

MALAINY DIATTA
ISRA/Sénégal

MICHEL GROUZIS
ORSTOM/Sénégal

ELHADJI FAYE
ISRA/Sénégal

TYPOLOGIE DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE EN ZONE SOUDANIENNE



Culture de mil sous parc à *Cordyla pinnata*. Parc arboré classique, début de saison des pluies. Les fruits sont des produits de cueillette à la période de soudure alimentaire (juin-juillet).

Millet crop in a Cordyla pinnata parkland. Classical park with trees, start of rainy season. The fruit are gathered during the food storage gap (June-July).

En se basant sur la diversité et la densité des espèces, cet article montre comment l'analyse multivariée est utilisée pour hiérarchiser la végétation ligneuse d'un terroir soudanien avec comme objectif d'aider les aménagistes et les agroforestiers dans la gestion des terres.

La végétation naturelle, notamment ligneuse, joue un rôle socio-économique important dans les régions tropicales sèches car elle est largement utilisée par les populations pour le bois, le pâturage et des usages divers.

Leur surexploitation et la fréquence des feux de brousse accentuée par la dégradation des facteurs climatiques de ces deux dernières décennies (ALBERGEL *et al.*, 1985) entraînent leur amenuisement tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

En se basant sur la carte comparative d'occupation des sols (1970-1983) de la région de Thyssé Kaymor (VALET, 1985), FONTANEL (1986) rapporte par exemple que :

- La surface occupée par la végétation spontanée dans cette région est passée, entre 1970 et 1983, de 62 % à 34 %.
- En dix ans, les défrichements ont représenté environ 30 à 45 % de la surface totale du territoire.
- Les forêts claires et savanes boisées au sens de TROCHAIN (1940), qui représentaient 15 % du secteur en 1972, n'en constituent plus actuellement que 10 %.

Sur le plan qualitatif, on assiste à une réduction de la richesse floristique (nombre d'espèces par unité de surface), à un développement de certaines espèces sahéliennes telles que *Commiphora africana*, *Ziziphus mauritiana* (ARBONNIER, 1990) et à une raréfaction de certaines espèces telles que *Bombax costatum*. Cet auteur relève que, dans la forêt de Koumpentoum, cette espèce représentait en 1943 une densité de 22 arbres exploitables/ha et seulement 1,4 arbre exploitable/ha en 1987.

Il est donc urgent de bien connaître la composition floristique, la structure et la répartition écologique de ces formations ligneuses pour dégager des propositions d'aménagement, de sauvegarde et de conservation.

L'analyse de la diversité de la végétation soudanienne au Sénégal a fait l'objet de nombreux travaux, notamment de la part des phytogéographes (TROCHAIN, 1940), des agrostologues (VALENZA, 1973) et des forestiers (AUBRÉVILLE, 1949 ; DIATTA, 1988 ; ARBONNIER, 1990). Ces différents travaux font apparaître une grande hétérogénéité notamment sur le plan de l'échelle d'investigation (de la parcelle jusqu'au territoire phytogéographique) et des critères de hiérarchisation (type physiologique, type de pâturage, inventaire forestier). Cette hétérogénéité rend donc difficile l'utilisation de ces travaux et leur généralisation pour la typologie des unités de végétation ligneuse à l'échelle du secteur écologique.

L'étude de FONTANEL (1986) est la seule qui pouvait répondre à cet objectif ; cependant la méthode utilisée, qui consiste à analyser 32 relevés suivant le type fichier d'images, nous semblait lourde, voire inappropriée, pour un nombre de relevés plus élevé.

En appliquant les méthodes d'analyse multivariée, largement utilisées en phytoécologie (ROUX et ROUX, 1969 ; LACOSTE et ROUX, 1971 ; GUINOCHET, 1973 ; DAGET et GODRON, 1982 ; GROUZIS, 1988), le travail présenté ici a pour objectif de définir, à l'échelle du secteur écologique, les unités de végétation ligneuse et de caractériser leur répartition en fonction des facteurs du milieu et de l'utilisation des terres.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

ZONE D'ÉTUDE

La région d'étude s'intègre dans la partie sud du bassin arachidier du Sénégal, dans des terroirs villageois de la communauté rurale de Thyssé Kaymor (13°45' N ; 15°40' W), à une trentaine de kilomètres à l'est de Nioro du Rip. Cette communauté ru-

rale, d'une superficie de 19 500 ha, fait partie de l'arrondissement de Médina Sabakh, dans la région administrative de Kaolack (fig. 1).

Le climat de la région est de type soudanien à deux saisons fortement

contrastées : une longue saison sèche (novembre à mai) et une saison des pluies (juin à octobre). La moyenne des pluviométries annuelles de la série 1970-1992, réparties entre 60 et 45 jours de pluies, est de 600 mm.

La saison des pluies est centrée sur le mois d'août qui reçoit 37 % des précipitations (DIATTA, 1994). L'analyse des séries observées depuis 1932 à la station de Nioro du Rip montre que la période actuelle s'inscrit dans une tendance générale de déficit pluviométrique. Cette tendance, à la baisse, des précipitations annuelles a été constatée en particulier à partir des années 1970. Durant la période 1970-1992, la fréquence des années déficitaires s'est accrue (DIATTA, 1994).

Les caractéristiques géomorphologiques de la région ont été décrites par BERTRAND (1970) et ANGE (1985). Les différentes unités géomorphologiques identifiées sont :

- **Le plateau cuirassé** qui se distingue par son altitude située entre 25 m et 40 m. La pente générale très faible, inférieure à 1 %, entraîne tout de même une érosion des horizons supérieurs. Celle-ci est relativement plus forte en bordure de plateau. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux peu profonds sur cuirasse gravillonnaire à lithosols sur le talus d'éboulis (BERTRAND, 1970). Cette unité de plateau est utilisée essentiellement pour le pâturage, le ramassage de bois et pour divers services (cueillette, chasse...).

- **Le glacis** est une surface entaillée dans les altérites de grès cuirassé. Il présente différents profils transversaux suivant les secteurs convexo-concaves ou convexes (BROUWERS, 1987). La profondeur de la cuirasse est très variable et dépend du modelé. Les sols sont ferrugineux tropicaux lessivés moyennement profonds de série rouge. Ce sont des sols sensibles à l'érosion (VALENTIN, 1990). Cette unité géomorphologique est occupée par le parc agroforestier à *Cordyla pinnata*. L'arachide, le mil et le coton constituent les principales cultures.

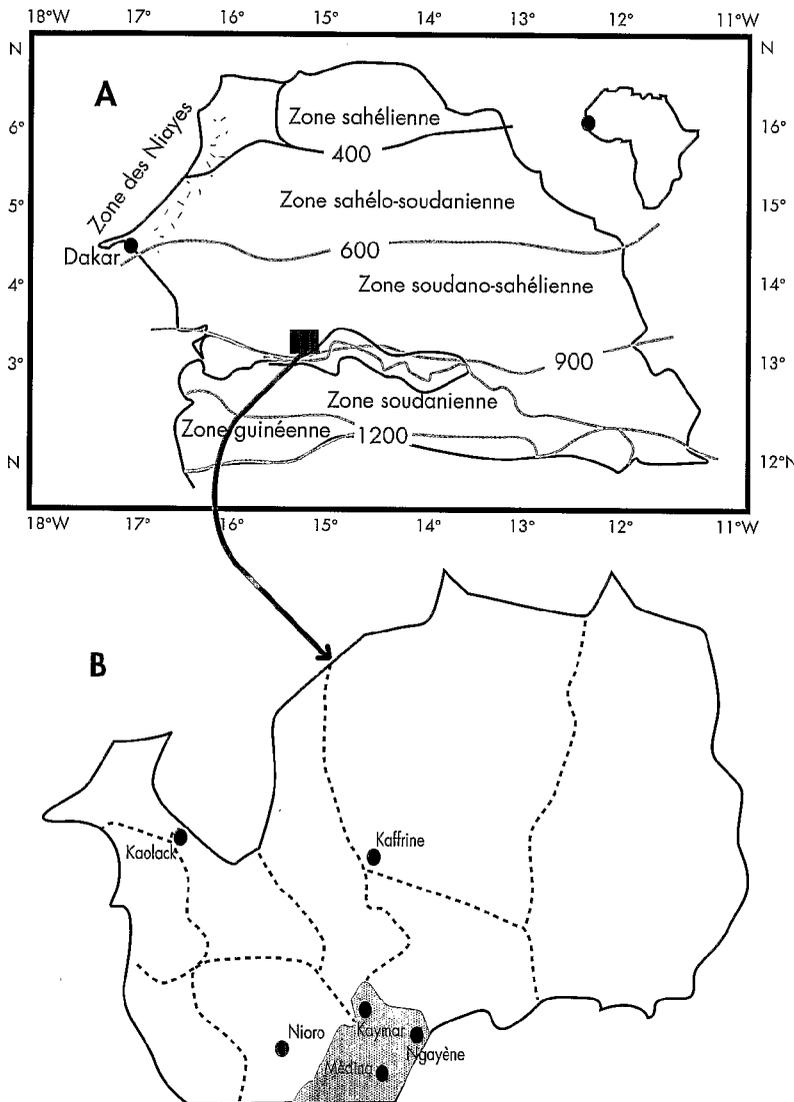


Figure 1. Carte de situation. A : Situation de la zone d'étude dans le contexte bioclimatique du Sénégal, défini par les isohyètes (1960-1990). Les limites bioclimatiques correspondent aux critères décrits par LE HOUEROU (1989) ; B : Agrandissement de la zone d'étude.

Location map. A : Location of survey zone within the bioclimatic context of Senegal, defined by the isohyets (1960-1990). The bioclimatic limits correspond to the criteria described by LE HOUEROU (1989) ; B : Enlargement of survey zone.



Vannage de l'arachide au Sénégal oriental.
Winnowing of peanuts in East Senegal.

- **La terrasse** correspond à des formations de colluvionnement et d'alluvionnement épaisses, principalement sableuses, limoneuses en surface et argileuses en profondeur. Son modelé est localement marqué par des traces d'érosion linéaire, parfois même par un ravinement intense, notamment le long des pistes. Les sols sont ferrugineux tropicaux peu lessivés, profonds et de série beige. Cette unité géomorphologique est occupée par le parc agroforestier à *Parkia biglobosa*, où se cultivent essentiellement le mil et le maïs.

- **Le bas-fond** se décompose en une surface alluviale temporairement inondée et une aire colluvio-alluviale latérale. Des traces d'érosion régressive et des indices d'hydromorphie apparaissent sur cette dernière. La surface alluviale temporairement inondée correspond aux lits d'anciens bras du Baobolon. Cette zone est occupée par la forêt-galerie. Elle est utilisée pour le parcours du bétail, le maraîchage et la culture du riz.

MÉTHODES

Un échantillonnage stratifié (GOUNOT, 1969) sur la base des unités géomorphologiques représentatives

des paysages soudaniens du sud Sine Saloum a été réalisé. Il était constitué de 251 relevés d'une surface arbitrairement fixée à 200 m² (10 x 20) répartis en quatre toposéquences, situées dans deux bassins versants différents : Keur Ndianko (60 ha) et Ndiarguène (90 ha).

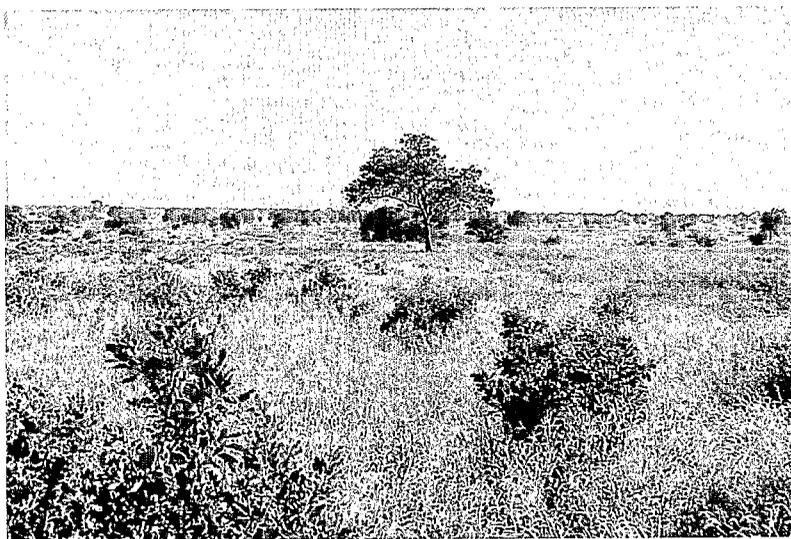
La répartition des relevés est la suivante :

- 148 sur le plateau cuirassé ;
- 63 sur le glacis de raccordement ;
- 40 dans la zone de bas-fond.

Les talus d'éboulis n'ont pas fait l'objet d'inventaire en raison de leur faible étendue et de leur relative pauvreté floristique.

Les parcelles élémentaires (200 m²) sont espacées de 10 m le long des transects orientés dans le sens de la plus grande pente.

Les observations ont porté sur la liste floristique des espèces ligneuses et leur densité à l'hectare.



Paysage agricole dans le Sine Saloum au Sénégal : jeunes jachères en terroir saturé.
Agricultural landscape in the Sine Saloum in Senegal : young fallows in saturated lands.

L'évaluation de la densité des espèces multicaules telles que *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Guiera senegalensis*, *Heeria insignis* mérite quelques éclaircissements. L'idéal aurait été de travailler par souche, mais il est parfois difficile de savoir si plusieurs tiges émergentes appartiennent à la même souche. Devant cette incertitude, et plutôt que de travailler sur des individus dont le diamètre est supérieur à un certain seuil, nous avons préféré, comme de nombreux auteurs ayant travaillé dans ces zones soudanaises (LAWESSON, 1990; NOUVELLET, 1992), évaluer la densité des espèces multicaules sur la base des tiges émergentes, c'est-à-dire sur l'ensemble : rejets, dragons, pieds individualisés.

La liste floristique des espèces ligneuses inventoriées dans la zone d'étude est donnée, p. 33. La synonymie a été actualisée et normalisée d'après les travaux de LEBRUN (1973); LEBRUN, STORK (1991, 1992).

Les relevés ont été traités par la méthode d'analyse factorielle des correspondances (LEBART, FENELON, 1971). Cette méthode a pour objet de résumer l'information d'un tableau de données en écriture simplifiée sous forme graphique.

L'interprétation des résultats repose sur l'examen des paramètres suivants :

- L'inertie qui permet de quantifier l'information contenue dans chaque axe.
- La contribution qui représente la participation d'un individu ou d'une variable à la constitution d'un axe ; elle permet d'identifier les points qui interviennent de façon significative dans la constitution des axes.
- La corrélation qui permet de mesurer la qualité de la représentation d'un point sur l'axe.

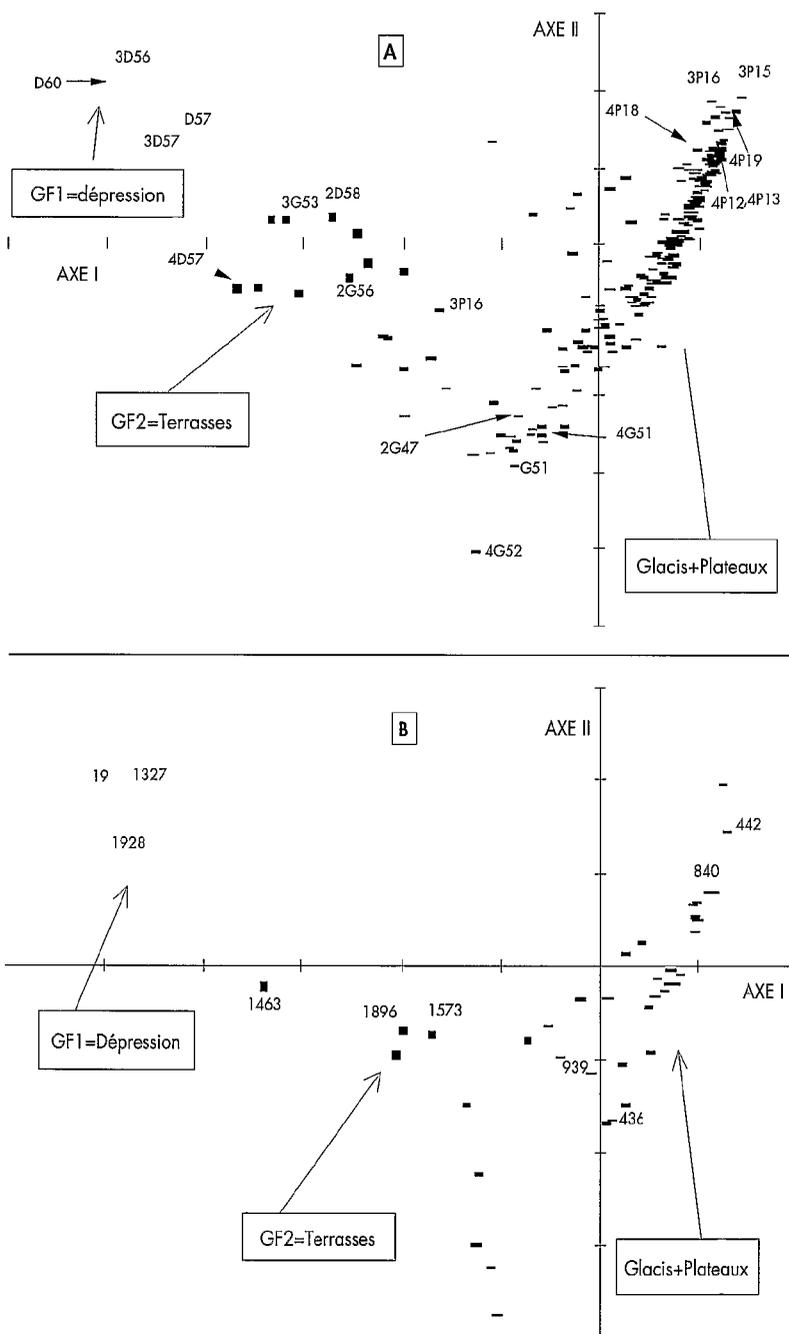


Figure 2. Analyse globale dans le plan des facteurs 1 et 2 de la matrice 251 relevés \times 54 espèces : **A** : carte des relevés ; **B** : carte des espèces. Seuls les relevés ou les espèces bien représentés et ayant une forte participation à l'axe sont repérés sur les cartes factorielles. On trouvera dans le tableau I la signification des numéros.

Overall analysis in the plane of factors 1 and 2 of matrix 251 surveys \times 54 species. **A** : map of surveys ; **B** : map of species. Only the surveys or the species which are well represented and participate strongly to the axis are marked on the factorial maps. The meaning of the numbers is given in Table I, p. 28).

TABLEAU I

LISTE DES ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES DES GROUPES FLORISTIQUES IDENTIFIÉS PAR ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

Groupe 1 (GF1)		939	<i>Guiera senegalensis</i>
19	<i>Acacia seyal</i>	1423	<i>Heeria insignis</i>
70	<i>Albizzia chevalierii</i>	983	<i>Hexalobus monopetalus</i>
136	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	1037	<i>Icacina senegalensis</i>
325	<i>Cassia sieberianna</i>	1327	<i>Mitragyna inermis</i>
438	<i>Combretum lecardii</i>	1463	<i>Parkia biglobosa</i>
442	<i>Combretum nigricans</i>	1526	<i>Piliostigma reticulatum</i>
639	<i>Detarium microcarpum</i>	1527	<i>Piliostigma thoningii</i>
851	<i>Ficus glumosa</i>	1573	<i>Prosopis africana</i>
862	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	1591	<i>Pterocarpus erinaceus</i>
1327	<i>Mitragyna inermis</i>	1765	<i>Sclerocarya birrea</i>
1463	<i>Parinari macrophylla</i>	1771	<i>Securidaca longipedunculata</i>
1527	<i>Piliostigma thoningii</i>	1772	<i>Securinea virosa</i>
1765	<i>Sclerocarya birrea</i>	1896	<i>Tamarindus indica</i>
1925	<i>Terminalia avicennoides</i>	1925	<i>Terminalia avicennoides</i>
1928	<i>Terminalia macroptera</i>	1928	<i>Terminalia macroptera</i>
2045	<i>Vitex doniana</i>	2078	<i>Ziziphus mauritiana</i>
Groupe 2 (GF2)		Groupe 4 (GF4)	
135	<i>Annona senegalensis</i>	15	<i>Acacia macrostachya</i>
685	<i>Diospyros mespiliformis</i>	195	<i>Baissea multiflora</i>
1463	<i>Parkia biglobosa</i>	228	<i>Bombax costatum</i>
1573	<i>Prosopis africana</i>	325	<i>Cassia sieberiana</i>
1896	<i>Tamarindus indica</i>	436	<i>Combretum glutinosum</i>
2078	<i>Ziziphus mauritiana</i>	439	<i>Combretum micranthum</i>
Groupe 3 (GF3)		442	<i>Combretum nigricans</i>
19	<i>Acacia seyal</i>	462	<i>Commiphora africana</i>
33	<i>Adansonia digitata</i>	639	<i>Detarium microcarpum</i>
70	<i>Albizzia chevalierii</i>	840	<i>Feretia apodanthera</i>
135	<i>Annona senegalensis</i>	933	<i>Grewia lasiodiscus</i>
136	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	1018	<i>Hymenocardia acida</i>
2087	<i>Azadirachta indica</i>	1165	<i>Lannea acida</i>
436	<i>Combretum glutinosum</i>	1167	<i>Lannea microcarpa</i>
438	<i>Combretum lecardii</i>	1261	<i>Maerua angolensis</i>
476	<i>Cordyla pinnata</i>	2061	<i>Ostryoderris stuhlmannii</i>
643	<i>Dichrostachys cinerea</i>	1472	<i>Pavetta cinereifolia</i>
685	<i>Diospyros mespiliformis</i>	1853	<i>Sterculia setigera</i>
851	<i>Ficus glumosa</i>	1855	<i>Stereospermum kunthianum</i>
862	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	1874	<i>Strophanthus sarmentosus</i>
903	<i>Gardenia ternifolia</i>	1879	<i>Strychnos spinosa</i>
		2079	<i>Ziziphus mucronata</i>

En caractère souligné, les espèces bien représentées et qui ont une forte participation à l'axe.

RÉSULTATS

IDENTIFICATION DE GROUPES FLORISTIQUES

□ Analyse globale

La matrice 251 relevés × 54 espèces a été soumise à une analyse factorielle des correspondances.

Les résultats sont représentés sur la figure 2A (carte des relevés) et 2B (carte des espèces), p. 27.

La variance absorbée respectivement par les axes 1, 2, 3 et 4 est de 16,4 %, 9,2 %, 5,1 % et 4,4 %, soit 35,1 % au total. Le premier plan absorbe 25,6 % de la variabilité totale.

- L'axe 1 (fig. 2A) oppose en absisses négatives les relevés de bas-fonds (3D56, 3D57, D60 et D57) aux relevés des plateaux en absisses positives : 4P19, 4P13, 4P18, 4P12. Cet axe peut donc être interprété comme représentant le gradient d'humidité en relation avec la topographie, facteur principal de la redistribution de l'eau dans le paysage des zones semi-arides.

- L'axe 2 oppose des relevés de glacis (4G52, G51, 4G51, 2G47, en ordonnées négatives) à des relevés de plateaux (4P19, 3P16, 3P15, 4P18, en ordonnées positives), c'est-à-dire des relevés qui se distinguent notamment par leur densité à l'hectare. L'axe 2 représente donc la densité de la végétation ligneuse, qui est moins importante dans les glacis fortement anthropisés.

Cette analyse globale permet d'identifier aisément trois groupes (fig. 2) :

- Le premier groupe GF1 sur la figure 2A rassemble des relevés situés dans les bas-fonds. Les espèces qui le caractérisent sont notamment :

19 : *Acacia seyal*, 1327 : *Mitragyna*

na inermis, 1928 : *Terminalia macroptera* (fig. 2B).

– Le deuxième groupe GF2 bien individualisé correspond aux unités de végétation ligneuse des terrasses. Les espèces caractéristiques sont aussi listées dans le tableau I :

1896 : *Tamarindus indica*, 1463 : *Parkia biglobosa*, 1573 : *Prosopis africana* (fig. 2B)

– Le troisième groupe (fig. 2A), caractérisé par des espèces telles que (fig. 2B) :

436 : *Combretum glutinosum*,
442 : *Combretum nigricans*,
840 : *Feretia apodanthera*,
939 : *Guiera senegalensis*,

correspond à un mélange de relevés sur glacis et plateaux. Situés dans la partie centrale de la carte, ces relevés sont mal définis et sont difficiles à séparer. C'est pourquoi la matrice 216 relevés x 52 espèces correspondant à ce dernier groupe a été soumise à une analyse partielle.

□ Analyse partielle

Les résultats de cette analyse sont représentés sur la figure 3A (carte des relevés) et 3B (carte des espèces). Les axes 1, 2, 3 et 4 absorbent 30 % du taux d'inertie : le premier plan absorbe 20 % de la variabilité totale.

L'examen de la figure 3A montre que l'axe 1 sépare les relevés 4G56, 2G47, 2G50 et 4G52 en abscisses négatives des relevés 4P19, 4P18, 4P12 et 4P13 en abscisses positives. Cet axe, qui oppose les relevés de glacis aux relevés de plateaux, est représentatif de la topographie et donc du gradient d'humidité, comme le souligne par ailleurs la distribution en croissant de lune des relevés. L'axe 2 représente la zone de transition glacis et plateau. Cette

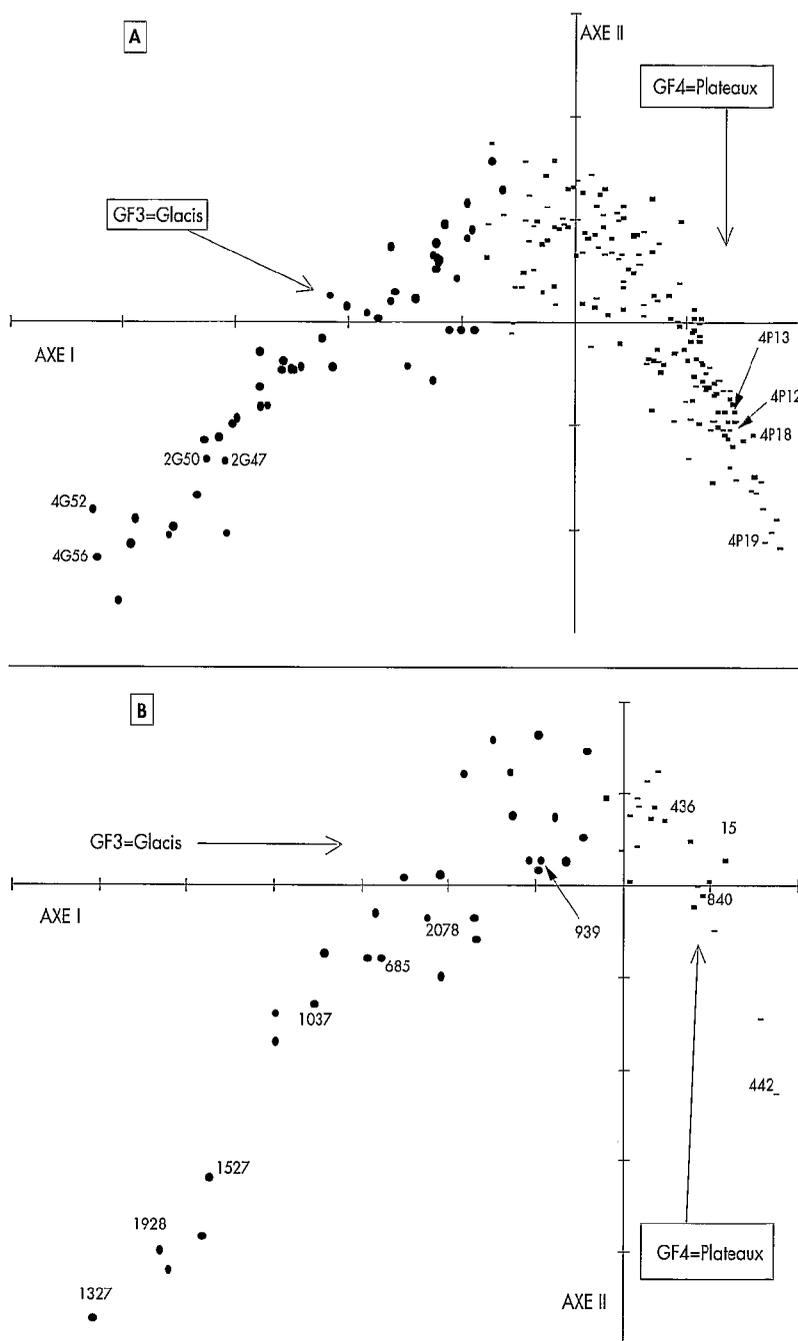
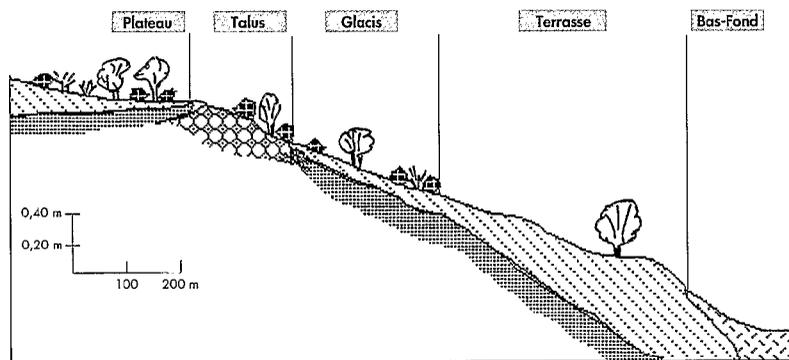


Figure 3. Analyse partielle dans le plan des facteurs 1 et 2 de la matrice 216 relevés x 52 espèces : **A** : carte des relevés ; **B** : carte des espèces. Seuls les relevés ou les espèces bien représentés et ayant une forte participation à l'axe sont repérés sur les cartes factorielles. On trouvera dans le tableau I la signification des numéros.

Partial analysis in the plane of factors 1 and 2 of matrix 216 surveys x 52 species : A : map of surveys ; B : map of species. Only the surveys or the species are well represented and participate strongly to the axis are marked on the factorial maps. The meaning of the numbers is given in Table I).

<i>Combretum nigricans</i>	<i>Lanea acida</i>	<i>Cordyla pinnata</i>	<i>Parkia biglobosa</i>	<i>Acacia seyal</i>
<i>Feretia apodanthera</i>	<i>Sterculia setigera</i>	<i>Icacina senegalensis</i>	<i>Diospyros mespiliformis</i>	<i>Terminalia macroptera</i>
<i>Acacia macrostachya</i>		<i>Piliostigma reticulatum</i>	<i>Prosopis africana</i>	<i>Mitragyna inermis</i>
<i>Combretum micranthum</i>		<i>Piliostigma thoningii</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>	
<i>Combretum glutinosum</i>		<i>Guiera senegalensis</i>		
		<i>Ziziphus mauritiana</i>		
		<i>Combretum glutinosum</i>		



Ferrugineux tropicaux peu profonds sur cuirasse gravillonnaire	Lithosols	Ferrugineux tropicaux lessivés moyennement profonds série rouge	Ferrugineux tropicaux peu lessivés profonds série beige	Hydromorphes
Savane arbustive		Parc agroforestier à <i>Cordyla pinnata</i>	Parc agroforestier à <i>Parkia biglobosa</i>	Forêt galerie
Parcours		Culture d'arachide mil-coton	Culture de mil - maïs	Parcours Maraîchage - riz

Figure 4. Répartition des unités de végétation ligneuse en fonction des caractéristiques géomorphologiques et édaphiques du milieu et de leurs usages. *Distribution of woody vegetation units as a function of the geomorphologic and edaphic characteristics of the environment and their use.*

TABLEAU II
TABLEAU D'APPARTENANCE
DANS L'ANALYSE FACTORIELLE
DISCRIMINANTE

Groupe n°	1(1)	2(2)	3(3)	4(4)
1(1)	22	2	0	0
2(2)	2	8	1	0
3(3)	0	0	50	4
4(4)	0	0	1	161

transition correspond à la bordure du plateau reconquise par les cultures.

L'analyse partielle permet donc d'individualiser deux autres groupes. Le groupe GF3 (fig. 3A, p. 29) rassemble les relevés du glacis dont les espèces caractéristiques sont données dans le tableau I. Le groupe GF4 est constitué des relevés du plateau cuirassé. Il est caractérisé par des espèces de sa-

vane dégradée dont la liste est reportée dans le tableau I, p. 28.

L'application successive d'analyses factorielles de correspondance aux matrices relevés x espèces de la végétation ligneuse a permis d'identifier quatre groupes floristiques correspondant à des situations topographiques et à des caractéristiques édaphiques spécifiques. La figure 4 résume les caractéristiques de ces unités de végétation ligneuse et les met en rapport avec leur type d'utilisation.

□ **Représentativité des groupes**

La représentation relativement faible du premier plan nous a conduits à réaliser une analyse factorielle discriminante pour apprécier la qualité du classement des individus-relevés dans les différentes unités et la représentativité des groupes. Les résultats consignés dans le tableau II montrent globalement que 96 % des relevés sont bien classés. Dans l'ensemble, les groupes sont donc bien formés. C'est dans le deuxième groupe que le pourcentage de relevés bien classés est le plus faible puisqu'il n'atteint que 73 %. C'est la possibilité de confusion due aux zones de transition entre terrasse, dépression et glacis, d'une part, et entre glacis et plateau, d'autre part, qui pourrait être à l'origine de ces mauvais classements. La logique de ces erreurs de transition est vérifiée par le fait qu'il n'y a pas eu de passage de relevés entre plateau (GF4), d'une part, et terrasse (GF2) et dépression (GF1), d'autre part.

CARACTÉRISTIQUES DES UNITÉS DE VÉGÉTATION LIGNEUSE

L'unité relative aux bas-fonds est caractérisée notamment par *Acacia seyal*, *Mitragyna inermis* et *Terminalia macroptera* (fig. 4). Ces trois espèces représentent à elles seules un peu plus de 47 % du spectre flo-

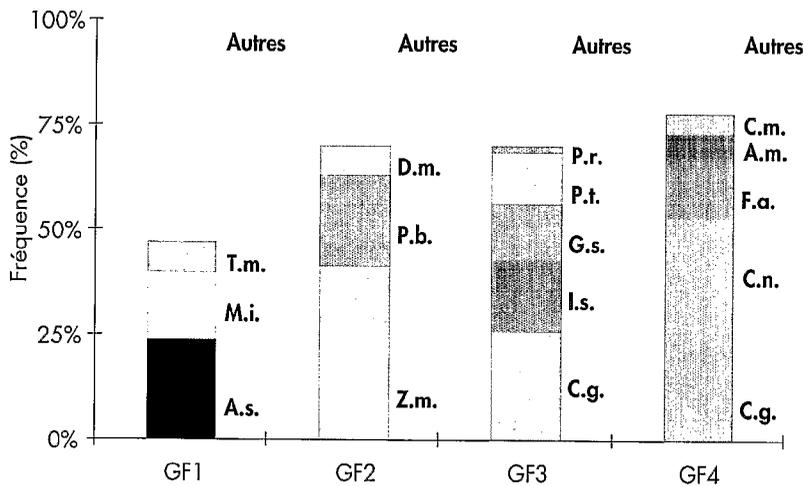


Figure 5. Spectre floristique des quatre unités de végétation ligneuse. La fréquence (F %) est définie comme étant le rapport de la densité moyenne de l'espèce à la densité moyenne totale de l'unité de végétation.

A.s. = *Acacia seyal*, M.i. = *Mitragyna inermis*, T.m. = *Terminalia macroptera*, D.m. = *Diospyros mespiliformis*, P.b. = *Parkia biglobosa*, Z.m. = *Ziziphus mauritiana*, P.t. = *Piliostigma thonningii*, P.r. = *Piliostigma reticulatum*, G.s. = *Guiera senegalensis*, I.s. = *Icacina senegalensis*, C.g. = *Combretum glutinosum*, C.m. = *Combretum micranthum*, A.m. = *Acacia macrostachya*, F.a. = *Feretia apodanthera*, C.n. = *Combretum nigricans*, An.s. = *Annona senegalensis*.

Floristic spectrum of four woody vegetation units. The frequency (F %) is defined as the ratio of the average density of the species to the total average density of the vegetation unit.

est constamment inondé au cours de la saison des pluies. Ces conditions édapho-climatiques relativement favorables (sol profond, très bonne réserve hydrique, apports colluvio-alluviaux) expliquent la présence au sein de cette unité d'espèces appartenant à la flore soudano-guinéenne du domaine soudanien (TROCHAIN, 1940) telles que *Ficus gnaphalocarpa*, *Ficus glumosa* et *Terminalia macroptera*. Cette unité connaît une pression anthropique relativement faible.

L'unité des terrasses (fig. 4) a pour espèces caractéristiques *Parkia biglobosa*, *Diospyros mespiliformis*, *Ziziphus mauritiana* et *Prosopis africana*. Les trois premières espèces représentent un peu plus de 70 % du spectre floristique de l'unité (fig. 5). *Ziziphus* représente à elle seule un peu plus de 40 % du spectre. Cette espèce régénère très rapidement par rejets de souche après les récoltes. La richesse floristique moyenne est de 12 espèces par 200 m² tandis que la densité moyenne de

ristique calculé sur la base de la densité moyenne des espèces rapportées à la densité moyenne du groupe floristique (fig. 5). Le nombre moyen d'espèces est de 14 par 200 m². La densité moyenne de cette unité est de 1 352 tiges/ha.

Selon TROCHAIN (1940) et FONTANEL (1986), les trois espèces précitées colonisent les stations humides, caractérisées par des sols peu évolués hydromorphes, sur alluvions récents. L'horizon superficiel, d'épaisseur variable (30 à 100 cm), présente une texture limoneuse à argilo-limoneuse et des taches d'hydromorphie en profondeur. Sur le plan régional, cette unité de végétation est largement représentée. En effet, elle couvre l'ensemble du réseau hydrographique dégradé qui



Coupe de bois dans les jachères.
Wood cutting in the fallows.

l'unité est de 1 580 tiges/ha. Cette unité colonise les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur colluvio-alluvions de profondeur supérieure à 2 m avec des propriétés physico-chimiques qualifiées d'excellentes par BERTRAND (1972). Lorsqu'elle est exploitée, cette unité est réservée à la culture du mil et du maïs.

Combretum glutinosum, *Guiera senegalensis*, *Isocarpha senegalensis*, *Piliostigma reticulatum* et *P. thoningii* caractérisent l'unité de glacis. Les deux premières espèces représentent un peu plus de 42 % du spectre floristique (fig. 5). La régénération de ces espèces se fait essentiellement par rejets de souche. L'unité s'individualise par la présence de *Cordyla pinnata*. Cette espèce caractérise le système agroforestier dans le sud du bassin arachidier où elle remplace *Faidherbia albida*, caractéristique des régions centre et nord. Ce parc est aujourd'hui dégradé. La richesse floristique moyenne de l'unité est de 11 espèces par 200 m². La densité globale moyenne de l'unité est de 1 438 tiges/ha. Cette unité est caractérisée par un sol ferrugineux tropical, peu évolué, sur gravillons et cuirasse. La profondeur du sol peut varier de 1 à 2 m mais, dans certains cas, la cuirasse plus ou moins indurée peut se situer à 60 cm seulement. Cette unité est utilisée en priorité pour les cultures de rente (arachide, coton) en rotation avec les céréales, notamment le mil.

L'unité sur plateau cuirassé (fig. 4) est caractérisée par des Combrétacées telles que *Combretum glutinosum*, *C. nigricans*, *C. micranthum*, *Guiera senegalensis*, associées à *Feretia apodanthera* et *Acacia macrostachya*. Parmi les espèces compagnes, on peut noter la présence de *Bombax costatum*, *Lanea acida* et *Sterculia setigera* qui forment en général une strate arborée clairsemée. Les trois premières espèces représentent à elles seules plus de 65 % du spectre floristique (fig. 5). La richesse floristique moyenne est

de 9 espèces par 200 m² et la densité globale moyenne de l'unité est de 1 683 tiges/ha. Cette unité est caractérisée par des sols peu profonds à squelettiques sur cuirasse ferrugineuse dont les principaux sont les lithosols d'érosion (profondeur utile de l'ordre de 30 cm) et les sols gravillonnaires à faciès ferrugineux pouvant atteindre 70 cm de profondeur. Elle occupe les points les plus hauts de la toposéquence, point de départ du ruissellement important dont l'action érosive se manifeste sur les unités en aval, notamment les zones cultivées. Ces sols sont marginaux et réservés au parcours du bétail, au prélèvement de bois de chauffe, ce qui accentue leur dégradation.

CONCLUSION

L'utilisation des méthodes d'analyse multivariée pour le traitement des « matrices relevés/espèces » a donc permis de définir des unités de végétation en relation étroite avec l'organisation morpho-pédologique.

D'amont en aval, on observe les unités de pédoclimats secs (plateau cuirassé) à Combrétacées en passant par les systèmes traditionnels agroforestiers (glacis et terrasses) à *Cordyla pinnata* et à *Parkia biglobosa* jusqu'aux unités de pédoclimats humides (bas-fonds), où l'on rencontre principalement les espèces hygrophiles telles que *Mitragyna inermis*, *Acacia seyal*...

Outre les conditions édaphiques, la répartition de la végétation ligneuse peut aussi s'expliquer par l'action de l'homme : le défrichement des formations naturelles pour l'extension des cultures, l'action des feux de brousse, le pâturage. En effet la pression anthropique qui s'exerce sur ce milieu est très importante. L'accroissement continu de la popu-

lation rurale (3 % par an) se traduit par une demande croissante en terres de culture, une réduction voire l'abandon de la pratique de la jachère et une extension des cultures dans les zones incultes du plateau cuirassé.

L'écosystème se trouve donc de plus en plus menacé et fragilisé par une dégradation continue des ressources ligneuses. Il apparaît nécessaire de conserver, voire d'améliorer et de gérer les ressources existantes. Les apports, dans ce domaine, d'une discrimination des unités de végétation ligneuse à l'échelle du secteur écologique se situent à différents niveaux. Elle permet notamment de :

- générer une carte sur la base de la distribution des unités géomorphologiques,
- faciliter les plans d'échantillonnage pour les études quantitatives de forestiers,
- identifier les espèces caractéristiques de ces unités qui peuvent être utilisées dans les pratiques agroforestières (parcs, haies vives, jachères, brise-vent, réserves fourragères).

Il importe également de noter que ces résultats peuvent servir de modèle pour les inventaires forestiers et les aménagements agroforestiers à une échelle géographique plus large. □

Crédit photos : Christian FLORET, Pierre MILLEVILLE, Dominique MASSE (© ORSTOM).

► Malainy DIATTA
Elhadji FAYE
ISRA-U.R.R. Kaolack
B.P. 199 KAOLACK
Sénégal

► Michel GROUZIS
ORSTOM
B.P. 434
ANTANANARIVO 101
Madagascar

LISTE DES ESPÈCES LIGNEUSES INVENTORIÉES DANS LA ZONE D'ÉTUDE

La synonymie est actualisée d'après LEBRUN, 1973 ; LEBRUN, STORK, 1991 et 1992.
 Les numéros correspondent à la liste informatisée de la Flore du Sénégal de BERHAUT

<i>Acacia macostachya</i> Reichenb. ex DC	15	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	1018
<i>Acacia seyal</i> Del.	19	<i>Icacina senegalensis</i> A. Juss.	1037
<i>Adansonia digitata</i> L.	33	<i>Lannea acida</i> A. Rich.	1165
<i>Albizzia chevalieri</i> Harms in Engl.	70	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. Et K. Krause	1167
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	135	<i>Maerua angolensis</i> DC	1261
<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC) Guill. Et Perr.	136	<i>Mitragyna inemis</i> (Willd.) O. Ktze.	1327
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	2087	<i>Ostryoderris stuhlmannii</i> (Taub.) Dumm.	2061
<i>Baissea multiflora</i> A. DC. In DC	195	<i>Parinari macrophylla</i> Sabine	1462
<i>Bombax costatum</i> Pellegrin et Vuill.	228	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G. Don f.	1463
<i>Cassia sieberiana</i> DC	325	<i>Pavetta cinereifolia</i> Berhaut	1472
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC	436	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC) Hochst.	1526
<i>Combretum lecardii</i> Engl et Diels.	438	<i>Piliostigma thoningii</i> (Schum.) Milne-Redh.	1527
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	439	<i>Prosopis africana</i> (Guill. Et Perr.) Taub.	1573
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. Ex Guill. Et Perr.	442	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir	1591
<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	462	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	1765
<i>Cordyla pinnata</i> (Lepr. Ex A. Rich.) Milne-Redh.	476	<i>Securidaca longipedunculata</i> Eres.	1771
<i>Detarium microcarpum</i> Guill. et Perr.	639	<i>Securinega virosa</i> (Roxb. ex Willd.) Baill.	1772
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight et Arn.	643	<i>Sterculia setigera</i> Del.	1853
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. Ex A. DC	685	<i>Stereospermum kuntianum</i> Cham.	1855
<i>Feretia apodanthera</i> Del.	840	<i>Strophanthus sarmentosus</i> DC	1874
<i>Ficus glumosa</i> Del.	851	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	1879
<i>Ficus gnaphalocarpa</i> (Miq.) Steud.	862	<i>Tamarindus indica</i> L.	1896
<i>Gardenaria ternifolia</i> K. Schum.	903	<i>Terminalia avicennoides</i> Guill. Et Perr.	1925
<i>Grewia lasiodiscus</i> K. Schum.	933	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. Et Perr.	1928
<i>Guiera senegalensis</i> J. F. Gmel.	939	<i>Vitex doniana</i> Sweet	2045
<i>Heeria insignis</i> (Del.) O. Ktze.	1423	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	2078
<i>Hexalobus monopetalus</i> (A. Rich.) Engl. Et Diels.	983	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	2079

R E F E R E N C E S B I B L I O G R A P H I Q U E S

- ALBERGEL J., CARBONNEL J.-P., GROUZIS M., 1985.
Sécheresse au Sahel : incidences sur les ressources en eau et les productions végétales. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XXI, 1 : 3-19.
- ANGE A., 1985.
Stratification des paysages agraires pour l'identification des contraintes à la production agricole, la mise au point et l'essai de solutions techniques. In : Actes de l'Atelier « La recherche agronomique pour le milieu paysan ». Nianing, Sénégal, ISRA/ Département Systèmes.
- ARBONNIER M., 1990.
Etude d'une savane graminéenne et forestière en vue de son aménagement, à partir du cas de Koumpentoum (Sénégal). Thèse, fascicule 1, Université de Nancy I, Nancy, France, 105 p.
- AUBRÉVILLE A., 1949.
Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris, France, Société d'Éditions Géographique, Maritime et Coloniale, 351 p.
- BERTRAND R., 1970.
Notice explicative, cartes morpho-pédologiques au 1/50 000. Unités expérimentales et de développement Koumbidia (Kungheul) et Thyssé-Sonkorong (Niore du Rip), Sénégal Sine-Saloum, Rapport IRAT.
- BERTRAND R., 1972.
Morphopédologie et orientation culturales des régions soudanaises du Sine Saloum (Sénégal). Agron. Trop., vol. XXVII, 11 : 1115-1190.
- BROUWERS M., 1987.
Études morphologiques et hydropédologiques dans la région de Thyssé Kaymor (Sine-Saloum-Sénégal). CIRAD, D.R.M./LPM n° 5, 40 p.
- DAGET Ph., GODRON M., 1982.
Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Paris, France, Masson, 163 p.
- DIATTA M., 1988.
Caractérisation morphopédologique des faciès forestiers de la communauté rurale de Thyssé Kaymor (Sine-Saloum). Mémoire de titularisation ISRA/D.R.P.F., Dakar, Sénégal, 68 p.
- DIATTA M., 1994.
Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effets sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire. Thèse Doctorat, Université Scientifique L. Pasteur, Strasbourg, France, 202 p. + annexes.
- FONTANEL P., 1986.
État des végétations de parcours dans la communauté rurale de Kaymor (Sud-Sénégal, Saloum). Effets de la pression anthropique dans les différents milieux et capacités de récupération. D.S.P. n° 28. Montpellier, France, CIRAD-IRAT, 41 p.
- GOUNOT M., 1969.
Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Paris, France, Masson, 314 p.
- GROUZIS M., 1988.
Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Coll. Etudes et Thèse, Paris, France, ORSTOM, 336 p.
- GUINOCHET M., 1973.
Phytosociologie. Paris, France, Masson, 227 p.
- LACOSTE A., ROUX M., 1971.
L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes-Maritimes. L'analyse des données floristiques. Acta Oecologia. Oecol. Plant. 6 : 353-369.
- LAWESSON E. J., 1990.
Sahelian woody vegetation in Senegal. Vegetation 86 : 161-174.
- LEBART L., FENELON J.-P., 1971.
Statistique et informatique appliquées. Paris, France, Dunod, 426 p.
- LEBRUN J.-P., 1973.
Énumération des plantes vasculaires du Sénégal. Maisons-Alfort, France, I.E.M.V.T., Etudes Botaniques 2, 209 p.
- LEBRUN J.-P., STORK A. L., 1991.
Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol. I. Généralités et *Annonaceae* à *Pandaceae*. Genève, Suisse, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève, 249 p.
- LEBRUN J.-P., STORK A. L., 1992.
Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol. II *Chrysobalanaceae* à *Apiaceae*. Genève, France, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève, 257 p.
- LE HOUEROU H. N., 1989.
The grazing land ecosystem of the African Sahel. Ecological Studies 75, 282 p.
- NOUVELLET Y., 1992.
Évolution d'un taillis de formation naturelle en zone soudanienne du Burkina Faso (fascicule 1). Thèse Doc. Sci. Bot. Trop., Université Paris VI, France, 209 p.
- ROUX G., ROUX M., 1969.
A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. Revue de statistiques appliquées 15, 2 : 59-72.
- TROCHAIN J., 1940.
Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire n° 2. Paris, France, Librairie Larose, 433 p.
- VALENTIN C., 1990.
Les états de surface des bassins versants Thyssé Kaymor (Sénégal). Dakar, Sénégal, ORSTOM, 10 p.
- VALENZA J., 1973.
Pâturage et alimentation du bétail de l'unité expérimentale de Thyssé Kaymor : bilan fourrager. C.N.R.A./Bambey et L.N.E.R.V., Dakar, Sénégal, 31 p. (+ Carte).
- VALET S., 1985.
Notice explicative de la carte d'occupation comparative en 1970 et en 1983 de la région de Thyssé Kaymor-Sonkorong (Sine-Saloum, Sénégal). Montpellier, France, IRAT, DEVE, 51 p. (+ carte).

R É S U M É

TYPOLOGIE DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE EN ZONE SOUDANIENNE

Les conditions écologiques actuelles des zones soudano-sahéliennes (déficit pluviométrique, surexploitation) sont défavorables au maintien de la végétation naturelle notamment ligneuse, qui joue un rôle socio-économique important (bois de chauffe, pâturage, pharmacopée, etc.).

Une meilleure connaissance de la composition floristique, de la structure et de la répartition écologique de cette végétation est donc nécessaire pour dégager des propositions d'aménagement et/ou de conservation.

Cependant la grande hétérogénéité des travaux relatifs à l'analyse de la diversité de la végétation, aussi bien sur le plan des méthodes que des échelles d'investigation, rend difficile leur utilisation et leur généralisation.

A l'échelle du secteur écologique, l'application successive d'analyse factorielle des correspondances aux matrices relevés x espèces de la végétation ligneuse a permis d'identifier aisément des groupes floristiques correspondant à des situations topographiques et à des caractéristiques édaphiques spécifiques.

L'utilisation des résultats de la discrimination des unités de végétation dans la gestion des ressources ligneuses est suggérée.

Mots-clés : Végétation. Plante ligneuse. Espacement. Analyse de données. Méthode statistique. Composition botanique. Zone soudano-sahélienne. Sine Saloum. Sénégal.

A B S T R A C T

TYPOLOGY OF WOODY VEGETATION IN SUDANIAN REGIONS

Today, the ecological conditions of Sudano-Sahelian countries (rainfall deficit, over-exploitation) are unfavourable to the maintenance of the natural woody vegetation that plays an important socio-economic function (firewood, rangeland, pharmacopoeia...).

It is therefore necessary to characterize this vegetation in order to propose their management or their conservation.

However, the methods as well as the scales of investigation used to define vegetation diversity are heterogenous. So, it is not easy to generalize them.

Ecologically, the successive application of correspondence analysis to woody vegetation (surveys x species matrix) has allowed for easy identification of floristic groups corresponding to topographic situations and to specific soil characteristics.

The utilization of these results to manage woody resources is suggested.

Key words : Vegetation. Woody plant. Spacing. Data analysis. Statistical methods. Botanical composition. Sudano-Sahelian region. Sine Saloum. Senegal.

R E S U M E N

TIPOLOGÍA DE LA VEGETACIÓN LEÑOSA EN SUDÁN

Las condiciones ecológicas actuales de las zonas sudano-sahelianas (déficit de precipitaciones, sobreexplotación) son desfavorables para el mantenimiento de la vegetación natural, sobre todo la leñosa que desempeña un importante papel socioeconómico (madera para leña, pasto, farmacopea, etc.).

Para poder realizar proposiciones de manejo o conservación se necesita tener un conocimiento más profundo de la composición florística y de la estructura y repartición ecológica de dicha vegetación.

Sin embargo, la gran heterogeneidad de los trabajos relativos al análisis de la diversidad de la vegetación, tanto en los métodos como en los niveles de investigación, hace que sea difícil su utilización y generalización.

En lo que atañe al sector ecológico, la aplicación sucesiva de análisis factoriales de correspondencias a las matrices de datos tomadas x especies de la vegetación leñosa permitió identificar fácilmente los grupos florísticos correspondientes a unas situaciones topográficas y a unas características edáficas específicas.

Se sugiere que se utilicen los resultados de la discriminación de las unidades de vegetación en la gestión de los recursos leñosos.

Palabras clave : Vegetación. Plantas leñosas. Espaciamento. Analisis de datos. Métodos estadísticos. Composición botánica. Región sudano-saheliana. Sine Saloum. Senegal.

SYNOPSIS

**TOPOLOGY OF WOODY VEGETATION
IN SUDANIAN REGIONS**

MALAÏNY DIATTA, MICHEL GROUZIS, ELHADJI FAYE

Woody natural vegetation plays an important socio-economic function in dry tropical regions because it is variously used by the populations of these countries (firewood, rangeland, pharmacopoeia, technology, etc.). As a consequence of the degradation of ecological conditions (rainfall deficit, over-exploitation), this vegetation is adversely affected on the qualitative and quantitative levels.

To cover the heterogeneity of the methods and the scales used in the analysis of vegetation diversity, the aim of this study is :

- To define woody vegetation units ecologically, and
- To characterize their distribution versus environmental factors and land use. The successive application of correspondence analysis to woody vegetation surveys x species matrix has allowed easy identification of four floristic groups corresponding to topographic situations and to specific soil characteristics.

□ **The first group** characterized by *Acacia seyal*, *Mitragyna inermis* and *Terminalia macroptera* colonizes humid bottom sites with slightly evolved hydromorphic soils. The floristic richness is about 14 species/200 square meters.

The group average density reaches 1 352 stems/ha. Relatively favourable soil conditions (deep soil, very good water budget, colluvial and alluvial deposits) explain, within this unit, the presence of species belonging to the Sudano-Guinean flora of the Sudanian area such as *Ficus gnaphalocarpa*, *Ficus glumosa* and *Terminalia macroptera*. This unit experiences very little human pressure.

□ **The second group** corresponds to terraces with leached tropical ferruginous soils on thick colluvio-alluvia, and having excellent physico-chemical properties.

Characteristic species are *Parkia biglobosa*, *Diospyros mespiliformis* and *Ziziphus mauritiana*.

The number of species is in average of 12/200 square meters ; the density of the group is 1 580 stems/ha.

The fan, characterized by a slightly evolved tropical ferruginous soil on gravel and crust, is colonized by *Guiera senegalensis*, *Isachne senegalensis* and *Cordyla pinnata*. These species are found preferentially in southern agroforestry systems of Senegal. The first two species regenerate essentially by stump sprout after crops. The floristic richness of

this floristic group is 11 species/200 square meters. Their global average density is 1 438 stems/ha.

The residual plateau is the area of *Combretaceae* (*Combretum glutinosum*, *Combretum nigricans*, *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis*) associated with *Feretia apodanthera* and *Acacia macrostachya*. The floristic richness is slightly lower (9 species/200 square meters) but the global average density of this group is higher than in the other units (1 683 stems/ha). Soils are slightly deep to skeletal on ferruginous crust.

On the woody resources management level, the discrimination of vegetation units drawn to scale of the ecological sector makes it possible notably :

- to generate a woody vegetation map based on the geomorphological units,
- to facilitate sampling in quantitative forestry studies,
- to identify adapted species potentially usable in agroforestry technologies (parklands, live hedges, improved fallows, fodder stock).

On the other hand, the recommended methodology is usable in forest inventory on a larger geographical scale.