

REPUBLIQUE DU NIGER

**MINISTRE DE L'HYDRAULIQUE, DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE LA LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION**

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT



Assistance technique au

PROJET D'AMENAGEMENT DES FORETS NATURELLES

" Le Parfait Aménagiste Forestier "

**Gestion des espaces nus dans les systèmes forestiers
de plateaux, de bas-fonds et de plaines sableuses :
ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut surtout pas
faire !**

Version provisoire

Dr Aboubacar ICHAOU, Ecologue, Aménagiste forestier

Avril 2004

Groupement Cirad-forêt – Louis Berger



Campus international de Baillarguet
TA 10/D
34398 MONTPELLIER cedex 5, France
tel : 33 (0)4 67 59 37 89
fax : 33 (0)4 67 59 37 33



Sommaire

- 1. Avant propos**
- 2. Glossaire des termes rares**
- 3. Bref rappel sur les processus de dégradation des systèmes forestiers et la mise en place des espaces nus**
- 4. Causes profondes de la différenciation des espaces nus forestiers**
- 5. Hypothèse et conclusions de recherche permettant d'asseoir une gestion viable des espaces nus forestiers**
- 6. La gestion viable des espaces nus forestiers : ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut surtout pas faire**

1. Avant propos

Ce guide propose une aide méthodologique et technique pour les intervenants en gestion simplifiée des forêts villageoises au Niger. Il répond à un besoin et à une demande exprimés par de nombreux agents forestiers et opérateurs techniques privés des ONG. Ces dernières années, la gestion des espaces nus (dans les formations forestières de plateaux, de bas-fonds et de plaines) se pratique de plus en plus de manière intensive sans que les intervenants disposent toujours des références scientifiques, techniques et méthodologiques nécessaires pour augmenter l'efficacité des actions mécaniques et de la réactivation des processus biologiques.

Ainsi, sur le terrain, les acteurs ne bénéficient pas toujours de formation adéquate. Il résulte une mise en œuvre de grands chantiers de récupération des sols forestiers, toujours coûteuse, mais avec des résultats mitigés dont l'une les répercussions négatives (mauvaise orientation des ouvrages, inefficacité des ouvrages à piéger les eaux de ruissellement, mauvais calibrage des ouvrages à la séquence pluviométrique moyenne, faible taux de couverture végétale, mortalité prématurée des plantations effectuées) est la tendance vers un déséquilibre écologique.

Pour résoudre le problème, des informations scientifiques ont été sélectionnées et agencées pour le montage de ce guide qui représente une application des résultats de recherche écologique à l'aménagement forestier au Niger. L'élaboration du guide s'inscrit donc dans un nouveau processus permettant d'améliorer progressivement la compréhension des cadres techniques et acteurs locaux sur le plan écologique, pour ensuite les édifier sur la meilleure façon simple et fiable d'aménager à moindre coût leurs formations forestières tout en respectant l'environnement.

L'objectif recherché est de restituer des acquis scientifiques pertinents qui permettront aux uns et autres de comprendre le fonctionnement biophysique des formations forestières, pour ensuite définir les contours de leur gestion durable.

2. Glossaire des termes rares

Glaçage : durcissement des couches superficielles du sol par suite d'un tassement et/ou de la perte de ses propriétés physiques essentielles ;

Péjoration climatique : la vision des incidences défavorables du climat ;

Démantèlement : désorganisation ;

Modelé : aspect du relief du à l'érosion (ou couche externe terrestre) ;

Toposéquence : série des composantes du relief dont la juxtaposition justifie et donne une idée précise de l'ensemble ;

Faciès : concept bicéphale combinant la notion de formation végétale (qui résulte du climat et des actions anthropiques) et celle d'espèces dominantes en présence dans le milieu.

Substratum : roche en place plus ou moins masquée par les dépôts superficiels ;

Impluvium : contexte physique particulier de récolte en amont des eaux de ruissellement et de leur orientation vers une zone aval de production ;

Sénescence : vieillissement des tissus qui se manifeste par un état physiologique défavorable du végétal.

3. Bref rappel sur les processus de dégradation des systèmes forestiers et la mise en place des espaces nus

Au sens commun, la dégradation des systèmes forestiers et la mise en place des espaces nus résulteraient d'un certain nombre de processus à savoir : le déboisement occasionné par la mise en culture, la pratique de l'élevage, les cas de feux de brousse et les attaques de termites. Cependant de manière scientifique l'on admet de plus en plus que le processus le plus préoccupant et insidieux est celui inhérent aux nouveaux équilibres résultants des évolutions du cadre géomorphologique et de la péjoration climatique. Quels sont les détails explicatifs ?

3.1. L'encroûtement des horizons de surface : le processus d'extension des glacis

La diminution de la pluviométrie au Niger et surtout son agressivité au cours de ces dernières décennies accentuent la modification des processus et mécanismes qui régissent les systèmes écologiques, ce qui à terme modifie leur état et aspect. L'une des modifications la plus dangereuse est celle du modelé qui règle le cycle de l'eau dans le paysage. A la suite des remaniements superficiels par arrachage et dépôt des particules fines qui obstruent les pores du sol, la couverture végétale qui est parallèlement mise en dures épreuves par les diverses actions anthropiques est contrainte de réduire son extension spatiale, voire disparaître localement. Ces phénomènes combinés d'encroûtement du sol et de réduction de la couverture végétale se jumellent pour étendre l'extension des glacis caractérisés par une pellicule indurée (croûte d'érosion), continue et très peu perméable.

Une bonne partie du milieu devient alors plus favorable au ruissellement qu'à l'infiltration, d'où un déséquilibre dans la redistribution spatiale de l'eau de pluie à l'échelle du milieu considéré. Les zones d'élévation accusent un déficit en eau car couvertes de croûtes d'érosion, de croûtes de ruissellement et/ou celles qui sont gravillonnaires quand le socle affleure en surface. Par conséquent, les parties basses récoltent l'eau du ruissellement et se caractérisent par des croûtes de décantation de l'eau, celles dites biologiques dans le sous-bois et de dessiccation (zones où l'excès d'eau attire les mousses et hépatiques).

Cette modification du cycle de l'eau en surface s'accompagne parallèlement d'une redistribution de matières transportées par faibles transferts verticaux avec l'infiltration de l'eau et forts transferts horizontaux de particules par le ruissellement. Ainsi se déclenche une chaîne de déséquilibres spatiaux en termes de ressources en eau et des ressources sol et fertilité.

3.2. L'érosion éolienne : conséquence des aléas climatiques et de la dégradation du couvert végétal

La participation du vent dans les processus de dégradation en cours dans les formations forestières de plaines sableuses doit être perçue de manière cumulative avec les processus mis en évidence ci-dessus et en terme de sédimentation éolienne (dynamique de transfert des éléments fins et formation de voiles et dépôts éoliens) en relation avec la saisonnalité bien connue des grands vents au Sahel, l'état du couvert végétal et la géomorphologie (nature du sol et granulométrie). Les effets de l'action des vents, s'ils sont aisément perceptibles, demeurent cependant complexes à appréhender. Seulement, il faut retenir que les remaniements et modifications que le vent impose aux parties superficielles du sol sont de portée régionale et se répercutent à long terme sur la dynamique de la végétation ligneuse (structuration et distribution), par opposition aux herbacées qui ont une sensibilité d'ordre annuel.

3.3. Les feux de brousse et autres brûlis lors des mises en culture

Phénomène rare mais observable dans certaines de nos formations forestières. Les feux de brousse résultent des activités agricole, pastorale et/ou la chasse. Après des passages répétés sur une même station

écologique, ils occasionnent des auréoles de dégradation, où visiblement ses méfaits se font sentir. Mais en raison d'un manque de données de suivi écologique de ces phénomènes, il est impossible de s'étendre sur ce paramètre.

3.4. L'intensité des prélèvements de produits ligneux et non ligneux

En dehors des prélèvements de produits ligneux et non ligneux pour l'auto-consommation des populations riveraines aux forêts, les prélèvements du bois-énergie et de fourrage pour approvisionner les centres urbains représentent un tonnage et un chiffre d'affaire annuels assez impressionnants. Pour peu qu'un déséquilibre se crée dans le potentiel ligneux et/ou fourrager, la tendance est à l'amenuisement spatial de la végétation d'où la formation des espaces dégradés.

3.5. La régulation des équilibres biologiques par les termites

Il y a encore quelques années, le rôle des termites dans les équilibres biologiques des systèmes forestiers nigériens a été perçu avec beaucoup de préjugés. Seules les attaques de l'écorce et des racines en saison sèche (ressources carbonées et hydriques), la mortalité des ligneux par suite de l'asphyxie du sol et le colmatage des pores par les éléments fins provenant de l'effondrement des termitières en cathédrale sont mis en exergue. Cependant, l'état d'avancement de la recherche dans le domaine mettent en évidence que si les termites attaquent la strate herbacée et les résidus ligneux, elles créent aussi des conditions plus favorables à l'infiltration de l'eau d'où une réactivation des processus biologiques par la pousse des ligneux dans la strate herbacée attaquée. Le creusement des galeries et des cavités qui résultent, constitue des réserves en eau et d'azote minéral pour les plantes, ce qui est une contribution positive à la dynamique des sols et des systèmes forestiers. Il semble donc établi que contrairement à l'idée répandue du rôle destructeur des termites, leur présence serait plutôt un indicateur biologique favorable aux milieux.

4. Causes profondes de la différenciation des espaces nus forestiers

4.1. Une exposition à des risques climatiques périodiques

Au cours de la période historique récente, le Sahel en général et le Niger en particulier ont subi des périodes de sécheresses dramatiques (1913, 1939, 1970), généralement suivies par des années relativement peu favorables. C'est d'ailleurs ce qui a conduit certains chercheurs à considérer le Sahel comme un milieu semi-aride dont l'état actuel " est le résultat cumulé d'une série de fluctuations périodiques à plusieurs échelles de temps et qui se superposent". Cependant, la sévérité de la sécheresse intervenue en 1983 et 1984, et sa généralisation géographique ont fait prendre conscience de la persistance aiguë de ce phénomène depuis les années 1970.

Au Niger, pays représentatif de la zone de transition soudano-sahélienne, des études approfondies des séries pluviométriques de longues durées (depuis 1920) ont permis de comprendre l'acuité de la sécheresse et ses répercussions sur le couvert végétal. En effet ces études mettent en évidence :

- une descente sensible en latitude des isohyètes interannuelles pour la période 1970-1980 ;
- une concentration d'années exceptionnellement sèches depuis 1970 ;
- des phases sèches caractérisées par une forte diminution des pluies supérieures à 40 mm, alors que cette fraction pluviométrique explique plus de 50% de la variabilité pluviométrique annuelle totale ;
- des événements pluviométriques essentiellement sous forme d'averses violentes avec de fortes intensités (plus de 60 mm/h) accompagnées de forts coups de vent ;
- des tendances décrivant généralement une nette diminution des totaux pluviométriques depuis les années 1970 pour les stations écologiques se situant au sud du 16° de latitude Nord.

La péjoration climatique qui se justifie par la persistance de la sécheresse est donc une réalité à prendre en compte dans l'étude de la dynamique des formations végétales au Niger. Par ailleurs, une des particularités climatiques de notre pays, est la forte intensité des pluies et leur concentration sur de courtes périodes. Il en résulte une agressivité des précipitations qui se traduit par des risques élevés de dégradation de la structure superficielle des sols avec pour corollaire un fort développement éventuel du ruissellement et de l'érosion lorsque ces sols ne sont pas suffisamment protégés par une couverture végétale.

Que peuvent être les conséquences pouvant se répercuter sur le cadre géomorphologique et sur la genèse de formation des espaces nus ?

4.2. Un démantèlement des unités morpho-pédologiques avec des modelés très variables et des sols à drainage réduit en profondeur

Si l'agressivité du climat est l'un des principaux facteurs à l'origine des processus morphodynamiques actuels, il est cependant indéniable que les grandes unités du modelé s'expliqueraient plutôt par des phénomènes morphodynamiques passés, eux-mêmes rendus possibles par la structure géologique locale sur laquelle repose la formation forestière considérée.

Par conséquent, la charpente de la couche externe terrestre actuelle (ou modelé) est constituée pour la plupart par des cuirasses anciennes découvertes ou voilées. Ces cuirasses ayant subies depuis longtemps d'intenses actions érosives et auréolaires sont à l'heure actuelle très démantelées, d'où des unités morphopédologiques diversifiées qui se sont différenciées à l'intérieur des toposéquences représentatives des parties est, centrale et occidentale du Niger : buttes (à sommet cuirassé ou non), d'interfluves (plus ou moins cuirassés), de plaines, de dépressions et de vallées peu ou pas encaissées. De ce fait, la simple variation des critères mésologiques comme la pente ou l'altitude donnerait l'occasion à des possibles changements des modelés et des types de faciès de végétation à l'échelle locale.

Partant de cette considération certains glacis (ou espaces nus forestiers) se présentent en lambeaux épars dans les formations forestières et sont des anciennes surfaces d'aplanissement qui se sont différenciées. Leur différence de niveau à peine perceptible dans le paysage serait la cause de leur différenciation et de leur distribution discontinue.

4.3. Genèse d'autres types d'espaces nus qui seraient fonction des faciès de végétation et/ou des stations écologiques

Les types de paysages à observer dans chacune des formations forestières nigériennes étant fonction des unités morphopédologiques, elles mêmes diversifiées dans le pays, il faudrait s'attendre à une variabilité du modelé, une diversité de types ou d'associations de sols qui induiront finalement différentes occupations de sol : couvert végétal, zone nue, système cultural ou d'élevage en fonction des contraintes et aptitudes de chaque milieu considéré.

Dans le cas des formations forestières de plateaux, la conjugaison des contraintes imposées par les facteurs climatique, géologique et géomorphologique, semble être à l'origine de l'évolution de la couverture végétale qui au stade actuel présente une organisation non homogène : structures linéaire, mixte, diffuse ou tachetée. Les proportions de sol nu et de zones végétalisées sont donc en rapport direct avec la structure externe du substratum et la pente du terrain. La redistribution en surface des eaux de ruissellement est vraisemblablement le principal déterminant de ces organisations végétales qui sont en majorité des formations climaciques (dont le recouvrement et la biomasse représenteraient une sorte de maximum difficilement dépassable).

Ainsi, à l'échelle d'un même plateau et en fonction des principales caractéristiques locales de la géomorphologie : pente, nature du sol, état de la surface du sol, texture de l'horizon de surface et profondeur du sol, se déterminent des gradients d'aptitudes spécifiques des unités morphopédologiques : perméabilité,

capacité de stockage de l'eau, développement de croûtes pelliculaires superficielles. Malheureusement comme les sols dominants des plateaux sont dotés d'une texture faible de l'horizon de surface, ils présentent tous d'énormes risques de formation de croûtes de battance dont les moins épaisses proviennent de l'arrachage des agrégats du sol redistribués par la suite et les plus épaisses des dépôts successifs dans les dépressions d'une pellicule argilo-limoneuse. Ensuite, les argiles et limons fins provenant de ces pellicules sont libérés par le choc des gouttes de pluies et vont obstruer les pores de l'horizon sous-jacent, rendant ainsi le sol lisse, imperméable et stérile.

Les arbres situés dans les zones affectées par ce phénomène, sont alors périodiquement et progressivement privés d'eau par manque d'infiltration. Il s'en suit une série de perturbations physiologiques qui vont de la sénescence à la mortalité des végétaux. Selon l'orientation du phénomène d'affection et la combinaison des attaques de termites et/ou le passage des feux, la dégradation de la couverture végétale se présente en îlots, en taches anastomosées ou en bandes qui constitueront les espaces nus. Les parties végétalisées restantes évoluent en fonction de la pluviométrie qui tombe et de leurs possibilités de captage d'un supplément d'eau de ruissellement. Ce processus joue probablement un rôle important dans la dynamique spatio-temporelle de la végétation de cette zone. La régulation de la végétation qu'on observe (forte régénération par semis et par voie asexuée localisée dans les dépressions, fronts dynamiques de colonisation végétale en amont des bandes ou en lisière des taches de végétation, mortalité isolée des grands ligneux, zones de sénescence en aval des bandes, îlots de mortalité des ligneux sur glacis et buttes sableuses) est donc essentiellement fonction de la redistribution des eaux de ruissellement.

5. Hypothèse et conclusions de recherche permettant d'asseoir une gestion viable des espaces nus forestiers

Après ce bref rappel sur la genèse de la formation de types d'espaces nus forestiers, il faut circonscrire la problématique traitée sur la mise en œuvre d'une approche écologique, comme base préalable d'analyse conjointe par différents acteurs pour une meilleure planification forestière nigérienne, et sur l'intégration adéquate des préoccupations liées au fonctionnement écologique des espaces nus dans les politiques d'aménagement forestier.

En raison donc des dynamiques physiques particulières en cours dans les formations forestières nigériennes, qui seraient principalement liées aux phénomènes cumulés géologique, climatique et édaphique, les travaux de recherche écologique se sont reposés sur une approche d'analyse systémique pour mettre en relation des phénomènes écologiques de nature et d'échelles différentes, généralement décalés dans le temps et qui présentent une grande variabilité.

Cette approche méthodologique a permis de dégager l'hypothèse de base et les quelques conclusions ci-dessous qui doivent cependant être confrontées et validées au fur et à mesure de la sortie de nouveaux résultats de recherche et des mesures de suivi écologique et environnemental intervenant dans presque toutes les zones d'interventions prioritaires du Projet d'Aménagement des Forêts Naturelles (PAFN) :

5.1. L'hypothèse testée

Est que l'organisation de la végétation observée dans les forêts de plateaux, de plaines et des bas-fonds, sa distribution et son évolution sont une réponse à l'infiltration différentielle dans l'espace de l'eau de ruissellement (provenant dans certains cas des espaces nus qui jouent dans ce cas un rôle d'impluvium). L'écologie est en fait commandée par l'interaction des processus les uns sur les autres : endurcissement superficiel du sol, dégradation du couvert végétal, déclenchement de ruissellement, transferts horizontaux de l'eau de pluie, dépôt de particules, infiltration privilégiée de l'eau dans certaines zones, développement de la végétation dans d'autres. A long terme on aboutit à une discontinuité de la végétation jusqu'à atteindre un certain équilibre entre la géomorphologie, les ressources hydriques disponibles et la végétation.

5.2. Le fonctionnement hydrique des formations forestières nigériennes

Est régi pour la plupart des cas par un bilan hydrique qui ne dépendrait pas seulement de la pluviométrie qui tombe et de l'évapotranspiration potentielle enregistrée. Ce bilan dépend au moins autant, sinon plus, de la géomorphologie et la position topographique de la station écologique (donc du faciès), c'est-à-dire de l'existence ou non d'un transfert d'eau par le ruissellement, du captage et de l'infiltration d'un supplément d'eau venant d'un espace nu voisin.

5.3. La péjoration climatique

Attestée par la baisse quantitative de la pluviométrie au Niger est certes un indice défavorable. Mais, en raison du fonctionnement hydrique de certaines des stations écologiques, qui serait plus relié aux conditions géomorphologiques locales qu'à la quantité de pluie tombée elle-même, il est rassurant d'admettre que les systèmes forestiers nigériens ne tendraient pas forcément vers une dégradation irréversible, tant que les zones nues jouant un rôle d'impluvium sont respectées.

5.4. La mortalité des ligneux

Résultat des processus décrits ci-dessus, elle devrait donc être perçue en termes d'une régulation de certains des faciès de végétation qui, dans leur stratégie d'équilibre à long terme recentrent le recouvrement végétal en fonction des disponibilités en eau, et adoptent parallèlement un recrutement intensif attesté par la régénération par voie sexuée et asexuée dans les zones de stockage et de captage des eaux du ruissellement. La dégradation végétale due à l'anthropisation et/ou la révégétalisation à tout prix de certains des espaces nus représenteraient en réalité une menace plus sérieuse moyen et long termes.

5.5. Tous les glacis et zones nues ne devraient pas être systématiquement considérés comme des espaces perdus

Qu'il faudrait à tout prix aménager, mais appréciés selon les cas en termes de ressource spatiale (impluvium) dotée d'un fort pouvoir de correction écologique que la nature adopte pour compenser le déséquilibre conjoncturel hydrique.

6. La gestion viable des espaces nus forestiers : ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut surtout pas faire

6.1. Conditions mésologiques des stations écologiques (faciès de végétation) représentatives des formations forestières nigériennes (fig 1 a, b, c et d)

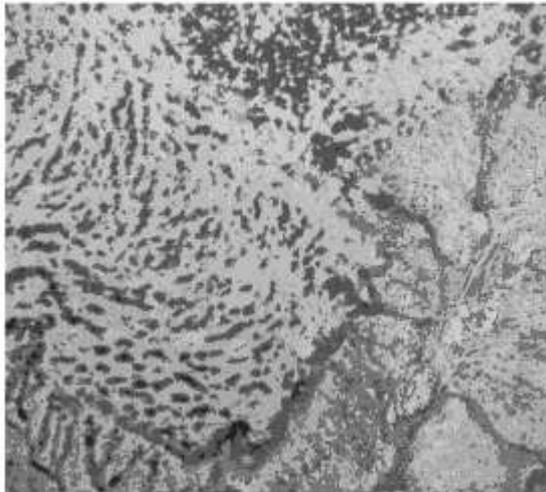
6.1.1. Les formations forestières contractées de plateaux

Les structures végétales linéaires (F1) : sont soumises à des conditions de pentes longitudinales très régulières quelque soit le site de plateau (moyenne = $0,269 \pm 0,0166$, CV = 31 %). A l'opposé la pente latérale varie très fortement dans les unités structurales linéaires (CV = 127%). Les écarts types calculés dénotent par ailleurs que ces unités structurales linéaires sont dotées d'un système de combinaison uniforme de pentes longitudinales faibles et régulières et de pentes latérales très faibles, ce qui orienterait les écoulements principalement dans le sens longitudinal.

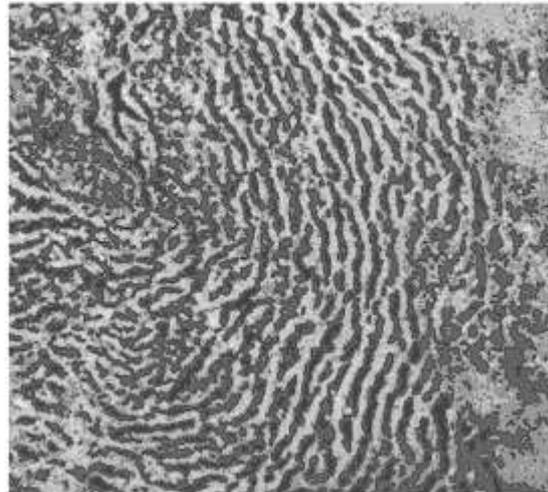
Les structures mixtes (F2) : sont conditionnées par un système avec deux pentes marquées. La pente longitudinale, relativement plus importante que celle des structures linéaires (moyenne = 0,5 %) est couplée à une pente latérale plus faible (moyenne = 0,4 %), ce qui aura une conséquence prévisible sur l'irrégularité de la distribution du ruissellement dans ces unités géomorphologiques du type démantelé (même à une faible échelle).

Les structures végétales diffuses (F3) : constituent deux types de modèles de combinaison de pentes dont : un modèle où les deux pentes sont sensiblement égales (celles-ci étant presque nulles ou sont proches de 1%) et un autre modèle où il n'existe qu'une seule pente longitudinale très proche de 1% qui oriente principalement les écoulements de surface. Que le système soit à double pente (égale) ou qu'il soit doté d'une seule pente longitudinale relativement appréciable (autour de 1%), cela engendre une redistribution du flux en surface. Cette redistribution peut être trop faible ou trop intense, ce qui ordonne une orientation non prévisible et multidirectionnelle des écoulements en surface.

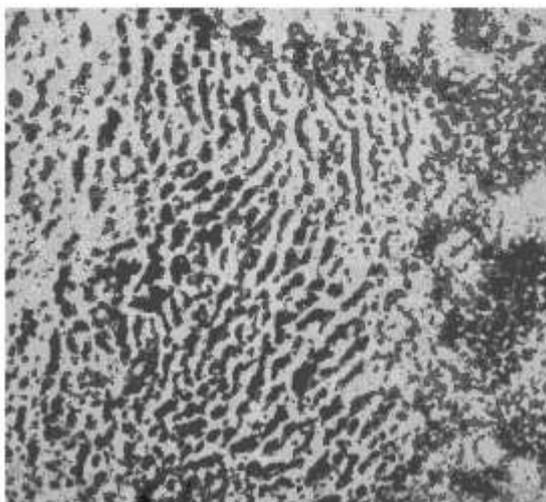
F1 : Faciès de brousse structurée en rosace



F1 : Faciès de brousse structurée linéaire



F2 : Faciès de brousse mixte



F3 : Faciès de brousse diffuse ou tachetée

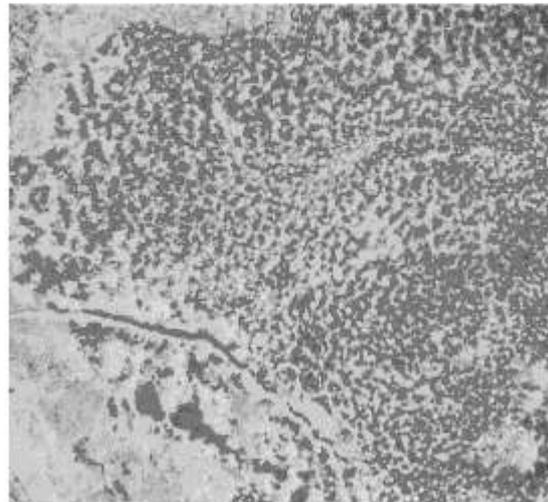


Fig 1 (a, b, c et d) : Trois principaux types de faciès de végétation contractée de plateaux

6.1.2. Types d'espaces nus dans les formations forestières contractées de plateaux

Les structures végétales linéaires (F1) : Quand la pente longitudinale est régulière et va dans un seul sens on a une organisation en bandes perpendiculaires à la pente. Le système devient « structuré linéaire » (brousses tigrées ou rosacées). Les zones nues et végétalisées se présentent alors perpendiculairement à cette pente. La végétation s'est « contractée » pour faire face au déficit de pluie. Les zones nues ne sont pas des espaces perdus ; elles servent d'impluvium et permettent l'alimentation et la croissance des espèces végétales dans les bandes boisées. (voir fig. 2, 3 et 4)

1. La première partie de cette zone nue est celle où le ruissellement est important et est caractérisée par une croûte dure, sans porosité où toute infiltration d'eau est impossible (fig.5)
2. Ensuite vient la deuxième partie ou « zone de décantation et d'infiltration de l'eau ». De ce fait, on a alors une érosion en amont et un dépôt en aval avec un captage d'eau de ruissellement. Dans ce cas de figure, entre deux bosquets, l'eau de pluie décape en amont de la pente, ruisselle sur des zones nues dont la porosité est nulle, puis dépose des éléments fins en aval, équivalant en moyenne à 57 % de la quantité de pluie qui tombe (Ichaou 2000). (fig.5)
3. Dans la bande de végétation se situant immédiatement en aval de cet espace nu, on a donc des conditions écologiques particulières pour que la végétation s'installe en commençant par un front pionnier caractérisé par les espèces ligneuses pionnières et une présence de graminées. La progression du front pionnier est d'environ 50 cm par an. Ensuite, vient un « cœur de fourré » qui fonctionne avec l'eau qu'il reçoit directement, plus la grosse partie des eaux d'écoulement par transfert latéral (Ichaou 2000), justifiant le développement important de la végétation. L'humidité des sols est présente jusqu'à une profondeur de 5 mètres. Selon Ichaou (1995, 1996, 1998, 2000) la productivité de celles ci peut alors être forte, supérieure à celles des formations non contractées, même ramenée par hectare de plateau. Enfin on arrive à la « zone de sénescence » du bosquet qui ne trouve plus assez d'eau pour vivre (l'eau de ruissellement a déjà été pompée par la végétation en amont d'où la sénescence de la végétation). Les derniers végétaux à mourir sont les plus résistants à la sécheresse (*Boscia senegalensis*, *Boscia angustifolia*). Cette sénescence progresse d'environ 0,15 cm par an (Ichaou, 2000). S'il n'y a pas de sécheresse, la bande boisée tend donc à s'élargir. Une grande sécheresse provoque une mortalité accrue à l'aval de la bande qui se rétrécit ainsi. (fig.5)

Les organisations végétales diffuses (F3)

Quand le système de pentes est multidirectionnel, (avec des pentes très faibles ou nulles), ces espaces vides recueillent l'eau de pluie mais celle ci n'est pas utilisable par le système et finit par s'évaporer. Seuls 9 % de ces eaux de pluies captées servent à la végétation environnante via l'écoulement (Ichaou 2000). C'est un faciès diffus (savanes arborée et arbustive). (fig 5)

Les structures végétales mixtes (F2)

Entre ces deux faciès décrits ci-dessus (structuré linéaire et diffus), on a un faciès intermédiaire ou mixte à cause des conditions écologiques liées à la transition et au démantèlement du relief qui aboutissent à une diversité de systèmes de pentes. En fonction de la tendance des unités structurales qui peuvent être diffuses et/ou linéaires la gestion des espaces nus s'envisage sur cette base. (Fig 5)

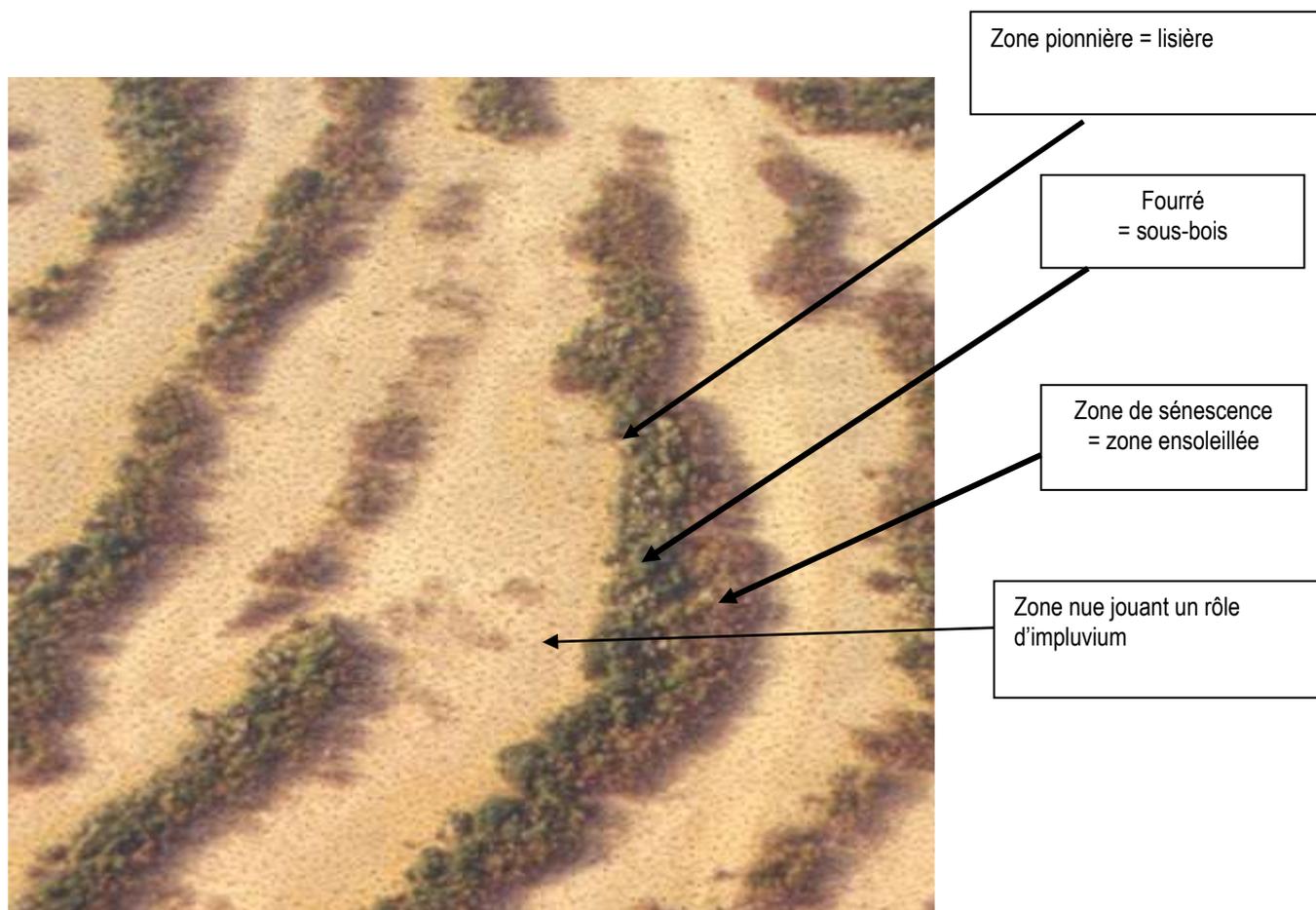


Fig 2 : Détail de zones homogènes des unités structurales boisées et nues (en F1)

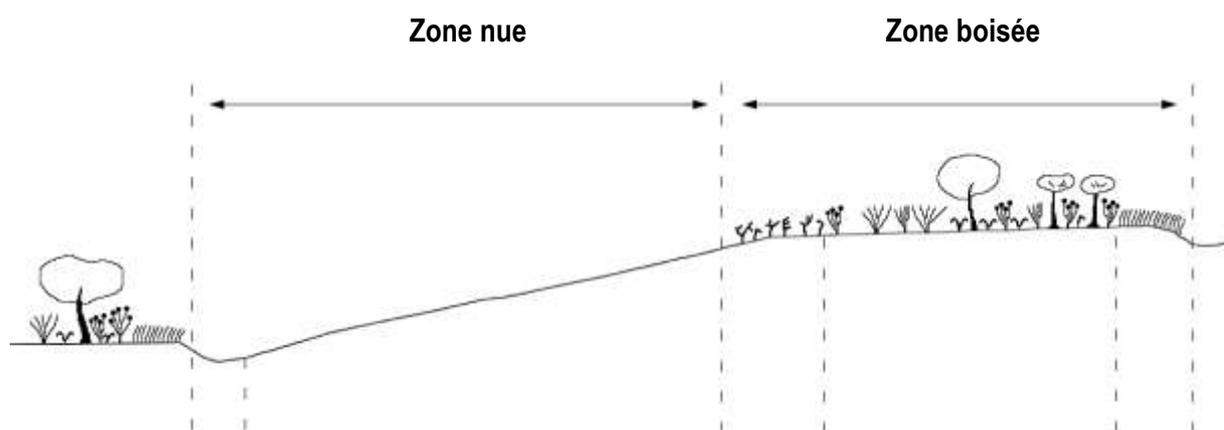


Fig 3 : Variabilité de la pente longitudinale tout au long des deux composantes boisée et nue d'une unité structurale (en F1)

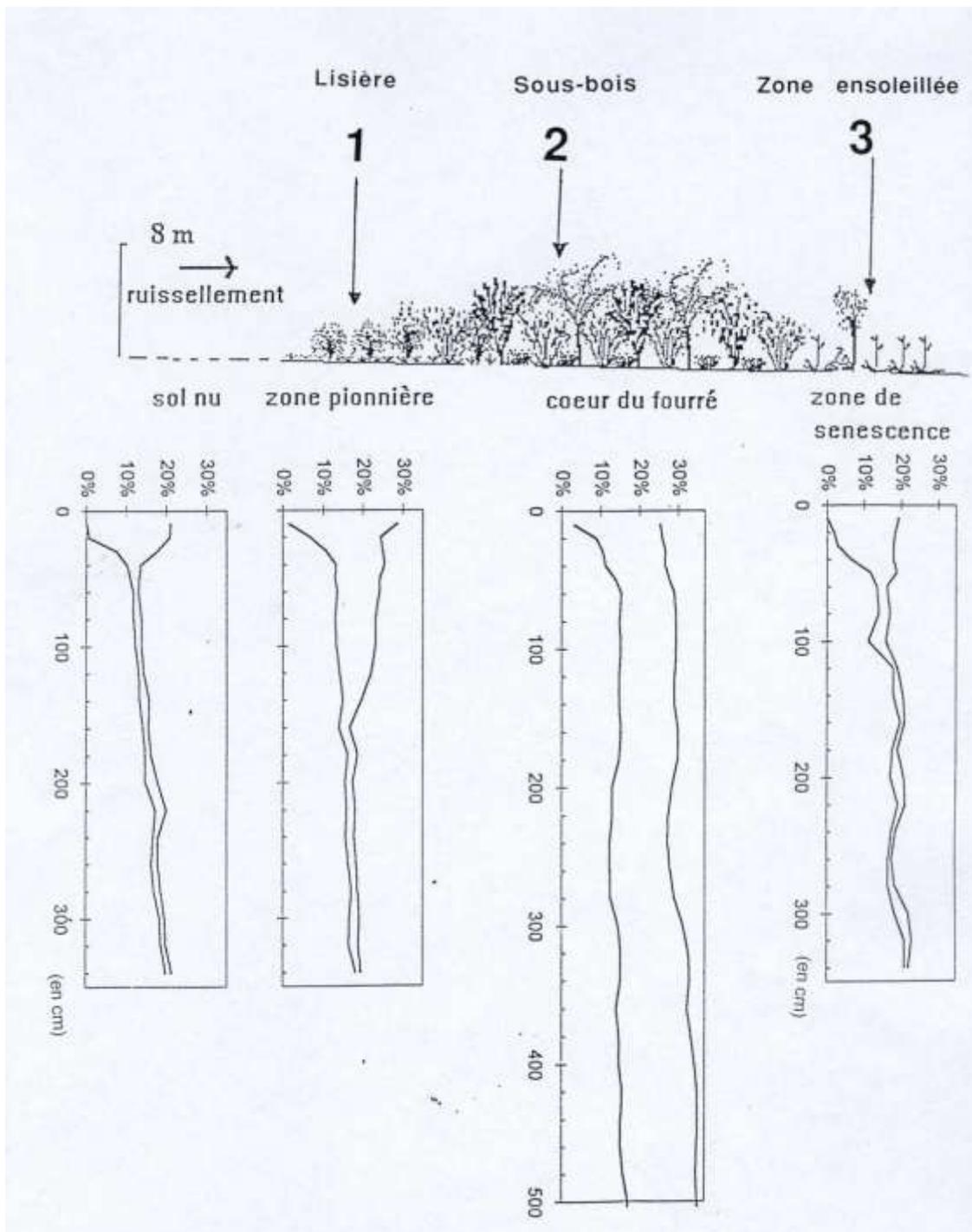
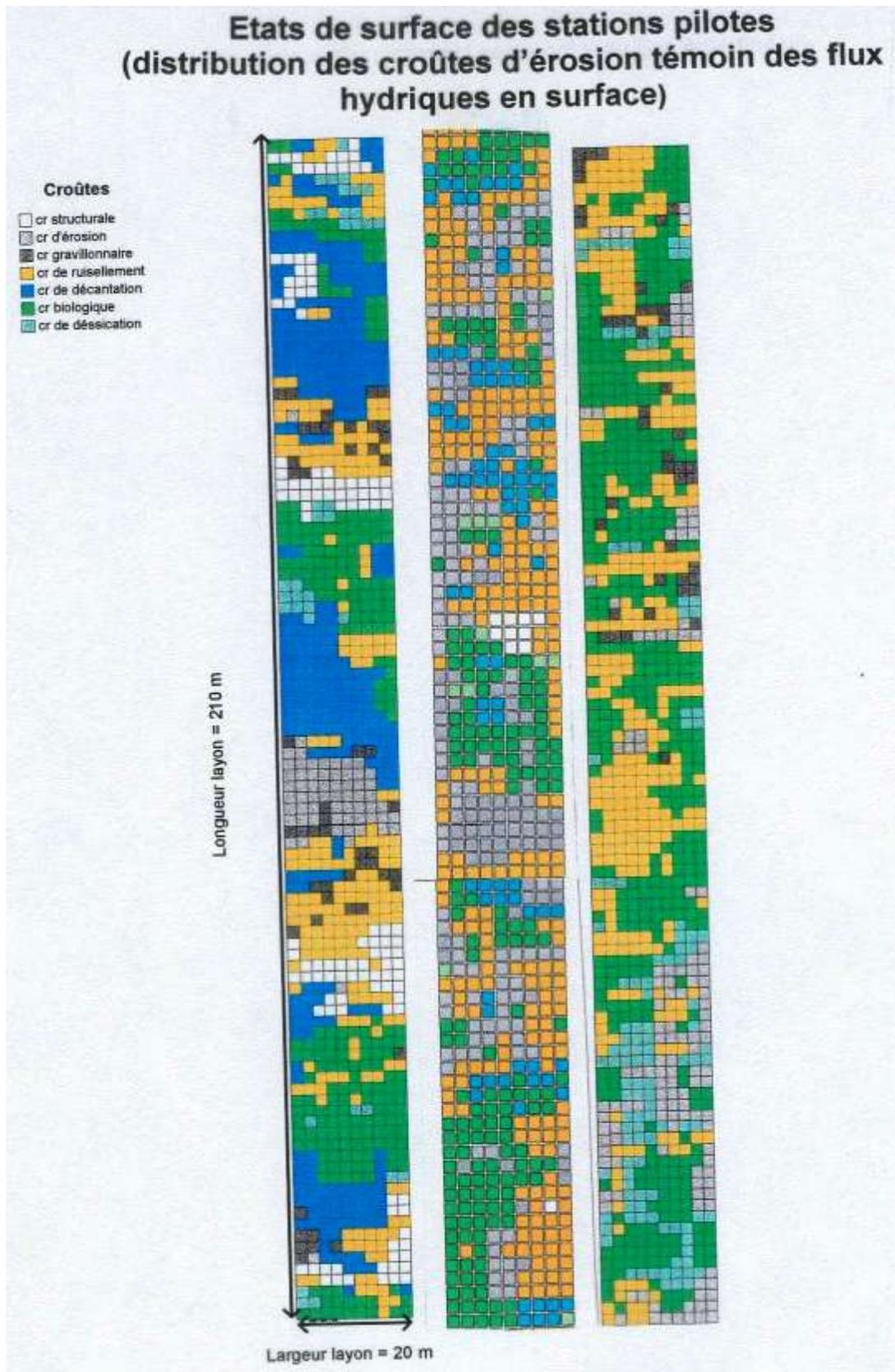


Fig 4 : Différence du niveau de l'infiltration de l'eau entre une bande nue (- de 20% du ruissellement va à 20 cm) et une bande boisée (où de 20 à 30% vont au delà des 5 m) en F1

Fig 5 : Types de croûtes d'érosion représentatives d'un layon de 400 x 20 m dans 3 faciès : F1, F2 et F3



6.1.3. Conditions biophysiques des formations forestières des plaines sableuses

	Station 1	Station 2	Station 3 (station 4 variante de 3)	Station 5 (Fig. 9)	Station 6 (Fig.10)
Géologie	Quaternaire ancien	Quaternaire ancien	Quaternaire ancien	Continental Hamadien	Continental Hamadien
Géomorphologie	Glacis ensablé	Glacis faiblement ensablé	Glacis érodé	Ensemble dunaire	Ensemble dunaire
Sol	Sols ferrugineux tropicaux formés sur sable de la série de Madarounfa	Sols ferrugineux tropicaux formés sur sable de la série de Madarounfa	Sols ferrugineux : famille sur placages sablo-argileux issus d'alluvions à galets	Sols ferrugineux tropicaux formés sur sable de la série de Madarounfa	Sols ferrugineux tropicaux formés sur sable de la série de Madarounfa
Autres détails relatifs au contexte physique	Dépôt sableux en séquence homogène	Faible dépression à hydromorphie temporaire	Topo séquence composite : partie élevée (mont), talus (transition) et partie basse (val)	Légère dépression servant de point de drainage	Dépôt sableux épais formant une séquence homogène
Faciès de végétation (ligneux dominants)	Guiera senegalensis +++ Combretum micranthum ++	Combretum micranthum +++ Combretum nigricans ++ Guiera senegalensis +	Combretum nigricans +++ Combretum micranthum ++ Guiera senegalensis+	Piliostigma reticulatum +++ Guiera senegalensis ++	Guiera senegalensis +++

6.1.4. Types d'espaces nus dans les formations forestières de plaines sableuses

Les espaces nus observés dans les formations de plaines sableuses sont surtout des glacis faiblement ensablés (station 2 pour 20% de la surface, Fig.7), ensablés (station 1 pour 30% de la surface, Fig.6) et érodés (stations 3 et 4 pour +/- 30% de la surface totale). Ils se présentent en lambeaux épars et représentent le plus souvent des surfaces d'aplanissement (stations 3 et 4, Fig. 8 a et b) et rarement des zones d'endurcissement du modélé par suite d'un tassement du sol, par des croûtes alguaires qui empêchent l'infiltration et des auréoles de dégradation de la végétation.

Croûtes d'érosion



Fig. 6 station 1 avec quelques auréoles de croûtes d'érosion visibles



Fig.7 : Station 2 avec un bon recouvrement herbacé de *Schizachyrium exile*



Mont

Fig.8 (a) : Station 3 (composante Mont)



Zone nue en amont du talus à ne pas traiter

Zone nue en aval du talus à révégétaliser

Fig.8 (b) : Station 3 (composante Talus)



Fig. 9 : Station écologique 5 (avec une zone de drainage caractéristique)

Zone de drainage



Fig. 10 : Station écologique 6 (formation anthropique de *Guiera senegalensis* pur)

6.1.5. Caractérisation des contextes géologique et géomorphologique des formations forestières de bas-fonds

Massif	Formations forestières de bas-fonds		
	Téra (Onsolo)	Tahoua (Injinjiran)	Tanout (Intchilick)
Cadre géologique	Continental Terminal : Formations précambriennes et granitiques (sur socle)	Grès du continental Terminal (tertiaire)	Grès du continental intercalaire (secondaire)
Cadre géomorphologique	Tête du bas-fond Crêtes rocheuses Versants colluviaux ravinés Plateaux Cordons dunaires Glacis à fortes pentes	Tête du bas-fond Plateaux cuirassés légèrement ondulés Versants à pente $\geq 3\%$ Systèmes éoliens	Tête du bas-fond Plateaux découpés en butes arrondies Versants à pente $> 3\%$ Glacis à pente $< 3\%$;
	Amont du bas-fond Versants colluviaux Glacis parsemés de petites dunes Glacis d'accumulation	Amont du bas-fond Plateaux cuirassés légèrement ondulés	Amont du bas-fond Cône alluvio-colluvial Glacis d'accumulation.
	Aval du bas-fond Glacis d'accumulation Dépression légère Zones basses inondables	Aval du bas-fond Dépression légère Zones basses inondables	Aval du bas-fond Dépression légère Zones basses inondables

6.1.6. Types d'espaces nus dans les formations forestières de bas-fonds

En fonction de la variation du socle qui va des Formations précambriennes et granitiques (sur socle), aux Grès du continental Terminal (tertiaire) en passant les Grès du continental intercalaire (secondaire), les espaces nus représentent des versants colluviaux ravinés, des glacis à fortes pentes, des glacis à pente $< 3\%$, des glacis parsemés de petites dunes, des glacis d'accumulation et des cônes alluvio-colluviaux.

6.2. Ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut surtout pas faire dans le cadre de la gestion des espaces nus

Type de formations forestières	Faciès de végétation ou Station écologique	Ce qu'il faut faire dans le cadre de la gestion des espaces nus		Ce qu'il ne faut surtout pas faire dans le cadre de la gestion des espaces nus	
		Type d'actions à faire	Pourquoi !	Type d'actions à éviter	Pourquoi !
Formations forestières contractées de plateaux	Faciès linéaire (F1)	Ensemencement des espèces herbacées fourragères dans le front pionnier	Pour produire du fourrage sans perturber l'écologie du faciès	Aménagement mécanique des espaces nus	Parce que les espaces nus ont un rôle significatif d'impluvium
	Faciès mixte (F2)	Ensemencement des espèces herbacées fourragères dans le front pionnier des unités structurales linéaires Aménagement mécanique de tous les espaces nus des unités diffuses et semis direct de ligneux	Pour produire du fourrage sans perturber l'écologie du faciès Parce que ces espaces nus n'ont pas un rôle significatif d'impluvium	Aménagement mécanique des espaces nus dans les unités structurales linéaires -	Parce que les espaces nus ont un rôle significatif d'impluvium -
	Faciès diffus (F3)	Aménagement mécanique de tous les espaces nus et semis direct de ligneux ; Ensemencement des espèces herbacées fourragères.	Parce que les espaces nus n'ont pas un rôle significatif d'impluvium Accroître la couverture végétale	- -	- -

Type de formations forestières	Faciès de végétation ou Station écologique	Ce qu'il faut faire dans le cadre de la gestion des espaces nus		Ce qu'il ne faut surtout pas faire dans le cadre de la gestion des espaces nus	
Formations forestières de plaines sableuses	Station 1	Dans l'unité équipotentielle formée par la station 1, se limiter simplement à des travaux légers de sol (scarifiage) dans les espaces nus	Pour améliorer simplement l'infiltration de l'eau dans le sol de ce substrat tassé et/ou recouvert de croûtes alguières qui empêchent l'infiltration et exposent l'eau tombée à l'évaporation	Eviter de creuser des ouvrages anti érosifs profonds	Risque d'atteindre l'horizon formé par le dépôt sableux, ce qui rendrait inutile le piégeage des eaux du ruissellement (risque de percolation)
	Station 2	Réactivation des processus biologiques par paillage dans les parcelles en cours d'exploitation	Favoriser toutes les formes de régénérations naturelles sexuée et végétative Accroître le recouvrement herbacé à but fourrager	Eviter d'exporter les branchages et les feuilles issues de l'exploitation des espèces ligneuses retenues pour l'exploitation ; Eviter l'exploitation du fourrage herbacé dans certaine partie à faible recouvrement.	Ne pas augmenter le coût de la restauration en transportant d'ailleurs les matériaux Pour favoriser la régénération et accroître la biodiversité
	Station 3 et 4	Restaurer les glacis dégradés à la lisière des vals de la station 3 Installation des ouvrages de piégeage du ruissellement à partir du glacis en aval du talus jusqu'à la lisière du val de façon à maximiser le transfert hydrique vertical par infiltration et latéral par apport de l'impluvium que constitue le talus	Favoriser leur régénération ; Favoriser la dynamique végétale dans la dépression (val).	Ne pas mettre en place des ouvrages de piégeage du ruissellement sur le mont et en amont du talus	Le mont et l'amont du talus servent d'impluvium pour la dépression. Par ailleurs cela est inutile car le profil pédologique n'est pas propice à l'installation de la végétation -
	Station 5	Réactivation des processus biologiques par paillage dans les parcelles en cours d'exploitation	Favoriser toutes les formes de régénérations naturelles sexuée et végétative Accroître le recouvrement herbacé à but fourrager	Eviter d'exporter les branchages et les feuilles issues de l'exploitation des espèces ligneuses retenues pour l'exploitation ; Eviter l'exploitation du fourrage herbacé dans certaine partie à faible recouvrement.	Ne pas augmenter le coût de la restauration en transportant d'ailleurs les matériaux Pour favoriser la régénération et accroître la biodiversité
	Station 6	Réactivation des processus biologiques par paillage dans les parcelles en cours d'exploitation	Favoriser toutes les formes de régénérations naturelles sexuée et végétative	Eviter d'exporter les branchages et les feuilles issues de l'exploitation des espèces ligneuses retenues pour l'exploitation ; Eviter l'exploitation du fourrage herbacé dans certaine partie à faible recouvrement.	Ne pas augmenter le coût de la restauration en transportant d'ailleurs les matériaux Pour favoriser la régénération et accroître la biodiversité

Type de formations forestières	Faciès de végétation ou Station écologique	Ce qu'il faut faire dans le cadre de la gestion des espaces nus		Ce qu'il ne faut surtout pas faire dans le cadre de la gestion des espaces nus	
Formations forestières de bas fonds	Stations de tête de BF	Réactivation des processus biologiques par paillage dans les parcelles en cours d'exploitation	Accroître le recouvrement herbacé à but fourrager	Eviter d'exporter les branchages et les feuilles issues de l'exploitation des espèces ligneuses retenues pour l'exploitation ; Eviter l'exploitation du fourrage herbacé dans certaine partie à faible recouvrement.	Ne pas augmenter le coût de la restauration en transportant d'ailleurs les matériaux Pour favoriser la régénération et accroître la biodiversité
	Stations en amont du BF	Réactivation des processus biologiques par paillage dans les parcelles en cours d'exploitation	Favoriser toutes les formes de régénérations naturelles sexuée et végétative	Eviter d'exporter les branchages et les feuilles issues de l'exploitation des espèces ligneuses retenues pour l'exploitation ; Eviter l'exploitation du fourrage herbacé dans certaine partie à faible recouvrement ; Eviter de mettre en place des ouvrages anti-érosifs dans les buttes et glacis servant latéralement d'impluvium approvisionnant les écoulements du bas fond	Ne pas augmenter le coût de la restauration en transportant d'ailleurs les matériaux Pour favoriser la régénération et accroître la biodiversité Pour éviter de perturber le réseau hydrographique à la base du fonctionnement hydrique des 3 composantes du bas fond
	Stations en aval du BF	Ensemencement de graines ligneuses dans les poches nues des parties inondables	Pour aider l'élan de la régénération sexuée	Eviter tout creusement d'ouvrages anti-érosifs	Cela est inutile car les ouvrages seront détruits par les écoulements

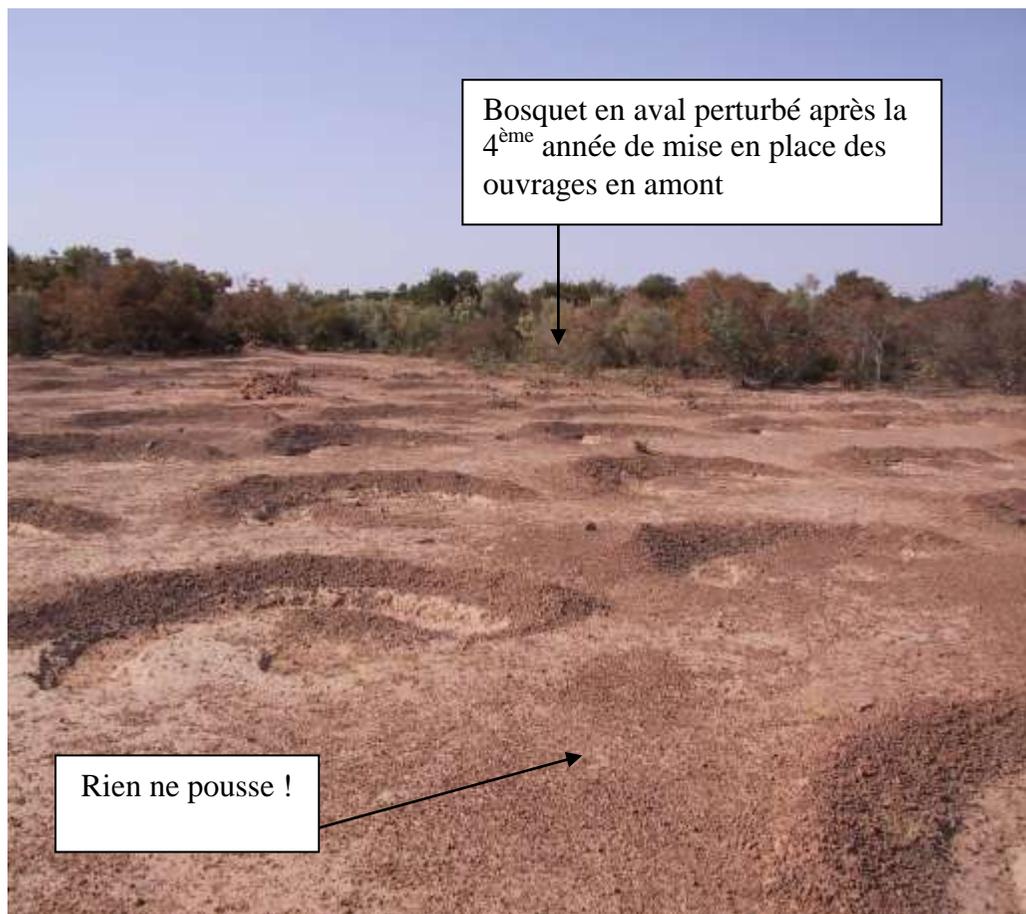


Fig.11 (a) : Il est inutile de creuser des ouvrages dans les impluviums des F1 (quasiment rien ne pousse) car vous perturberiez le bosquet en aval de cette zone nue

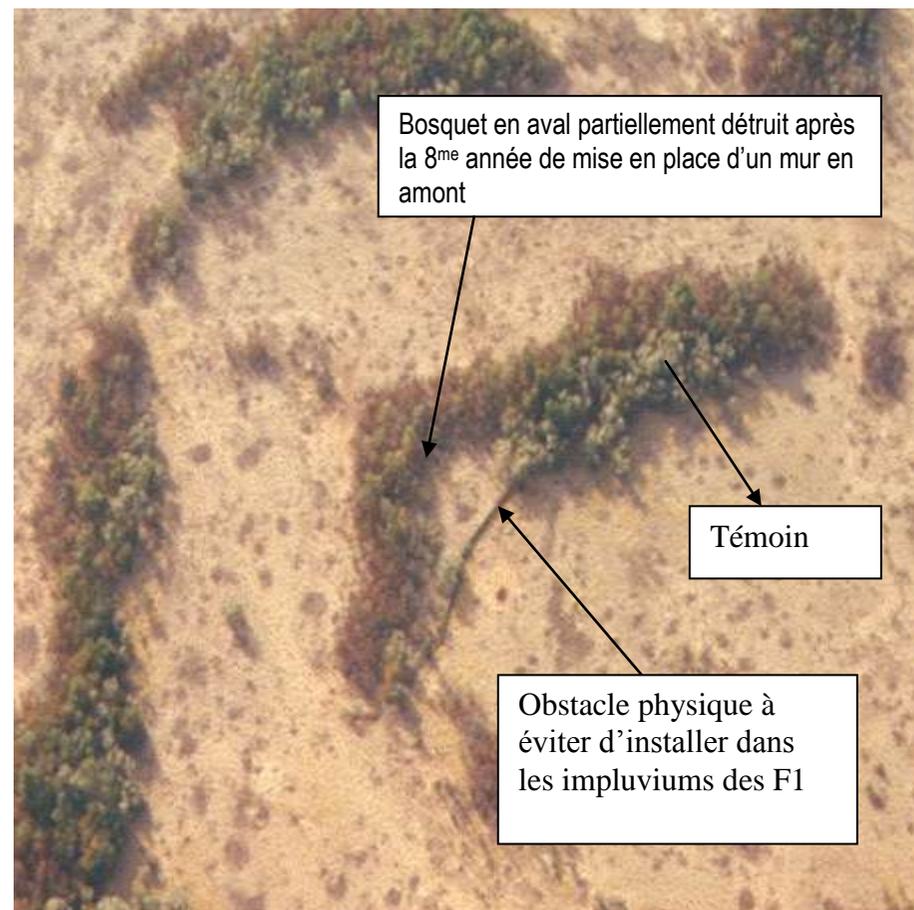


Fig.11 (b) : Il est inutile mettre en place des obstacles physiques dans les impluviums des F1 car vous perturberiez le bosquet en aval de cette zone nue

Fig.12 : Quand les plantations dans les impluviums des F1 semblent résister au départ, après 3 ans on observe que leur croissance est relativement faible



Bibliographie

1. AMBOUTA J.M.K. 1997 : Définition et caractérisation des structures de végétation contractée du Sahel : cas de la brousse tigrée de l'Ouest nigérien. p. 41-57. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens* J.M. d'Herbès, JMK Ambouta, R Peltier. John Libbey eurotext, Paris. 274 p.
2. BELLEFONTAINE R., ICHAOU A., 1999.- Pour une gestion reproductible des espaces sylvo-pastoraux des zones à climats chauds et secs. Une règle d'or : l'O.S.R. *Le Flamboyant* n°51 pp 18-21.
3. BOUDET G. 1979 : Quelques observations sur les fluctuations du couvert végétal sahélien au Gourma malien et leur conséquences pour une stratégie de gestion sylvo-pastorale Bois et forêts des tropiques 1979, N°184, p 31-44
4. CASENAVE A. et VALENTIN C., 1989 – Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration. *Edt de l'ORSTOM*, 229p.
5. CATINOT R. 1994 : Aménager les savanes boisées africaines : un tel objectif semble désormais à notre portée. *Bois et Forêts des tropiques* 241 : 54-68.
6. COLLINET J. et VALENTIN C., 1979a. – Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives. Applications agronomiques. Cah.ORSTOM, sér. Pédol., XVII, 4, pp 283-328
7. COLLINET J., 1986 – Hydrodynamique superficielle de quelques types de sols du Sahel africain, comparaison des données fournies par deux dimensions de parcelles de simulation de pluie. Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier. *Coll.ORSTOM*, Colloques et Séminaires, p 117-153
8. D'HERBES J.M., VALENTIN C. et THIERY J.M. 1997 : La brousse tigrée au Niger : synthèse des connaissances acquises. Hypothèses sur la genèse et les facteurs déterminant les différentes structures contractées. p. 131-152. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens* J.M. d'Herbès, JMK Ambouta, R Peltier. John Libbey eurotext, Paris. 274 p.
9. de RAVIGNON F. et LIZET B., 1987 - Comprendre un paysage. *Guide pratique de recherche. INERA* 143p.
10. De WINTER *et al.* 1988 : Aménagement et protections des forêts naturelles dans la région de Niamey : rapport de première phase. DFS –KFW/ République du Niger 208 p. + annexes.
11. De WINTER *et al.* 1989 : Aménagement et protections des forêts naturelles dans la région de Niamey : rapport de deuxième phase. DFS –KFW/ République du Niger 417 p.
12. DJIBO H. MONTAGNE P. GEESING D. PELTIER R. et TOURE A. 1997 : L'aménagement villageois sylvo-pastoral de la formation de brousse tachetée de Tientiergou (arr. de Say, Niger). p. 203-215. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens* J.M. d'Herbès, JMK Ambouta, R Peltier. John Libbey eurotext, Paris. 274 p.
13. DUBOIS D., et LANG J., 1984 - Étude lithostratigraphique et géomorphologique du continental terminal et du cénôï inférieur du bassin des lullemeden (Niger). *Bull. de l'I.F.A.N.* T3, A, n°1-2, 42p.
14. FRANCOUAL T., 1994 - Étude des organisations d'un paysage sahélien en relation avec la dynamique temporelle et spatiale des états de surface par télédétection. *Mé. pour Dipl. d'Agro. Appro.* Inst. Nat. Agro, Paris-Grignon, 35p+annexes.

15. FREYSSINEL G. 1995 : Protéger et produire : une alternative d'exploitation pour la région agro-sylvo-pastorale de Takaya (Niger). Mémoire de Mastère de sciences forestières ENGREF. 59 pages + annexes.
16. GALLE S *et al.* 1997 : Fonctionnement hydrologique et biologique à l'échelle locale ; cas d'une brousse tigrée du Niger. p. 105-118. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens* J.M. d'Herbès, JMK Ambouta, R Peltier. John Libbey eurotext, Paris. 274 p.
17. ICHAOU A. 1995 : Etude comparée de la productivité des formations forestières de brousse tigrée et de brousse diffuse : conséquences pour la gestion et pour la régénération de ces formations. Mémoire de fin de cycle IPR Katibougou, Mali/ORSTOM, Niamey, Niger.
18. ICHAOU A. 1996 : Recherche écologique appliquée à l'aménagement des écosystèmes forestiers contractés des plateaux contractés de l'Ouest nigérien : création d'un réseau de sites de suivi environnemental à long terme – première campagne. Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement – DE – Projet Energie II (volet offre), République du Niger.
19. ICHAOU A. 1997 : Contribution à l'étude de la végétation contractée des plateaux le long d'un gradient pluviométrique et latitudinal de la zone Ouest du Niger. Mémoire de DEA de biologie et écologie végétale appliquée – Université de Ouagadougou / IRD / Université de Niamey 120 p + annexes.
20. ICHAOU A. 2000 : Dynamique et productivité des structures forestières contractées des plateaux de l'Ouest Nigérien. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier – Toulouse III. 231 p.
21. ICHAOU A. et D'HERBES J.M. 1997 : Productivité comparée des formations structurées et non structurées dans le Sahel Nigérien. p. 119-130. In *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens* J.M. d'Herbès, JMK Ambouta, R Peltier. John Libbey eurotext, Paris. 274 p.
22. ICHAOU A. et GUIGMA P. 2001 : Contribution à la connaissance écologique et à la définition d'un modèle approprié de gestion locale des formations forestières sèches de la région du Centre Nord. Programme régional pour le sous secteur des énergies traditionnelles. Rapport de Mission du 25 Juin au 16 Juillet 2001. 46 p.
23. Ichaou A 2002 : Méthodologie d'inventaire et de fixation des quotas dans les formations forestières contractées de Marigouna Bella (Dosso) et énoncé de quelques directives nécessaires à l'élaboration du contenu technique de l'aménagement de cette forêt. Rapport de mission BAD-CIRAD du 19 août au 6 septembre 2002 au PAFN (République du Niger)
24. Ichaou A 2003: Proposition des directives nécessaires à l'élaboration des plans de gestion des forêts villageoises (Massifs forestiers de Marigouna – Bela et zones adjacentes). Rapport de mission BAD-CIRAD du 10 juillet au 10 septembre 2003 au PAFN (République du Niger)
25. Ichaou A 2003: La caractérisation des formations forestières de bas-fonds et de plaines sableuses : Un préalable pour une meilleure connaissance de leur dynamique de régénération. Rapport de mission BAD-CIRAD de septembre à Décembre 2003 au PAFN (République du Niger), 91p
26. JAMIN J.Y., ANDRIESSE W., THIOMBIANO L., & WINDMEIJER P.N. (éds.). Les recherches sur les bas-fonds en Afrique Sub-Saharienne. Priorités pour un Consortium régional. Actes du 1er atelier annuel du Consortium bas-fonds, Adrao, Bouaké, 8/10 juin 1993. Bouaké (Côte d'Ivoire): IVC/CBF, 183 pages.
27. KARSENTY A. et al. 1997 : Spécialisation des espaces ou gestion intégrée des massifs forestiers. Bois et forêts des tropiques 1997, N°251 (1) Focus, le point sur CIRAD –FORET, p 43-53

28. KEÏTA B., 1996. « Caractéristiques et variabilité des sols de bas-fond. Conséquences pour la mise en valeur agronomique ». In Actes du séminaire « Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali» Sikasso, 21-25 octobre 1996. IER/CIRAD/CMDT.
29. MARCON S., 1997. « Élaboration d'une méthode opérationnelle pour l'aménagement des bas-fonds du Mali-Sud ». Mémoire de fin d'étude IAM/ENSA, Montpellier. 71 pages + annexes.
30. MAUCHAMP A., 1992 - L'hétérogénéité spatiale, sa dynamique et ses implications dans une mosaïque de végétation en zone aride. *Thèse Univ. de Montpellier II*, France. 67p.
31. PELTIER R. 1991 : Aménagement sylvo-pastoral du périmètre forestier de Tientiergou Projet Energie II – Energie Domestique, Groupement SEED-CTFT République du Niger. 39 p.
32. PELTIER R. 1998 : Aménagement villageois des brousses tachetées au Niger. *Bois et Forêts des tropiques* 242 : 60-77.
33. PELTIER R. et al. 1995 - Aménagement villageois des brousses tachetées au Niger (2^{ème} partie – les méthodes de gestion) 24 p
34. PELTIER R. et MONTAGNE P. 1994 : Aménagement villageois des brousses tachetées au Niger. *Bois et Forêts des tropiques* 242 : 60-77.
35. PELTIER R. et MONTAGNE P. 1995 : Aménagement villageois des brousses tachetées au Niger. *Bois et Forêts des tropiques* 243 : 6-21.
36. PEUGEOT C. 1995 - Influence de l'encroûtement superficiel du sol sur le fonctionnement hydrologique d'un versant sahélien (Niger). Expérimentations in-situ et modélisation. *Thèse de Doctorat*, Université Grenoble I, 356p
37. POUPON H. 1980 : Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au Nord Sénégal. Travaux et documents de l'ORSTOM n°115. 352 p.
38. RAUNET M., 1985a. Les bas-fonds en Afrique et à Madagascar. Géomorphologie, géochimie, pédologie, hydrologie. *Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd 52* : 25-62.
39. VALENTIN C 1998 - Dynamique des milieux de savane sèche : dégradation des systèmes écologiques et conséquences sur le cycle de l'eau p29 + annexes
40. VALENTIN C. 1997 - Modèles de paysage et modèles de ruissellement pour une brousse tigrée nigérienne. *Communication pour les Journées du Programme Environnement. Vie et Sociétés : Les Temps de l'environnement Toulouse*, 5-7 Novembre 1997.
41. VALENTIN C., 1981 – Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertique (Agadès-Niger). Dynamique et conséquences sur l'économie en eau. *Thèse 3^{ème} cycle, Univer. Paris VII, Etudes et Thèses*, ORSTOM, 1985, 259p.
42. ZANNOU F. 2003 : Contribution à l'élaboration du plan d'aménagement du massif forestier de Marigouna Bela : étude des potentialités pastorales et proposition d'un système de gestion participative et durable. Mémoire de fin d'Etudes Spécialisées en Agronomie DESA. PAFN , Faculté d'agronomie Niamey, Niger. 46 p. + annexes.