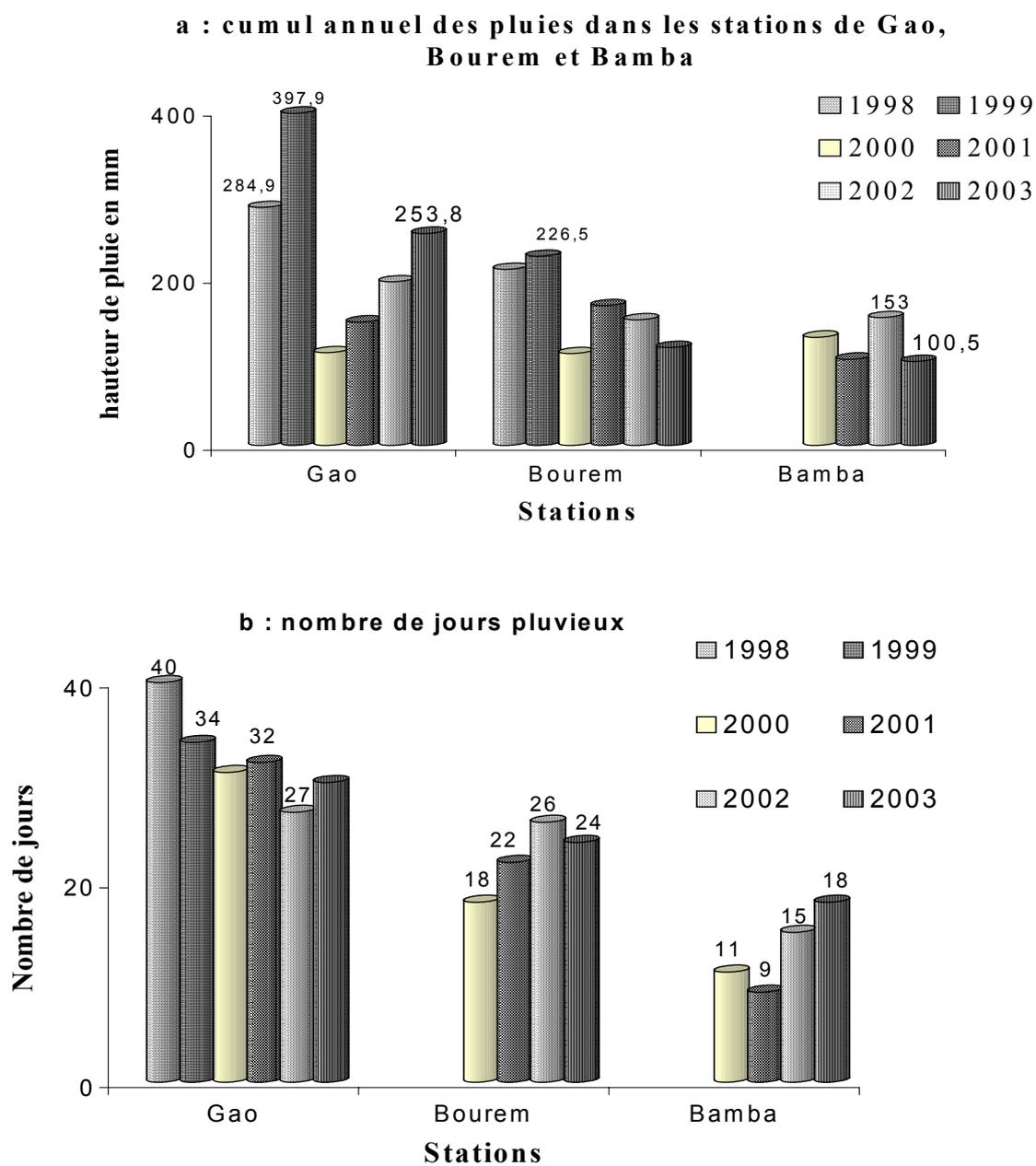
Les résultats présentés par rapport aux paramètres météorologiques et climatologiques concernent les données pluviométriques sur les stations de Gao, Bourem et Bamba. Les données relatives aux températures et à la vitesse du vent, collectées uniquement la station météorologique de Gao sur les 6 dernières années sont rapportées **en Annexe 1**.

#### **4.1.1 Cumuls annuels et nombre de jours pluvieux**

La figure 3a montre l'évolution des cumuls annuels de pluies enregistrées sur une période 6 ans à Gao et Bourem et 4 ans pour Bamba. Il ressort de l'observation et de l'analyse des données que l'année 1999 a été la plus arrosée sur les stations de Gao et Bourem avec un maximum de 397,9 mm enregistré à la station météorologique de Gao. En revanche, l'année 2000 est la plus déficitaire sur les mêmes stations avec 110,8 mm à Gao. A Bamba, durant les 4 dernières années, l'année 2002 a été la plus arrosée avec 153 mm contrairement à 2003 avec seulement 100,5 mm de pluie tombée (**cf. annexe 2**).

L'évolution de la pluviométrie au cours des ces dernières années montre que Gao est plus arrosé suivi de Bourem et Bamba où elle atteint difficilement 150 mm.

Le nombre de jours pluvieux est l'un des paramètres clés de détermination de la durée de l'hivernage mais aussi de la répartition dans le temps et dans l'espace des pluies. Sa connaissance revêt un intérêt particulier en agronomie par rapport aux spéculations et leur cycle végétatif d'une part et la production des pâturages, notamment sahélien, d'autre part. De ce fait, l'interprétation des données illustrées par la figure 3b montre une différence assez nette entre les trois sites. Sur le site de Gao, le nombre de jours de pluie entre 1998 et 2003 est compris entre 40 et 27 jours répartis en 6 mois. Sur le site de Bourem, le cumul annuel des pluies enregistrées pour la même période varie entre 26 et 18 jours. Quant au site de Bamba, les pluies tombées aux cours des quatre dernières années ont été enregistrées en 18 jours au maximum. En conséquence, la durée de la saison de pluie est la plus longue à Gao suivi de Bourem et Bamba.



**Figure 3 : Evolution de la pluviométrie et nombre de jours pluvieux dans 3 stations de l'Observatoire ROSELT de Bourem (Région de Gao)**

#### 4.1.2 Répartition par décade des pluies sur le site de Bamba

Le site de Bamba à l'instar des zones très arides est caractérisé par une répartition très irrégulière, des pluies dans le temps et dans l'espace. A cet égard, les données sur les quatre dernières années confirment ce phénomène. Elles montrent en conséquence que chaque année peut constituer un cas de figure par rapport à la répartition décadaire des pluies.

La figure 4 indique la répartition décadaire sur 4 ans, des hauteurs de pluies recueillies sur le site de Bamba. L'analyse et l'interprétation des données montrent que la répartition décadaire des pluies est très irrégulière d'une année à l'autre pour les mêmes périodes (mois). A cet égard, l'hivernage en 2000 s'est tardivement installé, au mois d'août, pour se terminer dans la deuxième décade de septembre, soit une durée moyenne 50 jours. Courant la saison, la troisième décade du mois d'août fut la plus arrosée (57 mm).

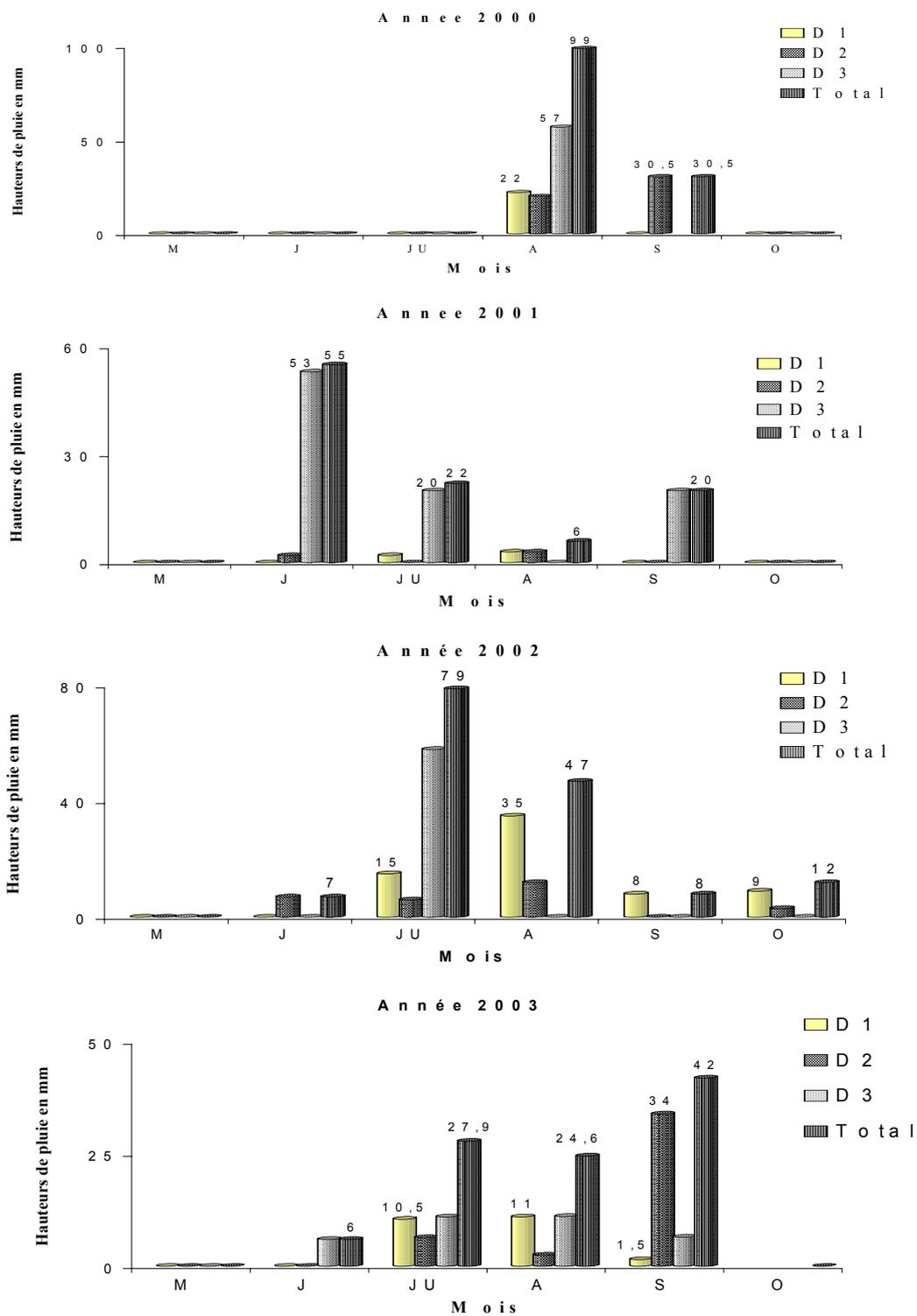
En 2001 et 2002, la saison de pluie a démarré dans la deuxième décade de juillet et s'est prolongée respectivement jusqu'en septembre et octobre. Il est important de signaler que les hauteurs de pluie les plus importantes ont été enregistrées seulement à la troisième décade du mois de juin pour 2001 (53 mm) et du mois de juillet pour 2002 (58 mm).

En 2003, la saison a démarré dans la troisième décade de juin pour se terminer dans la même décade du mois de septembre qui fut d'ailleurs la plus arrosée notamment dans la deuxième décade.

Il ressort de l'analyse et de l'interprétation des hauteurs mensuelles de pluies tombées pendant les quatre dernières années à Bamba que, août fut le mois le plus arrosé en 2000, juin en 2001, juillet en 2002 et septembre en 2003.

Il ressort aussi de l'analyse des données pluviométriques de Bamba, durant ces quatre dernières années, que la saison de pluie n'a jamais débuté au courant du mois de mai comparativement à Bourem et Gao.

Le niveau faible et l'irrégularité spatio-temporelle marquée de la pluviométrie ont une incidence sur les paramètres de la végétation qui font l'objet des résultats du sous chapitre suivant.



**Figure 4 : Evolution sur 4 ans de la pluviométrie décadaire à Bamba**  
 (NB : D1= 1<sup>ère</sup> décade ; D2 = 2<sup>ème</sup> décade ; D3 = 3<sup>ème</sup> décade)

## 4.2 Etude de la végétation et de la biodiversité

### 4.2.1 Les unités paysagères de la zone d'étude

Pour mieux cerner la diversité des paysages et effectuer une bonne répartition des sites d'observation afin de réaliser un meilleur suivi de la végétation dans la zone d'étude, il a été établie la carte des unités paysagères (cf. **figure 5**). Il ressort de l'analyse et de l'interprétation de la carte que la zone d'étude est caractérisée par une diversité des paysages. Elle se manifeste par la présence des unités de formations végétales caractérisées par une composition floristique (herbacées et ligneux) spécifique (cf. tableau 1). De ce fait, il a été identifié au total dix (10) unités paysagères. Il est attribué à chaque unité identifiée une lettre alphabétique.

- **Unité A : Formation à *Citrilus colocynthus***

Située au-dessus de la latitude 17°10', elle représente 14% de la superficie de la zone d'étude. Le sol est sableux avec un microrelief constitué essentiellement de replat dunaire. La végétation herbacée est dominée par *Citrilus colocynthus*. Les graminées y sont rares voire totalement absentes. Par endroit on rencontre *Boerhavia repens*. La strate ligneuse est dominée par *Acacia raddiana* et *Balanites egyptiaca*. Les puits pastoraux recensés sont au nombre de 2 dénommés Tintates 1 et Tintates 2. Sur cette unité se trouve un seul site d'observation codé R5. Il est envisagé dans les perspectives d'augmenter au moins le nombre de sites à 2 (ce nouveau site sera localisé au centre de l'unité).

- **Unité B : Formation à *Panicum turgidum***

Elle est la plus vaste de toutes les unités avec 23,44% de la superficie totale. Le sol, comme sur l'ensemble des sites, est sableux. Le microrelief est de type replat dunaire moyennement ondulé avec des sommets et des dépressions. La végétation herbacée est dominée par *Panicum turgidum*. En plus de cette graminée pérenne on note la présence de *Aristida mutabilis*. La strate ligneuse est dominée par *Acacia raddiana* et *Balanites egyptiaca*. Cette unité B abrite les principaux puits pastoraux de la zone d'étude dont : Inamankor, Tamayort et Ynadeskan (cf. **fig. 6**).

L'unité est caractérisée, par endroit, par le phénomène de mortalité très marqué de l'espèce *Panicum turgidum*. Les zones de fortes mortalités sont loin des points d'eau donc moins pâturées. Le phénomène s'expliquerait par le niveau faible de pression pastorale aggravée par celui de la pluviométrie surtout mal répartie. Selon les pasteurs, l'absence ou le niveau faible de pression pastorale engendre en général, la mortalité des pérennes dont *Panicum turgidum*. Biologiquement le phénomène s'expliquerait par l'inhibition de la faculté de l'espèce à rejeter de souches. La souche non broutée, se développe considérablement à tel point que le besoin en eau est supérieur à la réserve et entraîne à la longue sa mortalité. En revanche, sous l'effet du broutage, les débris de méristèmes à la souche sont actifs pour rejeter mais en plus, permet de maintenir un équilibre dynamique entre le besoin en eau du système aérien et la réserve hydrique du sol. Autrement dit, la biomasse aérienne bien lignifiée meure et couvre la partie vivante et de

ce fait prive la souche de source de rayonnement solaire, donc réduit son pouvoir photosynthétique et engendre sa mort.

Le phénomène de mortalité de *Panicum turgidum* offre de larges perspectives de recherche sur la biologie de l'espèce en particulier et d'autres pérennes en général dans la zone.

- **Unité C : Formation à *Boerhavia repens***

En marge de plaines rizicoles, l'unité C est la plus petite dans la zone d'étude avec 3% de la superficie totale. Il s'agit d'une dépression dunaire avec du sable en profondeur et une présence marquée de limon en surface ; ce qui justifierait la présence de zone de battance et de plages de déflation nettement visibles sur le terrain. Le tapis herbacé est dominé par *Boerhavia repens* avec de souches isolées de *Panicum turgidum*, surtout dans les zones de transition avec l'unité B. Les ligneux dominants sont *Acacia raddiana*, *Balanites egyptiaca* et *Mauria crassifolia*. Le site est caractérisé par la forte présence de campements nomades à cause de sa proximité du puits de Inamankor (cf. figure 7). A cause de l'abondance dominante de *Boerhavia repens*, le site est une zone pastorale par excellence.

- **Unité D : Formation à *Panicum turgidum* et *Cyperus jemicus***

L'unité D se classe au second rang après B avec 17,39% de la superficie totale.

Le sol est sableux avec un microrelief constitué de dunes fixes alternées à des plaines dépressionnaires. La strate herbacée est dominée par deux herbacées pérennes en occurrence *Panicum turgidum* et *Cyperus jemicus*. La végétation ligneuse composée de peuplement à faible densité, est dominée par *Balanites egyptiaca*. L'unité est beaucoup moins pâturée par l'absence de point d'eau. Le seul le puits de Ynadeskan permet aux nomades de faire pâturer de façon temporaire leurs bovins et petits ruminants dans un rayon de 1-6 Km.

- **Unité E : Formation à *Citrullus colocynthus* et *Boerhavia repens***

Elle occupe 4,19% de la superficie totale. Elle est l'une des unités la plus dégradée et ensablée de la zone d'étude. Cet état de dégradation s'explique par son degré d'anthropisation très élevé à cause de sa proximité du village de Bamba et de sa topographie constituée de replat dunaire vif. Sa situation au nord du fleuve Niger, notamment dans la direction des vents dominants, lui confère une plus grande contribution à la formation des dunes de Bamba et le long du fleuve. Elle se présente comme la source potentielle d'approvisionnement des formations dunaires existantes. Il y a deux ans, le tapis herbacé était constitué presque uniquement de *Citrullus colocynthus* qui est une espèce indicatrice de forte pression humaine et animale, et en conséquence de dégradation et de désertification. A cause de la faible pluviométrie de 2003, l'unité a totalement basculé dans la catégorie des formations végétales à couverture et production herbacée nulle. La strate ligneuse y est dominée par *Acacia raddiana*.

- **Unité F : Formation lâche à *Panicum turgidum***

Cette formation occupe les 12,45% de la superficie totale et se place au quatrième rang des unités paysagères. Comme l'unité C, elle est dans une dépression dunaire avec du sable en profondeur et une présence marquée de limon en surface. La présence du limon en surface

explique l'existence du phénomène de battance et des plages de déflation nettement visibles sur le terrain. Ce phénomène de battance expliquerait la forte sensibilité de l'unité à la dégradation notamment du couvert végétal dominé dans la strate herbacée par des touffes lâche de *Panicum turgidum* et celle ligneuse par *Acacia raddiana* et *Mauritia crassifolia*.

- **Unité G : Formation à *Cyperus jeminicus* et *Boerhavia repens***

Elle représente 5,20% de la superficie totale. Le sol est sableux sur un microrelief ondulé avec une alternance de dunes fixes et de plaines dépressionnaires. Les dépressions dunaires sont caractérisées par un sol sablo limoneux en surface avec présence çà et là des plages de déflation. Le tapis herbacé est dominé par *Cyperus jeminicus* sur les dunes et *Boerhavia repens* dans les dépressions. La strate ligneuse à densité très faible est dominée par *Acacia raddiana*, *Mauritia crassifolia* et *Balanites egyptiaca*.

- **Unité H : Formation à *Acacia raddiana***

Elle occupe les 6 % de la superficie totale et est caractérisée par un sol sableux sur un replat dunaire vif. La végétation herbacée y est presque absente. La strate ligneuse est essentiellement dominée par *Acacia raddiana* associé par endroits à *Balanites egyptiaca*. Ces espèces, à cause des effets la forte pression humaine et pastorale, conjugués à ceux climatiques constituent une végétation totalement rabougrie.

- **Unité I : Formation dunaire vive**

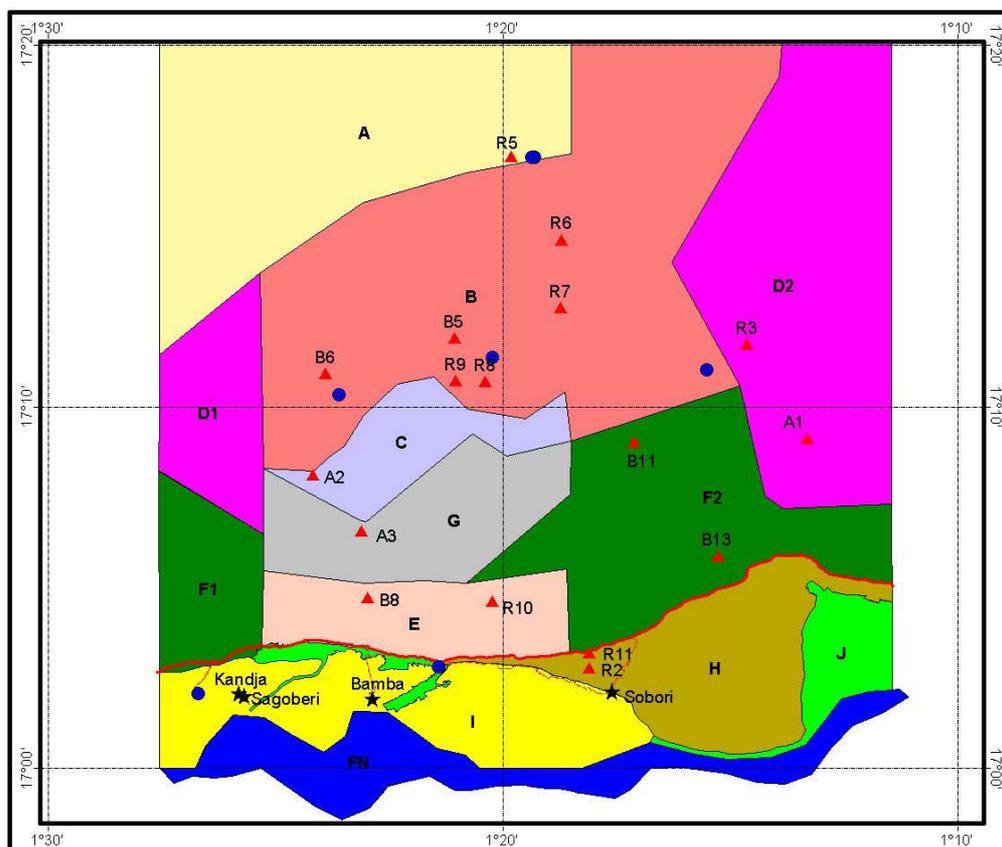
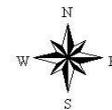
Elle est l'unité qui témoigne le phénomène de dégradation et de la désertification, sans précédent dans la zone de Bamba. Elle justifie l'urgence de cette étude dans la commune de Bamba car avec 6,79% de la superficie totale, soit 9040 ha, l'unité I serait, sans le phénomène d'ensablement, une plaine inondable donc alors, une haute potentialité rizicole de réaliser des aménagements hydro agricoles. Elle constitue aujourd'hui une véritable menace pour le fleuve Niger en général et les plaines rizicoles en particulier. Pour un environnementaliste l'on se pose la question si l'unité n'est – elle pas en passe du seuil d'irréversibilité de dégradation ?

- **Unité J : Plainnes rizicoles**

Elle est la plus petite unité avec moins de 3% de la superficie totale. Ces plaines rizicoles constituent l'espoir des populations riveraines de la zone pour un développement socio-économique durable. Elle assure la production agricole grâce à des aménagements hydro agricoles réalisés par les différents projets et ONG qui interviennent dans la zone. Parmi les intervenants il faut citer entre autres le projet d'Appui pour le Développement (PADL) qui a réalisé des investissements énormes dans plusieurs volets.

Les caractéristiques des différentes unités sont détaillées et rapportées dans le tableau 1. C'est dans les unités paysagères que sont localisés les sites d'observations et de surveillance de la végétation. A cet égard, il a été effectué 2 campagnes de mesure pour la végétation herbacée et une pour la végétation ligneuse. Les résultats obtenus sont interprétés dans les sous chapitre suivant.

Carte des unités paysagères et localisation des sites d'observation écologiques dans la zone pastorale de Bamba (Cercle de Bourem)



Echelle Kilomètres

#### LEGENDE

- ★ Villages
- Puits
- ↗ Route nationale Gao - Tombouctou
- ↘ Pistes
- ▲ Sites d'observation
- Unités paysagères**
- A : Unité à *Citrullus colocynthis*
- B : Unité à *Panicum turgidum*
- C : Unité à *Boerhavia repens*
- D : Unité à *Panicum turgidum-Cyperus jemicinus*
- I : Dune vive
- E : Unité à *Citrullus colocynthis-Boerhavia repens*
- F : Unité lâche à *Panicum turgidum*
- FN : Fleuve NIGER
- G : Unité à *Cyperus jemicinus-Boerhavia repens*
- J : Plaine rizicole
- H : Unité à *Acacia raddiana*



Projet CSFD

Source : Relevé GPS Août 2003  
Préparée par K. DIALLO

Figure 5 : Carte des unités paysagères et localisation des sites d'observations écologiques dans la zone pastorale de Bamba

Variables Unités paysagères	Type d'unité Paysagère	Superficie (en ha )	% superficie totale	Type de sol	Faciès Géomorphologie	Principales espèces herbacées	Principales espèces Ligneuses
A	Formation à <i>Citrullus colocynthus</i>	18 564,28	14	Sableux	Replat dunaire	<i>Citrullus colocynthus</i> <i>Boerhavia repens</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i> <i>Acacia raddiana</i>
B	Formation à <i>Panicum turgidum</i>	31 224,31	23,44	Sableux	Replat dunaire	<i>Panicum turgidum</i> <i>Aristida mutabilis</i>	<i>Acacia raddiana</i> <i>Balanites aegyptiaca</i>
C	Formation à <i>Boerhavia repens</i>	4 122,45	3	Sableux	Dépression dunaire	<i>Boerhavia repens</i> <i>Citrullus colocynthus</i>	<i>Acacia raddiana</i> <i>Balanites aegyptiaca</i>
D	Formation à <i>Panicum turgidum</i> et <i>Cyperus jeminicus</i>	23 158,80	17,39	Sableux	Dunes fixes	<i>Panicum turgidum</i> et <i>Cyperus jeminicus</i>	<i>Acacia raddiana</i> <i>Balanites aegyptiaca</i>
E	Formation à <i>Citrullus colocynthus</i> Et <i>Boerhavia repens</i>	5 581,65	4,19	Sableux	Replat dunaire vif	néant	<i>Acacia raddiana</i> <i>Balanites aegyptiaca</i>
F	Formation lâche à <i>Panicum turgidum</i>	16 580,72	12,45	Sableux	Dépression dunaire	<i>Panicum turgidum</i> <i>Aristida mutabilis</i>	<i>Acacia raddiana</i> <i>Mauria crassifolia</i>
G	Formation à <i>Cyperus jeminicus</i> et <i>Boerhavia repens</i>	6 953,72	5,20	Sableux	Microrelief ondulé à dunes fixe et dépression dunaire	<i>Cyperus jeminicus</i> et <i>Boerhavia repens</i>	<i>Acacia raddiana</i> <i>Balanites aegyptiaca</i>
H	Formation à <i>Acacia raddiana</i>	8 020,50	6,00	Sableux	Replat dunaire vif	néant	<i>Acacia raddiana</i> <i>Mauria crassifolia</i>
I	Formation, dunaire vive	9 040,09	6,79	Sableux	Dunes vives	néant	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>
J	Plaines rizicoles	3 388,71	2,54	Limono sableux	Plaines alluviales		
Fleuve		6 843,79	5,00		Eau		
Total		133 479,02	100				

Tableau 1 : caractéristiques des unités paysagères de la zone d'étude

#### 4.2.2 Etude de la végétation herbacée

Il a été effectué, sur deux années consécutives (2002-2003), des relevés quantitatifs et qualitatifs, de paramètres ou variables de la strate herbacée afin de mieux cerner l'impact de la pression humaine et animale sur la ressource et mettre en évidence des indicateurs biophysiques de dégradation du milieu. Parmi les variables mesurées il faut citer entre autres, la composition et la diversité floristique, le recouvrement de la strate herbacée et la production de biomasse sèche. Pour mettre en évidence l'impact du degré d'anthropisation sur les ressources naturelles (pastorales et forestières), les sites d'observation, en fonction de leur localisation par rapport au fleuve, peuvent être repartis en trois zones écologiques à savoir : la zone Sud Haoussa, le centre Haoussa et le Nord Haoussa.

La zone Sud-Haoussa est constituée de sites situés environ à 1-9 kilomètres au nord du fleuve Niger. Quant au Centre Haoussa, il s'agit des sites situés à 9-18 kilomètres au nord du fleuve. Concernant la troisième zone, le Nord Haoussa, il s'agit des sites situés à 18-25 kilomètres du fleuve.

- **Recouvrement global de la strate herbacée**

Il a été effectué une analyse de variance seulement pour le résultat de la campagne 2003 à cause du nombre de lignes de mesure jugé faible au cours de la campagne précédente (2 lignes), fut doublé et ramené à 4 répétitions pour chaque site d'observation.

Les variables comme le recouvrement global de la végétation herbacée, l'indice de la biodiversité, et la proportion du sol nu sont des indicateurs pertinents de dégradation du milieu. Les résultats de l'analyse de variance effectuée sur ces variables sont rapportés dans le **tableau 2**.

Il ressort de l'interprétation de ces résultats que les sites d'observation présentent une différence hautement significative, au seuil de probabilité 5% ( $P < 0,01$ ) en ce qui concerne le recouvrement global de la strate herbacée pour l'année 2003. Après le test de Newman-Keuls, les sites qui constituent un même groupe statistiquement homogène sont suivis d'une même lettre. Au total, 4 groupes de sites ont été discriminés (A, B, C et D).

Au regard des résultats de l'analyse statistique, excepté le site B13, tous les sites situés dans la zone sud haoussa constituent un groupe homogène avec un recouvrement nul de la strate herbacée. Ils constituent le dernier groupe (groupe D) sur les 4 discriminés. L'absence du couvert herbacée observé au cours de la campagne 2003 pourrait s'expliquer par l'aggravation de la dégradation à cause du phénomène persistant de l'ensablement et le niveau faible de la pluviométrie. Le phénomène d'ensablement résulte, lui-même, de la forte pression humaine et animale, sur les ressources, dans des conditions pluviométriques précaires. Les sites concernés sont localisés tous dans des unités paysagères très sensibles à la dégradation à cause leur géomorphologie constituée de replat dunaire vif, mais aussi de leur accès facile du à leur localisation non loin du fleuve Niger et du village de Bamba.

Le troisième groupe (groupe C) est constitué par les sites dont le recouvrement est presque en déca de 50%. Il s'agit des sites R9, R8, R5, B13 et A1. Ils sont caractérisés par leur proximité par rapport aux points ou sources d'eau ou de campements nomades quel que soit leur zonage écologique. Comme précédemment, les sites du présent groupe sont aussi localisés sur des unités paysagères à morphe pédologie, constituée de replats dunaires, de dunes fixes ou de dépression

dunaires à sol battant. IL s'agit aussi des sites qui sont soumises à la forte pression humaine notamment pastorale.

Quant au premier groupe (groupe A), il est constitué par les sites A2, B11 et R6. Ils sont caractérisés par un taux élevé du recouvrement du tapis herbacé (76 à 83%). Le taux élevé du recouvrement global de la végétation herbacée sur ces sites s'expliquerait par leur éloignement des points d'eau et en conséquence le niveau faible de la pression pastorale.

Quant à valeur pastorale, calculé ici sur la base de l'indice spécifique de qualité fourragère et le recouvrement de chaque espèce, le résultat d'analyse est similaire au recouvrement global de la végétation herbacée.

Par rapport à la fréquence du sol nu, considéré comme un indicateur biophysique pertinent de dégradation du milieu, l'analyse de variance effectuée donne le résultat contraire de celle faite sur le recouvrement global de la strate herbacée. De ce fait, le regroupement des sites par groupe statistiquement homogène est fait dans l'ordre inverse. A cet égard, le dernier groupe homogène par rapport au recouvrement global du tapis herbacé constitue le premier groupe en ce qui concerne la proportion du sol nu.

Les différences observées par rapport au recouvrement global de la strate herbacée dans les sites après deux campagnes de mesure (2002 et 2003) sont illustrées par la **figure 6**. L'analyse des données permet de constater que le recouvrement de la strate herbacée dans la presque totalité des sites d'observation a régressé en 2003. La diminution du couvert est la plus marquée sur les sites localisés dans la zone sud Haoussa, suivi de ceux du centre Haoussa et relativement faible dans la zone Nord Haoussa.

Dans chaque zone (Nord, Centre et Sud Haoussa), les sites dans lesquels on observe une forte baisse du couvert voir même nulle sur les deux ans sont ceux situés non loin de points d'eau, et/ou de campement, du village. Cette baisse marquée et graduelle du recouvrement global du tapis herbacé, le long de l'axe sud-nord détermine un gradient d'anthropisation plus élevé du sud vers le nord du à la présence du fleuve et des villages. Le couvert global de la végétation est déterminé par la contribution des espèces.

Les résultats relatifs à la composition floristique et à la contribution au recouvrement de la strate herbacée des espèces font l'objet du sous chapitre suivant.

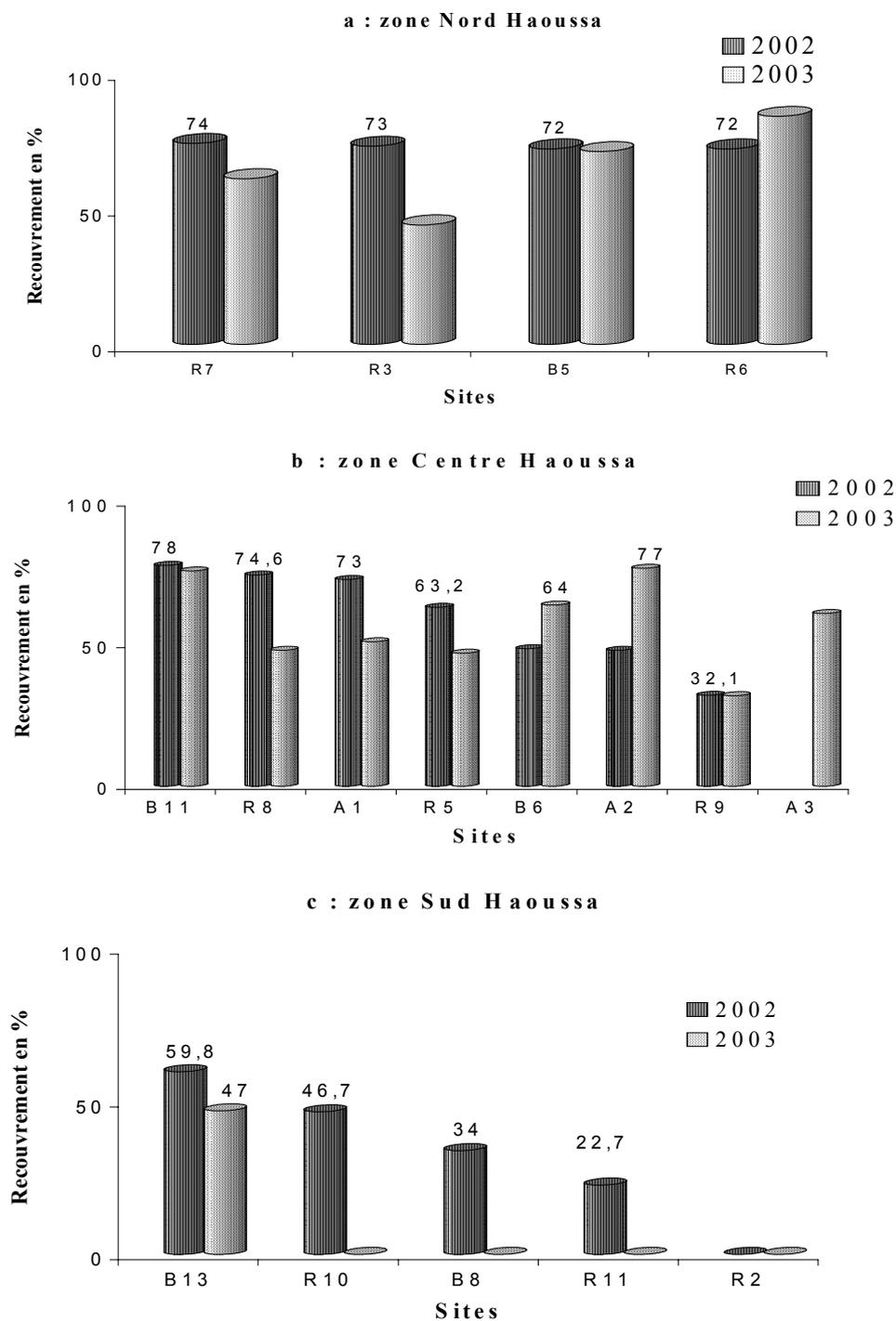
- **Composition floristique et contribution des espèces au recouvrement de la strate herbacée**

#### **Composition et richesse floristique de la strate herbacée**

Le tableau 3 rapporte la composition floristique et la contribution des espèces au recouvrement global de la strate herbacée dans les sites d'observation de la végétation dans la zone pastorale de Bamba. A la lecture du tableau, pour l'ensemble des sites, les relevés de végétation de la strate herbacée ont permis de recenser 17 espèces au total.

Il ressort de l'analyse des données relatives à l'évolution, sur deux ans, de la richesse floristique que le nombre de taxons a globalement diminué sur les sites d'observation. Cette baisse de la

richesse floristique dans le temps est plus marquée, voire critique, dans la zone Sud Haoussa que le Centre et Nord Haoussa, excepté le site R5 où elle a régressé de moitié (cf. tableau 3).



**Figure 6 : Evolution sur 2 ans du recouvrement global de la végétation herbacée des sites d'observation dans la zone pastorale de Bamba**

**Tableau 2 : Variation de quelques indicateurs biophysiques de dégradation de la strate herbacée et la contribution des espèces au recouvrement herbacé dans les sites d'observation de la végétation dans la zone pastorale de Bamba**

Variables	Indicateurs de dégradation du milieu				Contribution des principales espèces au recouvrement de la végétation							
	Sites d'observation	IDV	REC	SN	VP	ARMU	BOER	CENB	CITC	CYPJ	GISP	PANC
A1	1,45 AB	50,50 C	49,50 B	43,05 C	2,60 C	26,05 C	0,00 B	1,3 B	21,55 B		48,70 A	
A2	0,57 CD	77,25 A	22,75 D	73,08 A	0,65 C	84,80 A	0,00 B	14,37 B	0,00 C	0,00 C	0,32 D	
A3	1,00 C	61,00 B	39,00 C	59,35 B	0,00 D	56,47 B	0,00 B	2,13 B	40,88 A	0,63 B	0,00 D	
B5	1,78 A	70,00 B	29,50 C	59,63 B	40,97 B	28,25 C	0,00 B	2,63 B	0,00 C	11,77 A	16,53 B	
B6	1,77 A	64,00 B	36,00 C	53,10 B	9,45 C	40,95 B	0,35 B	0,75 B	0,00 C	11,50 A	37,17 B	
B8	0,00 D	0,00 D	100 A	0,00 D	0,00 D	0,00 D	0,00 B	0,00 C	0,00 C	0,00 C	0,00 D	
B11	1,53 AB	76 A	24,00 D	74,05 A	52,4 B	35,35 B	1,40 B	1,00 B	0,00 C	0,30 B	6,80 C	
B13	0,80 CD	46,75 C	46,92 B	49,25 C	65,2 A	28,10 C	0,40 B	0,00 C	0,00 C	0,00 C	0,00 D	
R2	0,00 D	0,00 D	100 A	0,00 D	0,00 D	0,00 D	0,00 B	0,00 C	0,00 C	0,00 C	0,00 D	
R3	1,22 BC	44,25 C	55,75 B	38 C	4,85 C	27,73 C	0,90 B	0,00 C	2,05 B	1,35 B	63,3 A	
R5	0,58 CD	47,25 C	52,75 B	45,03 C	0,00 D	88,10 A	0,00 B	11,95 B	0,00 C	0,00 C	0,00 D	
R6	1,20 BC	83,50 A	16,50 D	81,97 A	74,27 A	12,38 C	4,57 A	0,00 C	0,00 C	0,00 C	8,88 C	
R7	1,48 AB	61,00 B	39,00 C	59,35 B	36,78 B	50,25 B	0,00 B	0,60 B	0,00 C	0,00 C	12,55 C	
R8	1,60 AB	48,00 C	52,00 B	40,00 C	9,55 C	25,67 C	0,00 B	10,45 B	0,00 C	1,97 B	52,55 A	
R9	0,98 BC	31,75 C	68,25 B	26,45 C	1,17 C	22,00 C	0,00 B	40,47 A	0,00 C	0,00 C	36,47 B	
R10	0,00 D	0,00 D	100 A	0,00 D	0,00 D	0,00 D	0,00 B	0,00 C	0,00 C	0,00 C	0,00 D	
R11	0,00 D	0,00 D	100 A	0,00 D	0,00 D	0,00 D	0,00 B	0,00 C	0,00 C	0,00 C	0,00 D	
Moyenne générale	0,94	44,81	54,82	41,19	17,52	30,95	0,45	5,04	3,79	1,62	16,66	
Ecart type ( $\sigma$ )	0,30	12,45	12,76	12,86	9,39	14,97	1,01	11,71	7,93	3,06	12,8	
Probabilité calculée au seuil de 5 %	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	
Signification au seuil de 5 %	H.S	H.S	H.S	H.S	H.S	H.S	H.S	H.S	H.S	H.S	H.S	

**NB** : Les sites suivis d'une même lettre constituent un groupe statistiquement homogène suivant le test de Neuxman-Keuls

IDV = Indice de diversité ; REC = recouvrement ; SN = sol nu ; VP = valeur pastorale ; ARMU = *Aristida mutabilis* ; BOER = *Boerhavia repens* ; CENB = *Cenchrus biflorus* ; CITC = *Citrullus colocynthus* ; CYPJ = *Cyperus jemicus* ; GISP = *Gisekia pharnacioides* ; PANC = *Panicum turgidum*

**Tableau 3: Composition floristique et contribution des espèces au recouvrement de la strate herbacée dans les sites d'observation de la végétation dans la zone pastorale de Bamba**

ESPECES	<i>a : zone Nord Haoussa</i> 18-25 km du fleuve				<i>b : zone Centre Haoussa</i> 9-18 km du fleuve								<i>c : zone Sud Haoussa</i> 0-9 km du fleuve				
	R6	B5	R7	R5	R8	A1	B11	B6	R9	R3	A2	A3	B13	R11	R10	B8	R2
Aristida mutabilis (gr)	+++++	+++++	++++	+	+	+	+++++	+	+	+	+	0	+++++	0	0	0	0
Aristida sieberiana (gr)	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boerhavia repens	++	+++	+++++	+++++	+++	+++	++++	+++++	+++	+++	+++++	+++++	+++++	0	0	0	0
Cenchrus biflorus (gr)	+	+	+	0	0	+	+	+	0	+	+	0	+	0	0	0	0
Cenchrus prieuri (gr)	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Citrullus colocynthis	0	+	+	++	++	+	+	+	++	+	++	+	0	0	0	0	0
Cyperus jemicus	0	0	0	0	0	+++	0	0	0	+	0	+++++	0	0	0	0	0
Dactyloctenium aegyptium (gr)	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
Eragrostis tremula (gr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
Euphorbia aegyptiaca	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbia hirta	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gisekia pharnacioides	+	++	+	+	+	+	+	++	+	+	0	+	+	0	0	0	0
Heliotropium indicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
Indigofera aspera	0	0	0	0	0	0	+	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0
Panicum turgidum (gr)	+	++	++	0	+++++	+++++	+	++++	+++++	+++++	+	0	0	0	0	0	0
Schoenefeldia gracilis (gr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
Tragus berteronianus (gr)	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
<b>Facies</b>	<b>Rd</b>	<b>Rd</b>	<b>Rd</b>	<b>Rd</b>	<b>Rd</b>	<b>Df</b>	<b>Dd</b>	<b>Rd</b>	<b>Rd</b>	<b>Df</b>	<b>Dd</b>	<b>Df</b>	<b>Dd</b>	<b>Rdv</b>	<b>Rdv</b>	<b>Rdv</b>	<b>Rdv</b>
<i>Nombre espèce 2002</i>	8	7	10	8	9	10	11	6	7	8	6		17	18	13	5	0
<i>Nombre espèce 2003</i>	6	7	7	4	6	7	10	7	5	7	5	4	10	0	0	0	0
<i>Nombre graminées 2003</i>	3	3	3	1	3	3	5	3	2	4	2	1	6	0	0	0	0
<i>PPE (km)</i>	7	7	6,5	0,5	1	6	5,5	1	2	5,5	4,5	6,5	5	1	5	5	1
<i>PCV (km)</i>	5	5	6,5	1	0,5	1,5	4	0,6	1,5	5	0,3	5	2	1	1	5	1
<i>Pression pastorale</i>	2	2	1	5	5	3	3	5	4	3	4	3	5	5	5	5	5
<b>Indice de diversité 2002</b>	<b>2,1</b>	<b>1,8</b>	<b>1,75</b>	<b>0,9</b>	<b>1,85</b>	<b>2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,25</b>		<b>1,1</b>	<b>*</b>	<b>1,8</b>	<b>0,95</b>	<b>0,85</b>	<b>0,45</b>	<b>0</b>
<b>Indice de diversité 2003</b>	<b>1,2</b>	<b>1,78</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,45</b>	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,23</b>		<b>0,6</b>	<b>1</b>	<b>0,8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Code de pression pastorale : 5 = sur pâturé ; 4 = très fortement pâturé ; 3 = fortement pâturé ; 2 = moyennement pâturé ; 1 faiblement pâturé

Code de faciès du milieu : Dd = dépression dunaire ; Rd = replat dunaire ; Df = dune fixe ; Rdv = replat dunaire vif

Code de proximité : PCV = proximité campement et/ou village ; PPE = proximité point d'eau ou source d'eau

De ce fait, dans le sud Haoussa, sur les 4 sites caractérisés par la présence de la végétation herbacée, le nombre d'espèces recensées en 2002 varie de 18 à 5 selon le site. Dans le site R2, durant les deux ans, il n'a été relevé aucune espèce.

Au cours des relevés de végétation en 2003, excepté le site B13 où le nombre de taxon a baissé de 17 à 10 (soit 41 % de perte), aucune espèce n'a été recensée sur les autres sites, donc une richesse floristique nulle.

Dans le Centre Haoussa, le nombre d'espèces recensées en 2002 variait de 11 à 6 selon les sites d'observation. En 2003, la richesse floristique herbacée déterminée sur les mêmes sites a varié entre 10 et 4.

Dans la zone du Nord Haoussa, en 2002, la richesse floristique herbacée déterminée sur les sites a varié entre 10 et 7. En 2003, cette richesse a varié dans les sites de 7 à 4.

Du point de vue composition floristique, les graminées représentent 53% et les autres espèces 47 % dont une seule légumineuse.

La baisse critique de la richesse floristique, en l'espace d'un an, sur la presque totalité des sites dans le Sud Haoussa, caractérisés surtout par une géomorphologie dominée par les replats dunaires vifs, pourrait s'expliquer par :

- l'aggravation évoquée ci dessus de la dégradation du milieu à cause du phénomène persistant de l'ensablement ;
- l'effet conjugué de la forte pression humaine et animale sur les ressources, notamment herbacée et le niveau très faible de la pluviométrie encore mal répartie dans le temps et dans l'espace.

L'installation tardive de l'hivernage, marquée par des niveaux faibles des pluies enregistrées et mal réparties dans les temps et dans l'espace, a des incidences néfastes sur la germination et l'installation de la végétation herbacée singulièrement les annuelles.

Faut-il le rappeler que courant campagne 2003, après l'installation de l'hivernage en juillet jusqu'à la date du 15 septembre (date à partir de laquelle beaucoup de graminées annuelles bouclent leur cycle végétatif dans la zone), les grandes pluies enregistrées journalière ment sont comprises entre 6 et 10mm et sont espacées de 7 à 8 jours non pluvieux ou secs. Un tel scénario au niveau des sites fortement ensablés, ne favorise guère la germination des graines même s'il existe un stock viable important dans le sol.

Avec le phénomène d'évapotranspiration élevé, surtout dans une zone, où le niveau maxi de température même en août peut varier entre 36 et 40°C, les phénomènes suivants peuvent se produire :

- la pourriture des graines dans le sol due à un déficit hydrique du sol, après enclenchement du processus de germination suite à une petite pluie.
- l'absence de germination dû, soit au faible niveau de pluie enregistrée ne permettant nullement d'enclencher l'induction germinative des graines, soit à l'épaisseur de la couche de sable qui recouvre les graines et ne permettant pas en conséquence aux faibles pluies de leur atteindre dans le sol ;

- la mortalité des jeunes pousses d'herbe à cause du niveau faible des pluies et leur mauvaise répartition dans le temps (faibles pluies intercalées de 6 voire plus de 10 jours).

La même explication est valable pour le site R5 à cause de sa similarité aux sites du Sud Haoussa du point de vue géomorphologie (replat dunaire), forte pression humaine et animale à cause de sa proximité des puits pastoraux de Tintates (environ 500 mètres) et des campements nomades.

### **Contribution des espèces au recouvrement global de la strate herbacée**

Quant à la contribution des espèces au recouvrement global de la strate herbacée, il ressort de l'observation et de l'analyse des données rapportées dans le tableau 3 que seul le site B13, dans la zone Sud Haoussa, est marqué par la présence d'espèces. Sur un effectif de dix espèces recensées au cours des relevés de 2003, dominent seulement deux taxons dont *Aristida mutabilis* et *Boerhavia repens*. Ils contribuent chacun à plus de 40% au recouvrement global. Quant aux autres sites ils sont caractérisés par une absence totale de la végétation herbacée et en conséquence un recouvrement quasiment nul de la strate herbacée.

Dans la zone Centre Haoussa, la strate herbacée est dominée plus par l'espèce *Panicum turgidum*, suivi de *Boerhavia repens*. A cet égard, elles contribuent à plus de 40 % au recouvrement global de la strate herbacée dans 5 sites sur un total de 8, soit 62% des sites. L'abondance dominante de l'espèce *Panicum turgidum* dans la plupart des sites dans le Centre Haoussa pourrait s'expliquer par la pression pastorale sur les sites à cause de la présence de 3 grands puits pastoraux (Fig.7) qui, si l'on peut se le permettre déterminent la dynamique des ressources pastorales et de l'espace dans la zone.

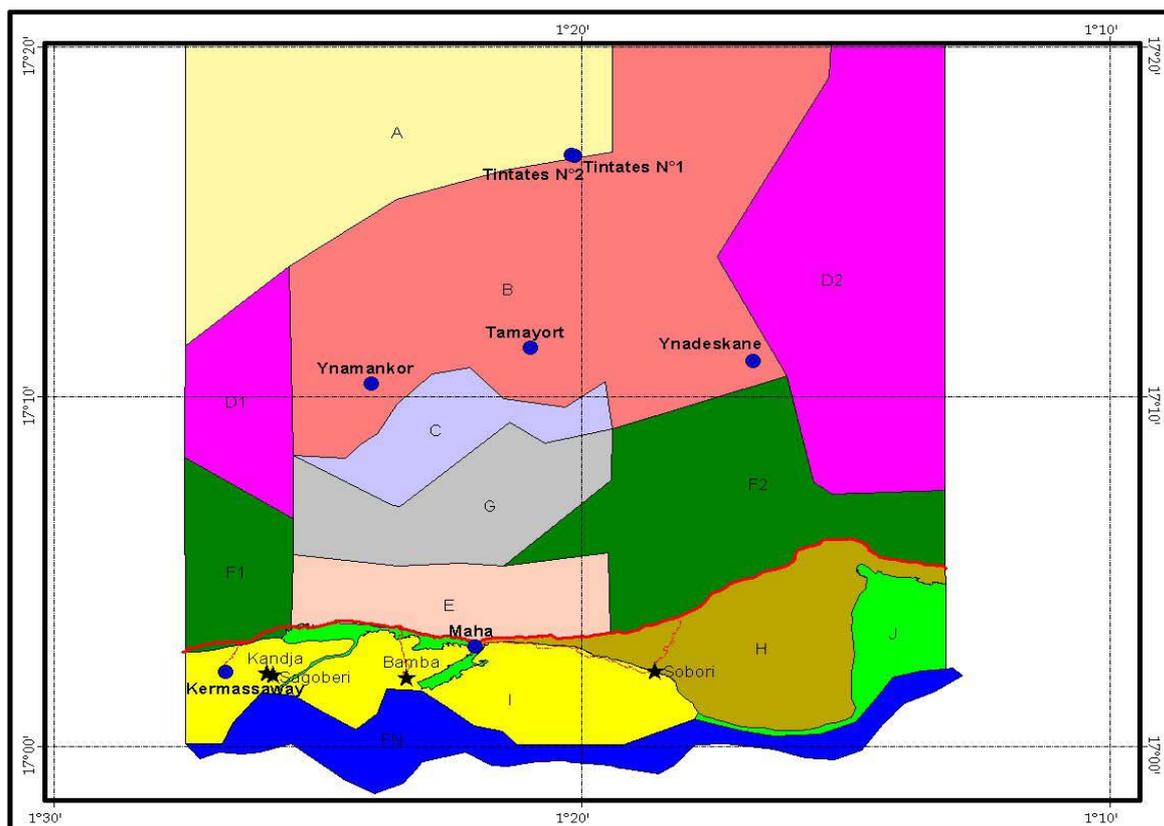
Selon les pasteurs, lors des enquêtes socio-économiques, l'absence ou le niveau faible de pression pastorale engendre en général, la mortalité des pérennes dont *Panicum turgidum*. Biologiquement le phénomène s'expliquerait par l'inhibition, de la faculté de l'espèce à rejeter les repousses à la souche. La souche non broutée, se développe considérablement à tel point que le besoin en eau est supérieur à la réserve et entraîne à la longue la mortalité. En revanche, sous l'effet du broutage, les débris des méristèmes à la souche sont actifs pour rejeter mais en plus, il permet de maintenir un équilibre dynamique entre le besoin en eau du système aérien et la réserve hydrique du sol.

Il a été observé sur le terrain au cours des relevés de végétation une forte germination naturelle de l'espèce sur les anciens sites de campement nomade et dans les avoisinants des puits. Ce ci s'explique par l'ensemencement des graines dans le sol (notamment sableux) ameubli sous l'effet du piétinement des animaux.

Quant à *Boerhavia repens*, elle est une espèce fourragère par excellence et les animaux y contribuent beaucoup à sa dissémination dans les parcours. De ce fait, se classe dans le groupe des espèces zoochores.

Dans le Nord Haoussa, la strate herbacée est plutôt dominée par *Aristida mutabilis* et *Boerhavia repens* et contribuent en occurrence chacun à plus de 40 % au recouvrement global de la végétation herbacée.

**CARTE DE LOCALISATION DE PUIITS  
DANS LA ZONE PASTORALE DE BAMBA ( Cercle de Bourem )**



Echelle: 6 Kilomètres

**LEGENDE**

- ★ Villages
- Puits
- ↗ Route nationale Gao - Tombouctou
- ↘ Pistes
- Chaque lettre alphabétique correspond à une unité paysagère

Projet CSFD  
Source: Relevés GPS août 2003, Laboratoire  
Sol-Eau-Plante (Labo SEP) de Sotuba-IER-BAMAKO.  
Réalisation: Kadiatou DIALLO

**Figure 7 : Localisation des puits dans la zone pastorale de Bamba**

Il ressort du résultat de l'analyse de variance effectué sur la contribution des espèces au recouvrement de la strate herbacée, que les sites d'observation sont différents de façon hautement significative au seuil de probabilité 5 % ( $P < 0,01$ ) par rapport à une même espèce. Les résultats de l'analyse sont rapportés dans le tableau 2 ci dessus.

La richesse floristique et la fréquence des espèces dans une formation végétale déterminent le niveau faible ou élevé de la diversité biologique dans un écosystème. Les données relatives à l'évolution sur 2 ans de la biodiversité herbacée dans les sites d'observation de la zone pastorale de Bamba font l'objet du sous chapitre suivant.

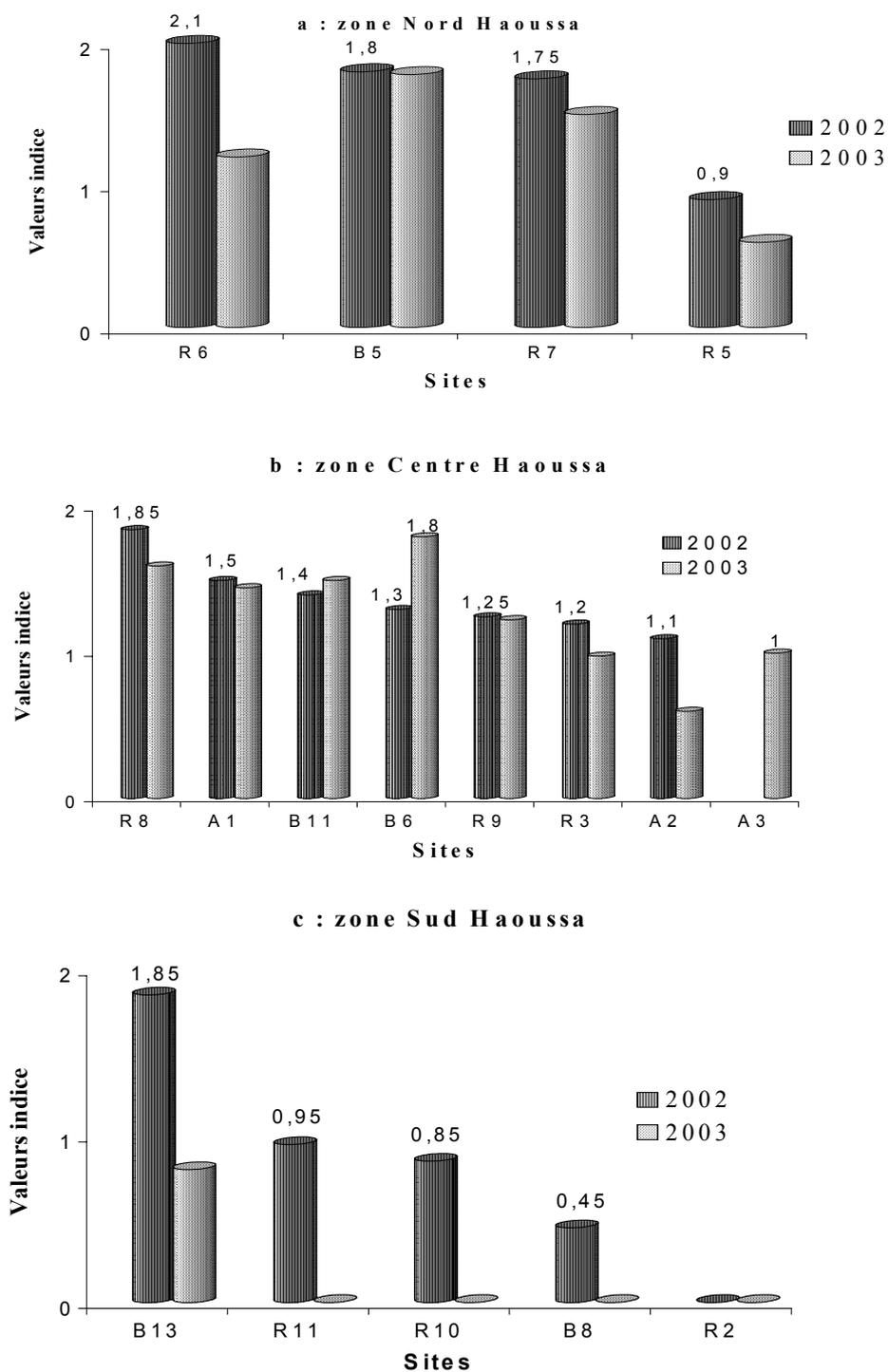
- **Diversité et stabilité de la strate herbacée dans les sites d'observation**

Après deux campagnes de surveillance écologique de la végétation dans la zone pastorale de Bamba, il a été évalué sur 2 ans, la biodiversité de la strate herbacée. Pour ce faire, il a été utilisé les méthodes des calculs des indices de diversité et d'équitabilité de Shannon et Weather. Avec l'augmentation du nombre de relevés, à 4 répétitions dans les sites d'observation, il a effectué une analyse de variance sur les données de 2003, à l'aide du logiciel Statistcf. Le tableau 2 présente la synthèse des résultats, de l'analyse de variance, sur les valeurs de l'indice de Shannon et Weather (IDH) calculé pour les sites d'observation de la végétation, dans la zone pastorale de Bamba. Parallèlement, les résultats concernant l'évolution sur 2 ans, des indices de diversité et d'équitabilité, sont illustrés aux figures 8 et 9.

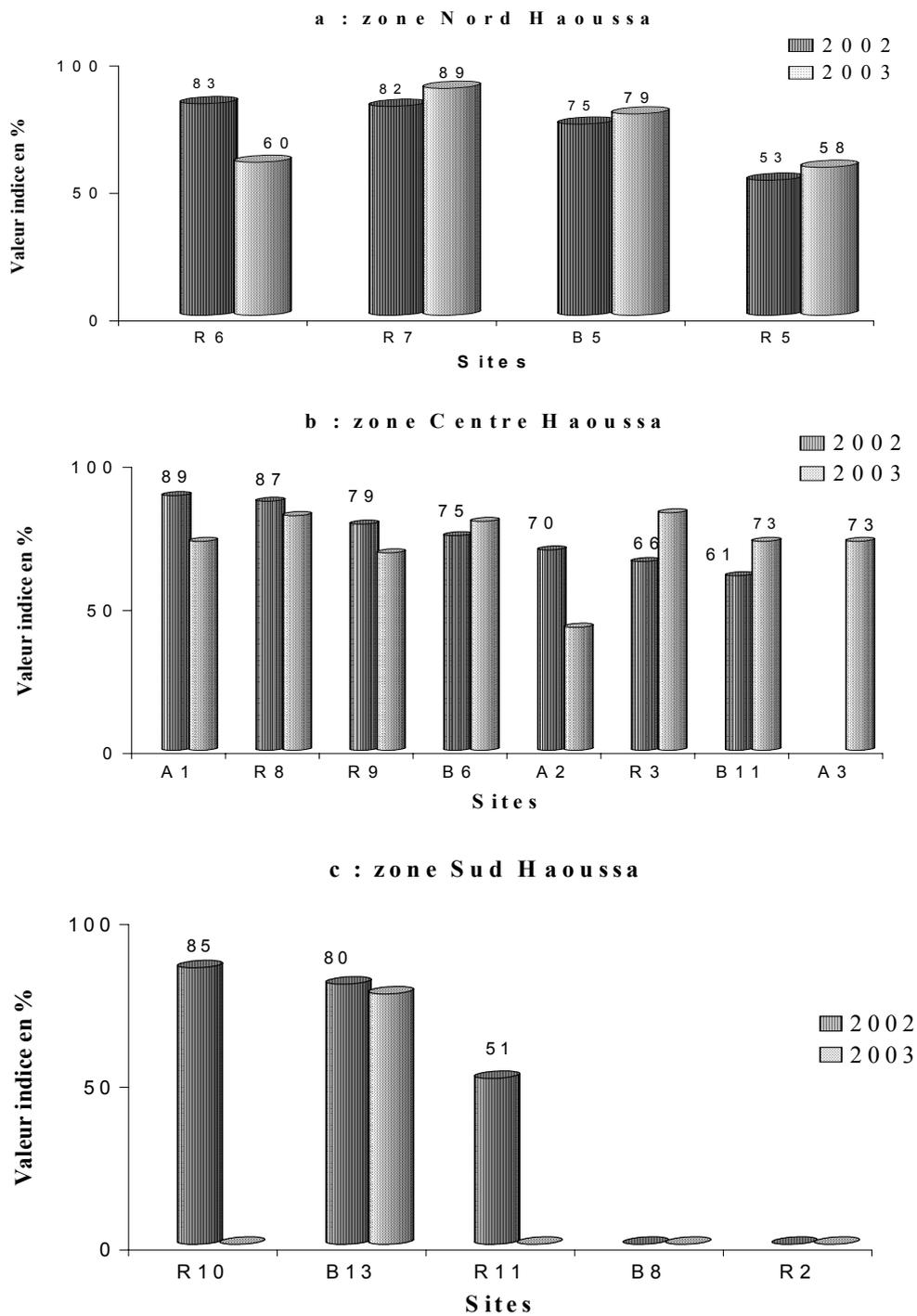
Il ressort du résultat de l'analyse de variance sur les valeurs de l'indice de diversité (IDV), de la strate herbacée, qu'il y a une différence hautement significative au seuil de probabilité 5 % ( $P < 0,01$ ) entre les sites d'observations. A l'issue du test de Newman-Keuls, il a été discriminé 5 groupes statistiquement homogènes. Les sites B5 et B6 (situés tous dans le Nord Haoussa) avec dans l'ordre une valeur de 1,78 et 1,77 se sont révélés plus performants. Ils constituent de ce fait, le premier groupe du test de comparaison. Ils s'opposent nettement au 5ème groupe formé par les sites R11, B8, R2 et R10. Ces sites, situés tous dans le sud Haoussa, présentent un indice de diversité herbacée totalement nulle après 2 ans de suivi. La différence observée entre les différents groupes homogènes s'explique à la fois par le niveau de la richesse floristique et celui de la contribution des espèces au recouvrement de la strate herbacée. La différence entre les sites par rapport à ces paramètres ci dessus cités (paramètres qui déterminent le niveau ou la valeur de la biodiversité herbacée), résulte de la sensibilité des espèces aux facteurs biophysiques influents et déterminants, dans leur installation dans la formation végétale. Parmi ces facteurs, il faut citer entre autres ;

- la pression humaine et animale sur les ressources ;
- le niveau faible et la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluie ;
- l'harmattan qui est un vecteur fondamental de transport de sable qui engendre le phénomène d'ensablement.

Cependant, force est de constater que la valeur de la diversité herbacée, déterminée sur 2 campagnes de mesure, demeure faible dans tous les sites d'observation quel que soit la zone écologique et la période (Fig. 8 et 9). La valeur la plus élevée étant observée en 2002, sur le site R6, avec un indice de 2,1.



**Figure 8 : Evolution sur 2 ans l'indice de diversité de Shannon et Weaver de la strate herbacée dans les sites d'observation à Bamba**



**Figure 9 : Evolution sur 2 ans l'indice d'équitabilité de Shannon et Weaver de la strate herbacée dans les sites d'observation à Bamba**

L'interprétation des données illustrées à la figure 8, montre une régression de la diversité herbacée au cours de deux dernières années (2002 à 2003), dans l'ensemble des sites d'observation.

Cette régression de la diversité est beaucoup plus marquée dans la zone Sud Haoussa où elle affiche une valeur nulle dans 4 sites sur 5 que compte au total la zone. Il s'agit comme indiqués ci dessus, des sites R11, R10, B8 et R2. En revanche, sur les sites B5, B6 et B11, l'indice de la biodiversité herbacée a connu une évolution relativement positive au cours de la même période.

La baisse en général de la diversité dans les sites d'observation traduit une diminution de la richesse floristique et de la fréquence des espèces recensées dans la strate herbacée. Ce ci est confirmé par les données relatives au nombre de taxons relevés dans les sites d'observation en 2002 et 2003 (cf. tableau 3).

La valeur nulle de la diversité observée dans les 4 sites de la zone sud haoussa s'expliquerait par l'absence totale de la strate herbacée, déterminée elle-même par l'absence de germination.

La diminution du nombre et la fréquence relative des espèces aussi bien que l'absence de germination dans les sites dans la zone Sud Haoussa pourrait s'expliquer par forte baisse de la pluviométrie de 2003. En outre, l'hivernage 2003 fut marqué par l'installation tardive des pluies émaillée d'une mauvaise répartition dans le temps.

Les sites de la zone sud haoussa, à cause de leur géomorphologie (replats dunaire vif), leur proximité par rapport au fleuve Niger et le degré du phénomène d'ensablement dont ils font l'objet, ont atteint un seuil très critique de dégradation qui ne favorise guère l'installation du tapis herbacée.

L'indice d'équitabilité de Shannon est un paramètre qui permet de déterminer la régularité des espèces dans une communauté et son degré de stabilité en conséquence. Les données relatives à l'indice d'équitabilité de la strate herbacée dans les sites d'observation sont illustrées à la figure 9.

L'analyse des données montre que contrairement à l'indice de diversité, l'indice d'équitabilité est relativement élevé dans l'ensemble des sites et cela indépendamment de la zone écologique et de la période (année). Exception faite des sites à valeur nulle, les valeurs indiciaires déterminées en 2002 sont comprises entre 89 et 53 % contre 89 et 47 % en 2003.

L'évolution, au cours des deux dernières années, de l'indice d'équitabilité de la strate herbacée, est marquée par une nette régression dans la totalité des sites de la zone Sud et d'une fluctuation selon les sites mais avec une tendance générale à la baisse dans les zones Centre et Nord Haoussa.

La régression de l'indice d'équitabilité dans le Sud Haoussa, se traduit par la chute de sa valeur à zéro dans 4 sites sur 5 que compte la zone. Dans la zone, l'évolution au cours du temps, des paramètres ou indicateurs pertinents de la dégradation, des systèmes écologiques est identique. Il s'agit : du recouvrement global de la strate herbacée, la fréquence du sol nu, les indices de diversité et d'équitabilité, la production de la biomasse herbacée et la valeur pastorale.

Part ailleurs, l'augmentation dans certains sites du Nord et du Centre Haoussa, des indices au cours du temps pourrait s'expliquer, non pas par une augmentation du nombre de taxon, bien au contraire, mais plutôt, par une abondance dominance relativement comparable des espèces recensées.

Au Mali, nombreux sont les travaux qui ont été réalisés sur la succession post cultural et la biodiversité des formations végétales notamment les jachères (Yossi, 1996 ; Dembélé, 1996 ; Karembe, 2001).

Dans le cadre du Réseau National de Surveillance Environnemental (RNSE) il a été mis en place dans différents Observatoires labellisés, un dispositif d'observation et de surveillance Ecologique dont le volet suivi de la végétation. Les zones agro climatiques qui couvrent la zone d'intervention du Réseau vont du Soudano Sahélien au Sahélo Saharien ; c'est à dire entre la zone semi humide à semi aride et aride.

Il ressort des résultats de ces travaux de recherche que les systèmes écologiques étudiés présentent en général une biodiversité herbacé faible avec une régression proportionnelle au niveau de la pluviométrie. En revanche, le niveau de l'indice d'équitabilité reste élevé dans l'ensemble.

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude corroborent ceux cité ci dessus.

Il est à noter que l'indice de diversité et d'équitabilité sont en général deux paramètres inversement proportionnels. En effet, la valeur trop élevée de l'indice de diversité implique couramment une baisse de celle de l'équitabilité. De ce fait, un niveau trop faible de l'indice de diversité (valeur comprise entre 1 et 3) suivi d'une valeur élevée de l'équitabilité (50 à plus de 80 %) explique une homogénéité floristique de l'écosystème où domine seulement un nombre restreint d'espèces. En outre, l'indice de diversité des peuplements mono-spécifiques est toujours nul. L'abondance dominance d'un nombre plus restreint d'espèces dans un écosystème explique à la fois, un niveau élevé d'organisation et de stabilité de ce milieu où le degré de compétition inter et intra-spécifique reste faible.

En plus de la détermination des indices de diversité et d'équitabilité, il a été évalué sur 2 ans, la production en biomasse sèche de la strate herbacée dont le résultat sont présentés dans le sous chapitre suivant.

- **Potentiel de production en biomasse sèche de la strate herbacée**

L'évolution sur 2 ans, de la production en biomasse sèche (en kg de matière sèche par hectare), de la strate herbacée, dans les sites d'observation, est illustrée à la figure 10.

Il ressort, de l'observation et de l'analyse des données, que l'évolution de la production de biomasse se traduit par des fluctuations au cours du temps en fonction des zones écologiques et des sites d'observations. De ce fait la production dans la zone Sud Haoussa, est marquée par une baisse au cours du temps et ce quel que soit le site d'observation. Elle varie de 0 à 294 kg par

hectare. Le maximum de production ( $294 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) est observé sur le site B13 pour la campagne de mesure 2002.

En revanche dans la zone du Centre Haoussa, excepté les sites B11 et R3, la tendance est à la hausse. Au cours de la campagne de mesure 2002, dans la zone, la meilleure production fourragère a été obtenue sur le site B11 soit  $947 \text{ kg. ha}^{-1}$ . Pour même campagne, le site R9 fut le moins productif avec  $203 \text{ kg. ha}^{-1}$ . Par ailleurs, pour la campagne 2003, la meilleure production fut déterminée sur le site A1 avec  $653 \text{ kg. ha}^{-1}$  de matière sèche contre un minimum de  $250 \text{ kg. ha}^{-1}$  sur le site A3.

Dans la zone Nord Haoussa, une augmentation de la production en matière sèche, de la strate herbacée, a été observée pour les 2 années (2002-2003) dans l'ensemble des sites excepté le site R6 où elle est légèrement en baisse. Cependant, malgré cette légère baisse du rendement, le site R6 reste le plus productif, dans la zone, durant les deux campagnes.

La baisse de la production de biomasse sèche, entre 2002 et 2003, dans la zone Sud Haoussa, soldée par la valeur quasiment nulle dans 4 sites sur 5 que compte la zone, est en relation avec celle du recouvrement global de la végétation herbacée et des indices diversités et d'équitabilité. Le phénomène résulte du seuil très avancé de la dégradation du milieu suite à l'ensablement qui n'a guère favorisé aucune repousse de la végétation herbacée.

En revanche dans les zones du Centre et Nord Haoussa (fig. 10a et 10b), les sites caractérisés par une augmentation de la production, pendant les campagnes de mesures 2002 et 2003, pourrait s'expliquer par leur composition floristique déterminée elle-même par les conditions édaphiques du milieu conjuguées aux effets positifs de la pâture (dissémination zoochore, broutage suivi de repousses des pérennes).

L'augmentation en 2003, de la production et de la productivité de la strate herbacée sur les sites comme A1, B6, R9 dans le Centre Haoussa et les sites R7, B5 dans le Nord Haoussa, s'explique par l'abondance dominante des espèces pérennes sur ces sites (*Panicum turgidum* et *Cyperus jemenicus*).

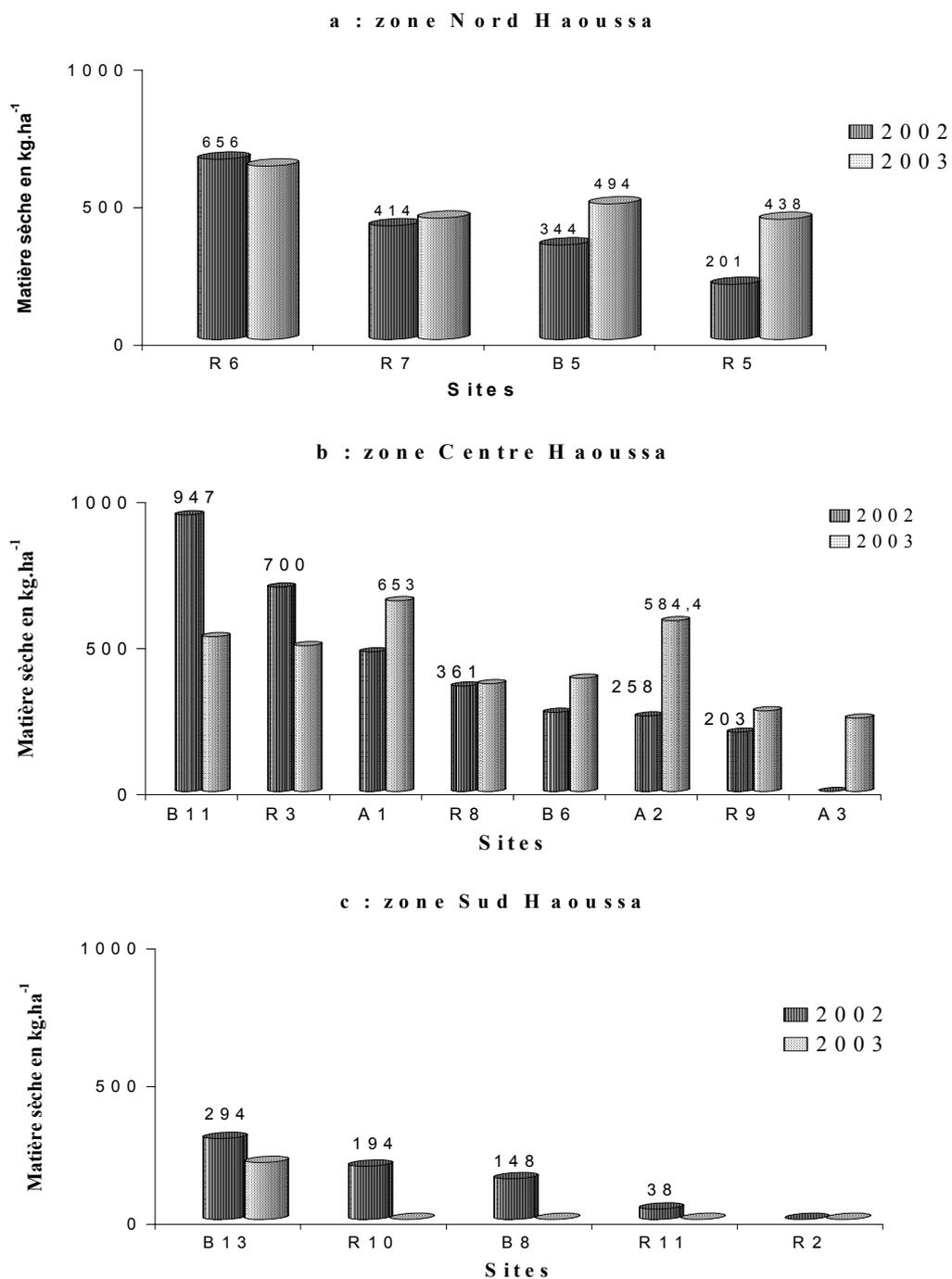
La bonne pluviométrie de 2002 (cf. Fig. 3 ci dessus) a favorisé l'installation et le développement sur les sites des jeunes semis des pérennes. En outre, à cause de la géomorphologie de ces sites constituée de dunes fixes, et de replats dunaires, il résulte un phénomène d'ameublissement de leur sol particulièrement sableux, suite à la pâture et favorise en conséquence l'enfouissement des graines.

Au cours des relevés de végétation, il a été observé en plusieurs endroits, notamment sur les anciens sites des campements nomades, une forte germination des pérennes.

Cette forte germination des pérennes a été observée sur des sites situés dans un rayon de 2 à 6 km (Fig 11) de puits et sont, de ce fait, fréquemment pâturés. Suite au broutage, les anciennes souches des pérennes rejettent des repousses. Celles-ci se développent rapidement lorsque les conditions d'humidité sont favorables et améliorent en conséquence le niveau de la production et la pérennisation des pérennes. En revanche, il a été observé sur le terrain le phénomène de

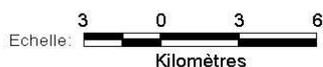
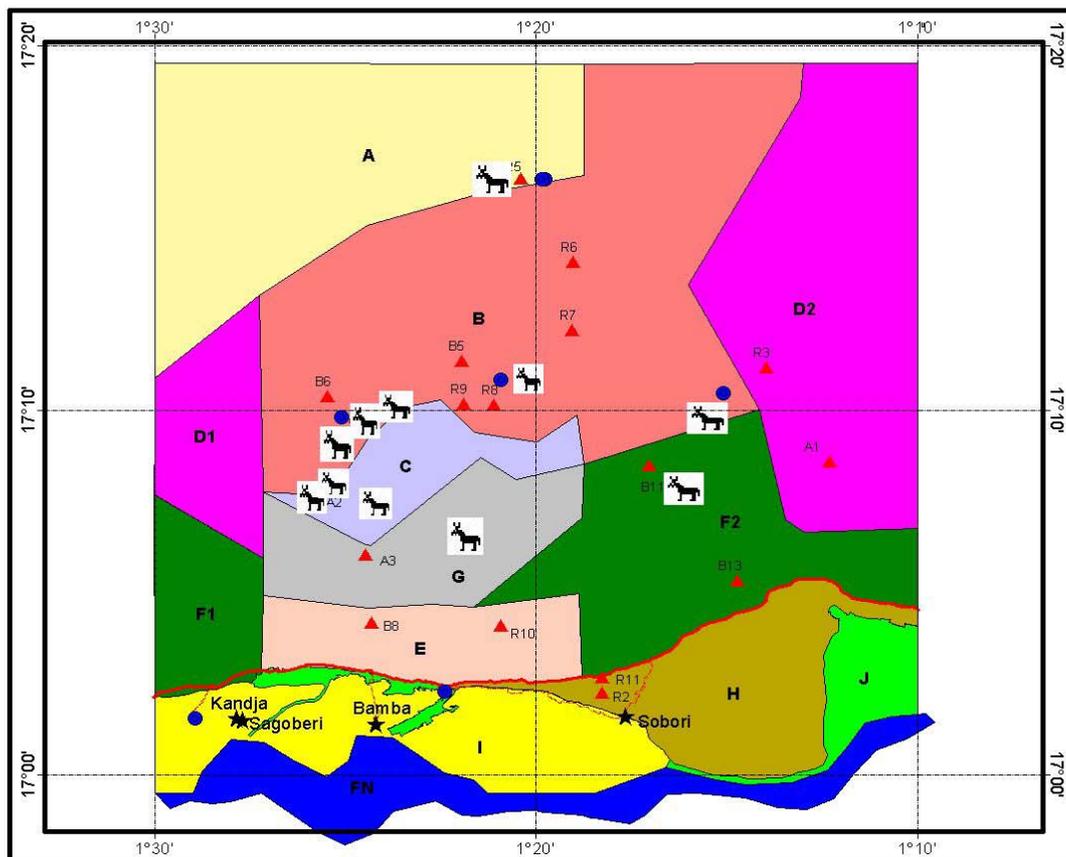
mortalité des souches de pérennes sur les sites éloignés des points d'eau, donc moins soumis au pâturage. En zone de savane tropicale sèche, la mise à feu précoce et la pâture sont des outils de gestion des pâturages pour assurer et améliorer la productivité des parcours.

L'augmentation beaucoup plus importante de la production fourragère sur les sites A2 et R5 respectivement dans la Zone Centre et Nord Haoussa s'explique par l'abondance dominante de l'espèce *Boerhavia repens* dans ses sites. Ce ci pourrait s'expliquer par la topographie des sites situés dans des dépressions dunaire avec prédominance apparente du limon en surface. Ces conditions favorisent l'installation de *Boerhavia repens*. Elle pousse ou s'installe toujours en dernière position dans la strate herbacée. A cause, de sa nature rampante, elle a la faculté de dominer vite et peut souvent constituer une formation mono spécifique. Dans ces sites, elle contribue à 60- 70 % voir plus au recouvrement global de la strate herbacée.



**Figure 10 : Production sur 2 ans de la strate herbacée (en kg de matière sèche par hectare) des sites d'observation dans la zone pastorale de Bamba**

Localisation de campements nomades dans la zone pastorale de Bamba  
(période novembre-décembre)



Projet CSFD  
Source: Rélevés OPS août 2003, Laboratoire  
Sol-Eau-Plante (DLabo SEP) de sotuba  
IER-BAMAKO  
Réalisation: Kaditou DIALLO

LEGENDE

- Campement nomade
- Villages
- Puits
- Route nationale Gao - Tombouctou
- Pistes
- Sites d'observation

Chaque lettre spécifiée par une couleur, correspond à une unité paysagère (elles sont numérotées de □A à I)

Figure 11 : Localisation des campements nomades dans la zone pastorale de Bamba (novembre – décembre 2003)

L'espèce *Bvoerhavia repens* a une valeur fourragère très élevée, de ce fait présente un indice de qualité évalué à 5. Cette caractéristique justifie son abondance dominante dans les sites à forte pression pastorale situés dans un rayon de 1- 3 km des puits pastoraux. En outre, elle présente un mode de dissémination zoochore.

*A l'issue du résultat de l'analyse et de l'interprétation des données relatives à l'observation et à la surveillance de la végétation herbacée sur une période de 2 ans, des paramètres de la strate herbacée se sont révélés comme des indicateurs biophysiques de la dégradation et de la désertification, ce sont entre autres :*

- *le recouvrement global de la strate herbacée ;*
- *les indices de diversité et d'équitabilité ;*
- *le potentiel de production en biomasse sèche.*

*La valeur nulle de ces indicateurs si dessus cités ne met en évidence que la forte pression humaine et animale sur les ressources naturelles. Elle se traduit, par une intensité des modes et pratiques d'exploitation disproportionnées à la capacité des ressources de se régénérer.*

Parallèlement aux observations de la végétation herbacée, il a été effectué des relevés dans la végétation ligneuse. Ils ont pour objet, de déterminer l'impact de modifications induites par les modes et pratiques d'usage ligneux sur des paramètres indicateurs d'une bonne ou mauvaise gestion et de conservation des peuplements forestiers. Le résultat, de l'analyse et de l'interprétation de ces données, est rapporté dans le sous chapitre suivant.

#### **4.2.3 Etude de la végétation ligneuse**

Dans la zone pastorale de Bamba, la distance des sites d'observation par rapport aux points d'eau induit des modifications quantitatives de la strate ligneuse suite à la pression humaine. Parmi les paramètres modifiés on peut citer entre autres : la densité totale des ligneux à l'hectare, la capacité de régénération, la structure par classe de circonférence, la densité de la coupe d'exploitation. Ce sont ces paramètres qui font l'objet des résultats ci dessous présentés.

- **Densité totale des tiges ligneuses dans les sites d'observation de la zone pastorale de Bamba**

Pour évaluer la densité totale à l'hectare des ligneux, dans les sites d'observation, il a été considéré comme régénération les tiges ou les brins, de circonférence à la base inférieure à 15 cm. De ce fait, la densité totale de régénération regroupe l'ensemble des brins ou tiges de cette catégorie issus de rejet de souche (noté RS) ou de régénération par semis naturel (noté RG). Quant à la densité totale, elle concerne toutes les tiges sans distinction de classes de circonférence. Le tableau 4 rapporte les résultats de l'analyse de variance sur les paramètres observés. Parallèlement, la figure 12 illustre la variation de la densité totale des tiges ligneuses en fonction des sites d'observation et leur zone écologique.

**Tableau 4 : Variation des indicateurs biophysiques de la strate ligneuse dans les sites d'observation de la végétation dans la zone pastorale de Bamba**

<b>Sites d'observation</b>	<b>Densité totale ligneuse à l'hectare</b>	<b>Densité de rejets de souche.ha-1</b>		<b>Densité de la régénération naturelle. ha-1</b>
A1	10,500 B	3,25	B	1,75 C
A2	43,00 B	5,23	B	0,5 C
A3	18,50 B	5,25	B	1,25 C
B5	31,75 B	14,25	B	0,00 C
B6	39,500 B	12,75	B	1,75 C
B8	9,75 B	3,5	B	0,00 C
B11	66,25 B	18,75	B	1,25 C
B13	295,50 B	209,25	B	10 B
R2	462,00 B	377,75	B	25,00 A
R3	8,50 B	4,75	B	0,00 C
R5	48,50 B	31,00	B	2,00 C
R6	24,50 B	13,00	B	1,25 C
R7	5,75 B	0,25	B	0,00 C
R8	8,00 B	1,75	B	0,50 C
R9	7,50 B	1,75	B	0,50 C
R10	237,75 B	164,5	B	7,5 C
R11	4022,50 A	3835,25	A	3,25 C
Moyenne générale	314,10	277,06		7,24
Ecart type ( $\sigma$ )	549,44	525,72		9,52
Probabilité calculée	0,0000	0,0000		0,0000
Signification au seuil de 5 %	HS	HS		HS

NB : Tous les sites suivis d'une même lettre constituent un groupe statistiquement homogène suivant le test de Newman Keuls

Les résultats de l'analyse de variance montrent qu'il existe une différence hautement significative au seuil de probabilité de 5 % entre les sites en ce qui concerne la densité totale des tiges ligneuses à l'hectare. A l'issue du test de Newman-Keuls, il a été discriminé 2 groupes statistiquement homogènes. Sur 17 sites au total, un seul site (R11) s'est démarqué des autres. Il présente la plus forte densité avec plus de 4000 tiges à l'hectare et constitue le groupe A. Quant aux autres sites, ils constituent le second groupe (B).

Par rapport aux données illustrées à la figure 12, il ressort de l'observation et de l'analyse que la densité totale des ligneux est beaucoup plus élevée dans la zone sud Haoussa, suivi du centre Haoussa et demeure faible dans le Nord Haoussa. De ce fait, la densité totale régresse suivant le gradient sud-nord.

Dans la zone Nord Haoussa la densité, selon le site, varie entre 49 et 7 tiges à l'hectare. Le site R5 se révèle la plus dense suivi de B5. En revanche, le site R7 est le moins fourni en tiges ligneuses. La différence de densités observées entre les sites semble être liée à leur proximité aux points d'eau et à leur situation topographique. En effet, les sites R5 et B5 de fortes densités, sont situés dans des replats dunaires à faible pente et proches des points d'eaux où la pression humaine est forte suite à l'exploitation favorisant la forte émission des souches en brins. Aussi faut-il le rappeler que les campements nomades sont situés dans un rayon de 1 à 2 km des points d'eau.

Dans la zone centre Haoussa, la densité est comprise entre 68 et 9 des tiges à l'hectare. Les plus fortes densités sont observées dans les sites B11, A3 et B6. Ces sites sont localisés dans des dépressions ou des replats dunaires. Ils sont aussi situés à proximités des puits pastoraux. Les sites R3, R8 et R9 ont la plus faible densité, soit 9 tiges à l'hectare.

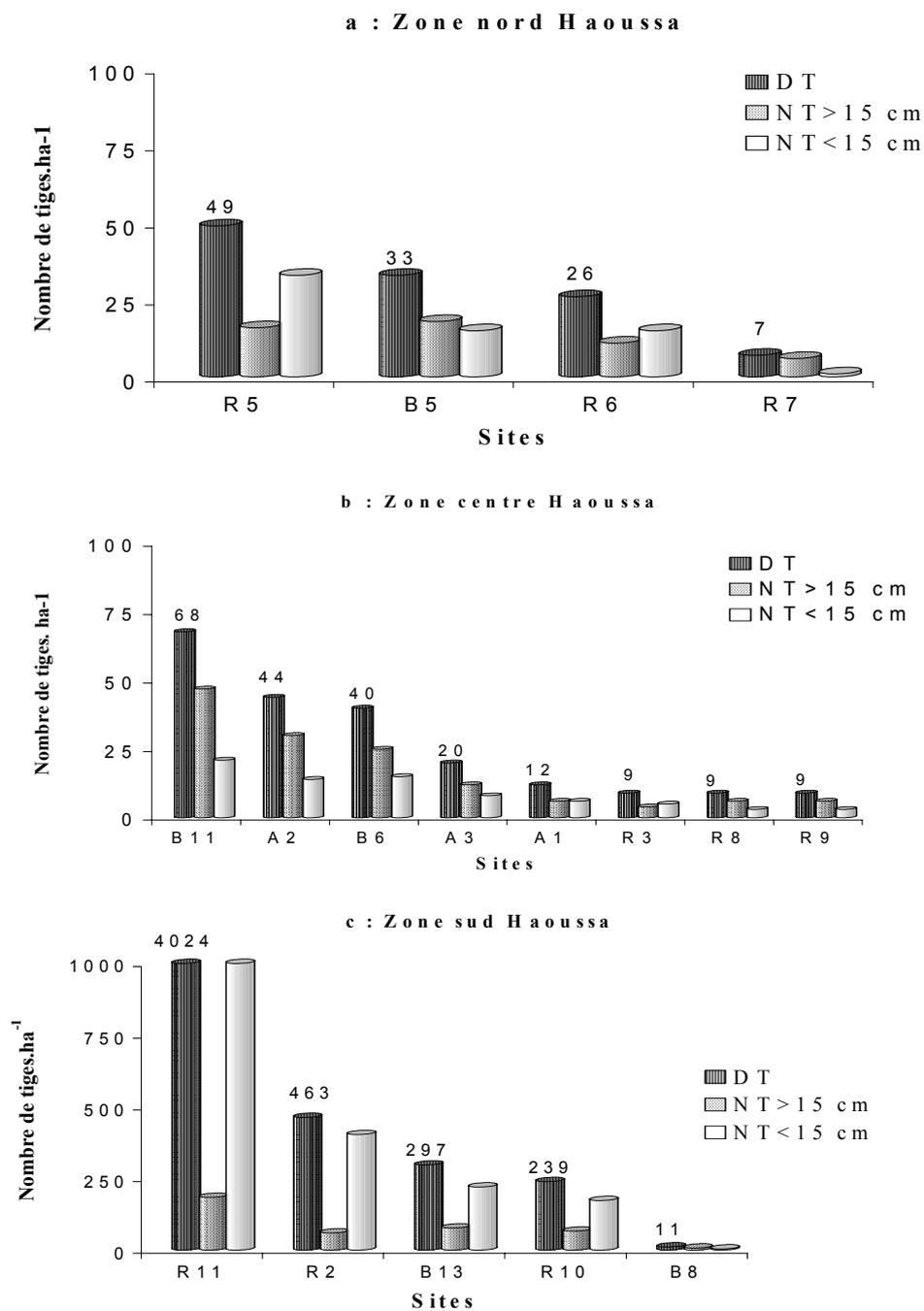
Dans la zone Sud Haoussa, excepté le site B8, la densité ligneuse est comprise 4024 et 239 tiges à l'hectare. Les sites R11 et R2, à fortes densités, sont situés à moins d'un kilomètre du fleuve Niger.

Ces sites se caractérisent par une forte pression humaine sur les ressources ligneuses suite à leur proximité au village de Sobori (0,5 à 1 km) et aux campements quasi permanents le long du fleuve.

Il ressort aussi des observations et de l'analyse des données que la densité totale des ligneux, dans la zone Sud Haoussa, est essentiellement constituée de brins de circonférence à la base inférieure à 15 cm et cela quel que soit le site. Ce ci est un indicateur biophysique de dégradation du milieu suite à la forte pression humaine et animale sur les ligneux (coupe et surpâturage).

- **Densité de la régénération des tiges ligneuses dans les sites d'observation de la zone pastorale de Bamba**

L'analyse de variance montre qu'il existe une différence hautement significative au seuil de 5 % entre les sites en ce qui concerne les densités de régénération issue de rejets de souche et de germination naturelle. Après le test de Newman-Keuls, il a été observé 2 groupes homogènes concernant les rejets de souche (A et B) et 3 groupes (A, B et C) pour la germination naturelle (cf. Tab. 4 ci dessus).



**Figure 12 : Variation de la densité totale des tiges ligneuses en fonction des sites d'observation**

DT = densité totale ; NT > 15 cm = densité des tiges à circonférence basale supérieure à 15 cm  
 NT < 15 cm = densité des tiges à circonférence basale inférieure à 15 cm ou régénération

La figure 13 représente la variation de la densité de la régénération des ligneux dans les sites d'observation. L'analyse et l'interprétation des données montrent que la régénération des tiges ligneuses est essentiellement constituée de rejets de souche et cela indépendamment de la zone écologique et du site d'observation. En effet, comme la densité totale des tiges ligneuses, celle de la régénération demeure plus importante dans la zone écologique du Sud Haoussa. Elle est moyenne dans le Nord Haoussa et reste assez faible dans le centre Haoussa. Par ailleurs, contrairement à la densité totale, celle de la régénération ne suit pas un gradient sud-nord.

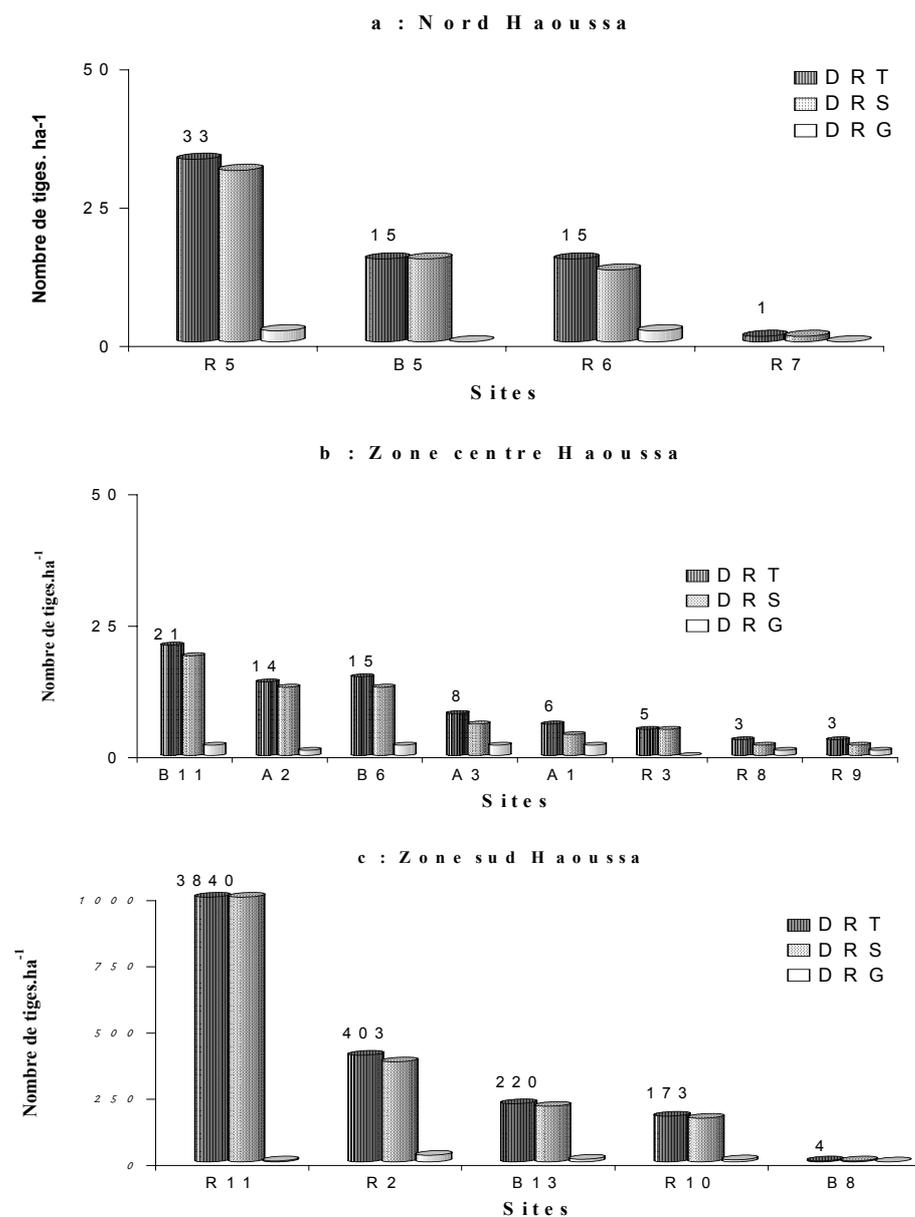
Quelle que soit la zone écologique, les plus fortes densités de régénération sont observées dans les sites R11 et R2. Cependant, la densité de la régénération issue de germination est plus élevée dans les sites R2 et B13. Les individus issus de la germination naturelle sont constitués principalement de *Balanites aegyptiaca*. Ce ci s'explique par la présence de quelques pieds de semenciers de cette espèce dans ces sites.

- **Contribution des espèces à la densité totale et de la régénération des ligneux dans les sites d'observation**

La figure 14 illustre la contribution des espèces à la densité totale et de la régénération naturelle (fig.14 b) des ligneux dans les sites d'observation.

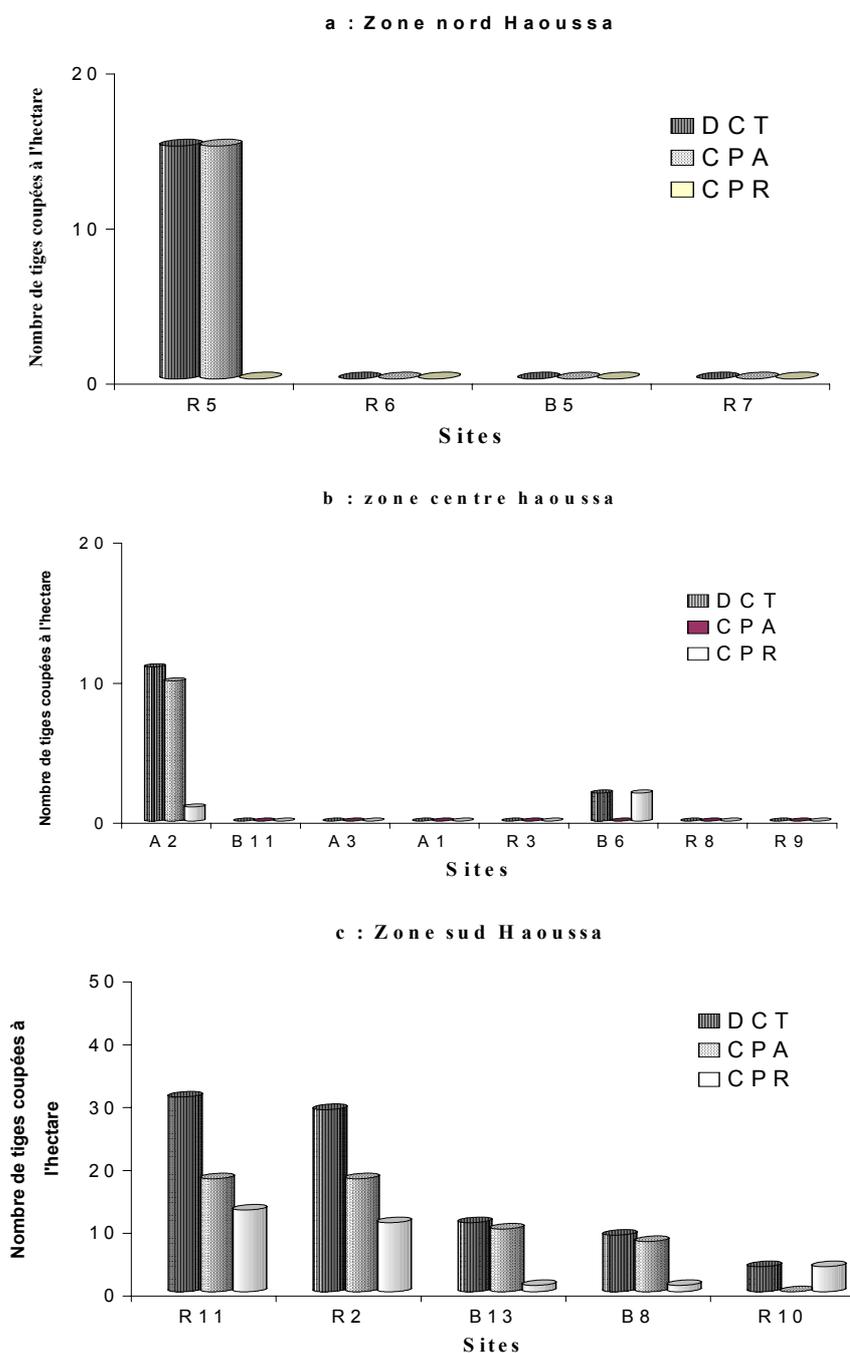
Par rapport à la densité totale (Fig14 a), *Acacia raddiana* a la contribution la plus élevée dans 14 sites sur 17 au total. Cette contribution est comprise entre 100 et 53 %. Sur les sites B8 et R5, *Balanites egyptiaca* est l'espèce dominante avec respectivement 40 et 45 % de contribution. En outre *Mauria crassifolia* domine sur le site B11 avec une contribution de 66 %. En référence aux contributions des espèces à la densité totale, *Acacia raddiana* se révèle comme l'espèce dominante dans la zone d'étude.

Compte tenu de la similarité de la densité de la régénération par souche à celle de la densité totale, il ne sera présenté qu'ici la contribution des espèces à la densité de la régénération par germination (Fig. 14 b). L'interprétation des données illustrées à la figure montre 4 groupes distincts en fonction de la flore et le niveau de contribution. Le premier groupe constitué de 5 sites (A1, B6, A2, R8 et R9), la régénération par graine est représentée uniquement par *Acacia raddiana* avec une contribution de 100 %. A ce groupe de sites peut s'ajouter R10 où la contribution de l'espèce est de 88%. Il se dégage un second groupe de sites où la régénération par germination est constitué de façon équitable par *Acacia raddiana* et *Balanites egyptiaca*. Il s'agit des sites R6, A3 et R5. En outre, le site B11 constitue un groupe à part où la régénération par graine est représentée par *Balanites egyptiaca* et *Mauria crassifolia* et cela de façon équitable. Le quatrième groupe, composé des sites R2, R11 et B13, sont dominés respectivement par *Acacia raddiana*, *Mauria crassifolia* et *Balanites egyptiaca* avec une contribution dans l'ordre de 60 %, 50 % et de 80 %. Ce groupe est le seul où la germination dans les sites est constituée de trois espèces contrairement aux autres qui ne disposent que d'une ou deux espèces. Le cinquième groupe constitué par les sites B5, R3, R7 et B8 présentent un taux nul de germination.



**Figure 13 : Variation de la densité de la régénération ligneuse en fonction des sites d'observation dans la zone pastorale de Bamba**

DRT = densité totale de la régénération    DRS = densité de la régénération par souche  
 DRG = densité de la régénération par graine



**Figure 14: Variation de la densité de coupe des tiges ligneuses en fonction des sites d'observation dans la zone pastorale de Bamba**

La régénération par graine dominée exclusivement par *Acacia raddiana* (espèce fourragère par excellence dans la zone) dans le premier groupe pourrait s'expliquer par la dissémination de l'espèce par les animaux. Les sites de ce groupe sont beaucoup pâturés à cause de leur proximité des points d'eau et des campements. Toutefois, il est important d'indiquer que ces sites sont situés sur des replats dunaires, zone de prédilection d'*Acacia raddiana*.

Quant au second groupe, les sites se caractérisent par des replats dunaires avec un microrelief ondulé. Au sommet des ondulations dominant *Balanites aegyptiaca* tandis que dans les dépressions c'est *Acacia raddiana* qui est dominant.

Le troisième groupe, constitué par le seul site B11, est situé dans une dépression dunaire où la flore ligneuse est dominée par *Mauria crassifolia* et *Balanites aegyptiaca* avec de gros pieds de semenciers. Les ligneux présents sur ce site semblent être apparemment moins exploités ce qui justifie la présence de gros pieds qui donnent des semences.

Les sites du quatrième groupe sont caractérisés par des replats dunaires vifs situés non loin du fleuve Niger. Ils sont soumis tous à une forte pression pastorale ce qui explique la dissémination par zoochorie des espèces rencontrées.

Le cinquième groupe constitué de sites à taux nul de germination, se caractérise par leur éloignement aux points d'eau, leur densité faible en ligneux et leur topographie. Les quelques rares pieds rencontrés souffrent apparemment d'un déficit hydrique qui ne favorise guère leur fructification et la germination en conséquence.

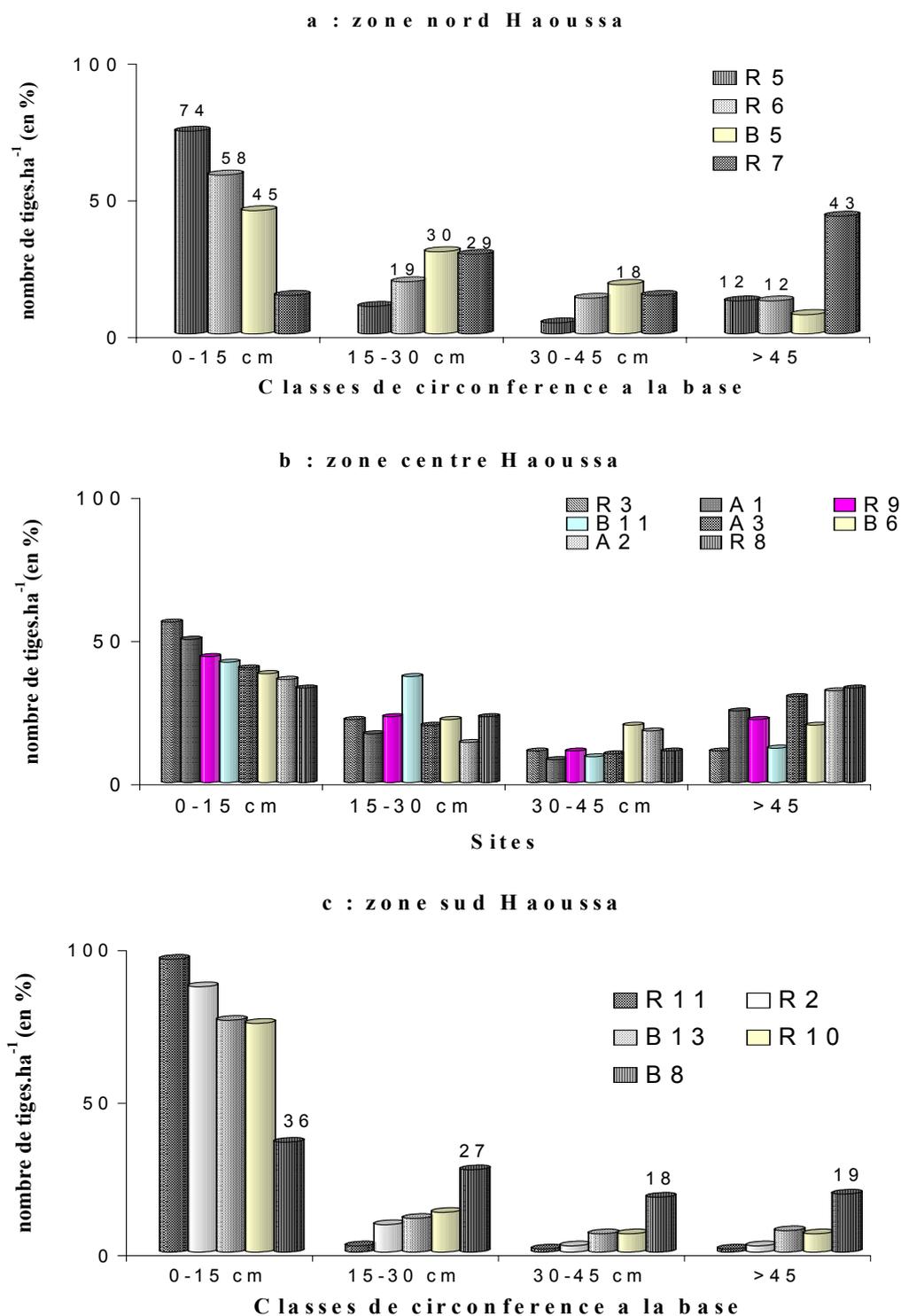
- **Distribution par classe de circonférence des tiges ligneuse**

Pour mieux évaluer l'impact de la pression humaine sur la structure des tiges ligneuse, il a été effectué une répartition de celles ci par classe de circonférence à la base. La figure 15 montre la distribution en classe de circonférence des tiges ligneuses (exprimée en %) des sites d'observation en fonction des zones écologiques. Pour ce faire, quatre classes de circonférence ont été retenues, il s'agit des classes 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm et >à 45 cm, soit une amplitude de 15 cm.

Il ressort des observations et de l'analyse des données que les tiges de la classe de circonférence 0-15 cm sont les plus représentées quelle que soit la zone écologique. Ce ci montre la dominance des tiges de petits diamètres, dénommées brins. En revanche, la proportion de tiges de gros diamètres est plus importante dans la zone du centre Haoussa, faible dans la zone Nord et très faible dans le Sud Haoussa.

Dans le Centre Haoussa, les sites les plus représentés dans ces classes de diamètres supérieurs sont R8, A2, A3 et A1. Dans la zone Nord Haoussa, c'est le site R7 qui est le plus représenté avec 43 %. Cependant, dans le Sud Haoussa, en ce qui concerne ces tiges de gros diamètres, elles sont surtout rencontrées dans le site B8 avec une proportion de 19 %.

Comme indiqué plus haut, le taux faible des individus de gros diamètre dans la zone sud est lié à la forte pression anthropique qui s'exerce sur les ressources ligneuses. Ils sont exploités pour la satisfaction des besoins en énergie domestiques (bois de chauffe, charbon), en bois de service (construction d'habitat, la confection des poulies, les ustensiles de cuisine, les manches des haches, dabs, couteaux, etc.).



**Figure 15 : Distribution par classes de circonférence à la base des tiges ligneuses des sites d'observation dans la zone pastorale de Bamba**

- **Variation de l'intensité de coupe des tiges ligneuses dans les sites d'observation en fonction des zones écologiques**

La figure 16 montre la variation de l'intensité de coupe des tiges ligneuses dans les sites d'observation suivant les zones écologiques. La densité des tiges coupées est plus importante dans la zone Sud haoussa que dans les zones Nord et centre haoussa. Dans la zone Sud, les sites les plus exploités sont R11 et R2. Ces sites sont situés à 1 km environ du fleuve Niger, des campements et villages. De ce fait, ils sont les plus accessibles à l'homme. Dans cette zone Sud haoussa, les sites B13 et B8 viennent au second rang concernant la densité de coupe. Ils sont aussi situés dans un rayon de 5 km de Bamba et à 0,5 km des voies de communication. Le site B13 est à 1 km de la route nationale Gao-Tombouctou et le site B8 à 200 m environ de la piste Bamba-Imelach.

Dans cette zone Sud Haoussa, excepté le site R10, la densité de coupes anciennes est supérieure à celles récentes.

Dans la zone centre Haoussa la densité de coupe est observée sur deux sites notamment A2 et B6. Ils sont caractérisés par leur proximité au puits pastorale de Ynamankor et la piste reliant les villages de Bamba et Imelach ce qui justifie la densité élevée de coupes sur ces sites. Il est à signaler que dans la zone pastorale, les campements nomades sont situés non loin des puits.

Quant à la zone Nord Haoussa, c'est uniquement sur le site R5 que les tiges coupées ont été observées. Ce site est à moins de 0,5 km des puits de Tamayort (au nombre de 3). Ces puits abritent plusieurs campements nomades à cause de son éloignement du fleuve Niger environ une trentaine de kilomètres. Apparemment, toutes les tiges coupées sont anciennes. Dans cette zone il existe aussi assez de bois morts.

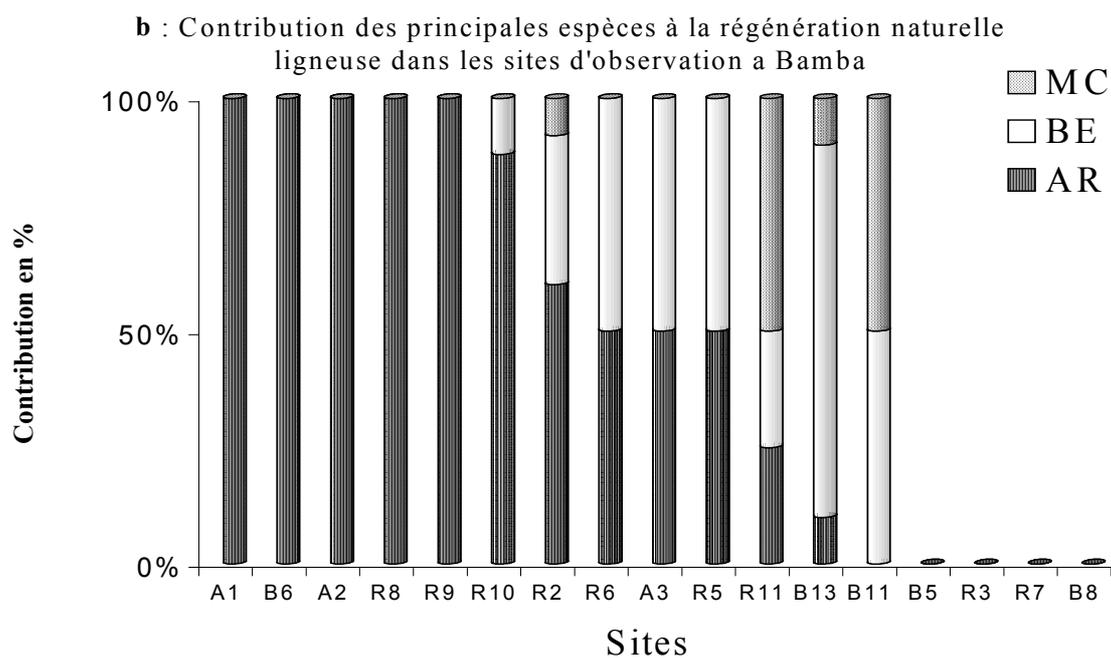
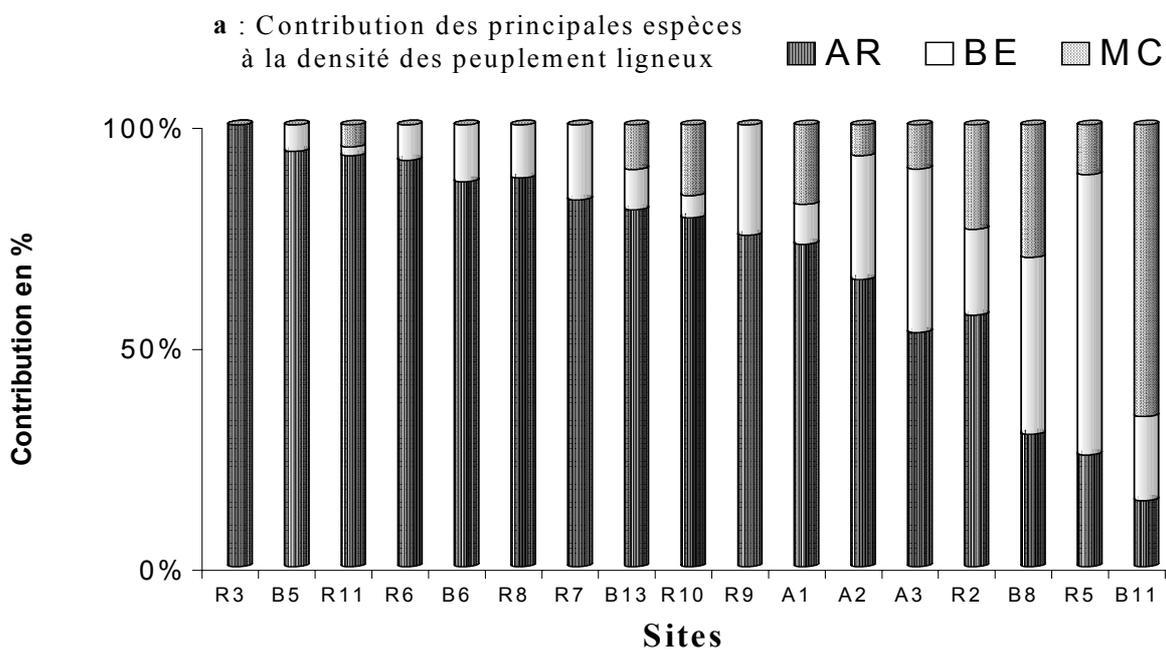
L'intensité de coupe des tiges ligneuses est fonction de l'accessibilité des sites. La figure 17 montre la corrélation qui existe entre la densité des tiges coupées et distance des sites par rapport aux villages, campements et voies de communication et cela dans la zone Sud Haoussa.

Il ressort de l'interprétation de la droite de régression que la densité de coupes des tiges ligneuses diminue plus on s'éloigne des lieux d'habitation (village, campement, points d'eau) et voie de communication (routes, pistes).

Le coefficient de détermination de la droite de régression ( $R^2$ ) est de 0,89. Ce ci explique la forte corrélation qui existe entre l'intensité de coupe et la distance des sites d'observation aux voies d'accès dans la zone d'étude.

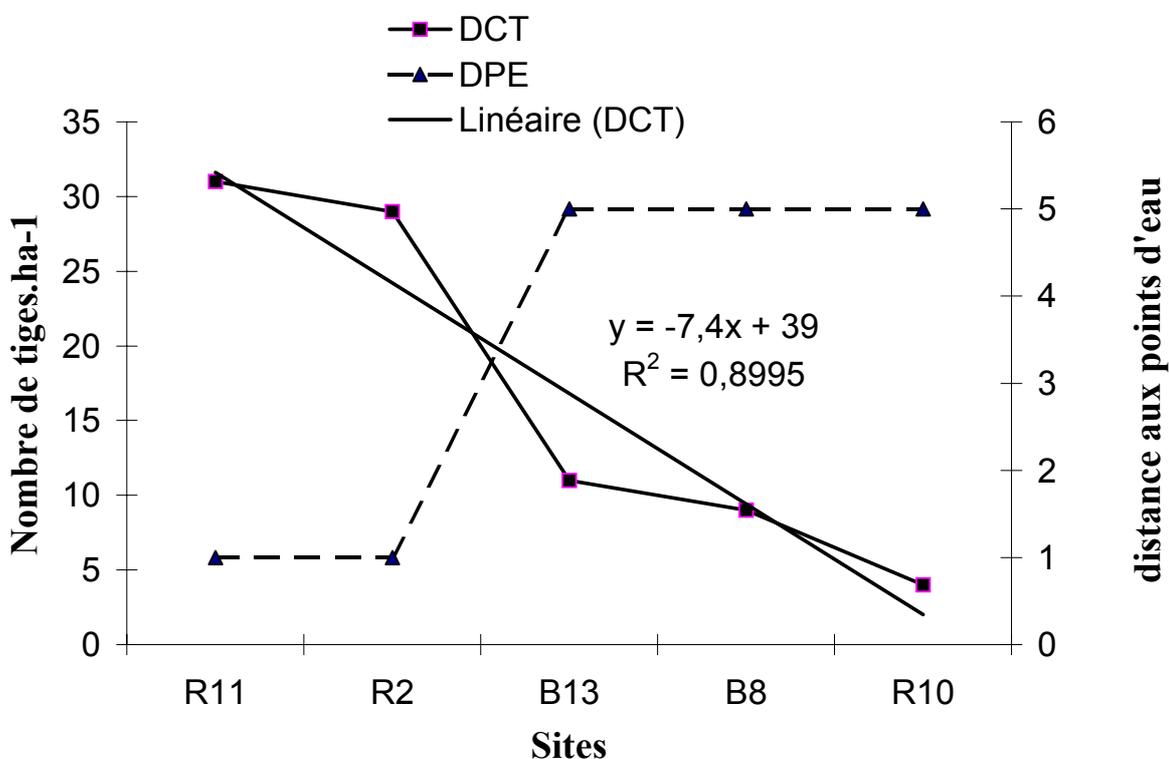
- **Capacité à rejeter de souche des principales espèces ligneuses rencontrées dans la zone d'étude**

Pour mieux cerner la contribution des espèces à la régénération qui déterminent la densité totale des tiges ligneuses, il a été évalué le nombre moyen de brins issus de rejets de souche des principales espèces qui sont *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* et *Mauria crassifolia* (Fig. 18). L'observation et l'analyse des données illustrées par la figure 18 montrent que l'espèce *Acacia raddiana* émet plus de brins à la souche que les deux autres espèces et cela pour tous sites confondus quelle que soit la zone écologique. Quant aux deux autres espèces (*Balanites aegyptiaca* et *Mauria crassifolia*) leur capacité à émettre des rejets de souches est très faible, elle est de l'ordre de 3 à 4 brins par souche (Fig. 18 a). Cependant force est de constater que cette capacité des espèces à rejeter de souches est fonction de la zone écologique ; elle-même déterminée par la distance par rapport au fleuve Niger.



MC = *Maurria crassifolia* ; BE= *Balanites egyptiaca* ; AR = *Acacia raddiana*

**Figure 16 : Contribution des principales espèces aux densités de peuplement ligneux et de régénération naturelle dans les sites d'observation de Bamba**



**Figure 17 : Corrélation entre l'intensité de coupe et distance des sites par rapport aux points d'eau**

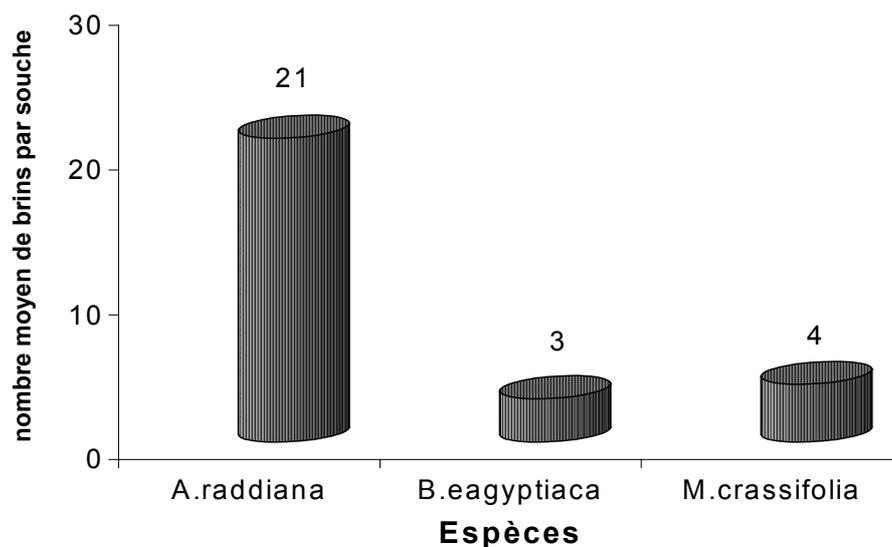
De ce fait, la capacité des espèces à émettre de brins à la souche est globalement plus élevée dans la zone sud Haoussa, faible dans la zone nord et très au Centre (Fig. 18 b).

Dans la zone Sud Haoussa, *Acacia raddiana* présente le nombre de brins émis à la souche le plus élevé, soit 32 brins par souche contre 1 et 2 brins respectivement dans le Centre et Nord Haoussa. En revanche, dans la zone nord Haoussa, *Maeria crassifolia* présente le nombre le plus élevé de brins émis à la souche.

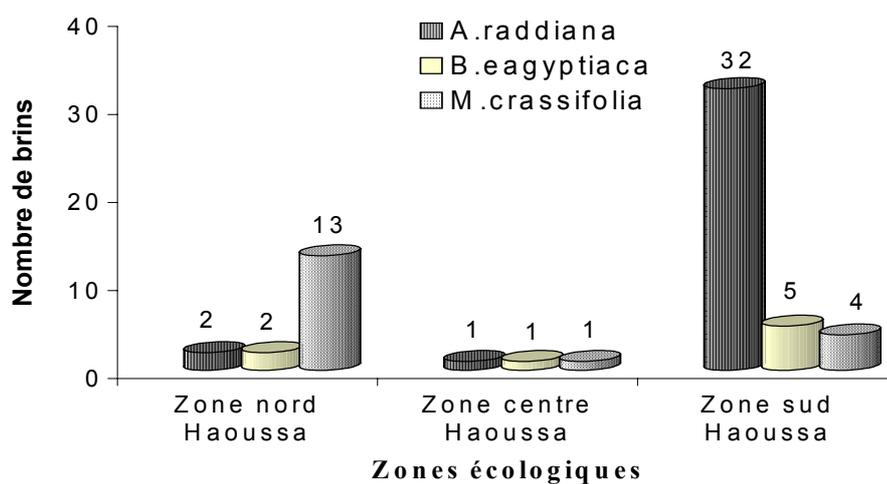
La forte capacité des espèces à rejeter de souche dans la zone sud Haoussa, pourrait s'expliquer par la forte pression humaine et animale qui s'y exerce, suite à la proximité des sites des lieux d'habitation et du fleuve Niger. Quant à la forte capacité d'*Acacia raddiana* à émettre plus brins par rapport aux autres espèces est l'une des stratégies d'adaptation pour assurer sa pérennité. La forte pression sur cette espèce s'explique certainement par ses usages multiples. Elle est beaucoup exploitée particulièrement le long du fleuve Niger par les populations pour confectionner, des enclos (parcs d'animaux) et des haies mortes dans les rizeries afin de limiter les dégâts des poissons sur les cultures. Au-delà des usages multiples cités ci dessus, elle est exploitée pour la réalisation des clôtures des jardins potagers.

En ce qui concerne la végétation ligneuse dans la zone de Bamba, il a été mis en évidence quelques indicateurs de pression. Parmi ces indicateurs on peut citer entre autres, la diminution des individus de gros diamètres, la densité élevée de souches coupées et la banalisation de la végétation ligneuse par la domination des individus rabougris (brins issus de souche).

**a : Nombre moyen de brins par souche des espèces tous sites confondus**



**b : Nombre moyen de brins par souche des espèces en fonction de la zone écologique**



**Figure 18 : Nombre moyen de brins émis par souche des espèces ligneuses dans la zone d'étude**

### 4.3 Etude de l'ensablement

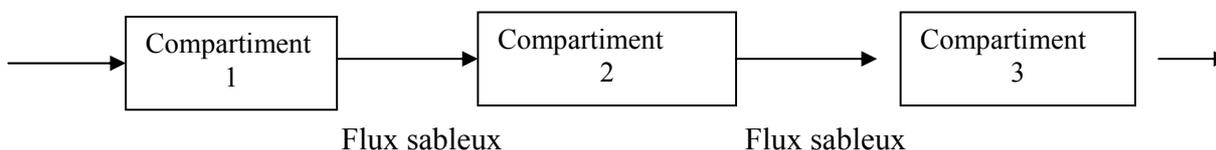
#### 4.3.1 Mécanismes de l'ensablement dans la vallée du fleuve

Le schéma classique du transport de sables :

zone source.....► zone de transfert .....► zone d'accumulation

est trop simplifié dans le cas de la vallée du Niger pour traduire la complexité des réalités de terrain car une zone peut assurer ces trois fonctions ; en revanche, il fait bien apparaître les différentes composantes à prendre en compte dans l'analyse des mécanismes de transport.

Le principe qui a été adopté est de décomposer l'espace concerné par le phénomène de dynamique sableuse en compartiments homogènes par rapport à une typologie (massif dunaire, zone dépressionnaire, plateaux, berges du fleuve) qui traduit un minimum d'homogénéité comportement. En suivant la trajectoire des sables un espace peut donc être schématisé en plusieurs compartiments :

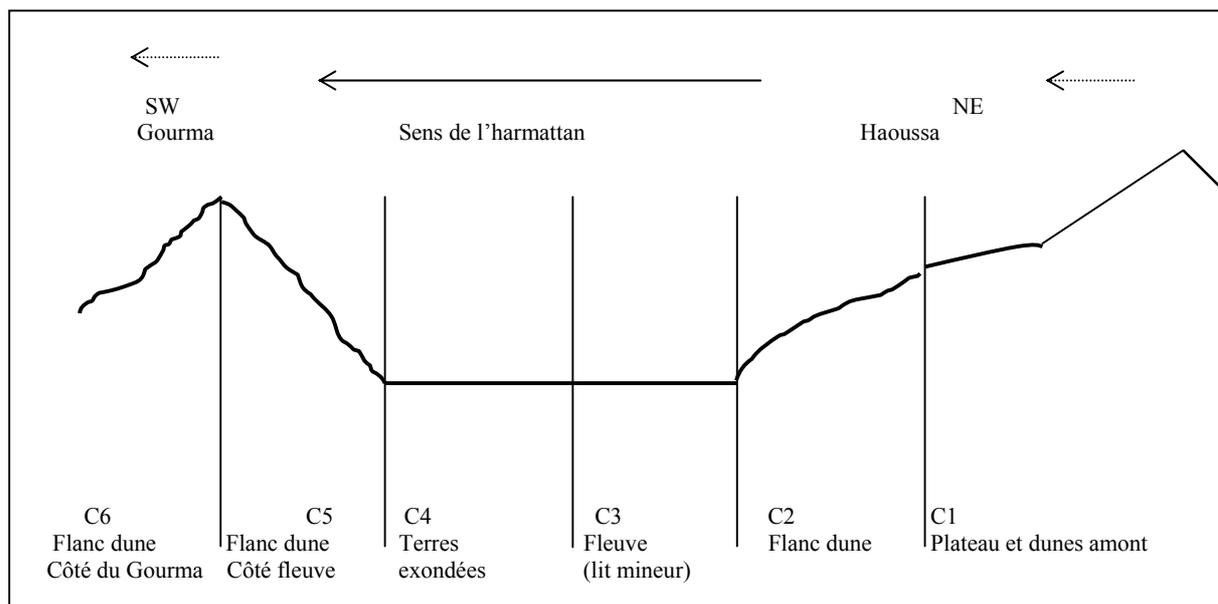


Chacun d'eux est défini par les éléments suivants :

- un stock de sable caractérisé par sa quantité, sa morphologie, la nature des sédiments (composition, granulométrie, état de surface des grains) ;
- un flux sableux entrant caractérisé par la vitesse et la direction du vent, sa charge en sable, la nature des sédiments concernés ;
- un flux sableux sortant (mêmes caractéristiques) ;
- de forces agissantes : vent ; eau ; éléments fixateurs (végétation, sédimentation).

L'objectif de l'analyse des mécanismes est de comprendre le fonctionnement de chaque compartiment. Pour les mécanismes de transport on effectue une série de mesure le long de transects choisis en prenant en compte des vents dominants et des gradients de morphologie, de végétalisation ou d'état des sols.

Dans le cas de la vallée du Niger, l'espace a été zoné en six compartiments dans le sens de l'Harmattan. Cette zonation de principe ne concerne que les massifs sableux; elle ne prend pas en compte les mécanismes plus diffus de transport de sable sans accumulations sous forme dunaire.



Le compartiment C1 est celui qui alimente l'ensemble du système ; il est constitué par de vastes plateaux, recouverts de formations dunaires, balayés par l'Harmattan qui transporte d'importants flux sableux.

Le compartiment C2 correspond aux flancs de dune descendant dans le fleuve qu'il alimente en pied de dune par effet d'avalanche et par érosion fluviale ; la pente du flanc de dune est toujours proche de sa valeur d'équilibre.

Le compartiment C3 est le fleuve lui-même (lit mineur) qui reçoit le sédiment des compartiments C1 et C2 par voie éolienne et des compartiments adjacents par érosion fluviale. Le charriage des sédiments par le fleuve et leur transfert d'une rive à l'autre restent à étudier.

Le compartiment C4, côté Gourma, correspond aux terres exondées du lit majeur du fleuve en période d'étiage et sur lesquels les sédiments peuvent se déposer avant d'être repris par la déflation éolienne et alimenter les dunes de la rive droite.

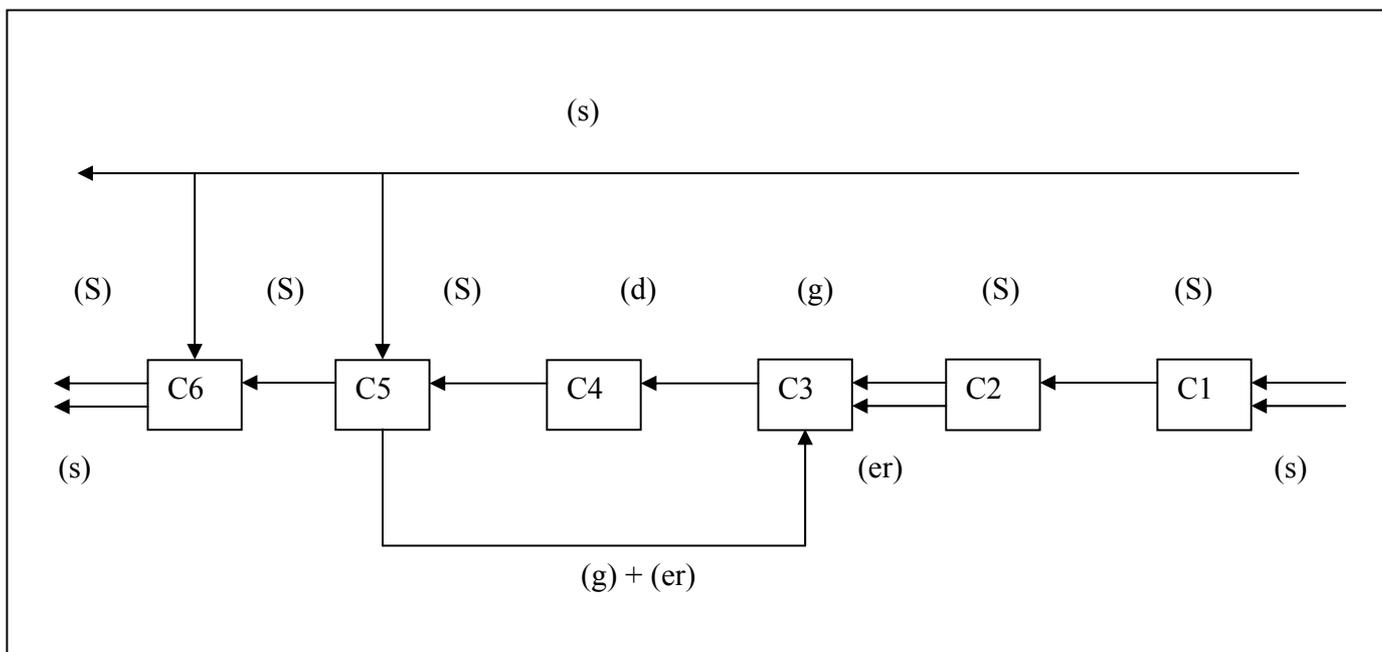
Le compartiment C5 est sans doute celui dont le comportement est le plus complexe. Il correspond au flanc de dune de la rive droite côté fleuve, alimenté en sable par le compartiment C4 et les compartiments de la rive gauche C1 et C2. Il alimente lui-même le fleuve par effet d'avalanche de sable (la pente de dune étant toujours proche de l'angle d'équilibre) et d'érosion fluviale. De plus, situé face à l'Harmattan, il est sous l'effet de ce dernier et des vents secondaires, soumis à des mécanismes de transfert de sable complexes. La morphologie de ce compartiment est très variable dans le temps sur le plan inter annuel et au cours d'un cycle annuel (en fonction du régime des vents).

Le compartiment C6, celui du flanc de dune côté terre dans le Gourma, correspond à la sortie du sédiment du système global. Il en définit notamment les conditions aux limites.

Entre les différents compartiments le transfert de sable peut se faire par plusieurs mécanismes de transport :

- par saltation (et reptation) sous l'effet du vent dominant, l'Harmattan, mais également des vents secondaires, on note (S) ce mécanisme ;
- par suspension toujours sous l'effet du vent que l'on note (s) ;
- par gravitation sous forme de coulées et d'avalanches des flancs de dune ; on note (g) ce mécanisme ;
- par charriage des grains de sable par le fleuve, que l'on note (ch) ;
- par érosion de pied de dune par le fleuve, que l'on note (er) ;
- par dépôt des sédiments charriés par le fleuve sur les zones exondées au moment de la décrue, soit (d).

Les mécanismes de transfert potentiels de sédiments entre les compartiments sont schématisés dans la figure ci-dessous :



### 4.3.2 Le zonage de l'espace en unités homogènes

Ce zonage a été effectué par trois missions de terrain au cours des années 2001, 2002 et 2003

Cinq unités homogènes ont été définies selon un axe ouest-est la limite sud de chacune d'elle étant le cours du fleuve et sa limite nord correspondant au sud de la zone végétalisée (la piste Bourem – Tombouctou matérialise cette limite). Chacune de ces unités est numérotée de 1 à 5 d'ouest en est.

Les coordonnées GPS fournies dans le tableau ci-dessous sont les limites sud des unités en bord de fleuve (mesures : longitude ouest : x°- y'- z en centième de seconde / Latitude même unités).

Unité paysagère	Limite ouest et Limite est (LongitudeW / Latitude)	Linéaire de fleuve	Villages et quartiers concernés	Caractéristiques morphologiques principales
Unité 1	1°31'43" / 17°00'58" 1°28'58" / 17°02'50"	5 km	Fartanda Kermachoy	Plaine en bord de fleuve Dunes vives au nord Plus au nord dunes fixées
Unité 2	1°28'58" / 17°02'50" 1°26'53" / 17°01'53"	3,6 km	Sogoubery Kandia	Massifs dunaires important en bord de fleuve Plaine boisée à faible taux de recouvrement au nord
Unité 3	1°26'53" / 17°01'53" 1°24'52" / 17°02'10"	2,4 km	Djerisaro	Petites dunes à faible pente en bord de fleuve Vaste dépression au nord
Unité 4	1°24'52" / 17°02'10" 1°24'18" / 17°01'89"	2,1 km	Tondo Bamba ouest	Massifs dunaires important en bord de fleuve Dunes aplanies avec végétation éparse au nord
Unité 5	1°24'18" / 17°01'89" 1°20'00" / 17°00'47"***	7,2 km	Bamba est – Bagna Ouageye Dirbangou	Importants massifs dunaires sur l'ensemble de la zone

\*\*\* Cette limite pourra être prolongée vers l'est en 2004

Ces unités ont été géo-référencées au GPS avec des caractérisations en sous unités.

L'exploitation d'images SPOT et LANDSAT a abouti à une cartographie provisoire de la zone d'ensablement en liaison avec les observations de terrain ; cette cartographie n'est pas fournie dans le présent rapport car plusieurs vérifications de terrain s'avèrent nécessaire sur le tracé des limites est et ouest des différentes unités.

L'orientation générale de ces dernières limites est sud-ouest / nord-est. La limite sur le terrain entre les unités 2 et 3 est matérialisée sur le terrain par la plaine inondable située au nord de Kandia ; la limite entre les unités 4 et 5 est matérialisée par le pied de la dune située à l'ouest de la dune de Zanzan (tracé de l'ancienne route d'entrée à Bamba)

Chaque unité paysagère correspond à une zone totalement ou fortement minéralisée dans sa partie sud (en bordure du fleuve) et à des formations végétales très dégradées dans sa partie nord.

**Espèces végétales présentes :**

Toutes les formations végétales présentes sont très fortement dégradées

**Unité 1 :** *Acacia raddiana*, *Balanites egyptiaca*, *Leptadiena pyrotechnica*, *Mauria crassifolia* ; pas d'herbacées sauf une petite formation de *Panicum turgidum* au nord de l'unité

**Unité 2 :** *Acacia raddiana*, *Acacia albid*, *Mauria crassifolia* ; pas d'herbacées

**Unité 3 :** *Acacia raddiana*, *Balanites egyptiaca*, *Mauria crassifolia*, *Calotropis procera* ; pas d'herbacées

**Unité 4 :** *Acacia raddiana*, *Mauria crassifolia*, *Leptadiena pyrotechnica*, *Calotropis procera* ; pas d'herbacées

**Unité 5 :** *Acacia raddiana*, *Balanites egyptiaca*, *Calotropis procera* ; plantations villageoises de *Prosopis juliflora*

### 4.3.3 La dynamique dunaire

Ces mesures concernent la vitesse d'avancée des dunes bordières du fleuve perpendiculairement au rivage, sachant que cette mesure est la plus significative, la dynamique de la dune bordière intégrant les dynamiques plus en amont.

Trois sites de mesures ont été installés à Kandia (unité 2), Tondo (unité 4) et Dirbangou (unité 5). La morphologie des dunes des unités 1 et 3 (pente trop faible ou trop variable) n'a pas permis d'installer des sites avec une fiabilité de mesure suffisante.

Les mesures sont faites avec un pas de temps mensuel, en période d'harmattan, si les conditions matérielles le permettent.

Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous pour chacun des trois sites :

Avancée : progression de la dune vers le fleuve (signe +)

Recul : retrait de la dune par rapport au fleuve (signe - )

#### **a/ Site de Kandia (Unité 2)**

Coordonnées GPS du site : Latitude 17° 01' 44'' - Longitude 1° 27' 47 ouest

Le point zéro est la position de la dune le 20 février 2002

Une seule mesure a pu être faite par rapport au point zéro : elle traduit une avancée de la dune de 1,50 mètres pour le mois de mars 2002. La borne s'est ensablée à partir d'avril 2002 et n'est pas réapparue.

L'interprétation est celle d'un ensablement très actif avec une progression de la dune vers le fleuve 2002 qui corrobore les fortes activités observées dans cette zone pour les mouvements de sable.

### **b/ Site de Tondo (Unité 4)**

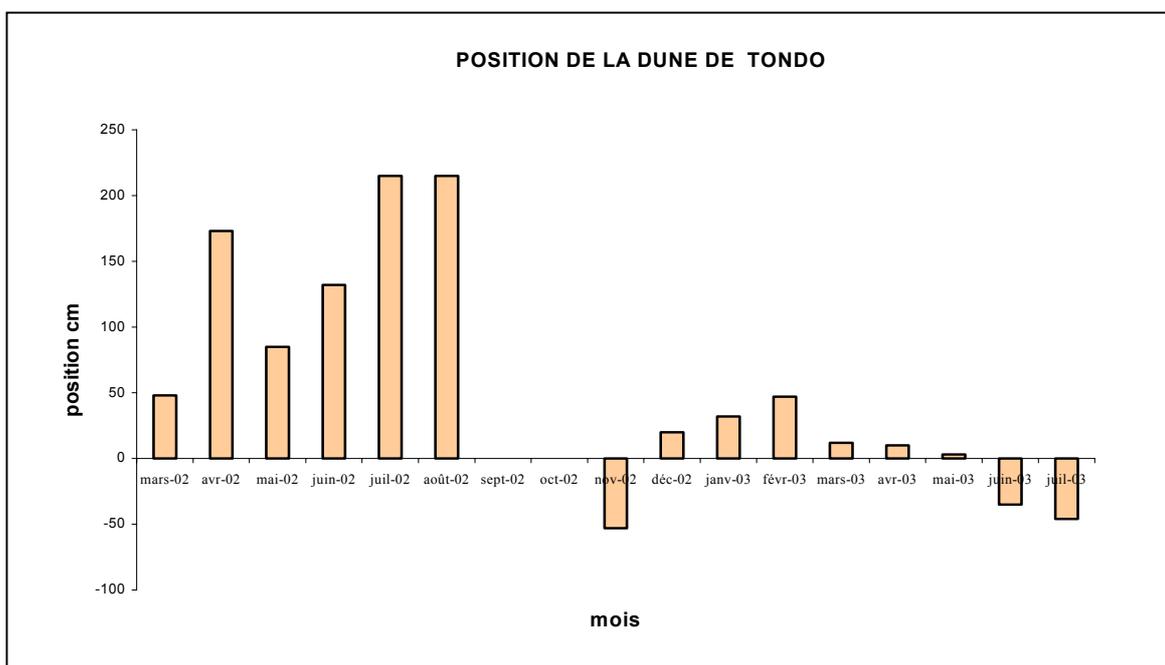
Coordonnées GPS du site : Latitude 17° 02' 13'' - Longitude 1° 22' 24 ouest  
Le point zéro est la position de la dune le 20 février 2002

*Mesures de positionnement* par rapport au point zéro :

Date	20/3/02	20/4/02	20/5/02	20/6/02	20/7/02	20/11/02	04/1/03
Résultat en cm	+48	+173	+85	+132	>+215	-53	+20
Date	04/2/03	04/3/03	04/4/03	04/5/03	04/6/03	04/7/03	04/8/03
Résultat en cm	+32	+47	+12	+10	+03	-35	-46

*Nota* : La période juillet – octobre 2002 correspond à un ensablement de la borne

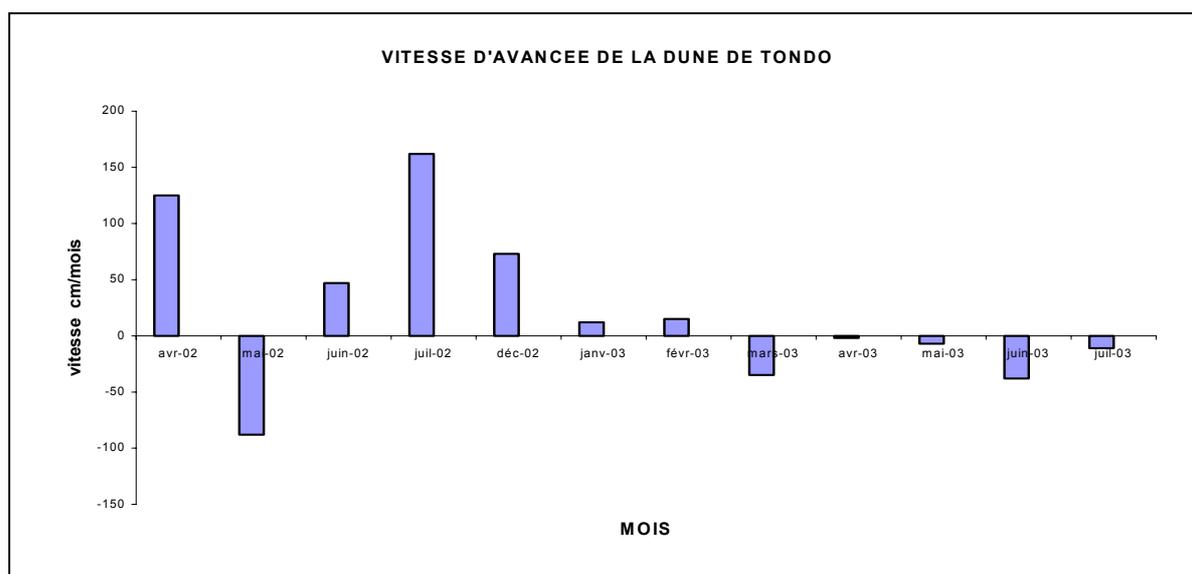
Les positions des mois de juillet et août 2002 ont supérieures ou égales à 215 cm ; les positions des mois de septembre et octobre 2002 n'ont pas été mesurées et sont arbitrairement définies égales à zéro.



**Mesures de vitesse** : dynamique mensuelle :

Mois	Mars02	Avril02	Mai02	Juin02	Juil-oct02	Nov02	Déc02
Dynamique en cm	+48	+125	-88	+47	Forte mobilité à moyenne $\cong 0$	-	+73
Mois	Janv03	Fév03	Mars03	Avril03	Mai03	Juin03	Juillet03
Dynamique en cm	+12	+15	-35	-02	-07	-38	-11

Les vitesses n'ayant pu être mesurées pendant les 4 mois d'août à novembre 2002 elles ne sont pas prises en compte dans les moyennes.



### Interprétation :

#### ***A l'échelle du mois :***

Caractéristiques du positionnement de la dune (par rapport au point zéro) :

- moyenne des positions occupées : 50 cm
- moyenne des valeurs absolues de mouvements mensuels : 66 cm

Caractéristiques de la vitesse mensuelle :

- moyenne : 21 cm par mois
- moyenne des vitesses en valeur absolue : 47 cm par mois

Cette dune a une forte mobilité au niveau du pas de temps mensuel avec des mouvements pendulaires d'avancée et de recul dont l'amplitude moyenne est de l'ordre de 0,6 mètre ; cela traduit une forte activité de transfert de sable et donc cette dune est active dans le phénomène d'ensablement.

#### ***A l'échelle de l'année :***

L'ensemble de ces mouvements sur une année traduit cependant une relative stabilité de la dune en position sur une période de un an ; sur les 17 mois de la période des mesures la dune a reculé

de presque 50 cm. La période d'observation est insuffisante et les données sur le vent sont inexistantes actuellement à Bamba pour pouvoir extrapoler ces résultats.

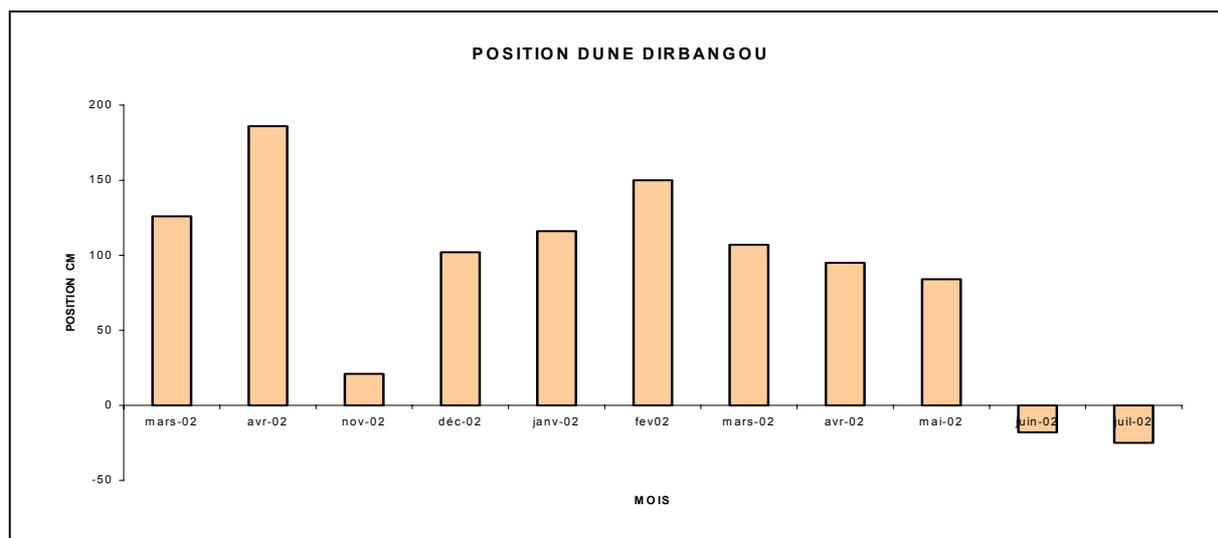
### c/ Site de Dirbangou (Unité 5)

Coordonnées GPS du site : Latitude 17° 01' 15'' - Longitude 1° 23' 02 ouest

*Mesures de positionnement* par rapport au point zéro :

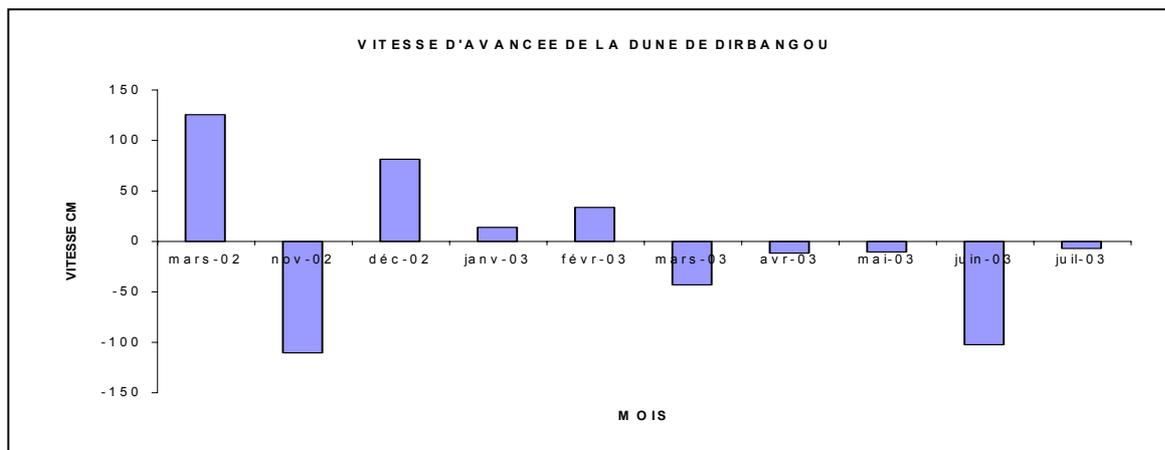
Date	20/3/02	20/4/02	20/11/02	03/1/03	03/2/03	03/3/03	03/4/03	03/5/03	03/6/03	03/7/03	03/8/03
Résultat en cm	+126	>> +150	+21	+102	+116	+150	+107	+95	+84	-18	-25

*Nota* : La période avril – octobre 2002 correspond à un ensablement de la borne ; seule la valeur du mois d'avril (150) est prise en compte dans les moyennes.



*Mesures de vitesse* : dynamique mensuelle :

Mois	Mars02	Mai-oct02	Nov02	Déc02	Janv03	Fév03	Mars03	Avr03	Mai03	Juin03	Juil03
Dynamique en cm	+126	Forte mobilité moyenne $\cong 0$	>-110	+81	+14	+34	-43	-12	-11	-102	-07



### Interprétation :

#### *A l'échelle du mois :*

Caractéristiques du positionnement de la dune (par rapport au point zéro) :

- moyenne des positions occupées : 88 cm
- moyenne des valeurs absolues de mouvements mensuels : 108 cm

Caractéristiques de la vitesse mensuelle :

- moyenne 0 cm par mois
- moyenne des vitesses en valeur absolue : 54 cm par mois

Comme dans le cas de Tondo, cette dune a une forte mobilité au niveau du pas de temps mensuel avec des mouvements pendulaires d'avancée et de recul dont l'amplitude moyenne est supérieure à un mètre ; cela traduit une très forte activité de transfert de sable et donc cette dune est active dans le phénomène d'ensablement.

#### **A l'échelle de l'année :**

Malgré la dynamique importante au niveau mensuel, la dune est stable en position moyenne sur une période de un an ; sur les 17 mois de la période des mesures la dune a retrouvé sa position d'origine. Comme dans le cas de Tondo l'absence de données sur le vent et la durée de la période des mesures limite l'interprétation générale des résultats.

#### *d/ Synthèse*

Sur les trois sites mesurés seul le site de l'unité paysagère 2 a enregistré une forte avancée de la dune vers le fleuve qui induit un déplacement du lit du fleuve vers le sud. Les deux autres sites, correspondant aux unités paysagères 4 et 5, sont l'objet de mouvements à court terme d'avancée et de recul, dont la vitesse moyenne est de l'ordre de 0,50 mètres par mois, mais la position de ces dunes est relativement stable à l'échelle annuelle.

Sur les trois sites mesurés, les dunes jouent un rôle actif d'importation et d'exportation de sable et sont donc des structures relais dans le processus d'ensablement du fleuve et des zones de culture irriguée. Il s'y ajoute pour le site de l'unité 2 un changement de position du lit du fleuve.

Ces mesures vont se poursuivre en 2004 et 2005 (et en cas de besoin au-delà) pour disposer d'un intervalle de mesures plus significatif. De plus, afin de quantifier la variation des stocks de sédiment locaux, il est prévu de suivre la morphologie des dunes des unités 4 et 5 à partir de 2004.

L'installation de la station météorologique à Bamba en 2004 permettra de disposer des mesures de vitesse et de direction du vent et d'établir des corrélations avec les mouvements dunaires.

#### **4.3.4 Les flux sableux**

Les mesures de flux sableux sont effectuées uniquement dans la direction de l'harmattan par des pièges à sable fixes adaptés au terrain, utilisant des matériaux locaux et ne posant pas de problème d'entretien majeur (ouvrages construits sur place comme indiqué dans le chapitre méthodologie).

L'installation d'un piège à sable implique un gardiennage, donc la proximité d'une habitation permanente, ce qui n'a pas été possible dans toutes les unités. On a donc opté dans un premier temps, et avant d'étendre le dispositif dans un deuxième temps pour l'installation de 2 pièges, pour lesquels le gardiennage était possible, l'un dans la partie nord de l'unité paysagère 5 (entrée du sable en provenance de la zone végétalisée) l'autre dans la partie sud de l'unité paysagère 4 (zone d'accumulation).

Résultats du piège nord (unité paysagère 5 - coordonnées 17° 02' 97 / 1°22' 21) :

La quantité de sable mentionnée est la quantité de sable transitant par linéaire de un mètre perpendiculairement à l'harmattan.

Mois	Quantité de sable piégée (m3)	
	année 2002	année 2003
Janvier	-	0,54
Février	-	0,74
Mars	0,25	0,25
Avril	0,23	0,40
Mai	0,23	0,44
Juin	0,31	0,29
Juillet	0,36	0,23
Août	0,45	-
<b>Total</b>	<b>1,83 m3</b>	<b>2,89 m3</b>

Résultats du piège sud (unité paysagère 4 - coordonnées 17° 02' 27 / 1° 24' 52)

Mois (année 2002)	Quantité de sable piégée	
	année 2002	année 2003
Janvier	-	0,86
Février	-	0,94
Mars	0,31	1,04
Avril	0,27	1,05
Mai	0,21	1,23
Juin	0,45	0,66
Juillet	0,30	0,24
Août	0,39	-
<b>Total</b>	<b>1,93 m3</b>	<b>6,02 m3</b>

### **Interprétation :**

Les flux sableux enregistrés sont moins importants globalement que ceux enregistrés à Bamba et à Bourem au cours des années 1991 et 1993 (respectivement 9m<sup>3</sup> et 10 m<sup>3</sup> par mètre linéaire perpendiculaire à l'harmattan) ; ces valeurs peuvent être comparées à celle du piège situé en zone sud qui est implanté dans le même type de milieu physique. En l'absence des données anémométriques locales, l'effet des vents vrais ne peut pas être analysé (cela se fera à partir de 2004 avec l'installation de la station météo). Une hypothèse pour cette décroissance est la diminution relative de l'activité de transport de sable au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la période des grandes sécheresses des décennies 1970 – 1980.

Le piège situé au nord mesure le flux sableux sortant de la zone végétalisée ; celui situé au sud mesure le flux sableux sortant de la zone d'ensablement. La différence des mesures entre ces deux pièges donne le bilan sédimentaire de la zone d'ensablement en termes de flux.

Ces valeurs sont voisines et faibles en 2002 (1,83 et 1,93 m<sup>3</sup>) ce qui correspond probablement à un harmattan de faible intensité moyenne (cette hypothèse est corroborée par les informations recueillies auprès des populations locales) ; dans ces conditions la zone d'ensablement fonctionnerait à bilan sédimentaire nul.

En 2003, ces valeurs sont plus importantes, probablement avec un harmattan plus actif, le flux sortant (6,02m<sup>3</sup>) étant le double du flux entrant (2,89 m<sup>3</sup>). La zone a un bilan sédimentaire négatif et évacue donc du sable vers le sud, par l'intermédiaire du fleuve, diminuant ainsi le stock de sédiment. Un tel fonctionnement s'il perdurait serait de nature à diminuer les dangers liés à l'ensablement.

### **Mesure de l'influence du vent**

Comme indiqué dans le chapitre méthodologie, l'installation d'une station météorologique à Bamba en 2004 permettra d'acquérir les paramètres locaux vrais du vent (vitesse, direction) avec des pas de temps infra-journaliers et de traiter ces données en corrélation avec les mesures de dynamique dunaire et de flux sableux.

En ce qui concerne les flux sableux, l'utilisation de modèles du type Fryberger (basé sur le potentiel d'arrachement du sable par le vent et sur les formules de Bagnold et de Lettau pour la capacité de transport du sable par le vent et la structure de la couche limite) permettra de calculer un coefficient de potentiel de transport de sable par le vent et de comparer ses valeurs au débit du flux sableux mesuré in situ sachant que le flux sableux transporté varie comme le cube de la vitesse du vent et est très sensible à des variations même modestes de cette vitesse. Si la corrélation est bonne, les mesures du vent permettront de modéliser le transport de sable en zone non végétalisée.

#### ***4.4 Etude socio-économique des pratiques et modes d'usages des ressources naturelles***

##### **4.4 .1. Perceptions de l'environnement de Bamba et de ses changements**

- ***Description de l'environnement de Bamba***

A l'issue de l'analyse des données d'enquêtes, les principaux qualificatifs donnés pour décrire l'environnement de Bamba sont rapportés dans le tableau ci dessous.

**Tableau 5 : Les principaux qualificatifs et leur nombre de citation pour la description de l'environnement de Bamba**

<b>Descriptif</b>	<b>Nombre de citations</b>
Les dunes	17
Le fleuve	16
Une végétation dégradée	10
Le sable	8
La pauvreté	8
Les plaines inondables	7
L'agriculture	7
Le bétail	6
Les pâturages	5
Autres termes cités	32
Total	116

Parmi les termes exprimés pour qualifier le territoire de Bamba, les dunes de sable et le fleuve arrivent largement en tête, ce qui a du sens, puisque, comparativement à d'autres lieux du Mali et même de la région, ce sont les éléments de paysage qui frappent l'observateur. Du reste, quelques personnes interrogées définissent Bamba comme un « contraste » (n°6) : « le désert au bord de l'eau » n°5.

Toutefois, il est à noter que 7 des 16 citations pour le fleuve sont données par des fonctionnaires, en poste ou non à Bamba, soit l'ensemble des fonctionnaires interrogés, tandis que seulement 9 des 32 acteurs vivant à Bamba l'ont cité. Il nous a semblé que le fleuve est tant inscrit dans la vie des populations de Bamba, qu'il n'en est plus remarquable.

Par ailleurs, suivant la nature de ces qualificatifs de Bamba, on peut les classer en 4 groupes de descripteurs, qui sont :

- les descripteurs physiques du milieu (dunes, sable et fleuve) ;
- les descripteurs d'activités socio-économiques (agriculture et pastoralisme) ;
- les descripteurs de dégradation du milieu (végétation dégradée) ;
- les descripteurs de conditions de vie des populations (pauvreté).

Ces différents descripteurs sont rapportés dans le tableau ci dessus

**Tableau 6 : Classification des principaux descripteurs de Bamba suivant leur nature**

<b>Descriptif</b>	<b>Nombre de citations</b>	<b>Groupes de descripteurs</b>
Sable et dunes	25	physiques du milieu
Le fleuve	16	
L'agriculture	14	activités socio-économiques
Le pastoralisme	11	
La végétation dégradée	10	dégradation du milieu
La pauvreté	8	condition de vie des populations
Autres termes cités	32	
Total	116	

Il ressort de l'analyse des données rapportées dans le tableau qu'outre les éléments physiques remarquables du milieu qui caractérisent le paysage de Bamba, les populations l'identifient à travers les principales activités socio-économiques (agriculture et élevage). A ces qualificatifs s'ajoutent les phénomènes de dégradation du milieu et de paupérisation des populations.

Dans le détail, les descriptifs apportés par les différentes catégories d'acteurs ou groupes socioprofessionnels sont rapportés dans tableau ci dessous.

Pour plus de lisibilité, ces descriptifs ont été regroupés par thèmes :

1. Sables et dunes : ensablement ;
2. Fleuve et pêche : fleuve, pêche, poisson, île ;
3. Dégradation environnementale : dégradation de la végétation, désertification, manque d'eau, sécheresse, vent ;
4. Champs et agriculture : agriculture, plaines inondables, champs de riziculture, jardins, population d'agriculteurs ;
5. Bétail et pâturage : bétail, pâturage, zone pastorale ;
6. Pauvreté : pauvreté, manque de nourriture ;
7. Vision positive de l'environnement : paysages extraordinaires, immensité, tranquillité, arboré ;
8. Vision positive de la société : cohabitation de plusieurs ethnies, hommes travailleurs ;
9. Vision négative de la société : mésentente entre les gens, exclusion sociale.

Il ressort de l'interprétation des données rapportées dans le tableau que dès la première question, se dessine un certain nombre de tendance. La majorité des acteurs locaux ou groupes

socioprofessionnels semblent voir l'environnement de Bamba au travers de leurs activités. De ce fait, les agriculteurs décrivent majoritairement leur environnement par le sable qui nuit à leurs activités agricoles. Quant aux éleveurs, ils notent la dégradation des pâturages et les bûcherons la diminution des arbres. Il est toutefois intéressant de constater qu'à ces descriptions « utilitaristes » de l'environnement de Bamba s'ajoutent des points de vue « paysagers » sur Bamba, qui s'intéressent, au-delà de l'activité, au cadre de vie, ainsi que des points de vue « sociaux », tant positifs que négatifs.

Ces derniers points de vue, bien que marginaux, se sont exprimés spontanément, et ont été maintenus alors qu'il s'agissait plutôt des questions sur « l'environnement » que sur la société de Bamba.

**Tableau 7 : Les descriptifs de Bamba selon les catégories socioprofessionnelles ou acteurs locaux**

N°	<i>Descriptifs de Bamba</i>	Type d'acteurs									Total
		Agro-éleveur	Eleveur	Pêcheur	Bûcheron	Forgeron	Femme	Manœuvre	Commerçant	Fonctionnaire	
1	Sable et dunes	10	1	1	3		1	2	3	4	25
2	Fleuve et pêche	5		2	1		2	1	2	7	20
3	Dégradation environnementale	5	7	2	3					2	19
4	Champs et agriculture	9		1			2	2		3	17
5	Bétail et pâturage	9							1	2	12
6	Pauvreté	3	1		1	1		1	1		8
7	Vision positive de l'environnement	1	1				1			3	6
8	Vision positive de la société	5									5
9	Vision négative de la société	1			2	1					4
<b>Total</b>		<b>48</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>116</b>



- **Perception sur la dynamique de l'environnement de Bamba**

- ***Perception des populations sur le passé environnemental de Bamba***

Les paramètres qui déterminent la perception des différentes catégories socioprofessionnelles sur le passé environnemental de Bamba sont rapportés dans le tableau ci dessous.

Sur les 39 enquêtés, 3 fonctionnaires n'ont pas pu donner de réponse par rapport à l'environnement de Bamba dans le passé car ils ont une connaissance récente de la zone.

Selon les populations, les qualificatifs pour décrire la vie et l'environnement à Bamba « dans le temps passé » sont très positifs (à l'exception d'un commerçant qui trouve Bamba plus enclavé aujourd'hui que dans le temps). Les principaux qualificatifs qui reviennent montrent que Bamba était un territoire verdoyant. La pluviométrie y était abondante et tout le monde mangeait à sa faim. Chacun pouvait exercer ses activités sans contraintes majeures. Il existait de bons pâturages à proximité où pâturaient beaucoup de troupeaux (notamment de bovins), des plaines non ensablées et bien irriguées par les crues du fleuve, de poissons à profusion, bref la tranquillité. Le cram-cram atteignait les hanches obligeant les personnes à passer par les principales pistes. Dans la plaine de Gabey et à moins 5 km de Bamba, l'avifaune sauvage y était abondante pour être chassée. Les îles étaient permanemment entourées par les eaux de crue et il fallait une pirogue pour y accéder.

Autour de ce thème du « gai passé », il est cependant intéressant d'analyser la formulation des réponses en fonction des activités. Pour les agro éleveurs, les troupeaux étaient beaucoup plus importants au paravent que maintenant. Chez les éleveurs, c'est surtout l'état de la végétation qui a changé et cela du fait qu'il n'est plus possible de maintenir actuellement les troupeaux de bovins dans le Haoussa à cause de la faible disponibilité des pâturages en fourrage herbacé. Cette situation a eu comme conséquence l'occupation de ces pâturages par les petits ruminants d'une part et le transfert des bovidés dans le gourma (plus fourni en fourrage).

En effet, si les éleveurs et les agro éleveurs jugent Bamba d'antan « verdoyant », pour les bûcherons les arbres étaient plus proches du village et leur accès plus facile ; ce qui est l'expression d'un point de vue différent sur un même fait.

Enfin, le « gai passé » est là encore traduit par une vie facile, tranquille, paisible, avec de l'entente et de l'entraide entre les gens.

- ***Les principaux changements environnementaux des 20 dernières années***

Les paramètres qui déterminent les changements environnementaux des 20 dernières années, selon les différentes catégories socioprofessionnelles, de Bamba sont rapportés dans le tableau ci dessous.

Le premier changement notable survenu ces dernières années sur le territoire de Bamba est la disparition progressive de la végétation, selon 62% des personnes interrogées. Ce changement est traduit par chaque groupe socioprofessionnel à sa manière. Pour l'agriculteur, les épineux sont

plus en plus rares pour protéger les rizicultures contre les poissons. Pour l'agro éleveur, on observe un éloignement des lieux de pâturage, de même que pour le bûcheron, les lieux de coupe des arbres deviennent de plus en plus éloignés. Inversement, certains pointent déjà la coupe des arbres comme le facteur de cette disparition de la végétation.

Le deuxième changement important observé est l'avancée des dunes. Cela est exprimé par 44% des personnes interrogées, et même 67% si on tient compte du fait que l'ensablement des champs est aussi une conséquence de l'avancée des dunes. Ce paramètre est d'ailleurs, pour les agriculteurs, un indicateur de dégradation ou de changement de l'environnement. Il est traduit par un fonctionnaire, de façon dynamique, que «le désert gagne le gourma».

Le troisième changement concerne le tarissement du fleuve. Il est exprimé par 31 % des personnes enquêtées. Si on y ajoute les autres signes directs de changements climatiques (diminution de la pluie, irrégularité des crues, et fréquence des vents), c'est 62% des gens qui notent l'assèchement du climat et ses conséquences directes sur le régime des eaux.

On a donc ainsi un triptyque : assèchement du climat et dégradation de la végétation, avec un nombre de citations équivalent, et ensuite l'avancée des dunes comme une conséquence de ces deux premiers changements dont les acteurs locaux ne savent peut-être lequel a engendré l'autre.

Viennent ensuite, dans un deuxième rang d'importance de citation, des changements négatifs qui sont la conséquence de ce triptyque : la diminution des cheptels, la paupérisation, l'exode vers les grandes villes ou pays voisins comme le Ghana, le Niger, etc.

Vient enfin, de manière plus tenue mais non anecdotique, la notification de changements plus spécifiques. Ces changements peuvent être liés à des activités : le pêcheur notera l'augmentation du nombre de pêcheurs et la diminution des poissons ; les bûcherons noteront que, poussés par la pauvreté, ils ont dû déménager de brousse en ville pour y servir comme manœuvre au port. La mésentente entre les gens («les gens sont devenus pauvres et se font dos») est citée comme un changement notable.

Enfin, il y a des personnes qui notent des changements positifs. Deux fonctionnaires notent ainsi qu'un des changements notables de Bamba est l'arrivée de «projets» qui sont, selon eux, susceptibles d'entraîner un changement de mentalité chez les populations. Deux acteurs locaux, un commerçant et un agriculteur, considèrent que la plantation d'arbres est un changement majeur intervenu ces vingt dernières années à Bamba.

**Tableau 8 : Perception des différentes catégories socioprofessionnelles sur le passé environnemental de Bamba**

<i>Description de Bamba dans le passé</i>	activités									
	Agro-éleveur	Éleveur	Pêcheur	Bûcheron	Forgeron	Femme	Manœuvre	Commerçant	Fonctionnaire	Total
Verdoyant	7	4		1	1				3	16
Autosuffisance	4	1			1	1	1	1	2	11
Pluies suffisantes	7		1				1			9
Troupeaux importants	6				1		1			8
Dunes éloignées du village	5		1	1					1	8
Beaucoup de poissons	3		2			1			1	7
Fleuve rempli	3		1	2				1		7
Vie pas dure	4		1					1	1	7
Arbres proches des maisons	2			2		1			1	6
Troupeaux de bovins dans le Haoussa	1	2				1				4
Beaucoup de plaines agricoles	2			1					1	4
Bonne entente entre les villageois	1				1	1	1			4
Pâturages de qualité à proximité	1						1	1		3
Tranquillité	1	1								2
Déplacement facile				1						1
Enclavement								1		1
Pas de vent pour déplacer le sable	1									1
Présence d'une faune sauvage	1									1
<b>Nombre totale de citations</b>	<b>49</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Tableau 9 : Les changements environnementaux de Bamba survenus au cours des 20 dernières années

<i>Changements survenus</i>	Activité									Total
	Agro-éleveur	Eleveur	Pêcheur	Bûcheron	Forgeron	Femme	Manœuvre	Commerçant	Fonctionnaire	
Disparition progressive de la végétation	9	1	1	5	1	1		1	5	24
Avancée des dunes	5	2		2		2		1	5	17
Tarissement du fleuve	6		1	1			2	1	1	12
Diminution des cheptels	6	1		1	1		1			10
Ensablement des champs	7							1	1	9
Diminution de la pluie	5		1				1	1	1	9
Appauvrissement des familles		1		1		1	1			4
Exode	2	1								3
Mise en œuvre de projets									2	2
Mésentente entre les gens							2			2
Irrégularité des crues	2									2
Reboisement en <i>Prosopis</i>	1							1		2
Diminution du poisson			2							2
Commerce du bétail		1								1
Déménagement des Bellah en ville				1						1
Diminution de la fertilité des sols	1									1
Vents plus fréquents	1									1
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>102</b>

➤ *Les signes observables des changements environnementaux*

Pour les agriculteurs et les femmes, concernés par la qualité des terres de culture, le signe le plus évident du changement est l'envahissement des champs et jardin par le sable (18% des citations). Pour les éleveurs et agro éleveurs, les signes observables de changements sont la dégradation des pâturages, la diminution des troupeaux notamment de bovins qui, pour certains, ont dû changer de lieux de pâturage (du Haoussa au Gourma), au moins pour une plus grande période de l'année (22% des citations cumulées). Une partie de la population interrogée s'inquiète de la diminution des arbres et de l'augmentation de la distance des lieux de coupe (18% des citations), ce qui fait dire à quelqu'un, qu'aujourd'hui, on peut voir plus loin dans l'espace.

Parmi les signes observables de changement selon la population, il faut noter la régression et ou la disparition d'espèces végétales et animales. La disparition du cram-cram et celle du fonio sauvage sont vraiment symboliques des changements environnementaux, quelle que soit l'activité. Si avant on ne pouvait pas marcher n'importe où tellement il y avait du cram-cram, que les hommes et les bêtes en consommaient, maintenant on n'en trouve quasiment plus et les spéculations vont bon train pour savoir si, oui ou non, le cram-cram pourrait revenir un jour sur les terres du Haoussa. Outre le cram-cram, les habitants de Bamba déplore la forte régression de *Maerua crassifolia*, *Salvadora persica*, *Hyphaene thebeïca*, («orgeye», «hassa», «hiro» en langue sonrhäi), et une herbe rampante comestible («houbeye» en sonrhäi). En arabe, ces ligneux sont respectivement appelés « amsirad », « tanismarta » « kardanala ».

En plus de ces espèces, il faut noter la disparition d'une herbe aquatique consommable par l'Homme.

Tableau 10 : les signes observables des changements environnementaux

<i>Signes de changements environnementaux</i>	Activité									
	Agro-éleveur	Éleveur	Pêcheur	Bûcheron	Forgeron	Manœuvre	Femme	Commerçant	Fonctionnaire	Total
Envahissement par le sable	8			1	1	1	2	1	3	17
Disparition cram-cram et faux fonio	4	4				1		1	3	13
Dégradation des pâturages	5	3	1			1			1	11
Diminution troupeau gros bétail	4	2				1			1	8
Les gens sont fatigués, ils souffrent, migrent	5			1		1		1		8
Disparition d'espèces utiles	1	3		2					2	8
Diminution des arbres	4	1		1			1			7
Diminution des poissons	1		2							3
Allongement des distances aux lieux de coupe				1	1				1	3
Disparition grande faune		1			1			1		3
Régression du bourgou, <i>Leptadenia, Banalites, Ziziphus</i>	2								1	3
Changement de lieu de pâturage	2									2
Le fleuve allait dans des endroits où il ne va plus maintenant	1							1		2
Vents plus fréquents	1							1		2
Manque d'entente et de solidarité	1					1				2
On peut voir plus loin dans l'espace	1									1
Plantation d'arbres									1	1
Utilisation d'engins de pêche à mailles fines			1							1
<b>Total de citations</b>	<b>40</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>95</b>

#### 4.4.2 Les causes de principaux changements survenus

Le tableau ci dessous rapporte les principales causes des changements environnementaux de la zone de Bamba.

Le manque de pluies se révèle comme le premier facteur d'explication des changements environnementaux privilégiés par les enquêtés. Ce facteur représente un tiers des citations totales et 64% des réponses données comme facteur d'explication n°1.

La coupe des arbres et le vent interviennent ensuite comme deuxième facteur explicatif, recueillant chacun 20% du nombre totale de citations.

Les facteurs climatiques ou abiotiques (manque de pluie, vent) représentent 56% des citations totales qui déterminent les changements environnementaux. Ces derniers facteurs conjugués à l'action directe de l'homme (coupe du bois), expliquent à 76 % les causes des changements survenus dans l'environnement de Bamba.

Par ailleurs, il ressort de l'analyse des données rapportées dans le tableau que l'ensablement se révèle comme un facteur moins causal des changements (3 % des citations totale). Il est plutôt une conséquence de la dégradation résultant des effets conjugués des facteurs climatiques et anthropiques. Il est d'ailleurs un indicateur privilégié de la désertification au vu des populations. Malgré la contribution de l'action directe de l'homme (coupe de bois) à 20% des citations totales, les populations de Bamba se sentent moins coupables des changements environnementaux survenus. Concernant les 20% des citations que représente la coupe du bois, ils sont imputés majoritairement à l'action des bûcherons.

**Tableau 11 : Les principales causes de changements environnementaux de Bamba**

N°	Facteur de changement	Réponse1	Réponse2	Réponse 3	Réponse 4	Total
1	Manque de pluies	24	7	1	0	<b>32</b>
2	Coupes des arbres	7	4	7	0	<b>18</b>
3	Vent	3	8	6	1	<b>18</b>
4	Faiblesse des crues	0	7	0	0	<b>7</b>
5	Ensablement			2	1	<b>3</b>
6	Autres facteurs	3	5	2	2	<b>12</b>
	<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>90</b>

#### 4.4.3 Les conséquences des changements sur le long terme

Les principales conséquences des changements environnementaux de Bamba sur le long terme sont consignées dans le tableau ci dessous.

Selon 37% des personnes interrogées, les principales conséquences des changements environnementaux du territoire de Bamba seront le dépeuplement, l'exode vers des villes ou des régions plus hospitalières, la disparition de la végétation et du fleuve. La disparition totale du village est prévue par 18 % des personnes enquêtées. Pour en témoigner leur désespoir, certaines

personnes ont donné des citations ; en voici le libellé d'une d'entre elles : "Si mon champ échoue, il faut que j'aille à la pêche ; si ça ne marche pas, je suis le troupeau ; et s'il n'y a plus de ressources, il faut s'en aller en exode ; la moitié du village est déjà partie". Sans aller jusqu'à cette conséquence extrême, un certain nombre de personnes pronostiquent la poursuite des processus environnementaux actuels : ensablement (9% des citations) (engloutissement des maisons, ensablement des terres cultivables) ; disparition de la végétation et notamment du bois de chauffe ; ensablement du fleuve et sa disparition progressive (15% des citations totales sur ce thème) ; d'autres considèrent que l'on continuera à aller vers plus d'individualisme, de mésentente entre les gens.

Certaines personnes, soit 11% des personnes interrogées, n'appréhendent pas forcément les conséquences des processus actuels, ni même ces processus.

D'autres personnes, notamment les éleveurs, ne souhaitent pas se projeter dans l'avenir (13% des personnes interrogées), car cet avenir appartient à Dieu ("Dieu seul sait et maîtrise le futur, mais si la pluie revient, le cram-cram reviendra et nous n'aurons pas d'inquiétude").

Il y a enfin ceux qui pensent que malgré les conditions défavorables, Bamba s'en tirera soit par des apports d'argent extérieur, soit en suivant les recommandations du développement et cela en suivant les initiatives prises par le gouvernement et par les projets. De ce fait, les bonnes conditions d'hier peuvent être reconstituées.

Tableau 12 : Les conséquences de changements de l'environnement de Bamba sur le long terme

<i>Conséquences sur le long terme</i>	Activités									
	Agro- éleveur	Eleveur	Pêcheur	Bûcheron	Forgeron	Femme	Manœuvre	Commerçant	Fonctionnaire	Total
Dépeuplement	11	1							2	14
Disparition du village	1		1	3		1		1	1	8
Dieu seul sait	1	3	1			1				6
Avenir sombre	3	1							1	5
Ensablement							1		3	4
Appauvrissement					1		1	1		3
Individualisme					1		1			2
Maintien avec les apports extérieurs									1	1
Disparition de la végétation									1	1
Disparition progressive du fleuve				1						1
Problème de bois de chauffe									1	1
Meilleures conditions si projets	1									1
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>47</b>

#### 4.4.4 Actions essentielles à mener dans un avenir proche pour lutter contre la dégradation de l'environnement

Les principales actions à mener dans un avenir proche contre la dégradation de l'environnement de Bamba sont rapportées dans le tableau ci dessous.

A l'issue de cette étude socioéconomique, vu l'ampleur du phénomène de dégradation de l'environnement dans la zone Bamba, des actions à mener à court terme ont été proposées par les populations.

Ce que les changements environnementaux amènent, comme inconvénients essentiels à leurs yeux, c'est l'ensablement. A cet égard, pour ces populations, une première série d'actions a été proposée. Parmi ces actions il faut citer la plantation des arbres qui a été proposée par 44% des personnes interrogées. En plus de cette plantation, il y a la fixation des dunes et la réhabilitation des jardins ensablés.

**Tableau 13 : Les principales actions à mener contre la dégradation de l'environnement dans un proche avenir dans la zone de Bamba.**

Action à entreprendre	Nombre de citations	Nombre de 1 <sup>er</sup> choix	Nombre de 2 <sup>ème</sup> choix
Aménagement des plaines	17	9	4
Plantations d'arbre	17	5	8
Réglementation de la coupe des arbres	10	7	3
Fixation des dunes	6	3	
Creusement de puits mécanisés	5	2	1
Respect des règles de gestion collective	5	1	4
Production de bourgou	4	1	
Re-ensemencement en cram-cram	3		1
Réglementation de la pêche	3	1	1
Amélioration des pâturages	2	1	
Meilleure répartition des terres	2	1	
Construction du barrage de Tosaï	2		1
Réhabilitation des jardins ensablés	1	1	
Construction de magasins	1		1
Développement du tourisme	1		
Organisation des producteurs	1		1
Amélioration de la santé animale	1		
Diminution du bétail	1		
Promotion de la pisciculture	1		1
Promotion de combustible alternatif	1		

Les aménagements hydro agricoles prennent aussi, selon la population, une place de choix parmi les actions à mener. Ce qui permettra de réduire la précarité des crues (par la maîtrise de l'eau) qui semble être liée au changement climatique. Ils constituent la deuxième série d'actions à mener.

La troisième série d'actions à mener concerne le respect des réglementations édictées par rapport à la coupe des arbres, à la pêche, au respect des règles de gestion collective et la répartition plus équitable des terres en passant par des actions classiques du développement rural.

En dehors de ces trois séries d'actions (lutte contre l'ensablement ; aménagements hydro agricoles ; respect des règles), il a été proposé d'autres mesures concrètes qui vont de la réalisation des forages à et l'amélioration des pâturages.

Aussi l'une des attentes des populations est la réalisation du barrage de Tosai, qui pourrait permettre de réguler les crues et donc aider à réaliser des aménagements de grandes envergures afin d'assurer l'autosuffisance alimentaire.

*En conclusion, cette étude socio-économique, relative aux modes et pratiques d'utilisation des ressources naturelles et leurs conséquences sur l'environnement, fait ressortir quelques indicateurs biophysiques et socio-économiques.*

*Parmi les indicateurs biophysiques il faut citer : l'ensablement, la formation des dunes, la diminution du couvert végétal, la diminution voir disparition de certaines espèces végétales et animales.*

*Quant aux indicateurs socio-économiques il faut noter : la pauvreté, l'exode rurale et l'immigration.*

## 5 DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION

L'objectif du présent travail est de comprendre le fonctionnement de la dynamique des interactions entre les systèmes écologiques et les systèmes sociaux.

Dans le cadre, nous avons cherché à déterminer les causes et conséquences des modes et pratiques d'utilisation des ressources naturelles sur la dégradation des milieux physiques et biologiques dans la zone de Bamba. En effet, il sera discuté les résultats relatifs à l'étude de la végétation, de l'ensablement et de la socio-économie.

### **Etude de la végétation et de la biodiversité**

A l'issue des résultats des données relatives à l'observation et à la surveillance de la végétation herbacée sur une période de 2 ans (2002, 2003), des paramètres se sont révélés comme des indicateurs biophysiques de la dégradation et de la désertification. Il s'agit entre autres du recouvrement global de la strate herbacée, des indices de diversité et d'équité, et du potentiel de production en biomasse sèche. La valeur zéro de ces indicateurs indique la forte pression humaine et animale sur cette ressource végétale. Elle se traduit par une intensité de modes et pratiques d'exploitation disproportionnées à la capacité de la ressource à se régénérer. Ce phénomène est surtout observé sur les sites situés non loin du fleuve Niger où la pression pastorale est très forte avec un niveau d'ensablement inquiétant. Cette disproportionnalité entre l'exploitation et la capacité à régénérer des ressources pastorales des écosystèmes sahéliens a été rapporté par plusieurs auteurs. Karembé (2001), dans le cadre d'une expérimentation sur l'effet de la protection et du rythme de coupes sur la flore et la production de biomasse herbacée dans

les jachères sous l'isohyète 550-750 mm, a mis en évidence que les parcelles soumises aux rythmes élevés de coupes (coupe chaque mois) présentent une production de biomasse, une richesse floristique et un taux de recouvrement faible comparativement aux autres parcelles. Djiteye (1981) dans le cadre d'une étude relative à l'influence de l'exploitation sur un pâturage sahélien à annuelles au Mali (Niono) a montré que la production de biomasse demeure faible dans les zones à forte pression (proximité des points d'eau) qu'à faible pression (zones plus éloignées des points d'eau). Dembélé (1996) après une étude sur l'influence du feu de brousse et du pâturage sur la végétation et la biodiversité des jeunes jachères en zone semi-aride, a montré que les parcelles soumises au feu et au pâturage étaient moins productives en biomasse herbacée avec une diversité faible que celles mises en défens (sans feu et non pâturées). De même Hiernaux et Fernandez-Rivera (1995) soulignent que la forte pression pastorale diminue la production et la productivité des herbacées et entraîne la diminution des espèces à hautes valeurs fourragères au profit de celles non fourragères.

En ce qui concerne les ligneux, la densité totale et celle de la régénération sont beaucoup plus élevées dans la zone sud Haoussa, suivies du centre Haoussa et demeurent faibles dans le Nord Haoussa. Elles régressent suivant le gradient sud-nord. Cette forte densité au sud par rapport au Nord est déterminée par le niveau de pression. Les sites dans la zone sud se caractérisent par une forte pression humaine sur les ressources ligneuses suite à leur proximité des villages et campements quasi permanents le long du fleuve contrairement aux sites du Nord. En effet, elle est essentiellement constituée de brins de petits diamètres issus de rejets de souche. Ce ci est un indicateur biophysique de dégradation du milieu suite à la forte pression humaine et animale. Des résultats similaires ont été obtenus par Dembélé (1996), Yossi (1996) à l'issue des études sur la dynamique de la végétation ligneuse dans les jachères en zone soudanienne nord du Mali. Ces auteurs ont souligné que la majorité des ligneux soudano sahéliens se caractérisent par leur aptitude à émettre de brins de souche après coupe.

Par rapport à la contribution des espèces à la densité totale et à celle de la régénération (souches plus graines), *Acacia raddiana* a la contribution la plus élevée suivie de *Balanites egyptiaca* et *Mauria crassifolia*. Par contre d'autres espèces comme *Salvadora persica* et *Hyphaene thebaica* sont très rares dans les sites d'observation donc sont en voie de disparition. Le comportement de *Acacia raddiana*, c'est-à-dire à rejeter beaucoup de brins de souches et contribuer fortement à la densité (espèce des zones arides), est comparable à celui de *Combretum ghasalense* (espèce des zones savanicoles).

Quant à la régénération par graine, elle est quasiment dominée par *Acacia raddiana* (espèce fourragère par excellence dans la zone).

Par ailleurs, la densité des souches coupées est beaucoup plus importante dans la zone Sud Haoussa que dans les zones Nord et centre Haoussa.

Après coupe, l'espèce *Acacia raddiana* émet plus de brins à la souche que les deux autres espèces dominantes (*Balanites egyptiaca* et *Mauria crassifolia*) et cela pour tous sites confondus quelle que soit la zone écologique.

## **Etude de l'ensablement**

Les mesures effectuées confirment les observations sur l'ensemble de la zone d'ensablement d'une forte dynamique sableuse à court terme : importation et exportation de sédiment liés à des mouvements dunaires d'amplitude maximum de un mètre et de vitesse moyenne de 0,50 mètre par mois et à des remaniements de la morphologie dunaire. Toutefois, l'ensemble des formations sableuses est stable en moyenne à l'échelle de l'année dans deux unités paysagères et les dunes progressent vers le fleuve dans l'unité paysagère 2 avec déplacement résultant du lit du fleuve vers le sud.

Sur un plan global le flux sédimentaire est moins important sur les deux années de mesure que les flux mesurés au début des années 1990 : 2 et 6 m<sup>3</sup> au lieu de 10 m<sup>3</sup>. L'absence de données quantifiées sur les vents locaux ne permet pas de conclure sur la part relative des causes éoliennes et anthropiques.

L'installation de la station météorologique à Bamba en 2004 permettra de disposer des mesures de vitesse et de direction du vent et d'établir des corrélations avec les mouvements dunaires et les flux sableux.

Ces conclusions résultent de deux années de mesures et ne peuvent être généralisées compte tenu de la variabilité interannuelle des paramètres climatiques. Comme dans le cas de la végétation, un pas de temps minimum de 5 ans est nécessaire pour déterminer les tendances.

## **Etude socio économique**

Cette première approche des perceptions des changements environnementaux par les habitants du territoire du Bamba est riche d'enseignement, mais aussi de questions. Il y a de toute évidence une perception aiguë d'une dégradation des ressources que ce soit hydrauliques, végétales, piscicoles et faunistiques. Il est toutefois à noter que tout le monde s'accorde sur des changements très majoritairement négatifs, sinon fluctuants. Il ressort des résultats de l'enquête que rien n'est plus comme avant ; les signes patents du changement étant l'ensablement, la disparition du cram-cram, des troupeaux de bovin dans le haoussa, des gros poissons et de la faune sauvage.

Qui est rendu de prime abord responsable de ces changements ? A cette question c'est le changement climatique, notamment la baisse de la pluviométrie, qui est à l'origine au vue des populations. A partir de ce constat, des personnes développent un discours d'une logique imparable : que la pluie revienne comme avant, et tout rentrera dans l'ordre. Dans les cas extrêmes, on ajoute : les poissons retomberont du ciel ou bien les plantes disparues ressortiront du sol.

Par contre une majorité de gens admettent que les conséquences du changement climatique ont été accentuées par l'homme à travers ses activités.

A la lumière des résultats de ce travail, le phénomène de dégradation et de désertification dans la zone de Bamba est perceptible. Les principales causes et leurs conséquences ont été déterminées et des indicateurs pertinents ont été identifiés.

## 6 PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Au moment de la rédaction de ce rapport plusieurs activités sectorielles sont en cours et ne permettent pas de conclure de manière suffisante sur les liens entre causes et effets de la dégradation des milieux ; il est nécessaire de poursuivre les activités sur un minimum de deux ans pour atteindre pleinement l'objectif du projet. C'est dans ce cadre que Centre Régional Recherche Agronomique (CRRA) de Gao a décidé de poursuivre les activités du projet CSFD « Etude des conséquences des modalités d'utilisation des terres sur la dégradation des milieux à Bamba » sur une durée de deux sur fonds des projets déjà existants et d'autres qui viennent de voir le jour dans la zone.

De ce fait les relevés de végétation se poursuivront annuellement sur les sites qui font déjà l'objet de suivi et de mesures (sites qui font partie intégrante du programme de l'observatoire ROSELT de Bourem) avec le même protocole. En plus de la fourniture d'indicateurs d'état et de dégradation de la végétation, les analyses locales sur les corrélations entre l'état de la végétation et les pratiques constatées seront poursuivies.

Un protocole de poursuite des travaux sera élaboré par les équipes de chercheurs concernés.

Sur le plan méthodologique les grandes lignes développées dans ce rapport seront poursuivies. La base spatiale de l'étude est constituée par les unités paysagères qui sont arrêtées sur l'ensemble de la zone d'étude (les affinements de limites en cours en zone d'ensablement n'influent que marginalement sur ce zonage). Ces unités paysagères, caractérisées déjà en zone végétalisée, sont en cours de caractérisation en zone d'ensablement. L'objectif est d'élaborer des indicateurs spécifiques sur les effets (état de la végétation et de l'ensablement) et les causes de dégradation (pression des différents usages, pratiques foncières et pastorales) sur les ressources naturelles ; ces indicateurs étant les attributs de chaque unité paysagère qui alimenteront le traitement des données.

Les mesures de l'ensablement se poursuivront comme indiqué plus haut au niveau de la dynamique dunaire (avec l'objectif d'intégrer les unités 1 et 3) en ajoutant des mesures sur la morphologie dunaire, et au niveau des flux sableux transportés. Les travaux sur l'ensablement aboutiront à la fourniture d'indicateurs sur la dynamique sableuse (flux sableux et mobilité des dunes) et sur les stocks sédimentaires présents dans chaque unité. Ces données seront complétées par les données éoliennes de la station météorologique et un programme spécifique de recherche sur les corrélations vent – ensablement sera mené.

La caractérisation socio-économique effectuée pour l'ensemble de la zone servira de base à des études spécifiques à chaque unité paysagère devant aboutir à l'élaboration d'indicateurs localisés sur la nature et la pression des différents usages sur les ressources naturelles. Les recherches sur le système foncier seront poursuivies, voir approfondies probablement dans le cadre d'une thèse qui va démarrer à l'IER en 2004.

Il faut signaler que ce projet de recherche, comme celui de l'observatoire ROSELT de Bourem, va être fortement couplé à un projet de recherche développement piloté par l'IER et deux projets de développement qui viennent de voir le jour dans la zone :

- le projet Desert Margin Programm (DMP), projet GEF régional géré par l'IER et basé au Centre Régional de Recherche Agronomique de Gao avec comme site principal d'intervention la commune de Bamba.
- le projet de lutte contre l'ensablement dans la boucle du Niger (projet UE/FED géré par le Ministère de l'Environnement)
- le projet "végétation indigène" (projet international GEF/PNUE ayant un site à Bamba et géré par le Ministère de l'Environnement)

## Bibliographie

- Daget Ph. & Godron M., 1995.- Pastoralisme, troupeaux, espace et société. Ouvrage collectif coordinateurs : Daget et Godron. Edition Hatier. AUPELF-UREF, 510 p.
- Daget Ph. Et Poissonet J., 1964. – Quelques remarques sur l'étude des formations herbacées pastorale et sur l'expression des résultats, in : compte rendu de la réunion de la Division de Recherches sur le Terrain (12-13 oct, 1964), CNRS-CEPE : 50-56.
- Daget Ph. Et Poissonet J., 1971.- Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. Ann. Agrom., 22, 1 : 5-41.
- Daget Ph. Et Poissonet J., 1969.- Analyse phyto-écologique des prairies, Applications Agronomiques document n° 48 CNRS- CEPE ; Montpellier 32 p.
- Dembélé F., 1996.- Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne nord du Mali : cas des jeunes jachères du terroir de Missira. Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix Marseille III. Option Biologie des Populations et Ecologie, 182 p.
- Djitey, M., 1881.- Influence de l'exploitation sur un pâtura sahélien à annuelles (Nion0-Mali, Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, option Ecologie végétale. Univ. D'Orsay, 48 p.
- Floret Ch., 1988.- Pastoralisme et Développement. Méthode de mesure de la végétation pastorale. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Maroc-Rabat), Institut Méditerranéen de Montpellier- France, 157 p.
- Hiernaux P. Et Fernandez- Rivera S., 1995.- Grazing effects of goat sheep mixes on vegetation structure and productivity of fallow in thye Sahel. In West, NE (edt.) Rangelands in a sustanable biosphere, Vol 2. poceedings of Fifth International Rangland Congress, Salt Lake City, Utah, July, 23-28, 1995. Society For Rang Management, Denvers, USA : 230-231.
- Hubert D., 1978.- Evolution du rôle de la végétation des parcours dans le bilan écologique et Agronomique de Causses. Thèse doc. Ing. USTL, Montpellier, 240 p. + Annexe.
- Karembé M., 2001.- Production végétale et utilisation des ressources pastorales des jachères en zone soudanienne nord au Mali. Thèse de Doctorat, Université du Mali, 159 p.
- Loireau M., 1998.- Espaces Ressources- Usages : Spatialisation des Interaction Dynamique entre les Systèmes Sociaux et les Systèmes Ecologique au sahel Nigérien. Thèse de Doctorat Université Paul Valery, Montpellier III, 411 p.
- PIRT, 1986.- Zonage agro-écologique du Mali- Tome I, Institut National de Recherche Zootechnique, Forestière et Hydro biologique, Sotuba-Mali, 190 p.

Yossi, H., 1996.- Dynamique de la végétation poste culturale en zone soudanienne du Mali.  
Thèse de Doctorat. Option Population Environnement, ISFRA, Bamako, Mali,  
141 p.