

PROJET SALT: PAYSAGES VEGETAUX ET SYSTEMES AGRAIRES AU BURKINA FASO

DEVINEAU J.L., SERPANTIE G.

RESUME

Deux sites sur lesquels se déroulent des programmes O.R.S.T.O.M. au Burkina Faso ont été retenus pour le projet S.A.L.T..

L'un en zone soudano-sahélienne, dans la région de Ouahigouya (BIDI), où se déroulent depuis 1984 des recherches sur les systèmes agraires.

L'autre en zone soudanienne, dans la région de Bondoukou et Lahirasso, où un programme de recherche sur les systèmes écologiques et les systèmes agraires est actuellement mis en place.

L'évolution des activités agricoles et pastorales apparaît actuellement comme le principal facteur de transformation des systèmes écologiques des savanes. La connaissance des inter-relations entre ces deux systèmes -écologique et agraire- est donc fondamentale pour comprendre l'évolution dans le temps des milieux savaniens.

Les images satellite à haute résolution (SPOT, LANDSAT TM) permettent une analyse précise de l'organisation du paysage qui reflète et gouverne les interactions entre les systèmes écologiques et les systèmes agro-pastoraux.

Ces images permettront de caractériser les modes d'occupation des terres, de discriminer de manière fine les différents types de culture et de milieux naturels et aussi d'étudier l'extension des feux de savane qui sont un élément majeur de la dynamique des formations végétales soudanaises (analyse multitemporelle, utilisation du logiciel PLANETE).

Il sera aussi nécessaire d'analyser la taille, la forme et la position respective des différents éléments du paysage qui conditionnent, chez les communautés restées naturelles, le maintien ou l'évolution de la diversité biologique (utilisation par exemple des méthodes de la morphologie mathématique appliquée à l'analyse d'image (travaux de C. MERING)).

Deux sites du Burkina Faso sur lesquels se déroulent des programmes o.r.s.t.o.m. ont été retenus pour le projet s.a.l.t.: le premier à Bidi, dans la région de Ouahigouya en zone soudano sahélienne, où la pluviosité annuelle moyenne est de l'ordre 700mm, le second dans la région de Bondoukou en zone soudanienne, où les précipitations atteignent 1000mm (fig.1). Sur ces sites, des recherches à

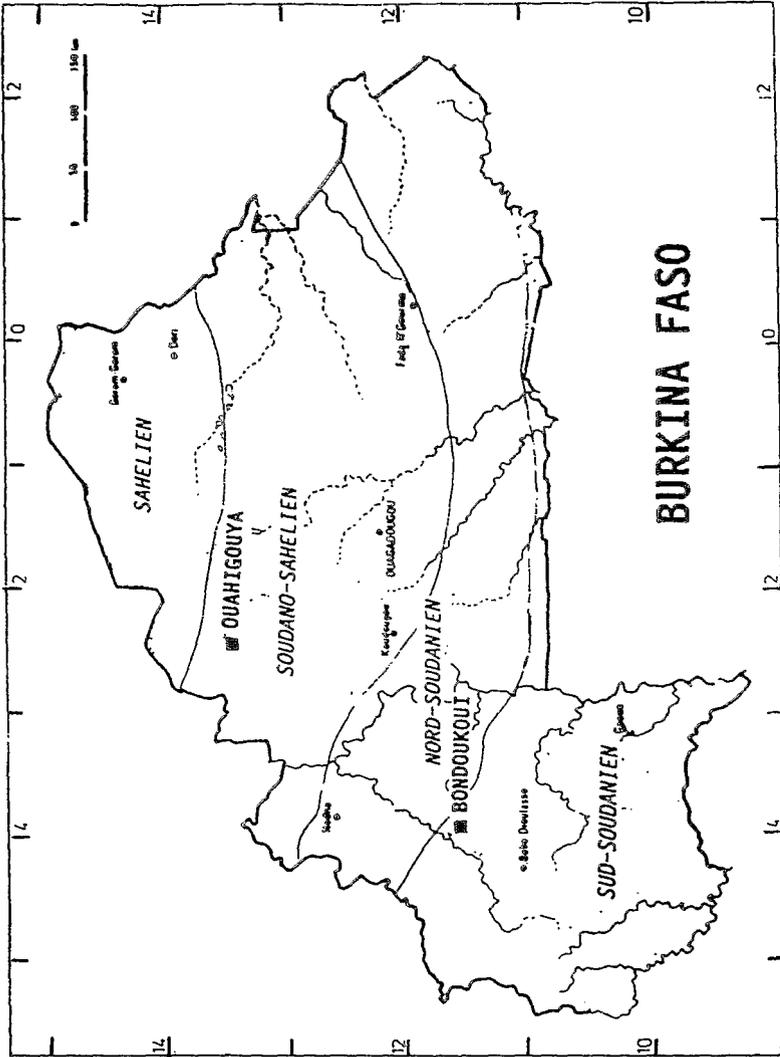


Figure 1. Localisation des sites d'étude (Limites des domaines phytogéographiques d'après l'Atlas de Haute Volta, éditions jeune Afrique).

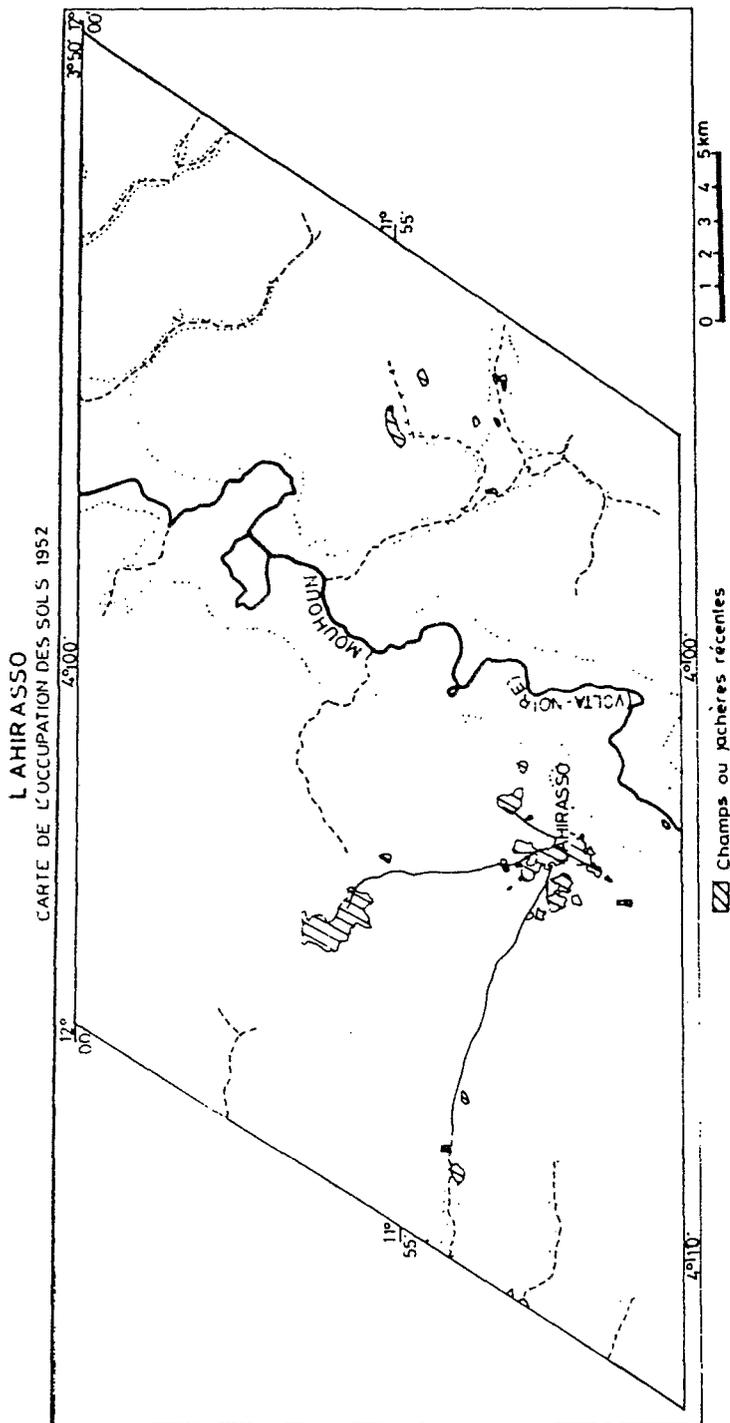


Figure 2. Carte de l'occupation des sols en 1952 à Lahirasso (Burkina Faso), d'après DEVINEAU 1986. (Photo-interprétation de la mission aérienne ND 30 III 1952 1/50000).

dominante agronomique et écologique sont menées parfois depuis plusieurs années. L'orientation générale de ces recherches ainsi que les opérations de télédétection déjà réalisées ou en cours et celles qu'il serait souhaitable de développer sont brièvement présentées ici.

I. PROGRAMME: DYNAMIQUE DES SYSTEMES AGROPASTORAUX EN ZONE SOUDANO-SAHELIENNE DU BURKINA FASO (G. SERPANTIE)

A. Orientation générale des recherches et caractéristiques du milieu étudié

Ce programme, qui a débuté en 1984, se situe dans le prolongement de recherches déjà conduites par l'O.R.S.T.O.M. au Burkina Faso. Il a pour objectif l'analyse des réalités rurales dans la région soudano-sahélienne afin de connaître leur dynamique et les facteurs tant internes qu'externes de leur évolution.

Le choix de la région du Yatenga se justifie par l'acuité du déséquilibre qui s'y manifeste entre les besoins en expansion et un milieu largement dégradé, soumis de surcroît à une sécheresse sévère depuis 1970. L'investigation porte tout à la fois sur un transect régional et sur le site témoin de Bidi, représentatif d'une situation intermédiaire. Ce site est territoire villageois pour les uns, bassin versant pour les autres. D'autre part cette étude se veut systémique, accordant aux interactions et aux changements autant d'intérêt qu'aux faits thématiques.

B. Opération de télédétection

L'opération de télédétection actuellement menée dans le cadre de ce programme initie d'une part le programme S.A.L.T. et finalise d'autre part les travaux effectués conjointement avec le L.E.R.T.S. sur les "rythmes biologiques des savanes soudano-sahéliennes" (Aman A. et al. 1989a et b; Serpantié et al., 1989). Ces travaux qui avaient pour but de rechercher une méthode de cartographie de l'occupation de l'espace se sont fondés sur des observations au sol comprenant la caractérisation des surfaces et le suivi phénologique et radiométrique du couvert herbacé, à raison d'une mesure tous les 15 jours pendant un cycle annuel. Les transects et les sites test sont par ailleurs précisément repérés sur des images SPOT et LANDSAT TM.

C. Premiers résultats

Cette opération doit permettre de réaliser une cartographie de la morphopédologie et de la végétation. Les premiers traitements effectués ont été réalisés par G. Serpantié et J.L. DEVINEAU au LIA à Bondy sur le logiciel PLANETE: calcul de néocanaux (brillance, NDVI), classifications statistiques multispectrales, classification par seuillage NDVI sur une image du 7 juillet 1988 pour la caractérisation des peuplements ligneux et des bas-fonds.

Un premier travail de tri morphologique a été appliqué par C. Mering sur l'image NDVI seuillée afin d'analyser la structure spatiale de l'image sur quelques typons significatifs et d'isoler les structures connexes qui correspondent généralement aux zones inondables.

Le programme de télédétection à venir consiste en une mise en rapport des images et des données de terrain sur cinq thèmes:

- isolation du thème "ligneux" par manipulation d'images de début et de fin de saison en relation avec des suivis phénologiques, des transects et des stations de mesure, des photos aériennes;
- isolation du thème "couvert herbacé et cultural" par soustraction du thème "ligneux" sur des images de pleine saison des pluies et cartographie des biomasses à partir des formules empiriques obtenues en 1986 et 1987;
- isolation du thème "cultures" par interprétation texturale sur image partitionnée;
- analyse statistique des données;
- cartographie morphopédologique à partir de la cartographie de la végétation, des images de saison sèche et de fin de saison humide.

II. PROGRAMME: INTERRELATIONS SYSTEMES ECOLOGIQUES SYSTEMES AGRAIRES SOUDANIENS DANS L'OUEST DU BURKINA-FASO (J.L. DEVINEAU, A. FOURNIER, G.SERPANTIE)

A. Orientation générale des recherches et Caractéristiques du milieu étudié

Ce programme initié en 1990 se poursuit en 1991 par la prospection générale du milieu largement fondée sur l'analyse d'images satellites. Il lie écologie et agronomie et s'articule autour de deux thèmes principaux de recherche:

- l'étude des friches et jachères d'une part, puisqu'elles sont le lieu où se reconstituent à la fois la savane et les conditions nécessaires aux cycles culturels,
- l'étude du paysage et des activités qui s'y déroulent: systèmes de cultures, systèmes d'élevage, systèmes physiques et écologiques d'autre part.

Relier écologie et systèmes agraires est une nécessité puisque le système agricole soudanien actuel fait largement appel à l'environnement naturel, qu'il modifie profondément, pour la fourniture de ses ressources et le maintien de conditions favorables à son développement.

La zone étudiée, située sur la vallée du Mouhoun (ex Volta noire), est couverte par une scène spot qui comprend au nord la région de Solenzo-Daboura-Ouarkoye et au sud la région de Lahirasso-Bondoukouï. Le périmètre retenu dans le cadre du programme s.a.l.t. correspond au sud de la scène.

Durant les dernières décennies la transformation de l'espace agricole de la région a été profonde: regroupés autour des villages en 1956, les champs se trouvent dispersés sur l'ensemble de la vallée en 1983 (fig 2 et 3). L'étude faite par Benoit (1973) met bien en évidence, elle aussi, cette extensification du système agricole à Daboura. Les travaux de Devineau (1986) montrent que dans la région de DABOURA-OUARKOYE l'espace cultivé qui représentait 7% du territoire en 1952 atteint 25% en 1981 et que, parallèlement, l'évolution de la végétation se caractérise par l'extension relative des formations les plus clairsemées, par l'apparition de phénomènes locaux d'emboisement et surtout par la régression spectaculaire de la forêt galerie du Mouhoun (Tab. I).

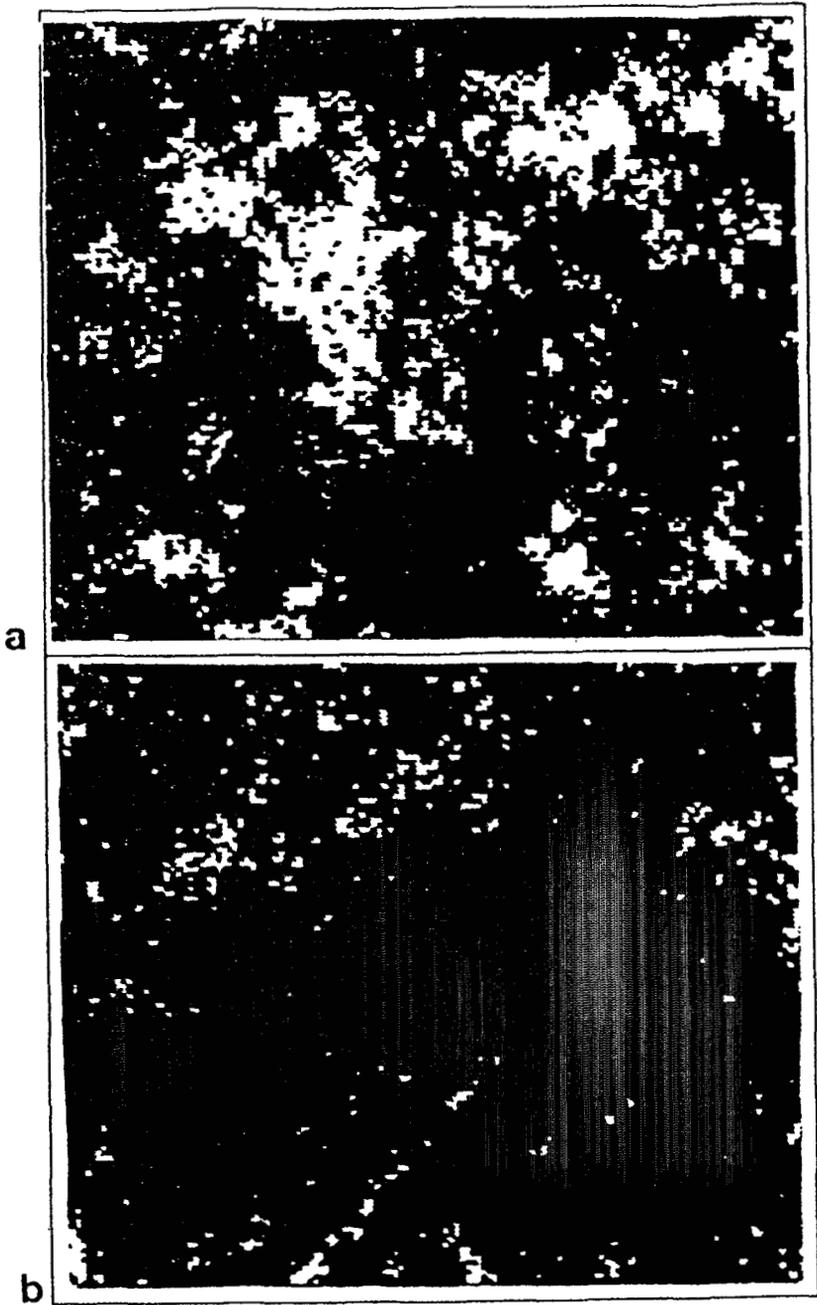


Figure 4. Distribution spatiale des peuplements ligneux
-imagettes de 200x200 pixels, en blanc représentation de la classe
4 (cf tableau II et explications dans le texte)-
a) Lahirasso b) Koumana

Si l'on tient compte par ailleurs de la grande extension des surfaces impropres à l'agriculture conventionnelle (sols engorgés en saison des pluies) ou de très faible productivité sylvopastorale (lithosols, sols gravillonnaires, sols peu épais sur induration ferrugineuse), il faut admettre que la quasi totalité des sols cultivables sont actuellement utilisés.

	1952 %		1981 %	
Zones cultivées (champs, jachères récentes)	7	25		
Sols nus	0,2	(0,2)*	0,2	(0,2)
Formations herbeuses et arbustives claires	21,0	(22,6)	18,9	(25,2)
Savane arbustive ou arborée	66,9	(71,9)	51,8	(69,1)
Formations arbustives denses	0,8	(0,9)	3,1	(4,1)
Formations forestières denses (galerie forestière)	3,6	(3,9)	0,8	(1,0)

*Entre parenthèses: Proportion de l'espace non cultivé.

Tableau I: Evolution de l'occupation des terres dans la région de Daboura-
Ouarkoye d'après Devineau (1986) simplifié.
(Photo-interprétation des missions aériennes ND 30 III 1952 1/50000 et
81029 HV 1981 1/50000)

Dans ces milieux très anthropisés, le morcellement des systèmes écologiques pose, de façon très générale le problème de la pérennité des biocénoses naturelles et celui du maintien de la diversité biologique. Le problème du morcellement des biocénoses est l'un des plus fondamentaux de l'écologie dans les régions anthropisées, les exemples les plus fréquemment étudiés concernent les îlots forestiers résiduels ou néoformés au sein des paysages agraires ou urbains (Burgess & Sharpe, 1981, GODRON et al., 1983). Les principaux outils conceptuels qui président actuellement aux recherches dans ce domaine sont issus de la thorie de MacArthur et Wilson (1963, 1967) qui établissent un lien entre d'une part, la taille et le degré d'isolation des îles et, d'autre part, leur diversité biologique.

La dynamique des systèmes écologiques à l'échelle régionale est ainsi très intimement liée à l'organisation spatiale et temporelle des différents éléments du paysage dont il est important de pouvoir quantifier le plus précisément possible la taille et la répartition.

B. OPERATIONS DE TELEDETECTION

1. Etude de l'occupation des terres

a) Méthode

La télédétection satellitaire est un outil déterminant dans une tentative d'analyse des paysages végétaux et des espaces agraires. Plusieurs travaux ont déjà été menés dans la région: citons BERGER et al. (1990), LAINE et al (1988) ainsi qu'une équipe belge de GEMBLoux. De bons résultats ont été obtenus par LAINE lors d'un essai d'inventaire de surfaces cultivées en coton dans la région de HOUNDE (analyse multidate d'images SPOT de début et de fin de campagne agricole, étude de terroirs test). Des problèmes demeurent cependant quant à la détermination des céréales. D'autres études, réalisées à partir d'une seule date ont abouti à des résultats moins probants comme celle de BERGER et al. (op.cit.).

Il apparaît ainsi qu'une discrimination fine des différentes unités paysagiques est possible par télédétection spatiale, mais qu'elle nécessite une étude approfondie faisant appel à des capteurs à haute résolution spatiale (SPOT) et radiométrique (Landsat TM). L'étude par télédétection doit se fonder sur une analyse multidate de prises de vues réalisées en fonction des stades phénologiques de la végétation et du calendrier agricole. L'étude de transects paysagers et l'estimation au sol des différents descripteurs du couvert végétal devront, dans la mesure du possible, être synchrones avec ces prises de vue.

La détermination de l'importance et de la répartition spatiale des feux de savane est aussi un élément essentiel à la compréhension de la dynamique des peuplements végétaux. La cartographie des zones brûlées se réalise aisément, un simple seuillage dans l'infra-rouge suffit souvent, mais les feux survenant pendant toute la saison sèche, c'est à dire durant 4 à 5 mois, l'analyse de plusieurs images est nécessaire pour obtenir un inventaire précis des surfaces brûlées annuellement.

b) Premiers résultats

Une première interprétation d'une image spot du 8 janvier 1989 à été réalisée en vue d'une mission exploratoire dans la région de Lahirasso. L'image analysée correspond à une vue de saison sèche, elle est de bonne qualité, sans nuages. La végétation est à son minimum d'activité: les formations herbacées sont en général desséchées, seules celles des vallées alluviales peuvent présenter des repousses mais la végétation ligneuse est partiellement active. Des superficies importantes sont brûlées.

Une classification non supervisée a ainsi été réalisée sur une image de 1500x1500 pixels (30x30 km) centrée sur LAHIRASSO à partir de trois "néo-canaux": les indices de brillance ($S_{32}+S_{22}+S_{12}$)0,5, de végétation (S_3+S_2/S_3-S_2) et de couleur (S_2+S_1/S_2-S_1). La signification de cette classification a été déterminée d'après nos observations de terrain et d'après divers documents cartographiques: cartes des sols et des unités physiographiques (GUILLOBEZ, 1985) ou de la végétation (DEVINEAU 1986).

La correspondance entre les différentes unités de paysage et la classification de l'image satellite a pu être estimée en première approximation par les fréquences d'observation, le long des itinéraires suivis, des types de formations dans chaque classe radiométrique. Il existe pour certains thèmes une bonne cohérence avec la classification. Les principales unités physiographiques (zones inondables, bas et moyens glacis, surfaces cuirassée), certains milieux (végétation ripicole dense, végétation de bas-fond, végétation arbustive ou arborée des moyens glacis) et les zones incendiées sont reconnus sans trop d'ambiguïté (DEVINEAU et al., 1991). Pour certains autres thèmes la correspondance avec les classes radiométriques est en revanche moins bonne, il en est ainsi par exemple des formations végétales de l'espace agricole des bas glacis (Tableau II).

L'image de janvier ne peut donc pas permettre, à elle seule, une discrimination fine des divers groupements végétaux. Elle est cependant le premier élément d'une analyse multitemporelle qui doit porter aussi sur une vue de début et de fin de saison humide (juin et mi-octobre, par exemple).

Classes radiométriques	1	13	3	4
Indice de végétation	133	42	141	152
Indice de brillance	67	60	56	51
Zones dénudées	75	10		
Champs	25	40	15	29
Parc arboré		10	23	14
Jachères herbeuses		40		
Jachères arbustives claires			54	
Jachères arbustives denses			8	57

TABLEAU II -Fréquences d'observation des divers types de végétation dans chaque classe radiométrique (image SPOT du 8 janvier 1989). Espace agricole des bas glacis, région de LAHIRASSO

2. ANALYSE DE L'ORGANISATION SPATIALE DES BIOCENOSSES AU SEIN DES PAYSAGES PAR TELEDETECTION SPATIALE

Les méthodes de la morphologie mathématique appliquées à l'analyse texturale des images mises au point par C. Mering au laboratoire de télédétection de l'O.R.S.T.O.M. à Bondy paraissent bien adaptées à l'analyse de l'organisation spatiale des biocénoses au sein des paysages.

Nous ne reviendrons pas ici sur la méthode elle-même, largement explicitée par ailleurs (Mering, 1990, JACQUEMINET, 1990), nous voulons simplement montrer quel peut en être l'intérêt pour l'étude de l'écologie des milieux morcellés.

La méthode permet en effet d'accéder à deux paramètres fondamentaux influant sur la diversité biologique des biocénoses: leur taille et leur distribution spatiale (cf. supra). La granulométrie par ouverture permet d'obtenir, sur une surface déterminée, la distribution des tailles des unités paysagiques considérées.

La covariance permet une mesure de la dispersion spatiale de ces unités.

Nous avons choisi, pour illustrer ce propos, deux zones de 4x4km (200x200pixels) centrées sur les villages de Lahirasso et de Koumana (cf fig 3) sur lesquelles nous nous sommes intéressés à la distribution spatiale de la classe radiométrique représentant la végétation la plus active (classe 4 du tableau II où l'indice de végétation est le plus élevé). Il s'agit à l'époque de la prise de vue (cœur de la saison sèche) essentiellement de végétation ligneuse, arbustive ou arborée. Le cas de recrû herbacé sur champ des lieux humides, généralement en position topographique basse n'est a priori pas représenté dans les deux périmètres retenus.

On admettra donc en première approximation que la figure 4a et b représente la répartition spatiale des peuplements ligneux: parc arboré, friches ou jachères arbustives au couvert le plus dense. Peu importe en fait dans le cadre de cet exposé qui n'est qu'une illustration formelle de l'intérêt d'une méthode, mais il est clair -c'est l'évidence- que le préalable à ce type d'étude est une définition radiométrique précise des objets étudiés.

La comparaison des histogrammes granulométriques (fig.5) met en évidence la présence d'éléments de faible taille sur les deux sites qui correspondent vraisemblablement aux plus gros arbres ou à de petits groupes d'arbres composant le "parc". Des éléments de plus grande taille, pratiquement absents à Koumana, correspondent à Lahirasso aux friches et jachères arbustives situées pour la plupart sur l'ancien espace cultivé (cf Fig 2). La comparaison de tels histogrammes peut se faire aisément à l'aide des outils classiques de l'analyse des données. Il est ainsi possible d'aboutir à une typologie des structures spatiales à partir d'un maillage en "mégapixels" d'une image. Cela permet alors de disposer d'un critère de stratification du milieu fondé sur la taille et les distributions spatiales des biocénoses, bien adapté, semble-t-il, à l'analyse de la diversité biologique des milieux morcellés.

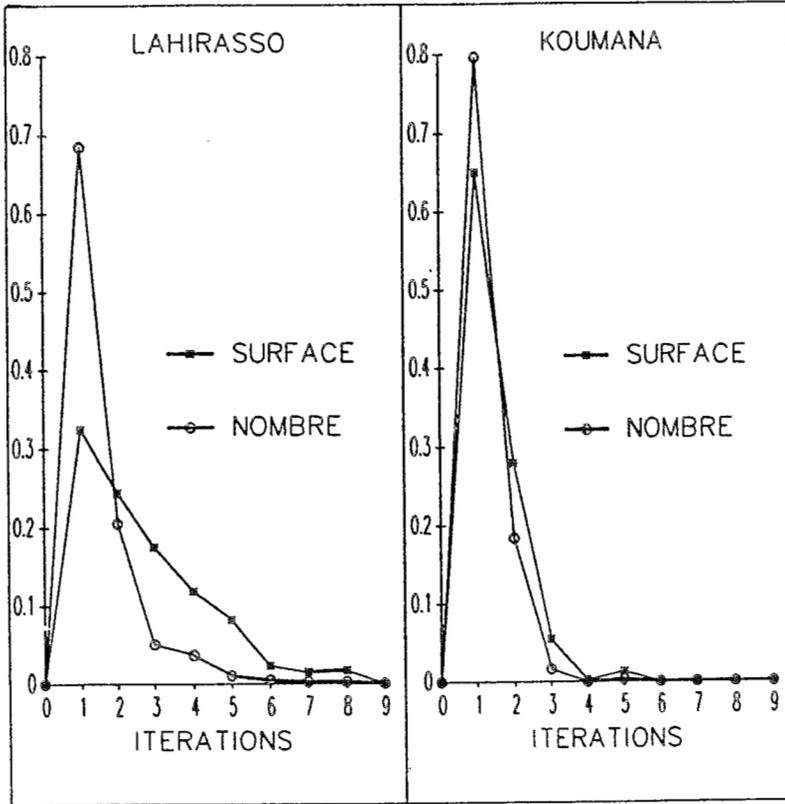


Figure 5. Histogrammes granulométriques des peuplements ligneux (cf fig. 4)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMAN A., LAVENU F., PODAIRE A., SAINT g., MENAUT J.C., PUYRAVAUD J.Ph., MERSADIER G., SERPANTIE G., TEZENAS DU MONTCEL L.; 1989 -Etude de la production primaire de différentes savanes. Apport des images à haute résolution SPOT XS et LANDSAT TM. Bull. S.F.P.T. 114 (2):40-44.
- AMAN A., LAVENU F., PODAIRE A., SAINT g., MENAUT J.C., PUYRAVAUD J.Ph., MERSADIER G., SERPANTIE G., TEZENAS DU MONTCEL L.; 1989 - Biological rhythms of the sudanosahelian vegetation types.L.E.R.T.S., 30p. + Annexes, multigraphié.
- BERGER M., SANOU P., FOL P.; 1989- Carte des états de surface de la région de SATIRI.CIRAD DETEC Montpellier, 1 carte + notice: 14p..
- DEVINEAU J.L. ; 1986- Impact écologique de la recolonisation des zones libérées de l'Onchocercose dans les vallées burkinabè (Nazinon, Nakanbé, Mouhoun, Bougouriba)Rapport final O.R.S.T.O.M./OMS/OCP: 109p. + Atlas 42 cartes.

- DEVINEAU J.L., FOURNIER A., SERPANTIE G.; 1991- Interrelations systèmes écologiques-systèmes agraires dans l'ouest Burkinabè; I) Rapport de mission d'évaluation de programme, Burkina Faso: 15 31 octobre 1990. II) Orientation générale des recherches à poursuivre ; O.R.S.T.O.M.; Document ronéoté:26p. + Annexes.
- BENOIT M.; 1973 -Espaces agraires Mossi en pays Bwa (Haute Volta)O.R.S.T.O.M. Ronéoté Tome I 154p., Tome I, Cartes et graphiques.
- BENOIT M.; 1980- Les oiseaux de mil Travaux et Documents O.R.S.T.O.M.
- BURGESS R.L., SHARPE D.M.; 1991 (éd.) -Forest island dynamics in man-dominated landscapes. Springer-Verlag; New York, Heidelberg, Berlin: 310p..
- JACQUEMINET C.; 1990- Caractérisation quantitative de l'organisation spatiale des aires de ligneux en milieu sahélien à partir des images satellitaires SPOT. in: Images satellites et milieux terrestres en région arides et tropicales; "Journées télédétection" BONDY 14 au 17 novembre 1988. O.R.S.T.O.M.; "Colloques et séminaires": 213-224.
- GODRON M, FORMAN R.T.T.; 1983 - landscape modification and changing ecological characteristics in : Disturbance and ecosystems, Ecological studies 44: 12-28.
- LAINE G., BELEM C., BERGER M., KILIAN J., MORANT P.; 1989- Utilisation des données du satellite SPOT pour l'identification des systèmes de culture dans deux terroirs de la zone cotonnière, Ouest du Burkina Faso. Bull. Soc. Photogr. et Télééd., 114
- MACARTHUR R.H., WILSON E.O.; 1963- An equilibrium theory of insular biogeography. Evolution, 17: 373-387.
- MACARTHUR R.H., WILSON E.O.; 1967- The theory of island biogeography. Princeton University press, Princeton, New Jersey: 203p..
- MERING C.; 1990- Présentation de quelques méthodes de la morphologie mathématique permettant de caractériser une structure sur une image binaire.in: Images satellites et milieux terrestres en région arides et tropicales; "Journées télédétection" BONDY 14 au 17 novembre 1988. O.R.S.T.O.M.; "Colloques et séminaires": 193-211.
- SERPANTIE G., MERSADIER G., TEZENAS DU MONTCEL L.; 1989 - Etude diachronique de la végétation en zone soudanosahélienne. Suivi de zones sensibles au Yatenga (Burkina Faso). Document de travail O.R.S.T.O.M., multigraphié: 163p. + annexes.