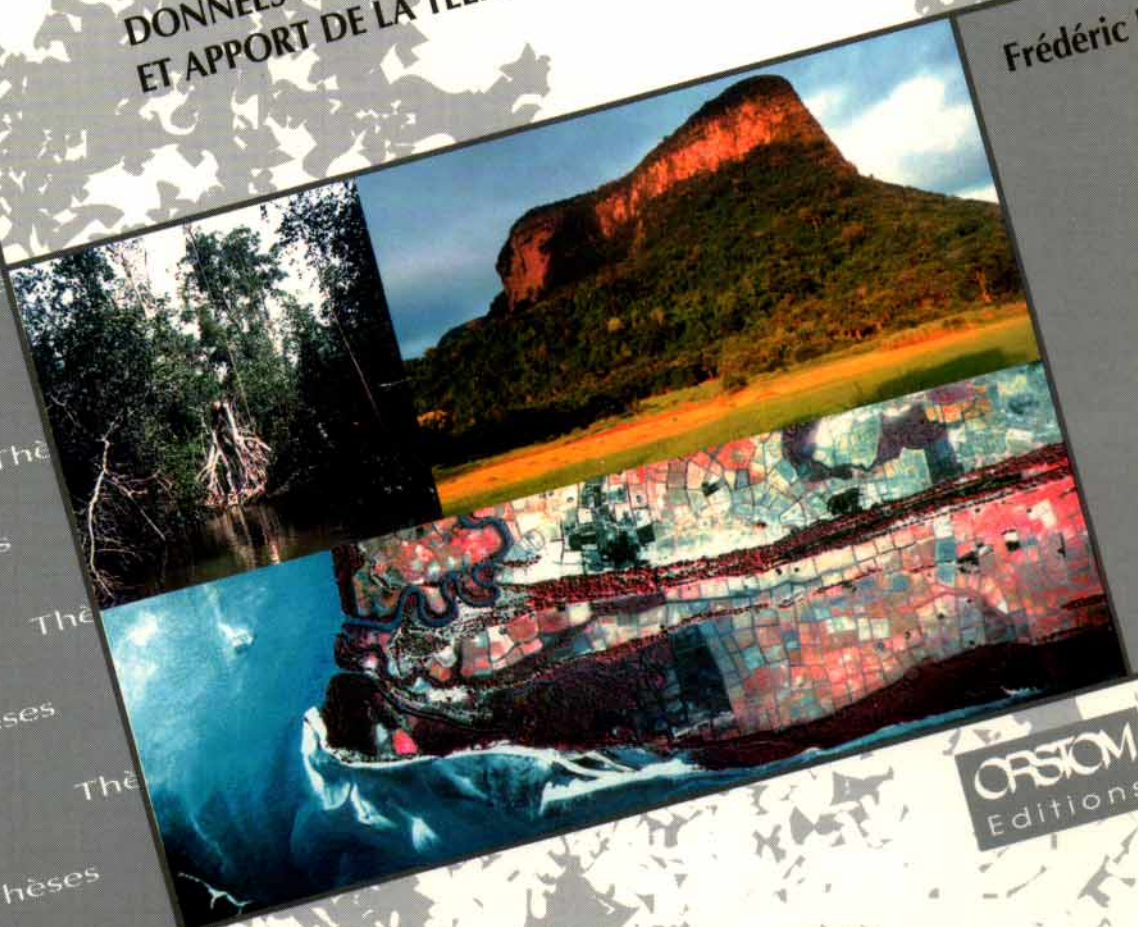
CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA DYNAMIQUE DES MANGROVES DE GUINÉE

DONNÉES DE TERRAIN ET APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION

Frédéric BERTRAND



ORSTOM Editions

Cet ouvrage est publié avec le soutien
du Ministère de la Coopération

Cet ouvrage reproduit quasi-*in extenso* le texte d'une thèse de doctorat de Géographie,
soutenue le 14 mars 1991,
à l'Université de Bordeaux III,

devant le Jury composé de :

Président : M. A. GUILCHER, Professeur à l'Université de Brest
Rapporteur : M. G. ROSSI, Professeur à l'Université de Bordeaux III
Membres : M. P. BARRÈRE, Professeur à l'Université de Bordeaux III
M. F. BLASCO, Directeur de recherche au CNRS-Toulouse
M. A. HUETZ DE LEMPS, Professeur à l'Université de Bordeaux III
M. C. MARIUS, Directeur de recherche à l'ORSTOM-Paris

et saluée par la mention :

très honorable à l'unanimité
avec les félicitations unanimes du Jury.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

ISSN : 0767 - 2888
ISBN : 2-7099 - 1150 - 7

© ORSTOM 1993

Université de Bordeaux III
U.F.R. de Géographie

THÈSE
présentée pour le doctorat de Géographie par

Frédéric BERTRAND

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA DYNAMIQUE DES MANGROVES DE GUINÉE

DONNÉES DE TERRAIN ET APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION

Sous la direction de
MM. G. ROSSI, Professeur à l'Université de Bordeaux III
et F. BLASCO, Directeur de recherche CNRS de Toulouse

Editions de l'ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
Collection **ÉTUDES ET THÈSES**
Paris 1993

"... il s'agit de porter de l'ordre et la lumière dans l'immense richesse des matériaux qui s'offrent à la pensée, sans ôter aux tableaux de la nature le souffle qui les vivifie..."

Alexandre de Humboldt - Cosmos,
Essai d'une description physique du monde, 1845-1848

Avant-propos

Ce travail de recherche m'a réservé, en marge d'un lot somme toute prévisible de satisfactions et de déceptions, quelques réelles surprises. Arrivé au terme de cette étude, je découvre que ces remerciements ne seraient pas dictés par le respect des convenances mais simplement par le plaisir d'exprimer à mes professeurs, collègues et amis ainsi qu'à ceux qui voudront bien me lire, ce que ce travail leur doit.

Ma reconnaissance va, en premier lieu, à M. le Professeur G. ROSSI qui a accepté de diriger cette thèse après m'avoir offert l'opportunité d'une première expérience de géographe en milieu tropical. Au-delà d'une connaissance scientifique dont il m'a fait largement profiter sur le terrain, son engagement actif dans les questions d'aménagement littoral m'a dévoilé le sens particulier qui pourrait animer le désir d'entreprendre et de mener à bien une thèse de géographie sur le littoral guinéen. Je lui suis particulièrement reconnaissant de m'avoir toujours accordé sa confiance et d'avoir veillé avec beaucoup de rigueur à la cohérence de l'ouvrage.

Je remercie également M. F. BLASCO à qui je dois de m'avoir révélé l'immense richesse de l'écosystème mangrove et qui, dès notre rencontre à Toulouse en 1984, m'a ouvert l'accès à l'Institut de la Carte Internationale de la Végétation, et notamment à son système de traitement d'image. La bienveillance qu'il a toujours manifesté par rapport à mon travail et ses encouragements fréquents n'ont jamais manqué pour renouveler mon ardeur à la tâche. Je suis très heureux qu'il ait accepté d'assumer une part de la tutelle de mon travail.

Mes remerciements s'adressent aussi bien à l'ensemble du personnel technique et administatif de l'I.C.I.V. dont j'apprécie toujours l'accueil chaleureux et l'exceptionnelle disponibilité. Je m'en voudrais de ne pas signaler les personnes qui ont suivi plus particulièrement mon travail :
- Mlle M. F. BELLAN qui après avoir assuré ma formation au traitement d'image a veillé avec sollicitude au bon déroulement de ces traitements;
- M. D. GUILLEMYN, qui m'a fait profiter de ses vastes compétences en matière d'informatique et de sa sensibilité de naturaliste ;
- enfin, M. F. FROMARD qui a accepté de relire et de critiquer avec l'attention la plus rigoureuse une grande partie de mon manuscrit. A tous, je tiens à rendre un cordial hommage.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude aux éminentes personnalités scientifiques qui ont accepté de participer à l'appréciation de mon travail, et, tout d'abord, à M. A. GUILCHER, Professeur à l'Université de Bretagne occidentale, qui m'a fait l'honneur d'assumer la présidence mon jury.

Je suis également flatté que M.M. C. MARIUS, Directeur de recherche à l'ORSTOM, A. HUETZ DE LEMPS et P. BARRÈRE, Professeurs à l'Université de Bordeaux III me fassent bénéficier de leurs grandes expériences

respectives dans les domaines de la pédologie, de la biogéographie et de la géomorphologie littorale pour juger des résultats de cette recherche.

L'apport déterminant de mes nombreuses missions sur le terrain est dû, en premier lieu, à une étroite collaboration avec les autorités guinéennes et l'assistance technique française, dans le cadre de deux missions de coopération effectuées dans ce pays entre 1985 et 1988.

Je tiens à remercier vivement le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales en la personne de son secrétaire-général, M. Cello DIALLO qui a toujours manifesté un sincère intérêt pour mes recherches.

Mais je dois beaucoup également aux collègues guinéens avec lesquels j'ai pu fonder, grâce à l'appui de la Coopération française, une équipe de recherche chargée de l'étude et du suivi du littoral guinéen. Qu'à l'adresse du Dr M. SOW, ils veuillent bien trouver le témoignage de ma réelle gratitude.

L'acquisition des données des satellitaires, si précieuses pour notre sujet, n'aurait certainement pas été possible sans une collaboration fructueuse avec plusieurs bureaux d'étude français chargés de l'élaboration du Schéma Directeur d'Aménagement de la mangrove guinéenne. Je tiens ici à exprimer ma reconnaissance à deux personnes :

- M. R. LABROUSSE, directeur de la division Planification des Ressources Naturelles de la société SCET / AGRI, qui dans le cadre d'une étude destinée au C.N.E.S. m'a offert l'opportunité de travailler sur "ma première image SPOT" ;
- M. J. D. KRAMKIMEL, directeur de la société SECA, grâce à qui j'ai pù disposer ensuite de la totalité des compositions colorées requises ainsi que de données numériques partielles.

Tous deux ont largement contribué à ma sensibilisation aux problèmes de gestion des ressources agroécologiques.

L'accomplissement de ce travail doit, enfin, beaucoup à un entourage familial et amical auquel, seul, un hommage discret peut témoigner de ma reconnaissance infinie d'avoir accepté mon penchant, somme toute, immodéré pour les palétuviers !

Je ne résiste toutefois pas à associer particulièrement quatre personnes à la reussite de cette entreprise :

- M. Christian CHERON, conseiller technique auprès du Directeur du Génie Rural, qui a toujours soutenu avec ferveur mes projets de recherche et m'a facilité l'accès aux archives précieuses du Ministère de l'Agriculture de Guinée ;
- M. Olivier RUE, chef du projet "Erosion Côtière" dont la complicité scientifique, instaurée dès notre rencontre, a été très stimulante ;
- M. Jacques SCHWARTZ du Ministère de la Coopération, dont le soutien infaillible à ce projet d'édition aura permis la publication quasi-*in extenso* du texte original de mon travail ;
- enfin, mon piroguier ABDOULAYE qui ne lira sans doute jamais ces lignes bien qu'il m'ait guidé, plusieurs années durant, vers l'intimité des mangroves de son pays.

A toutes ces personnes, je dois l'ambition de cet ouvrage.

Table des matières

AVANT-PROPOS 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE 7

1ère partie
LES FONDEMENTS D'UNE CLASSIFICATION DES MANGROVES GUINÉENNES 11

CHAPITRE 1
LES FONDEMENTS SUGGÉRÉS PAR L'ANALYSE DES PAYSAGES 13

1. 1. LE CONCEPT ENGLOBANT DE CLASSE D'INONDATION 14

1.1.1. L'approche phyto-écologique 14
• Définition 14
• Des groupements mono-ou plurispécifiques 14
• Des groupements physionomiques (taille et densité du couvert) 16
• Une répartition calquée sur les niveaux d'inondation 18
• Des groupements répartis selon des niveaux topographiques 18

1.1.2. L'approche morphopédologique 18
• Définition 18
• Les substrats non meubles 21
• La texture des vasières et son impact sur la mangrove 22
• Le rôle de la végétation sur l'évolution du substrat 23

1. 2. LA TRAME HYDRO-SÉQUENTIELLE DE L'UTILISATION DU MILIEU 24

1.2.1. Une utilisation compartimentée : les différentes facettes écologiques 24
• Les zones de conversion rizicole 24
• L'exploitation forestière des zones riveraines 26
• L'exploitation salicole des zones intermédiaires 27

1.2.2. Systèmes culturaux et paysages rizicoles 31
• La riziculture endiguée et inondée : *les bougounis* 32
• La riziculture submergée non endiguée 31
• La riziculture pluviale sur terres sèches 35

1. 3. LES LIMITES D'UNE CLASSIFICATION FONDÉE SUR LE RÉGIME D'INONDATION 37

1.3.1. L'intégration approximative des divers aspects du milieu naturel 37
• Une expression topographique plus ou moins marquée 37
• Les discordances entre unités naturelles 38
• L'instabilité des limites naturelles d'inondation 38
• L'impact parfois différé des modifications du régime hydrique 39

1.3.2. Une zonation naturelle souvent altérée par les aménagements 40
• La régression artificielle des limites d'inondation 41
• La transgression artificielle des limites d'inondation 42

CONCLUSION 44

CHAPITRE 2
LES FONDEMENTS SUGGÉRÉS PAR L'ÉTUDE DES PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTEME 45

2. 1. LE CANEVAS DE LA SÉDIMENTATION CÔTIÈRE 47

2.1.1. Un compartimentage d'origine morpho-structurale 47
• Le seul bourrelet liminaire d'Afrique de l'Ouest 47
• La trame des bassins-versants 48

2.1.2. Les modalités de la progradation holocène 48
• Une plate-forme de marge passive de coulissement 48
• La submersion flandrienne de la plate-forme 50
• Le canevas de la progradation post-nouakchottienne 50

2. 2. DES APPROVISIONNEMENTS EN SÉDIMENTS TRIBUTAIRES DES SYSTÈMES MORPHOGÉNIQUES CONTINENTAUX 52

2.2.1. Un arrière-pays montagneux profondément dégradé 52
• La surcharge démographique du Fouta-Djalon 52
• Un système morphodynamique profondément anthropisé 53
• La contribution des bassins-versants montagneux à l'alluvionnement côtier 53

2.2.2. Le système morphogénique des bassins-versants gréseux 54
• Le système morphogénique à manteau continu d'altérites 55
• Le système morphogénique à faible manteau d'altérites 59
• Le système morphogénique des grès nus 62
• Un endoréisme pseudo-karstique limitant l'évacuation des sables 63
• L'importance des colluvionnements en bordure de plateaux fortement dégradés 64

2.2.3. Le système morphogénique des bassins-versants cristallins 67
• Le potentiel érosif des contreforts forestiers du Fouta 67
• Les glacis d'ablation à couverture forestière dégradée 67
• La déstabilisation post-coloniale des formations superficielles 70

2. 3. LE CONTEXTE HYDROCLIMATIQUE 72

2.3.1. L'abondance globale des ressources en eau 72
• L'abondance des abats pluviométriques 72
• Un gradient général de salinité décroissant vers la terre 72
• Des ressources modulées selon la trame des bassins-versants 74
• La diversité des séquences phyto-morphologiques 74

2.3.2. Le rôle du climat sur les transferts sédimentaires côtiers 75
• Un milieu littoral à faible énergie 75
• L'alternance saisonnière des conditions hydrosédimentaires 77
• Les types de mobilité stationnelle des peuplements 78

2.3.3. Une instabilité du substrat rythmée par la variabilité du climat 79
• La crise morphoclimatique récente et ses enseignements 79
• La translation des ceintures végétales vers l'amont 83
• Les tendances évolutives à moyen terme et leurs implications 85

CONCLUSION 88

CHAPITRE 3
LES FONDEMENTS D'UNE CLASSIFICATION SUGGÉRÉS PAR LA DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS 89

3. 1. DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION ET TRANSFERTS SÉDIMENTAIRES 90

3.1.1. La dynamique des peuplements liée aux transferts transversaux 90
• La dynamique des peuplements riverains 90
• La dynamique des peuplements de type "pointe aux herbes" 90

3.1.2. La dynamique des peuplements liée aux transferts longitudinaux 93
• La dynamique des peuplements de front de mer ouvert 93
• La dynamique des peuplements de front de mer barrés 98
• La colonisation lagunaire en arrière d'îles-barrières 99

3.1.3. La dynamique des peuplements associés aux plaines à cheniers 99
• Définition 99
• Processus d'érosion et d'accumulation sur le front des cordons 101
• Processus et modelés de débordement 101
• La répartition des deux types de cheniers 101

3. 2. L'IMPACT DES AMÉNAGEMENTS SUR LA DYNAMIQUE DU SUBSTRAT ... 103

3.2.1. L'impact encore négligeable de l'exploitation forestière ... 103
• Estimation des prélèvements de bois de mangrove ... 103
• Des sites de prélèvement plus ou moins stables ... 103
• Intensification des coupes riveraines et déstabilisation du substrat ... 104

3.2.2. L'impact limité des aménagements rizicoles traditionnels ... 105
• Importance spatiale des conversions rizicoles ... 105
• Le respect de l'équilibre naturel dans le système "ouvert" ... 106
• Le contrôle de l'équilibre dynamique dans le système estuarien ... 106
• La précarité des aménagements traditionnels en front de mer ... 107

3.2.3. Contraintes et dangers de la poldérisation ... 107
• La prudence des premières expériences de poldérisation ... 107
• L'extension périlleuse des polders récents ... 109
• L'indispensable conservation de l'équilibre dynamique naturel ... 111

CONCLUSION ... 115

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE ... 116

Seconde partie
L'APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION A HAUTE RÉSOLUTION POUR LA CLASSIFICATION DES MANGROVES DE GUINÉE ... 119

INTRODUCTION- OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE ... 120
• Le choix des données ... 120
• Le choix des traitements ... 120

CHAPITRE 4
L'APPORT DE L'INTERPRÉTATION ANALOGIQUE DES COMPOSITIONS COLORÉES CLASSIQUES (FCC) ... 121

4. 1. LES SIGNATURES MULTIBANDES DE LA MANGROVE BOISÉE ... 122

4.1.1. L'interférence de l'eau et de la végétation dans le champ du capteur ... 122
• L'interférence des propriétés optiques ... 122
• Le rôle déterminant des superficies respectives ... 122

4.1.2. L'effet de la structure et de la dynamique du couvert : rappel de notions générales ... 123
• Le taux de couverture du sol par la végétation ... 123
• Le tanne vif ou l'effet sol maximum ... 124
• L'expression radiométrique du développement des palétuviers ... 125

4.1.3. Résultats de la classification analogique de la mangrove boisée ... 126
• Une classification fondée sur le concept de formation végétale ... 126
• L'indexation des caractères floristiques et dynamiques ... 126
• Validation de la classification par une quantification des ressources forestières ... 127

4. 2. LES SIGNATURES MULTIBANDES DES FORMATIONS D'ARRIÈRE-MANGROVE ... 129

4.2.1. Les relations entre la radiométrie et la physionomie des forêts marécageuses ... 129
• Caractères généraux et localisation ... 129
• L'effet de contraste avec la végétation encadrante ... 130
• La discrimination délicate des faciès de forêt marécageuse ... 130

4.2.2. Les relations entre la radiométrie et la physionomie des couverts herbacés ... 131
• L'effet de la morphologie des plantes herbacées ... 131
• La diversité des formes biologiques ... 132

4.2.3. Les différents types de formations herbacées ... 133
• Les prairies graminéennes sub-exondées ... 133
• Les prairies à Cypéracées des schorres ... 134
• Les prairies aquatiques des dépressions palustres ... 135
• Les prairies marécageuses de bordure de dépression ... 135

4.2.4. Résultats de la classification analogique des paysages végétaux d'arrière-mangrove ... 136
• Une classification fondée sur la diversité des systèmes culturaux ... 136
• L'indexation des caractères hydrodynamiques et productifs ... 136

CONCLUSION 137

CHAPITRE 5
L'APPORT DE L'INTERPRÉTATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR DES DONNÉES NUMÉRIQUES (CCT) 139

5. 1. MÉTHODOLOGIE DES TRAITEMENTS INFORMATIQUES 140

5.1.1. Le système de traitement utilisé 140
• Le logiciel de traitement d'image DIDACTIM 140
• La restitution cartographique des résultats 140

5.1.2. Les données de base 141
• Le choix des fenêtres à traiter 141
• La stratification des données 142
• La linéarisation des données 142

5.1.3. La réduction des données de base 143
• Justification 143
• Le compactage de l'information sous forme d'images indiciaires 143
• Le compactage de l'information sous forme d'images décorrélées 143

5.1.4. La phase de la préassistance au traitement : l'échantillonage 144
• L'échantillonnage des classes préidentifiées 145
• L'échantillonnage des classes postidentifiées (néotaxinomie) 145

5.1.5. La phase de la coassistance au traitement 146
• Le suivi interactif de la matrice de confusion 146
• La détermination de la nomenclature thématique commune aux images 146

5. 2. L'APPORT DES TRAITEMENTS NUMÉRIQUES DANS LA CLASSIFICATION DES MANGROVES 149

5.2.1. L'image des mangroves estuariennes de DUBRÉKA 149
• Analyse de la distribution spatiale des valeurs indiciaires 149
• Détermination de l'apprentissage 149
• Présentation de la classification 152
• Validation et critique des résultats 153

5.2.2. L'image des mangroves de front de mer de KOBA 158
• Analyse de la distribution spatiale des valeurs indiciaires 158
• Détermination de l'apprentissage 159
• Présentation de la classification 159
• Validation et critique des résultats 162

5.2.3. L'image de l'embouchure du KONKOURÉ 166
• Une méthodologie spécifique 166
• Présentation de la classification 166
• Validation et critique des résultats 167
• L'apport de la classification néotaxinomique à la connaissance du domaine fluvio-marin 169

CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE 173

CONCLUSION GÉNÉRALE 175

BIBLIOGRAPHIE 179

ANNEXES 183

INDEX DES NOMS DE LIEUX CITÉS 190

TABLE DES FIGURES 192

LISTE DES TABLEAUX 193

TABLE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES 194

TABLE DES IMAGES AÉRIENNES ET SPATIALES 194

RESUMÉS EN LANGUES ETRANGÈRES (ANGLAIS, PORTUGAIS) 195

Introduction

Les populations littorales du monde tropical ont le triste privilège d'être les plus régulièrement portées au coeur de l'actualité par le fait de catastrophes naturelles. Si les dégats occasionnés par le passage du cyclone "Hugo" en septembre 1989 sur les côtes de la Guadeloupe ont sensibilisé en particulier l'opinion française, on se souvient que le delta du Gange a enregistré le cataclysme le plus meurtrier du XXe siècle (500.000 morts en novembre 1970).

Toutes les populations littorales ne vivent pas, heureusement, sous la menace de ces ondes de tempêtes qui se produisent, pour l'essentiel, sur les façades orientales des continents. Néanmoins, les plaines littorales tropicales sont affectées dans leur ensemble d'un coefficient particulier d'instabilité du fait de la combinaison d'une dynamique d'alluvionnement, par nature instable, et d'un écosystème forestier original, la mangrove, soumis comme la plupart des forêts tropicales à une forte dégradation anthropique.

Le terme de mangrove désigne au sens strict les espèces végétales arborescentes et halorésistantes qui recouvrent les estrans tropicaux : les palétuviers. Mais par extension il s'applique à l'ensemble de la végétation des marais maritimes tropicaux formant transition entre le domaine maritime et le domaine proprement continental (LAFOND & BALTZER, 1967).

En dépit d'une extension relativement réduite (100.000 km^2 d'après SAENGER, 1981), les mangroves revêtent une importance économique considérable en raison des ressources variées liées à cet ensemble végétal hautement productif. En effet, dans des conditions favorables, l'efficacité du rendement photosynthétique (1) des mangroves leur permet une capitalisation rapide de phytomasse ligneuse qui leur confère de ce fait un intérêt particulier pour l'exploitation forestière. Par ailleurs, la formation de litière tout au long de l'année (feuilles, rameaux, fruits) entretient dans l'environnement côtier des mangroves une chaîne alimentaire à base de débris organiques hautement nutritifs expliquant la richesse des pêcheries situées à leur voisinage (ODUM, 1971 ; ODUM & HEALD, 1975a et 1975b). Enfin, les sols de mangroves offrent souvent, malgré de fortes contraintes agrologiques (hydromorphie, salinité, acidité potentielle) de belles possibilités de mise en culture grâce à leur approvisionnement régulier par les eaux fluvio-marines en éléments chimiques fertilisants (Ca et Mg sous forme de carbonates et de sulfates, K sous forme de chlorures).

Si de nombreuses populations littorales ont su tirer avantageusement parti de cet écosystème forestier ouvert sur la mer pour subvenir à leur besoins en bois et en nourriture (poissons, riz), les catastrophes récurrentes d'Asie du Sud-est montrent à quel point l'extension de l'oekoumène dans ces zones morphologiquement instables peut s'avérer périlleuse. La menace d'une submersion marine existe également sur certains rivages africains. Nous l'avons identifié en Guinée, lors de notre première visite de l'île de Kabak en janvier 1986, après que la digue de front de mer ait cédé sous l'assaut répété des vagues et que la submersion consécutive à cette rupture menace de stériliser une partie du polder récemment aménagée.

Evaluer la responsabilité respective des facteurs naturels et humains dans cette accélération catastophique de la morphogénèse littorale supposait que l'on

(1) taux de conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique (exprimée en %), soit la production annuelle de biomasse (productivité) estimée par rapport au flux lumineux capable d'activer la synthèse biologique.

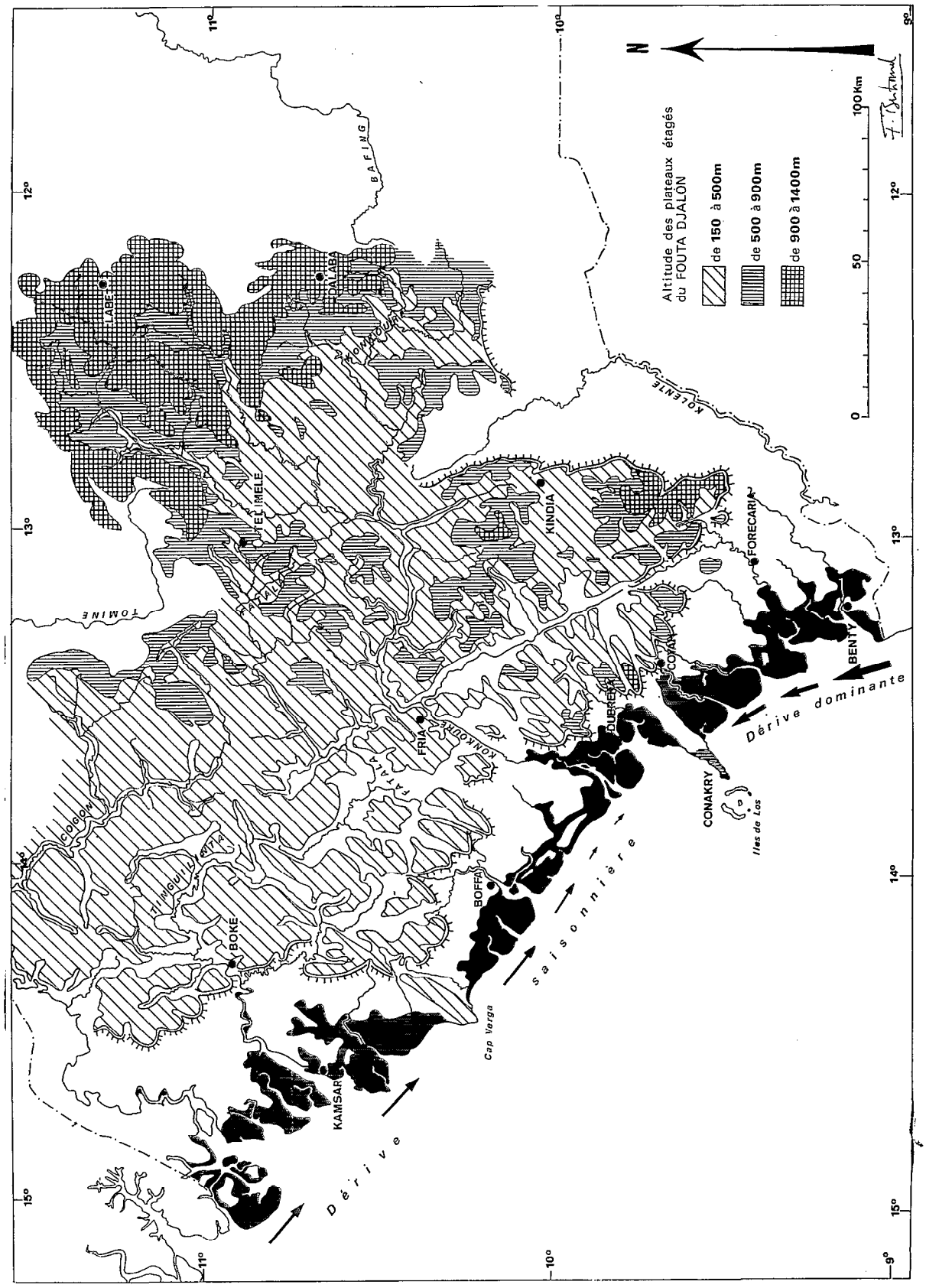


FIG. 1 :
LES MANGROVES GUINÉENNES
DANS LEUR CONTEXTE MONTAGNEUX ET MARIN

s'interroge plus largement sur la nature des relations entre l'homme et le fonctionnement de l'écosystème mangrove en Guinée.

Le littoral des "Rivières-du-Sud" qui s'étend depuis la Casamance jusqu'aux rivières Scarcies (Sierra Leone), et dont la plaine côtière guinéenne occupe la partie centrale, était principalement connu pour la remarquable adaptation de ses populations de riziculteurs au milieu de mangrove (PELISSIER, 1966). On savait par ailleurs que ces aménagements pouvaient être localement remis en cause par des phénomènes conjugués d'érosion et d'envasement (GUILCHER, 1956). Le risque de submersion de la plaine côtière pouvait donc légitimement être associé à une instabilité particulière du substrat des mangroves guinéennes, instabilité dont l'origine restait toutefois à déterminer.

L'opinion la plus courante était que la déstabilisation des vasières résultait du défrichement excessif des mangroves pour l'approvisionnement des populations en bois de feu. Nous avons cherché à vérifier le bien fondé de cette opinion en comparant les nombreuses couvertures aériennes disponibles. Nous nous sommes aperçu qu'en réalité le déplacement des lignes de rivage était largement indépendant du degré de dégradation de la mangrove et semblait obéir plus directement à la dynamique hydrosédimentaire du domaine infralittoral proche.

En tout état de cause, il paraissait indispensable de replacer le fonctionnement écologique des mangroves guinéennes -autrement dit l'ensemble des flux d'énergie, de cations et les flux hydriques qui animent l'organisation de ce milieu végétal en tant que système- dans leur environnement (Fig. 1, page ci-contre), c'est-à-dire "l'espace dans lequel sont localisés les facteurs susceptibles de modifier l'état ou le comportement d'un être vivant" (UNESCO, 1985).

Pour ce faire, nous avons cherché dans une première partie à définir les fondements d'une classification des mangroves de Guinée en évaluant, dans un premier chapitre, la pertinence et les limites du concept de classe d'inondation (approche physionomique) et en étudiant, dans un second chapitre, les grands paramètres de fonctionnement de l'écosystème que sont le climat, les systèmes morphogéniques continentaux et les facteurs dynamiques locaux (approche systémique).

La combinaison de ces deux niveaux d'analyse permet alors de mieux appréhender, dans un troisième chapitre, les interactions complexes entre d'une part, la dynamique sédimentaire et, d'autre part, la dynamique de la végétation définie selon son évolution progressive ou régressive, et ce, en tenant compte bien évidemment de l'interférence possible de l'homme.

Après avoir défini les fondements d'une classification des mangroves guinéennes à partir de la perception des paysages au sol, il paraissait indispensable de pouvoir cartographier ces paysages dans la totalité de leur étendue et de faire donc appel aux données de télédétection satellitaire qui offrent à l'heure actuelle les meilleures qualités de résolution spectrale. La seconde partie de ce travail est ainsi réservée à une évaluation de l'apport des données SPOT pour la classification des mangroves.

Etant donné le nombre de scènes requis pour couvrir la totalité de notre domaine d'étude, l'inventaire complet des paysages n'était possible qu'à partir de l'interprétation analogique des compositions colorées classiques (FCC). C'est l'objet du quatrième chapitre où l'on s'attachera plus particulièrement à montrer comment la classification définitive s'est fondée sur l'analyse préalable des signatures multibandes de la mangrove ainsi que sur des regroupements d'états de surface imposés par le filtre taxinomique du capteur utilisé.

L'acquisition de données numériques a permis toutefois de mesurer, dans le cinquième et dernier chapitre, l'apport spécifique des traitements numériques pour la classification des mangroves. On montrera qu'une méthodologie originale de traitement informatique permet effectivement d'améliorer, sous certaines conditions, la discrimination des paysages estuariens et de front de mer et d'établir pour ces derniers des corrélations suggestives avec l'évolution des domaines maritimes et continentaux voisins.

Nous pensons ainsi démontrer à partir de l'exemple guinéen que l'utilisation conjointe des données satellitaires et de l'analyse de terrain peut permettre de concilier les impératifs d'une gestion planifiée des ressources de la mangrove et le souci d'une préservation à long terme de cet écosytème particulièrement fragile.

Première partie

LES FONDEMENTS D'UNE CLASSIFICATION DES MANGROVES DE GUINÉE

Chapitre 1

LES FONDEMENTS D'UNE CLASSIFICATION SUGGÉRÉS PAR L'ANALYSE DES PAYSAGES

1. 1.
LE CONCEPT ENGLOBANT DE CLASSE D'INONDATION

1. 1. 1. L'APPROCHE PHYTO-ÉCOLOGIQUE

• *Définition*

Les premières tentatives pour classer la végétation de mangrove se sont fondées sur l'analyse de la composition floristique. En effet, il est très vite apparu que l'adaptation globale de cette végétation aux conditions générales du milieu fluvio-marin tropical se doublait d'une spécialisation très poussée des espèces en fonction des conditions écologiques stationnelles. Il est frappant de constater que la plupart des études de mangrove débute et ce, quelque soit leur finalité, par une analyse floristique, fût-elle sommaire.

On remarquera d'emblée qu'en raison de son appartenance à l'aire atlantique relativement pauvre en espèces, l'inventaire floristique des mangroves guinéennes est beaucoup plus aisé que celui des mangroves de l'aire indo-pacifique. L'entreprise semble d'autant plus facile que, parmi les six espèces de palétuviers recensées en Guinée (Fig. 2, page ci-contre), les arbustes *Laguncularia racemosa* et surtout *Conocarpus erectus* couvrent des superficies marginales par rapport aux genres *Rhizophora* et *Avicennia*. La simplicité apparente de l'analyse floristique est cependant limitée par l'homologie morphologique des 3 espèces de *Rhizophora*. Leur distinction n'est possible qu'en examinant l'inflorescence qui est bi-florale pour *R. mangle*, multi-florale condensée (4 à 16 fleurs) pour *R. racemosa* et multi-florale non condensée (au moins 32 fleurs) pour *R. harrisonii*. Ce type d'observation étant subordonné à la floraison des espèces ainsi qu'à un examen souvent périlleux, on admettra que les relevés demeurent jusqu'à ce jour insuffisants pour servir une classification des groupements (1) à une échelle taxonomique inférieure au genre.

Sans qu'il faille pour autant omettre de stipuler l'espèce de *Rhizophora* chaque fois que cela est possible, il est évident qu'une pareille simplification du cortège floristique donne un intérêt particulier à l'analyse de la dominance, c'est-à-dire de l'importance quantitative de chaque espèce dans une station donnée. En effet, la compétition spatiale s'exerçant entre un nombre limité d'espèces, leurs aires de distribution respectives sont susceptibles de s'élargir considérablement pour peu que les conditions écologiques ne soient pas trop restrictives, ce qui multiplie d'autant leurs possibilités d'intersection. De fait, la mangrove guinéenne est riche de groupements comportant, selon des modes d'association variés, des *Avicennia* et des *Rhizophora*. Ces groupements mixtes sont la preuve qu'en dépit d'adaptations physiologiques spécifiques, les deux genres peuvent se satisfaire localement des mêmes conditions écologiques stationnelles. Il faut donc se défendre d'une tendance répandue qui consiste à opposer de façon quelque peu réductrice les groupements à *Avicennia* et les groupements à *Rhizophora* bien que chaque genre conserve, nous le verrons, l'exclusivité de situations écologiques particulières.

Un bon moyen de compenser la "défaillance floristique" de la végétation est d'accorder une attention particulière à sa physionomie. En l'absence d'une flore indicatrice, les critères de taille et de densité peuvent être très pertinents dans la mesure où ils conduisent implicitement à formuler des hypothèses sur les conditions écologiques stationnelles.

Mais compte tenu de la forte instabilité des mangroves, l'appréciation de l'état d'équilibre de la végétation doit également tenir compte de l'âge du boisement. Les caractères structuraux d'un peuplement de mangrove correspondent souvent à un état transitoire au cours d'une évolution vers le climax.

En s'armant de ces précautions, l'analyse conjointe de la composition floristique et de la physionomie des peuplements peut véritablement servir de fil conducteur à une découverte des paysages de la mangrove boisée. Il est dès lors possible de reconnaître des types de groupements plus ou moins riches en espèces et et plus ou moins luxuriants.

• *Des groupements mono- ou plurispécifiques*

Les premiers inventaires floristiques ayant été réalisés dans des mangroves sud-asiatiques relativement riches en espèces (une vingtaine environ), les auteurs ont pu mettre en évidence des phénomènes de grégarité relativement marqués se traduisant au plan phyto-sociologique par la monospécificité des groupements. Dans sa célèbre étude de la péninsule malaise parue en 1928, WATSON a replacé les phénomènes de grégarisme dans le cadre de la succession des groupements végétaux sur une surface donnée. Le lieu privilégié de ces observations était les vasières de front de mer où la transformation très rapide des conditions écologiques accélèrait la compétition et la substitution des espèces. Ce modèle de succession a été vérifié sur d'autres littoraux pacifiques ou caraïbes (THOM, 1973) mais il a fallu attendre l'investigation pédologique de la Casamance (cf. § 1.2.2.) pour qu'il soit reconnu sur les côtes atlantiques de l'Afrique (VIEILLEFON, 1969 ; MARIUS, 1983).

Bien que l'analyse des groupements végétaux ne soit pas la préoccupation centrale des pédologues, ces auteurs ont pris soin de souligner la répartition des espèces en ceintures monospécifiques ou quasi-monospécifiques ; une séparation aussi tranchée de la flore ne pouvait manquer d'attirer leur attention sur les rapports entre l'évolution des sols et la distribution de la flore.

On notera toutefois que si l'identification de groupements mono-spécifiques -facilitée par l'opposition morphologique des genres *Rhizophora* et *Avicennia*- permet effectivement d'ordonner la perception de ce milieu forestier, cette opération conduit souvent à "forcer" quelque peu les discontinuités floristiques objectives.

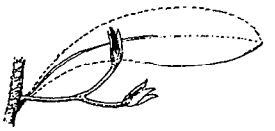
A cet égard, les deux premières études de végétation réalisées en Basse-Guinée révèlent comment l'appréciation du mode de distribution des espèces (mono- ou plurispécifique) peut différer selon le type d'approche.

(1) Pour simplifier la signification des concepts utilisés dans les études de mangrove, on admettra que les termes de peuplement et de groupement sont quasiment synonymes. Ils se réfèrent fondamentalement à la physionomie qui peut être celle d'une forêt ou d'un fourré. L'utilisation du concept de groupement suppose toutefois que la composition floristique soit précisée.

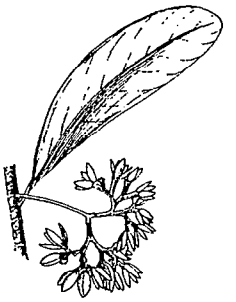
Rhizophoracées



Racines-échasses et Rhizophores
Rhizophora, 3 espèces

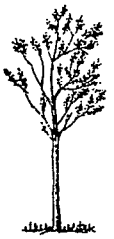


Rhizophora mangle Linné
inflorescence, 2 fleurs

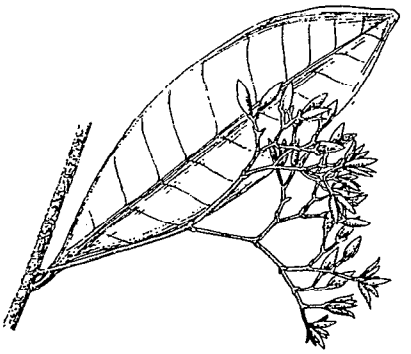


Rhizophora racemosa G, F, W, Meye
inflorescence, souvent 4 à 16 fleurs à pédoncules courts ⇨ inflor. condensée

Avicenniacées



"Tapis-brosse" de pneumatophores
Avicennia, 1 espèce : *A. africana*



Rhizophora harrisonii Leechmann
inflorescence, souvent 32 fleurs à pédoncules longs + inflor, non condensée

Combrétacées



Arbuste avec pneumatophores
Feuilles opposées, *Laguncularia*,
1 espèce : *L. racemosa* Gaerth



Arbuste et buisson d'arrière-mangrove
sans pneumatophores, feuilles alternes
Conocarpus, 1 espèce : *C. erectus*

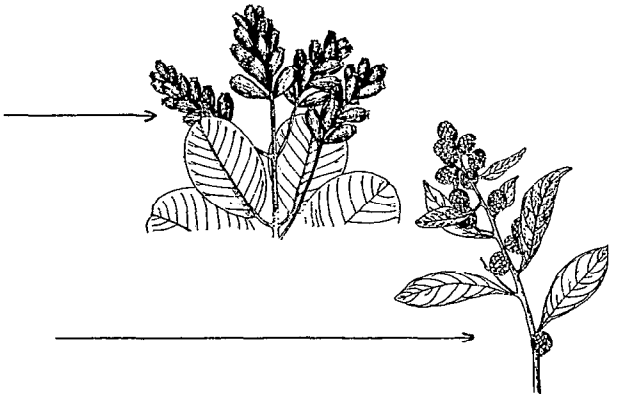


FIG. 2 :
LES ESPÈCES ARBORESCENTES HALOPHILES
DE LA MANGROVE GUINÉENNE
(d'après BLASCO, 1983 ; complété)

Dans son étude phytosociologique et phytogéographique de la Basse-Guinée parue en 1952, R. SCHNELL consacre une vingtaine de pages à l'identification des groupements halophiles de la zone intertidale sur la base de leur structure sociologique analysée en termes statistiques (abondance / dominance). A l'exception des mangroves bordant la côte et les "rives estuariennes", constituées presque exclusivement de *Rhizophora racemosa* (nous verrons que cette appréciation est en partie erronnée), les groupements halophiles associent fondamentalement une ou deux espèces dominantes et un cortège d'espèces caractèristiques. Parmi les mangroves à *Rhizophora*, R. SCHNELL distingue une association à *Pterocarpus santalinoides* et une association à *Drepanocarpus lunatus* comportant à son tour deux sous-associations à *Raphia gracilis* ou *Cyperus articulatus*. La mangrove à *Rhizophora* et *Avicennia* constitue une association propre liée, d'après lui, à l'exploitation du bois. La mangrove à *Avicennia* forme une association avec *Laguncularia racemosa* et comporte une sous-association à *Sesuvium portulacastrum* et *Sporobulus virginicus*. La liste inclue également des associations arbustives et herbacées qui dépassent le cadre de ce chapitre.

Cette étude menée, on l'aura deviné, à partir de relevés établis essentiellement en bordure de terre ferme (presqu'île de Conakry et ria de Forécariah), montre qu'une analyse floristique sérieuse doit obligatoirement s'affranchir d'une opposition *Rhizophora-Avicennia* par trop réductrice de la diversité réelle du milieu. Mais son extrapolation à d'autres parties de la plaine côtière est délicate étant donné les caractères écologiques très spécifiques des stations étudiées.

En 1955, le Gouvernement général de l'A. O. F. publie une étude substantielle consacrée à l'aménagement hydro-agricole du casier de Soumbouya situé dans la préfecture de Coyah. Ce modèle d'expertise présente l'intérêt d'ordonner pour la première fois en Guinée une masse considérable d'informations relevées dans un ensemble cohérent de mangroves. Sa finalité est différente de celle du travail de SCHNELL : il s'agit de dégager les principes de répartition des espèces qui semblent conditionner la localisation des activités rizicoles (Fig. 3, page ci-contre).

La confluence Sarinka-Kitéma se prêtait particulièrement bien à cet exercice car la répartiton des groupements floristiques y est à la fois contrastée et régulière. Ce travail fut ainsi un des premiers à mettre en évidence une zonation (les auteurs parlent de "zonalité") de la mangrove en Afrique de l'Ouest, ce qui lui valut un certain succès dans la littérature géographique (BALTZER & LAFOND, 1971 ; GUILCHER, 1979).

Mais l'essentiel pour notre propos est de relever que les auteurs insistent autant sur le contenu de ces zones -terme au demeurant très prudent- que sur leur succession graduelle dans l'espace. L'idée au fond, et nos propres observations nous ont conforté en ce sens, est que la distribution préférentielle des espèces (le concept de zonation ne signifie pas autre chose) ne préjuge pas du mode de groupement mono- ou pluri-spécifique.

Pratiquement, cela signifie que la zonation des espèces (lorsqu'elle existe) ne se confond pas obligatoirement avec celle des groupements de mangrove qui se définissent avant tout selon l'espèce la plus représentative ou à la rigueur par l'association de deux espèces d'égale importance.

La distinction entre zonation et groupement a probablement souffert de l'identification, à partir des années 1960, d'authentiques groupements monospécifiques à *Avicennia* sur les fronts de mer des mangroves guyanaises (le fameux "*Siriubal*", cf. BOYÉ, 1960) et guinéennes (JACQUES-FELIX, 1960).

Il n'est pas inutile de rappeler que le grégarisme prononcé des *Avicennia* est lié à une reproduction sexuée particulièrement efficace (nombre de graines important, pouvoir de germination élevé et bonne résistance des plantules aux contraintes de l'environnement) ainsi qu'à une multiplication végétative intense (absente chez *Rhizophora*) se traduisant par un pouvoir de ramification très élevé.

Si l'on ajoute que l'optimum de salinité est sensiblement plus élevé pour *Avicennia* que pour *Rhizophora*, ce qui affaiblit la compétition entre les genres pour la colonisation des vasières les plus salées, on comprendra comment ces véritables fronts de colonisation ont pu entraîner une confusion des concepts de zonation et de groupement végétal. Ces brefs rappels autoécologiques (1) montrent que les fronts d'*Avicennia* résultent de l'adaptation d'une espèce particulière à des conditions écologiques spécifiques. Il y a bien concordance spatiale entre la zonation de l'espèce et son expression à travers un groupement végétal. Mais c'est l'exception qui confirme la règle ! Ce qui domine ailleurs, c'est la discordance entre la zonation des espèces qui s'exerce en fonction de la distance à la mer et au chenal (double échelle) et celle des groupements végétaux dont la caractérisation est à la fois floristique et physionomique.

• *Des groupements floristiques et physionomiques*

La prise en compte de la physionomie de la mangrove, c'est-à-dire de critères structuraux aussi élémentaires que la densité du couvert ou la taille des palétuviers est apparue assez tardivement dans la bibliographie des mangroves. "L'architecture" des palétuviers, pour reprendre une formule désormais consacrée par les botanistes (HALLE & OLDEMAN, 1970) est d'une diversité, il est vrai, parfois déroutante si on l'a compare à la simplicité du cortège floristique. Il s'agit pourtant du moyen le plus sûr pour caractériser rapidement une mangrove. De plus, les études comportant une analyse structurale font ressortir clairement que la physionomie a une signification écologique très pertinente, notamment dans les régions pauvres en espèces où "l'indicateur floristique"est insuffisant. A cet égard, il est significatif que les premières études stucturales aient été consacrées à des mangroves du bassin caraïbe ou du continent sud-américain qui relèvent également de l'aire atlantique pauvre en espèces (POOL *et al.*, 1977 ; CINTRON, 1980, SCHAEFFER-NOVELLI, 1980). L'approche structurale s'est étendue par la suite à des mangroves faisant l'objet d'une exploitation forestière intensive et nécessitant de ce fait une connaissance précise des paramètres structuraux (synthèse dans SRIVASTAVA, 1984).

Dans un premier temps, ces analyses s'accordent à reconnaître trois types de peuplement suivant leur taille, répartis non pas sur la même station (différence avec la forêt dense stratifiée de terre ferme) mais sur des stations spécifiques (CINTRON, 1980). Les peuplements hauts se cantonnent aux rives d' estuaire ("*riverine forest*"). Les peuplements bas frangent le trait de côte ("*fringe forest*") ou les parties internes submergées occasionnellement ("*overwashed forest*"). Les peuplements moyens s'étendent sur des bassins de marée indifférenciés ("*basin forest*"). Les seuils séparant les différents peuplements sont bien évidemment spécifiques à l'espace étudié.

Dans un deuxième temps, la continuité des cîmes et la densité des frondaisons sont les deux critères qui permettent de juger de la densité du couvert (LUGO, 1976).

La combinaison de ces deux critères structuraux permet déjà de

(1) qui ont trait aux relations qu'entretient chaque espèce prise isolèment avec son milieu.

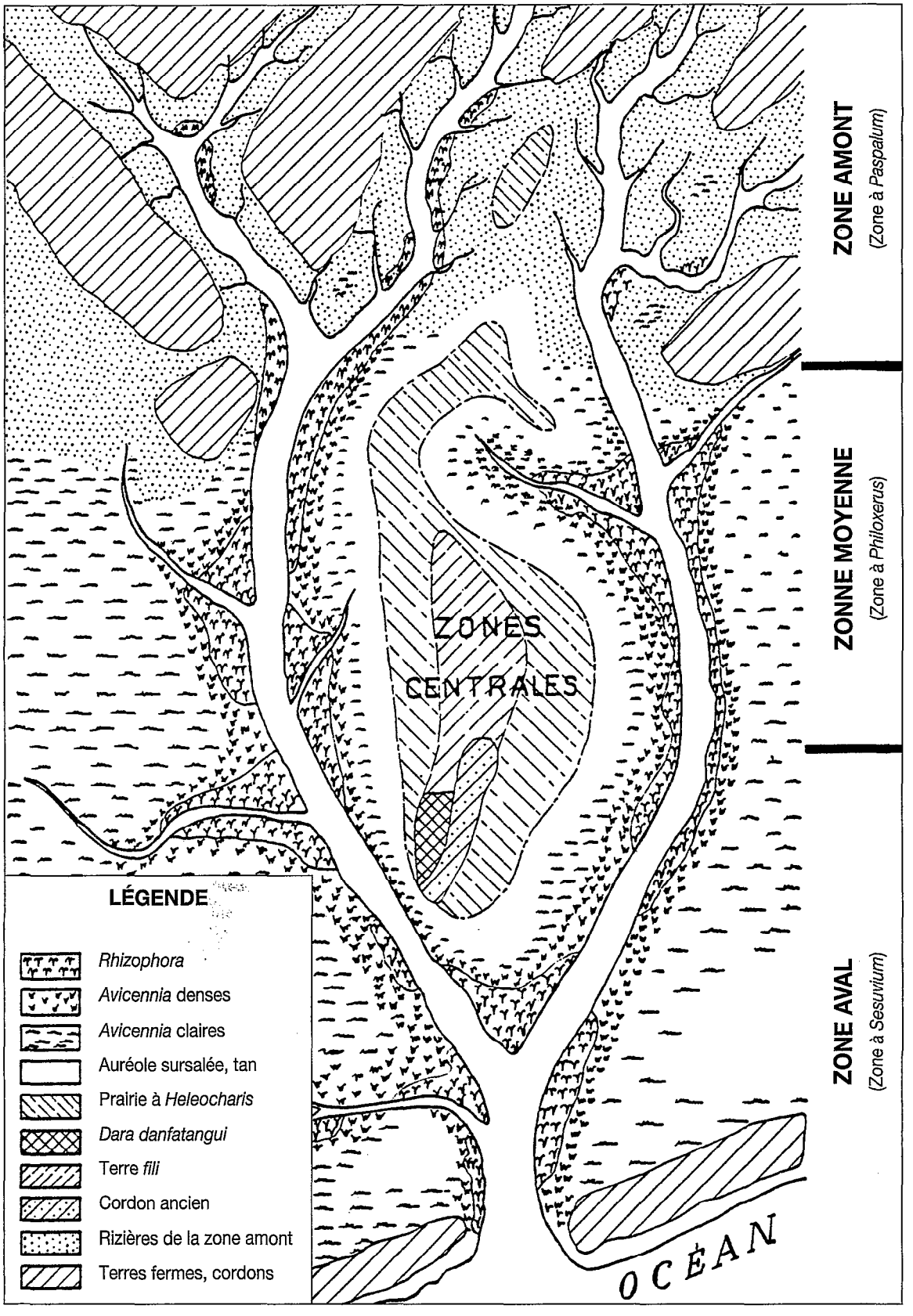


FIG. 3 :
RÉPARTITION SCHÉMATIQUE DES ZONES DE VÉGÉTATION DE SOUMBOUYA
(d'après, Etude de l'Aménagement hydro-agricole du Casier de Soumbouya 1955, repris par BALTZER & LAFOND, 1971)

préciser le contenu taxinomique de deux grands types de végétation auxquels on fera souvent référence.

Les forêts de mangrove ne désignent en toute rigueur que des peuplements de palétuviers arborescents de taille élevée (h > 7 m) et fermés (cîmes jointives). Elles se distinguent ainsi des fourrés de mangrove qui sont des peuplements frutescents, c'est-à-dire formés d'individus à fûts mal développés mais d'une taille moyenne comprise entre 2 et 7 m.

La terminologie est plus délicate à établir pour les peuplements de taille moyenne inférieure à 2 m, formés d'individus sans fûts développés (peuplements "suffrutescents") mais dont les physionomies très disparates ("cimetières" constitués de souches dispersées, semis dense de jeunes tiges, etc...) se dérobent souvent à la terminologie usuelle. L'imbrication spatiale de ces différents faciès de dégradation ou de reconquête oblige dans bien des cas à considérer qu'ils s'intègrent dans une mosaïque de peuplements végétaux à géomètrie variable suivant la pression anthropique et les conditions de régénération.

En tout état de cause, les critères physionomiques classiques que sont la taille et densité du couvert ne rendent compte que partiellement de la physionomie de la mangrove boisée. Comme le montre la planche I ci-contre, un peuplement forestier peut présenter une allure foisonnante si le développement végétatif est intense (Photo I-A), ou au contraire un aspect malingre si le métabilisme est fortement ralenti (Photo I-B). De la même façon, (planche II, page 20) l'allure d'un fourré peut être plantureuse (Photo II-A) ou rabougrie (Photo II-B).

Ces critères physionomiques sont à notre avis trop rarement pris en compte dans les essais de classification alors qu'ils sont très pertinents du point de vue de l'écologie de la mangrove. Nous essaierons donc d'en tenir compte dans notre caractérisation des groupements végétaux.

• *Une répartition des groupements calquée sur les niveaux d'inondation*

Le déterminisme des groupements de mangrove repose encore largement sur l'utilisation du concept météorologique de gradient tel qu'il fut expérimenté pour la première fois sur les mangroves malaisiennes de Kelang (WATSON, 1928). Cet auteur définit cinq groupements végétaux (associatifs en l'occurrence) répartis selon un gradient de submersion (fréquence et durée de l'inondation) décroissant depuis les rives d'estuaire vers l'intérieur des terres. La distribution des peuplements obéit désormais à la modification spatialement intégrée des paramètres déterminants pour le développement des palétuviers (salinité, approvisionnement en éléments nutritifs, recharge sédimentaire). La marée devient ainsi, d'après ses modalités de propagation, l'agent essentiel du fonctionnement de l'écosystème mangrove.

On remarquera que ce modèle de répartition de la végétation a été expérimenté dans un secteur riverain du détroit de Malacca où le marnage dépasse couramment 4 mètres (analogie avec la partie guinéenne des "Rivières-du-Sud"). Il été vérifié ensuite sur des littoraux également à fort marnage comme le Queensland australien (BUNT, 1981). En revanche, le modèle de gradient a été peu sollicité pour les mangroves du bassin caraïbe où le marnage atteint exceptionnellement 0,90 m sur les côtes du Golfe de Floride et où, par contre, le modèle de succession a acquis ses lettres de noblesse (DAVIS, 1940). L'influence évidente du contexte régional sera analysée plus en détail. Retenons pour le moment que parler de classes d'inondations sous-tend l'existence de niveaux topographiques différenciés.

• *Des groupements répartis selon des niveaux topographiques différenciés*

L'existence de dénivellations infimes mais significatives a suscité une extension de la terminologie d'origine flamande appliquée de longue date à la description des marais maritimes tempérés, aux marais à mangrove (BALTZER & LAFOND 1971 ; VERGER, 1980). A l'instar des wadden tempérés, les waddens tropicaux opposeraient une slikke recouverte quotidiennement par la marée offrant les conditions optimales de développement pour la mangrove à un schorre plus élevé, recouvert seulement lors des marées de vives eaux, où l'exondation prolongée ralentirait le métabolisme des palétuviers en favorisant sa substitution par une végétation d'arrière-mangrove variant selon les différents climats tropicaux (GUILCHER, 1979). A la faveur d'un compactage du sol -lié à sa déshydratation- ou du sectionnement du cours supérieur des chenaux de marée, les dépressions du schorre peuvent créer une inversion plus ou moins prononcée du relief par rapport à la slikke.

Cette disposition des marais (*sensu lato*) a pu être observée sous toutes les latitudes du globe. Mais son étude est d'un intérêt spécifique dans les marais maritimes tropicaux dans la mesure où elle conditionne la répartition d'une végétation forestière.

Le principe fondamental est qu'à mesure que l'on s'éloigne du pôle marin (mer ou chenal), l'exhaussement du substrat renforce les contraintes de développement de la mangrove. La topographie détermine donc la pente du gradient écologique : un profil topographique abrupt sera marqué par une dégradation très rapide des boisements et *vice versa*. Mais elle gouverne également la succession des peuplements au rythme de l'accroissement latéral du schorre qui constitue, on le sait, un processus essentiel dans la construction des marais (VERGER, 1968).

Admettre que la topographie des vasières contrôle la répartition des groupements végétaux ne signifie pas pour autant que ces groupements soient liés exclusivement à certains niveaux topographiques. Il existe en Guinée, des toposéquences où la mangrove recouvre la totalité du domaine intertidal (slikke + schorre), et, d'autres simplement la partie inférieure de l'estran. Il faut donc considérer que les mangroves s'ordonnent, pour le moins, selon plusieurs types de toposéquences.

1. 1. 2. L'APPROCHE MORPHOPÉDOLOGIQUE

• *Définition*

Si les recherches entamées en Asie du Sud-est ont mis l'accent, dès le départ, sur le rôle déterminant du régime d'inondation, les études américaines ont, elles, plutôt insisté sur les liaisons entre les groupements végétaux et la nature du substrat. Par nature du substrat, on entend non seulement la texture des sols mais plus largement tous les caractères physiques des sols tels que les pédologues



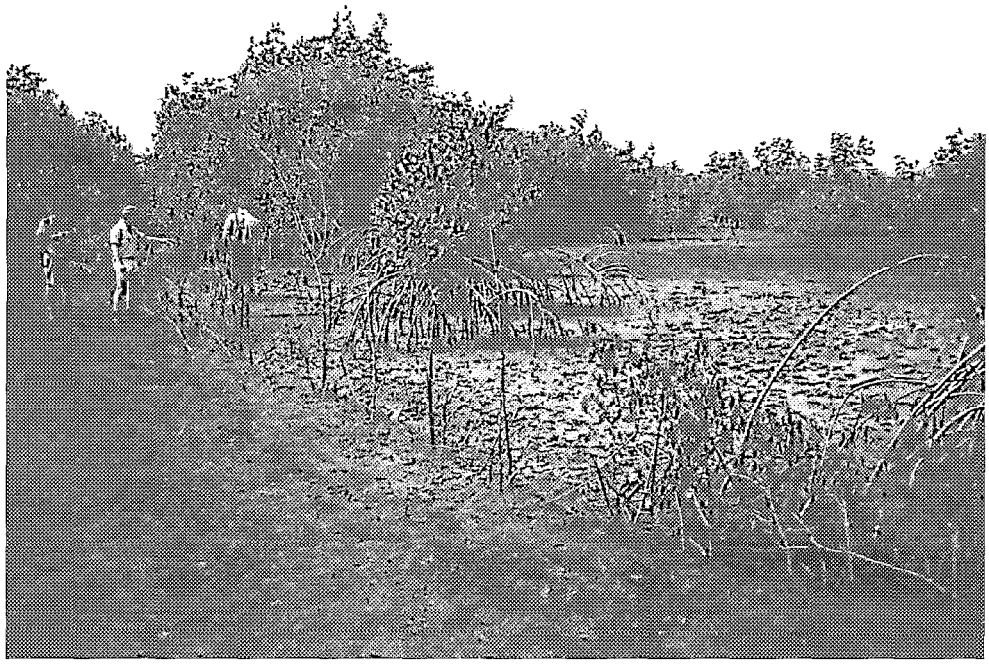
A. Forêt dense de *Rhizophora racemosa* (h = 20 m). Continuité et dénsité remarquable de la canopée. Discrétion des racines-échasses mais abondance de "filins" rhizogènes et de plantules non encore détachées témoignant d'une régénération active (Rio Pongo).



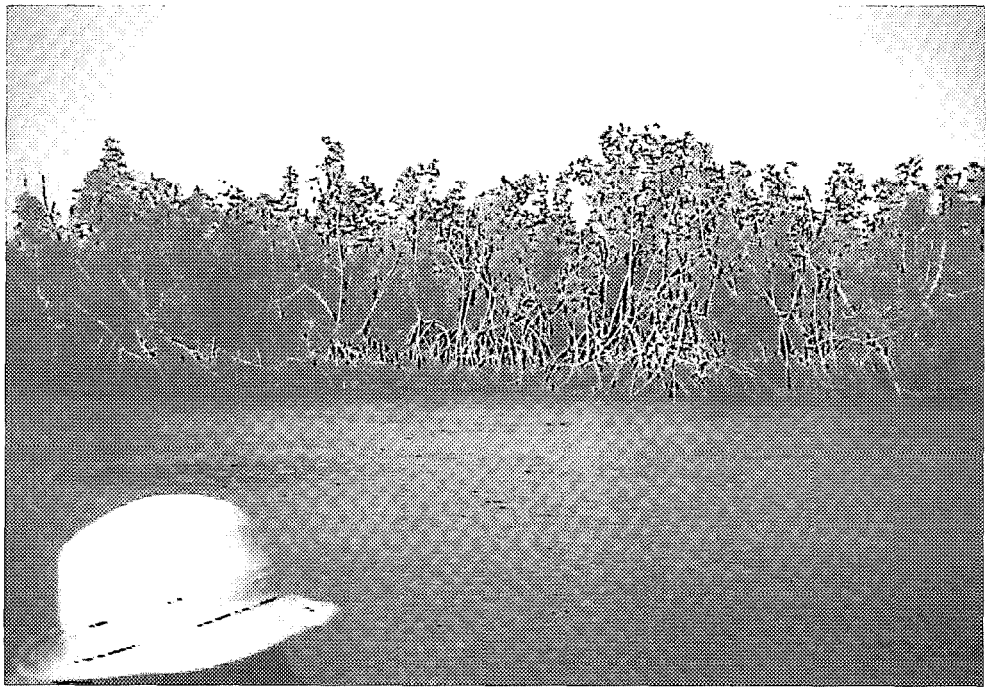
B. Forêt de *Rhizophora* à structure confuse. Dépérissement des peuplements internes contrastant avec le développement végétatif intense du semis riverain : phénomène de translation des ceintures végétales (Rio Pongo).

PLANCHE I : TYPES PHYSIONOMIQUES DE FORÊTS DE MANGROVE

(Clichés F. BERTRAND)



A. Fourré de *Rhizophora* à recouvrement discontinu. Colonisation des bourrelets de rive contrastant avec la dispersion des pieds de *Laguncularia* dans le creux de la cuvette. Au premier plan, pêcherie "par branchage" (Tabounsou).



B. Fourré de *Rhizophora* rabougris. Arcs-boutants visibles mais absence de filins rhizogènes. Fûts tortueux. Aucun indice d'exploitation. Développement végétatif entravé par un facteur écologique limitant (Rio Pongo).

PLANCHE II : TYPES PHYSIONOMIQUES DE FOURRÉS DE MANGROVE

(Clichés F. BERTRAND)

les conçoivent aujourd'hui. On renverra à l'étude pionnière de DAVIS (1940) sur les mangroves de Floride et à celle des allemands WALTER et STEINER (1937) sur les mangroves de l'ex-Tanganyika où ces auteurs classent les mangroves selon la nature vaseuse, sableuse, tourbeuse, voire coralienne du substrat.

L'étude phytosociologique de SCHNELL (1952) s'inscrit dans cette perspective puisqu'il déclare lui-même que "les variations floristiques et physionomiques s'expliquent indiscutablement par les variations du substratum, et notamment par la nature granulométrique et l'épaisseur du sol meuble". Les groupements à *Rhizophora* vivent sur les plaines vaseuses, les groupements à *Avicennia* sur les fonds sableux ou rocheux, les groupements à *Rhizophora* et *Drepanocarpus* sur les berges cuirassées recouvertes d'une fine couche de vase, etc... Les sous-associations correspondraient également à des adaptations édaphiques.

Bien entendu, il serait facile aujourd'hui de rétorquer que des *Rhizophora* se rencontrent également sur des sols sableux et que les *Avicennia* sont légions sur des vases molles à peine consolidées. D'ailleurs, le rôle de la nature du substrat sur la distribution des peuplements a été refuté en d'autres lieux (CLARKE & HANNON, 1970). Il semble que la question de la dépendance édaphique des mangroves -puisque c'est bien de cela qu'il s'agit- doive être repensée en fonction, non plus d'une hypothétique spécialisation des espèces, mais plutôt de l'évolution combinée des sols et de la végétation.

On étudiera d'abord le cas de mangroves chétives qui recouvrent, comme dans la région de Darwin en Australie ou aux îles Kiribati en Micronésie (GUILCHER, 1968), des substrats non meubles.

• *Les substrats non meubles*

L'existence de pieds isolés d'*Avicennia* autour des îles de Los ne mérite qu'on s'y attarde que dans la mesure où leur répartition par rapport à l'exposition des houles est l'inverse de celle que l'on est en droit d'attendre. Ces palétuviers se confinent à la partie supérieure (recouverte à marée haute) des plate-formes d'abrasion taillées dans les dômes de syénite. Le développement d'une mangrove, fût-elle aussi chétive, sur une roche aussi compacte que la syénite est déjà en soit surprenante. Mais leur présence dans les secteurs les plus agités de l'archipel est encore plus paradoxale.

Une correspondance entre ces "plate-formes à *Avicennia* épars" et la diversité texturale des affleurements syénitiques récemment décrite (ROBINEAU, 1985) ne peut pas être exclue car il est possible que les palétuviers aient mis à profit la désagrégation particulière de certains affleurements rocheux. Mais l'essentiel réside selon nous dans le fait que ces plate-formes d'abrasion sont toujours précédées par un pavage de blocs dégagés par la mer.

Plusieurs observations en période de forte agitation ont révélé que cette terrasse construite d'éléments parfois gigantesques, comme sur la côte ouest de Tamara, amortissait considérablement l'énergie des vagues si bien que la partie supérieure de l'estran recevait un jet de rive modeste mais suffisant pour humecter les anfractuosités filoniennes et les excavations des plate-formes. Nous pensons ainsi que si ces plate-formes rocheuses abritent les rares palétuviers de l'île, c'est parce qu'elles sont en fait protégées d'une atteinte directe par les vagues.

Ceci n'est pas en revanche le cas des petites falaises vives qui frangent le niveau cuirassé latéritique de l'est de Tamara et du centre de Kassa et où aucun palétuvier n'a été rencontré . Malgré une position "sous le vent" (à l'exception de la côte est de Kassa) qui leur vaut d'être conservées dans le paysage, ces formations indurées font l'objet d'un recul beaucoup plus sensible que les versants-falaises syénitiques. L'explication réside selon nous dans la structure du revêtement cuirassé telle que l'a décrit O.DOLLFUS (1952). Il est vraisemblable en particulier que la superposition d'un mince niveau cuirassé (1-2 m) sur un manteau d'altération kaolinique relativement épais (8-10 m) ne suffise pas à protéger efficacement la côte. On en veut pour preuve la présence sur la côte interne de Kassa de nombreux d'amphithéatres tapissés de débris de cuirasses plus ou moins remaniés par les vagues au milieu de blocs de syénite exhumés. Les remaniements incessants dont font l'objet ces estrans sont de toute évidence défavorables au développement de la mangrove.

On opposera ces versants-falaises localement remaniés aux authentiques plate-formes de corrosion littorale développées dans les grès ferrugineux autour de la presqu'île de Conakry. Ces formes n'ont, à notre connaissance, jamais été clairement identifiées bien que les rivages du Kaloum aient fait de plusieurs études géographiques (DE CHATELAT, 1938 ; DOLLFUS, 1952) et des premiers inventaires botaniques de mangrove en Guinée (Fig. 4, ci-dessous).

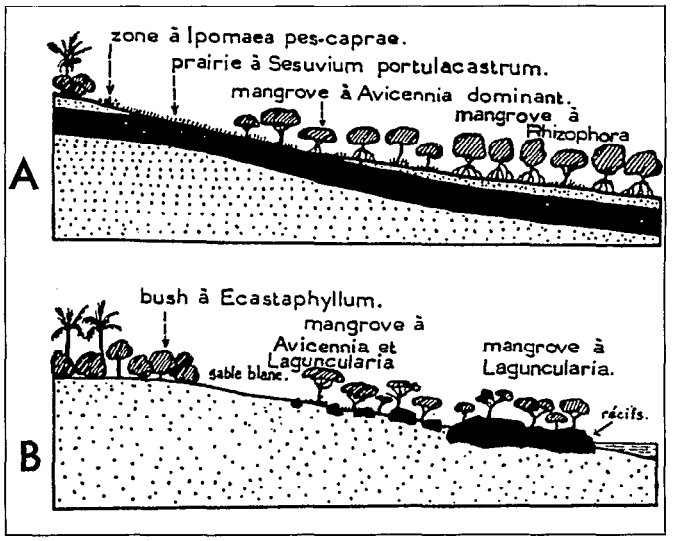


FIG. 4 :
SÉQUENCES DE MANGROVE SUR SUBSTRAT CUIRASSÉ

(d'après SCHNELL, 1952 ; légèrement modifié)
A- Peuplements clairs et rabougris de l'isthme de Tombo
B- Peuplements en bosquets près de Kaporo (N. W. de Conakry)
(en noir : cuirasse, en pointillé : altérite)

Il est vrai que l'investigation scientifique de ces lieux est devenue particulièrement ingrate depuis que s'y entassent les décharges publiques de Conakry ! Nous nous contenterons pour notre part d'y souligner les rapports entre la zonation des formes et la répartition de la mangrove.

Le terme de grès devrait être réservé aux secteurs de cuirasse présentant une structure massive liée à la cimentation ferrugineuse de sables prédominants car il est fréquent que ces sables s'associent

à des nodules de limonite, des gravillons, voire des blocs qui confèrent à l'ensemble un aspect plus franchement conglomératique. A ces variations de texture correspondent des formes étagées sur l'estran. La "Corniche sud" de la presqu'île permet d'observer à marée basse une plate-forme inférieure à mares se raccordant par une rupture de pente insensible à une plate-forme supérieure d'aspect plus chaotique. C'est sur ce niveau élevé moins induré que subsistent quelques fourrés épargnés des déprédations des riverains mais surtout des pelouses à *Sesuvium* (isthme de Tombo). . Malheureusement, la plate-forme supérieure est progressivement gagnée par la poldérisation urbaine qui tend à la soustraire à la morphogénèse marine.

Seule sa face externe continue d'évoluer "naturellement" sous l'effet conjugué d'une haloclastie favorisée par la texture vacuolaire des conglomérats ferrugineux et de l'action mécanique des vagues ; d'où un modelé "pseudo-karstique" fait de vermiculures et de chicots vernissés qui confère à l'ensemble des rivages du Kaloum une connotation particulièrement sévère !

Dans des conditions morphodynamiques dominées par la désagrégation des cuirasses, les lambeaux de mangrove doivent être considérés comme reliques. Le statut écologique de la mangrove de la "Corniche nord" est moins précaire car les estrans y sont davantage protégés des houles dominantes.

C'est également la raison pour laquelle la zonation y est moins affirmée : l'étagement des plateformes est absent et les formes de corrosion moins étendues (Camayenne). Les formes gréseuses se raccordent en fait à des vasières plus ou moins consolidées surmontées localement d'un cordon sableux (Landréah, Rogbané). Il est clair que la mangrove trouve, ici, de meilleures conditions texturales de subsistance.

En fin de compte, la dissymétrie des conditions d'ancrage de la mangrove répond à la dissymétrie des conditions d'induration de l'estran. Les phénomènes d'induration ferrugineuse apparaissent d'autant plus étendus que l'agitation marine relève le profil des estrans et accentue la différenciation altitudinale des niveaux phréatiques d'imbibition. L'imbibation permanente d'une vaste partie de l'estran favorise alors son induration ferrugineuse, tandis que la zone d'imbibation alternée, siège de la désagrégation granulaire, est circonscrite à une étroite frange supérieure. Inversement, l'annulation de la pente expose l'essentiel de l'estran à l'alternance fréquente des phases d'humidification et de dessication, ce qui limite l'induration du substrat et laisse une plus grande amplitude pour le développement de la mangrove.

Il importe de relever que ces phénomènes d'induration différentielle n'ont d'incidence sur la texture des estrans qu'à la mesure du fer amené en solution par les eaux d'infiltration continentale, c'est-à-dire en dernière analyse à la mesure du capital ferrique du bassin-versant. C'est la raison pour laquelle les mangroves d'estrans gréseux se rencontrent avant tout sur les rivages du Kaloum, car celui-ci correspond à un dyke de dunite particulièrement riche en minéraux ferro-magnésiens. Leur absence aux îles de Los s'expliquerait *a contrario* par la pauvreté relative de la syénite en fer combinée à l'absence complète de quartz.

L'importance des mangroves d'estrans gréseux doit toutefois être relativisée à la mesure de l'extension marginale de ce type de littoral. Les sédiments marins de mangrove évoluent dans leur grande majorité sous des conditions de sulfato-réduction (formation de sulfures de fer) qui préservent leur aspect meuble originel.

• *La texture des vasières et son impact sur la mangrove*

Les vasières à mangrove sont constituées comme leur nom l'indique d'un sédiment meuble essentiellement pélitique (particules < 10 μ) doté d'une fraction sableuse plus ou moins bien représentée. En attendant des analyses granulométriques approfondies, la nature de ces sédiments sera précisée à partir des études sectorielles des environs de Conakry (LAFOND, 1967), et des estuaires du Nunez, de la Soumba et de la Melacorée (DIOP, 1986).

Les substrats vaseux, qui peuvent atteindre facilement 6m d'épaisseur (rive droite de la Soumba) montrent une dominante limono-argileuse (90 % < 40 μ) plus marquée que la partie septentrionale des Rivières-du-Sud (Casamance et surtout Saloum) où les vasières sont plus franchement sableuses (DIOP, 1986). Mais l'affinement global du nord vers le sud du matériel constitutif des vasières ne signifie pas qu'il y ait pour autant homogénéité du stock sédimentaire.

L'étude pionnière de LAFOND (1967) suggère au contraire que la texture des vasières guinéennes est très hétérogène. Le premier facteur d'hétérogénéité réside dans l'occurrence d'une fraction de sables quartzeux ou coquillers dont la proportion augmente vers les embouchures. Le second facteur, sans doute plus original, est une teneur en carbonates (lié à l'apport coquillier) pouvant atteindre 20 % de la seule fraction pélitique et plus de 30 % de la vase considérée dans son ensemble.

Ces valeurs sont fortes par rapport aux valeurs maximales enregistrées sur la plaine de Koba (1 % d'après AUBRUN & MARIUS, 1985) plus conformes à la faible teneur en calcium qui prévaut d'ordinaire dans les sédiments de mangrove. Elles suggèrent en tous cas que l'importance du stock bioclastique guinéen lui confère un rôle notable dans la différenciation texturale des vasières. Or, cette question est fondamentale pour la maturation physique des sédiments et, partant, le développement de la végétation.

En règle générale, l'ancrage et l'enracinement des plantules sont facilités par l'hydratation de la partie colloïdale du sédiment. Or, celle-ci se maintient d'autant mieux que la texture du sol est homogène et que sa consistance est peu développée. Ces caractères sont particulièrement affirmés sur les grandes slikkes de front de mer alimentées, selon un processus sur lequel nous reviendrons, par des bancs de boue liquide. A une échelle plus locale, ce phénomène rend compte de la spécificité texturale des grandes vasières à *Avicennia* qui ourlent le trait de côte guinéen.

Inversement, l'hétérogénéité de la texture liée à l'alternance des conditions hydrodynamiques de dépôt peut nuire à l'ancrage de la végétation car la nature plus "filtrante" du substrat favorise alors la déshydratation de la partie colloïdale du sol et la maturation du sédiment. Il est frappant de constater que les estrans de front de mer riches en débris coquilliers, comme celui de Tabounsou, ont une consistance plus développée mais une végétation plus contractée que les grandes estrans argileux dont il vient d'être question. Nous pensons que l'intensité de la colonisation des vasières de front de mer dépend pour une large part en Guinée de l'importance de la fraction bioclastique dans la granulométrie des vases.

Mais les implications de la texture sur le régime hydrique du substrat ne sont pas univoques. Une texture homogène ne favorise l'hydratation du substrat qu' à condition que celui-ci bénéficie effectivement d'un recouvrement régulier par la marée. Si l'exondation le soustrait à un approvisionnement par les eaux courantes, la nature

imperméable du sol accélère la concentration des sels en surface et empêche la végétation de puiser dans la nappe phréatique, d'où un ralentissement du métabolisme des palétuviers.

Un matériau sableux autorise, au contraire, un lessivage plus rapide des sels et éventuellement une pondération de l'évapotranspiration par l'alimentation phréatique. Ce facteur s'est exprimé récemment au Sénégal où, malgré leur position climatique marginale, les mangroves du Saloum ont moins souffert de la péjoration de la pluviométrie que celles de Casamance dont le substrat est plus nettement argileux et où la dégradation spectaculaire des mangroves de Casamance s'est accompagnée d'une substitution partielle des *Rhizophora* par *Avicennia* (MARIUS, 1983).

Il ressort de ces observations que l'originalité des mangroves guinéennes incombe pour une part à la variété des conditions texturales de leur substrat vaseux. La plaine côtière guinéenne comporte aussi bien des vasières franchement argileuses, où les conditions de croissance sont excellentes, que des vasières sablo-vaseuses dont la texture peut entraver la croissance des palétuviers tout en limitant les risques de déstabilisation du substrat. En outre, la mangrove influe à son tour sur l'évolution texturale des vasières.

• *Le rôle de la végétation sur l'évolution du substrat*

Le rôle fixateur de sédiments joué par la mangrove a longtemps prévalu dans la littérature scientifique dans la mesure où de nombreux travaux, dont ceux de CHAPMAN (1970, 1976), ont pu confirmer la validité du modèle de succession établi par DAVIS en Floride à partir de ce postulat. Pourtant, au même moment, quelques chercheurs remettaient en cause le rôle déterminant de la végétation, notamment dans des secteurs où une transgression de la mer induisait une érosion des vasières (SCHOLL, 1964).
Le débat de l'antériorité ou de la postériorité de la végétation par rapport l'évolution du substrat est devenu ainsi par la suite un des thèmes les plus controversés des recherches sur les mangroves.

Le littoral guinéen, quant à lui, fourmille d'exemples qui valideraient chacune des thèses en présence si bien que les termes du débat en limitent singulièrement la portée. Le rôle de la végétation sur l'évolution de la texture mérite en fait une évaluation aussi précise que celui de la texture des vasières sur l'implantation de la mangrove.

Il semble que la distinction ne soit pas toujours clairement opérée entre, d'une part, le rôle des racines aériennes (pneumatophores et filins rhizogènes) limité à l'accumulation de matériaux terrigènes essentiellement inorganiques comme dans le Sud-est australien (BIRD & BARSON, 1975, BIRD 1986) ou à Cairns Bay dans le Queensland (BIRD, 1972) et, d'autre part, celui des racines souterraines (composées chez certaines espèces d'un chevelu dense de radicelles) qui contribue à l'accumulation de matériau organique produit *in situ* (SPENCELEY, 1977 ; *ibid*, 1983). La confusion fréquente entre des deux types d'accumulation a sans doute nui à la clarification du débat car, si certaines érosions spectaculaires comme celles qui affectent régulièrement les vasières à *Avicennia* de Guyane (BOYE, 1959) font douter que les racines aériennes se comportent réellement comme des "pièges à sédiments", il en demeure pas moins que l'accumulation de matière organique est un facteur essentiel de la maturation physique des sols et du développement de leur consistance (PONS & ZONNEVELD, 1965).

On souscrira finalement sans peine à l'opinion de BIRD (1985) selon laquelle la question du rôle de la mangrove sur la dynamique du substrat n'admet aucune solution générale du fait de la diversité des contextes morphodynamiques et des appareils racinaires.

Les études pédologiques réalisées en Guinée au cours des années 1960-1970 ont montré que l'hétérogénéité texturale des sols de mangrove avait souvent pour origine la présence à mi-profondeur d'une matière organique peu décomposée insérée dans un horizon sablo-argileux sous forme de tourbe fibreuse -*fibrist*- (HARZA, 1967). Cette accumulation de matière organique est liée au chevelu dense de fibres qui distingue le système racinaire de *Rhizophora* de celui d'*Avicennia* très superficiel et composé uniquement de pneumatophores (TOMLINSON, 1957). Elle peut donc être considérée comme un marqueur très sûr de la végétation actuelle ou passée.

L'essentiel est que, sous l'effet de l'évolution de la matière organique, la texture des sédiments de *Rhizophora* subisse une altération sensible. Cette différence avec les sols à *Avicennia* justifie dans une large mesure la distinction d'une zone littorale argileuse et de zones estuariennes d'argiles tourbeuses classés selon le degré de décomposition de la tourbe (HARZA, pages 49-51).

Ce processus complexe obéit pour l'essentiel au régime d'inondation car l'humification de la matière organique dépend de la vitesse de l'activité biologique et donc du degré d'hydromorphie des sols.

Dans les zones inondées régulièrement, la décomposition de la matière organique est fortement ralentie si bien que le développement "spongieux" de l'horizon tourbeux maintient le sol à un faible degré de maturation. L'humification de la matière organique s'affirme avec l'alternance des conditions de submersion en liaison avec le renforcement de l'activité microbienne et une diminution sensible du stock de matière organique dûe à la dégradation du couvert arboré. Elle donne lieu à deux modifications physiques essentielles : l'acquisition d'une consistance plus développée et l'individualisation d'un horizon B, dit sulfurique (MARIUS, 1977).

Le degré de décomposition de la tourbe fibreuse (*fibrist*) doit être pris en compte dans la caractérisation des sols de mangrove (HARZA, 1967). On distinguera ainsi d'une part, les argiles racemeuses -"*racemose clay*"- à texture tourbeuse et, d'autre part, les argiles racemeuses décomposées
-"*decomposed racemose clay*"- comportant des traces effectives de décomposition de la matière organique.

Les tourbes fibreuses peuvent être subdivisées selon la profondeur croissante de l'accumulation -"*racemose peaty admixture*" "*clayey racemose peat*"- tandis que les sols humifiés se différencient en fonction de la décomposition partielle -"*partly humified peat*"- ou profonde -"*humus*"- de la matière organique (lorsqu'il y apparition d'un horizon B consolidé "*concretionnary mottles*"-.

Au total, l'évolution de la matière organique sous couvert de *Rhizophora* s'exprime à travers quatre types de texture (*Fig. 5, page* suiante) dont l'occurrence est fonction de la position au sein de la plaine côtière :

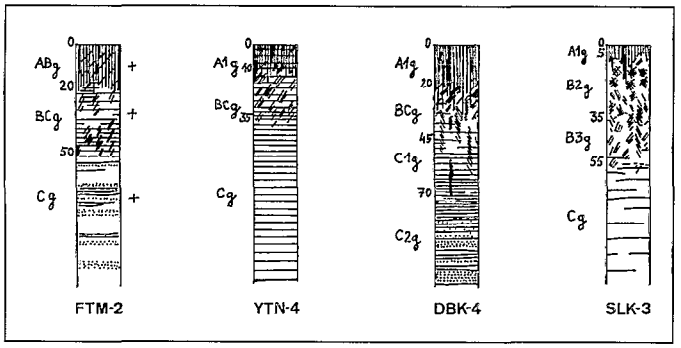
- la texture racemeuse en profondeur (profil-type : FTM-2 sur l'île Tana) s'observe, ce n'est pas une surprise, dans des marais de front de mer -"*littoral tidal swamps*"- où une futaie de grands *Avicennia* domine un sous-bois de *Rhizophora*,

- la texture racemeuse sub-superficielle (profil-type : YNT-4 sur la rive gauche du Samourou) caractérise le substrat des peuplements denses et riverains à *Rhizophora harrisonii* -"*riverine tidal swamps*"- (rive nord du Samourou, Kabontokhouré) ou des rizières converties à leurs dépens (partie supérieure des estuaires de la Forécariah, du Konkouré, et de la Kitéma),

- la texture semi-développée (profil-type : DBK-2 du polder de

Dubréka) se rencontre dans les marais pluviaux -"*freshwater backs-wamps*"- (Kawas nord, Kabéra, Koba centre) ou recouverts uniquement par les marées d'équinoxe (polder de Dubréka, Waya-Waya),

- enfin, la texture développée (profil-type : SLK-3 sur l'île Kanonkou) concerne les schorres à couvert arboré plus ou moins dégradé (Kanka, Kabounta) et les lits majeurs des parties amont d'estuaire (Fassiya, Dara-Forécariah).



Profil	Développement de l'horizon B	Texture des profils
FTM-2	Ségrégation éparse du fer	racemeuse en profondeur
YNT-4	Ségrégation croissante du fer	racemeuse en sub-surface
DBK-4	Début d'oxydation	semi-développée (humif. partielle)
SLK-3	Prismes et oxydation poussée	développée (humification totale)

FIG. 5 :
ÉVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE DES SOLS A RHIZOPHORA SUIVANT LE DEGRÉ DE DÉCOMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE
(Source : HARZA, 1967)

Notre propos ne sera pas de discuter de la place de chacun de ces sols dans la classification des sols sulfatés acides. Cette séquence de développement a simplement pour but de montrer le rôle déterminant de la végétation sur l'évolution texturale des vasières.

Il ressort de la comparaison de ces profils que la transformation de la matière organique obéit à des modifications du régime d'inondation. Or, on a vu que celles-ci procèdent de la progradation des atterrissements vaseux. Il est donc clair que la répartition des sols au sein de chaque estran s'organise en fonction de leur ancienneté relative et relève d'une chronoséquence (VIEILLEFON, 1969).

Au terme d'une prospection fondée sur l'analyse de 3000 échantillons, le grand intérêt de l'étude HARZA, dirigée par le pédologue H.DOST, est d'avoir identifié une vingtaine de taxons pédologiques (l'auteur parle de "classes pédohydrologiques") correspondant, non seulement à des classes d'inondation -"*physiographic units*"-, mais également à des groupements végétaux détectables sur photographies aériennes -"*phototypic units*"-. L'interdépendance entre les sols, les formes du micro-relief et la végétation permet d'y déceler les unités morphopédologiques de base de la plaine côtière guinéenne.

La disposition relative de ces unités et la nature du substrat argileux justifient dans une large mesure la distinction établie par cet auteur de 3 "zones géographiques" matérialisant l'influence croissante du milieu continental ainsi qu'une quatrième zone marquant la spécificité des terrasses sableuses (Tableau n°1, page ci-contre).

1. 2. LA TRAME HYDRO-SÉQUENTIELLE DE L'UTILISATION DU MILIEU

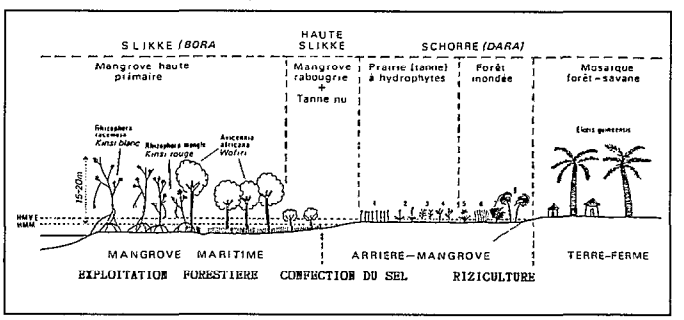
L'intérêt de ce découpage morphopédologique dépasse le cadre réservé de l'analyse scientifique car il constitue le support effectif des activités des populations rizicoles de Basse-Guinée. L'utilisation compartimentée des mangroves guinéennes montre qu'il existe une convergence très nette entre la perception empirique que les populations ont de leur milieu et l'approche scientifique. Les facettes écologiques sont donc bien des catégories opératoires pour l'aménagement.

1. 2. 1. UNE UTILISATION COMPARTIMENTÉE

• *Les zones de conversion rizicole*

En règle générale, les conversions rizicoles s'établissent depuis les bordures internes des marais car les défrichements de la mangrove rabougrie sont moins éprouvants et la maturation physique des sols plus affirmée (Fig. 6, ci-dessous).

HMVE : Hautes Mers de Vives Eaux
HMM : Hautes Mers Moyennes



Hydrophytes : 1. *Eleocharis mutata* - 2. *Xyris anceps* - 3. *Bacopa erecta* - 4. *Cyperus haspan* - 5. *Scirpus littoralis* - 6. *Panicum sp.* - 7. *Raphia gracilis* - 8. *Phoenix reclinata* -

FIG. 6 :
LA TRAME SÉQUENTIELLE DE L'UTILISATION DU MILIEU
(Coupe-synthèse)

Unité	Classe d'inondation (*physiographic unit*)	Couvert végétal type (*phototypic unit*)	Localisation du profil-type
	ZONE LITTORALE		
1a	Crêtes de plage fossiles (alt : 3 m)	Mélange palmeraie / mangrove	—
1b	Slikke de front de mer	Peuplement dense d'*Avicennia*	Bas-Kapatchez / KPZ-1
1c	Schorre de front de mer	Peuplement ouvert d'*Avicennia*	Dibi / DBI-3
1d	Schorre de front de mer	Pelouse à *Sesuvium*	Fodétomanya (Tana) / FTM-3
1f	*Bougounis* de front de mer	Riz et mangrove dégradée	Bramaya / BRM-5
1g	Marais d'eau douce	Savane "humide"	Koba / KBA-10
1h	Rive de chenal deltaïque (slikke)	Peuplement haut mixte	Boylintan (Yélitono) / BLT-3
	ZONE D'ESTUAIRE CENTRAL		
2a	Rive d'estuaire (slikke)	Peuplement haut de *Rhizo. racemosa*	Yoma (Dibi) / YMA-1
2b	Rive d'estuaire (slikke)	Peuplement bas de *Rhizo. harrisonii*	Yenten (Samourou) / YNT-4
2c	Haute slikke	Peuplement bas mixte	Forécariah / FOR-2
2d	Schorre	Pelouse à halophyte et *Paspalum*	Solokhoré / SLK-3
2e	Marais d'eau douce	Savane à Cypéracées	Kawas-nord / KWS-F
2h	*Bougounis* de schorre (polder)	Riz et jachère herbacée	Kawas-sud / KWS-P
	ZONE D'ESTUAIRE SUPÉRIEUR		
3a	Rive d'estuaire supérieur	Peuplement haut de *Rhizo. racemosa*	Kabountokhouré / KBT-4
3b	Rive d'estuaire supérieur	Peuplement bas de *Rhizo. harrisonii*	Kanountokhouré / KBT-1
3c	Rizières ouvertes d'estuaire sup.	Riz et pelouse à *Paspalum*	Bentroya / BYA-1
3d	Schorres d'estuaire supérieur	Savane à Cypéracées et palmiers	Dara (Forécariah) / DAR-2
	ZONE DE TRANSITION		
4a	Bas de versant inondé quotidien	Fourré de *Rhizo. harrisonii*	Waya-waya / WYA-2
4b	Bas de versant inondé saison	Peuplement ouvert d'*Avicennia*	Konoban dabondi / KNB-3
4c	Rizières de terrasse sèche	Jachère herbacée à *Paspalum*	Waya-waya / WYA-1
4d	Terrasse sèche (plateau)	Savane sèche (terre *fili*)	Konoban dabondi / KNB-1

TABLEAU N°1 : LES UNITÉS MORPHOPÉDOLOGIQUES DE LA PLAINE GUINÉENNE
(d'après étude HARZA, 1967)

Sur les vasières où les niveaux d'inondation sont nettement différenciés, les riziculteurs convertissent donc en priorité les schorres inondés par les seules marées de vives eaux que les paysans dénomment *dara*. Près de 20 % de la superficie totale des "marais de vives eaux" assimilables à des schorres (soit 83.100 ha) était cultivée à la fin des années 1960 contre moins de 1 % de la surface des "marais à marée" recouverts quotidiennement (DINGLE, 1973).

Ces schorres relèvent de plusieurs unités morphopédologiques (Planche III, page ci-contre). Dans la partie centrale des estuaires (polder de Dubréka, plaines de Katako et de Kawas sur le haut-Kapatchez), il s'agit très souvent de pelouses à halophytes couvrant des profils maturés à la fois au plan physique (consistance développée) et chimique (traces d'oxydation). Dans la partie aval des estuaires (Bramaya, bas-Kapatchez), les schorres sont des sols beaucoup moins maturés car comportant très peu de matière organique susceptible d'être minéralisée ; ce sont avant tout des sols à *Avicennia*. Les risques d'acidification sont donc plus limités ce qui explique l'attrait des riziculteurs pour des zones littorales pourtant très difficile d'accès.

Mais les rizières ne se cantonnent pas, loin s'en faut, aux schorres. Près d'1/3 d'entre elles s'étendent dans les parties amont d'estuaire où la prépondérance des actions fluviatiles modifie les données morphologiques. Les formes estuariennes classiques que constituent la slikke et le schorre s'estompent progressivement pour céder la place à une morphologie en cuvette de débordement recouverte quotidiennement par la marée -"*daily tidal inondations*"-. De la forêt largement dégradée pour la conversion rizicole ne subsistent que des liserés de *Rhizophora* soulignant les berges riveraines et, dans les parties internes, des bosquets conférant au paysage l'aspect aimable d'un parc. Les sols portent la marque d'une pédogénèse plus ancienne que la plupart des vasières de la plaine mais héritée pour l'essentiel de l'extension passée de la forêt à *Rhizophora* : ce sont des argiles tourbeuses -"*racemose peaty admixture*"- très épaisses et dotées d'une certaine consistance en surface (horizon humifié).

Leur fertilité chimique est faible mais la régularité de leur inondation favorisée par la morphologie en cuvette leur confère un avantage apprécié des riziculteurs : les risques d'acidification (intrinsèquement très élevés) sont mineurs. Les analyses de H.DOST semblent indiquer que les sols d'estuaire supérieur sont fondamentalement des sols potentiellement acides ("*halic thiofibrist tropaquent*"). On remarquera toutefois que certains profils (haute-Forécariah, Fassiya) présentent un horizon B à jarosite caractéristisant les sols sulfatés acides ("*halic thioxic tropaquept*"). Dans ces vasières relativement peu différenciées à l'état naturel, il semblerait donc que les conversions rizicoles puissent infléchir l'évolution du substrat.

Les derniers sites privilégiés par les riziculteurs sont les marais d'eau douce -"*freshwater backswamps*"- qui par leur superficie, environ 50.000 ha soit près de 17 % de la plaine côtière, constituent une indéniable originalité du littoral guinéen par rapport aux pays riverains des "Rivières-du-Sud". L'extension de ces paysages s'explique par la combinaison d'une progradation intense et d'une pluviométrie très élevée. Les marais pluviaux sont tous d'anciens schorres qui par suite d'un envasement particulier ont été soustraits aux processus estuariens. Mais ces schorres ont été "continentalisés" à des étapes souvent très différentes de leur pédogénèse. Ils couvrent par conséquent une gamme très étendue d'unités morphopédologiques selon qu'ils se situent sur des vasières récentes de front de mer (Koba, Bramaya), les vasières centrales plus évoluées (Kawas nord) ou les digitations amont de la plaine (haut-Kapatchez). Sans tenir compte d'une extrême variété floristique, la diversité morphopédologique des marais s'exprime en fonction de l'évolution de la matière organique et relève donc pour une grande part de la séquence d'évolution présentée précédemment (cf. § 1.1.2).

L'étude des profils met en évidence un épaississement des horizons tourbeux en direction des talwegs (séquence de Koba) et, inversement, une humification doublée souvent d'une maturation à mesure que le substrat s'exonde. Cette altération des profils est particulièrement sensible dans les marais rizicoles où la rétention naturelle des eaux suppose une amélioration du drainage entraînant une aération des horizons tourbeux (Kawas sud, Yomboya). Aussi bien, les marais rizicoles contiennent pour la plupart des sols sulfatés acides. Mais une étude comparée de plusieurs stations du haut-Kapatchez (MARIUS, 1987) a révélé que ces sols n'en étaient par autant homogènes. D'un point de vue agronomique, une distinction importante doit être effectuée d'après le niveau de maturation des sols. Dans les sols sulftés acides développés, où la maturation a effectivement accompagné l'humification de la tourbe, les conditions de pH sans être excellentes (3,5<pH<5) sont néanmoins acceptables pour la riziculture. Mais C. MARIUS a montré qu'il existait localement, comme au Sénégal, des sols sulfatés-acides jeunes présentant un horizon à consistance de "beurre" et taches de jarosite ; autrement dit des sols maturés uniquement au plan chimique dont la forte acidité (pH<3,5) décourage la mise en culture (marais à *Eleocharis* de la plaine de Yomboya).

L'évolution spécifique des marais d'eau douce complique encore donc davantage la trame des terroirs rizicoles côtiers, laquelle ressemble en définitive à une véritable marqueterie de facettes écologiques.

• *L'exploitation forestière des zones riveraines*

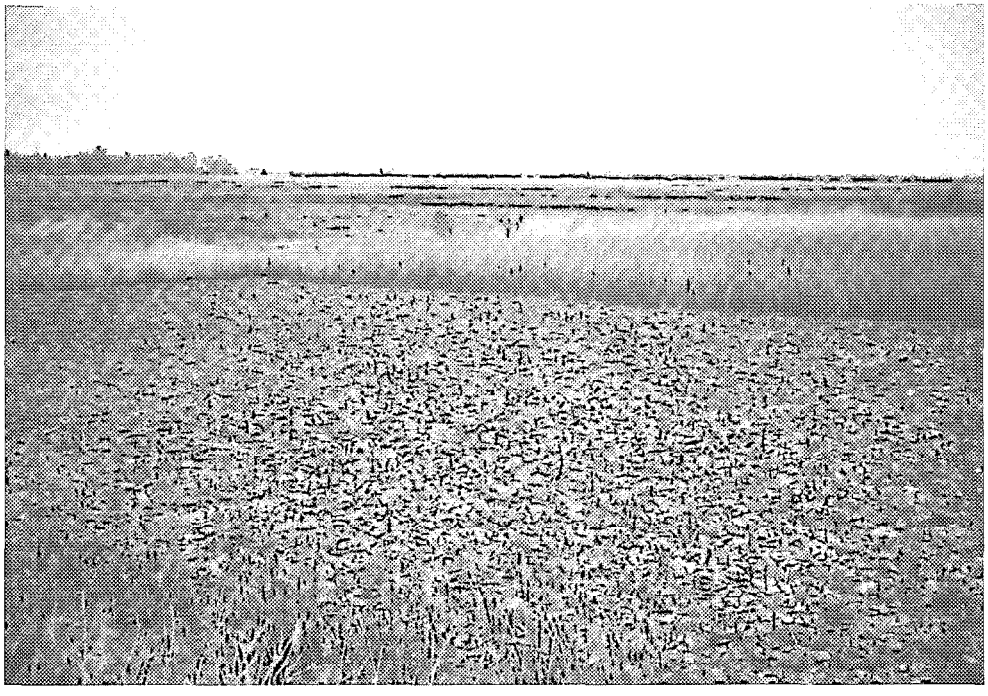
L'exploitation du bois de la mangrove fournit un complément de ressource précieux pour des populations côtières qui ne disposent pas d'autres sources d'énergie, si ce n'est le bois prélevé dans la végétation de terre ferme. La mangrove se développant de façon privilégiée sur les parties inférieures des estrans recouverts quotidiennement par la marée, il est naturel que l'exploitation forestière se concentre sur les slikkes (Planche IV, page 28). Mais leur éloignement de la terre ferme et la consistance peu développée du substrat en rendent l'accès particulièrement mal aisé si bien que la desserte de ces zones et l'évacuation de leurs produits s'effectuent préférentiellement en pirogue (Photo IV-B).

A l'inverse des zones internes à vocation rizicole, la sélection des sites d'exploitation n'est pas subordonnée aux caractéristiques des sols qui, comme on l'a vu, procèdent davantage de la végétation qu'ils ne la conditionnent. Le choix des sites s'effectue selon la physionomie des boisements ; c'est-à-dire en fonction de l'appréciation d'un certain nombre de paramètres déterminants pour l'exploitation qui sont : l'espèce dominante des groupements, leur structure et leur vitesse de régénération.

Le bois de *Rhizophora* est le combustible le plus recherché en raison, non pas d'un pouvoir calorifique qui demeure faible -inférieur à 4.600 kcal/kg- par rapport à l'ensemble des bois tropicaux (DOAT, 1977), mais plutôt d'une humidité sensiblement inférieure (40 %) à celle d'*Avicennia* (70-95 %), ce qui facilite sa découpe et son séchage. Le fait que sa combustion soit relativement lente et dégage peu de fumée semble particulièrement apprécié des ménagères. Ces avantages compensent les conditions très difficile d'extraction dues à l'enchevêtrement parfois inextricable des racines-



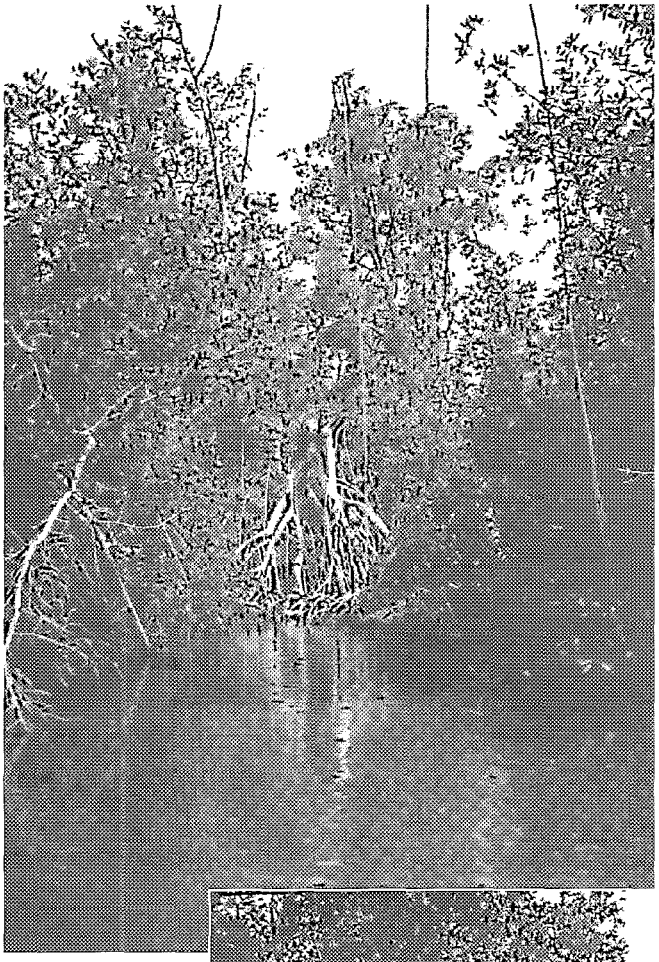
A. Casier à sol maturé au plan physique (consistance) et au plan chimique (précipitation dans le drain des produits d'oxydation de la pyrite préalablement lessivés). Tallage très lâche traduisant les contraintes de salinité (micro-tannes) et d'acidité qui entravent la croissance du riz.



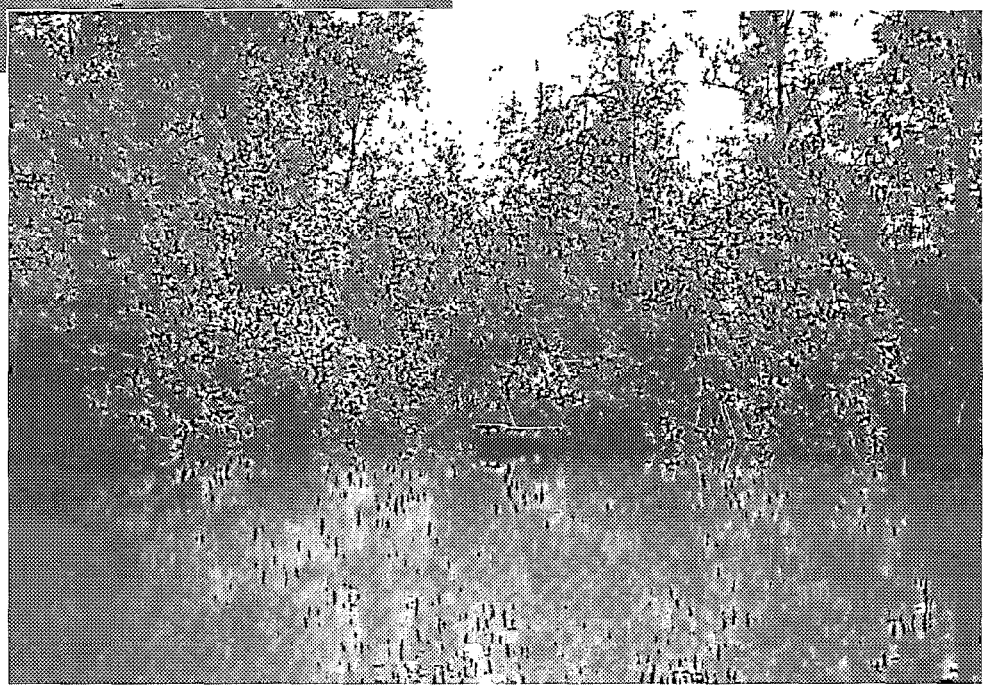
B. Chaumes d'une rizière non endiguée (polder de Kakossa) établie dans une prairie à *Heleocharis mutata*. Tallage peu dense suggérant de fortes contraintes agrologiques. Noter la vacuité et la monotonie de ce type de paysage.

PLANCHE III : ÉTATS DE SURFACE DES SOLS DE SCHORRE CULTIVÉS

(Clichés F. BERTRAND)



A. Peuplement haut et dense de *Rhizophora* mité par une exploitation pied à pied. Tige de gros diamètre (d>20 cm) abattue au-dessus du niveau des arcs-boutants (Filidi).



B. Vidange en pirogue de rondins de gros diamètre. Peuplement stratifié lié à une exploitation différenciée du boisement. Maintien d'un rideau protecteur des berges (Filidi).

PLANCHE IV : PAYSAGES ET TRAVAUX ASSOCIÉS A L'EXPLOITATION DU BOIS DE MANGROVE

(Clichés F. BERTRAND)

échasses et la nécessité d'abattre les tiges au-dessus du niveau de sol. Les peuplements à dominance de *Rhizophora* ne sont pas pourtant indistinctement choisis.

Les exploitants recherchent bien évidemment les peuplements renfermant *de visu* un volume de bois significatif. Mais ils accordent la plus grande importance au diamètre des tiges. Les arbres de plus de 25 cm de diamètre à hauteur d'homme (*dbh*) sont délaissés car ils sont trop longs à abattre, à vidanger et à fendre avec les moyens traditionnels. Les peuplements bas et rabougris, dont les tiges tortueuses sont impropres à l'extraction de rondins, sont également négligés. Les produits recherchés sont, en fin de compte, assez normalisés : le diamètre des rondins doit se tenir dans une fourchette de 5 à 15 cm. Les peuplements répondant à ces normes sont donc plutôt de taille moyenne, ce qui explique que la taille des arbres apparaisse particulièrement contrastée dans les secteurs très exploités.

Le dernier critère de sélection concerne la vitesse de régénération des boisements, du moins jusqu'à ces dernières années. Son estimation se fonde sur l'observation de la vitesse des recrûs dont dépend au premier chef la durée des rotations. D'après nos enquêtes auprès des exploitants, l'âge des peuplements secondaires varie considérablement d'une station à l'autre. Nous estimons que les peuplements font l'objet d'une exploitation régulière dans la mesure où les recrûs atteignent un diamètre minimum d'exploitabilité (moyenne : 10 cm) en moins de 15 ans. Si la durée de la rotation est plus longue, les peuplements sont habituellement négligés.

Le paysage des mangroves riveraines est dans une large mesure le produit du mode de régénération et du régime de coupe. L'assiette de la coupe a le plus souvent la forme d'une petite trouée dans le peuplement, d'une surface n'excédant pas deux ares (200 m^2) et qui permet d'extraire un volume de bois correspondant au chargement d'une, deux ou trois pirogues. Le régime de coupe sélective engendre un véritable essaimage des trouées si bien que les boisements riverains offrent très souvent l'allure d'une futaie en bouquets de taille et d'âge homogène. La stratification des forêts exploitées les distingue souvent des forêts primaires. Au dessus des strates inférieures matérialisant les boisements secondaires, on rencontre fréquemment, comme dans les marais de Tabounsou, des tiges de 20-25 m épargnées des coupes et témoignant du "plafond" originel du peuplement.

On remarquera que le terme de futaie ne désigne en toute rigueur que les peuplements monospécifiques à *Rhizophora* puisque cette espèce ne se multiplie que par voie sexuée (semis naturels). Dans la mesure où les aires de coupe sont souvent envahies par des *Avicennia* et que cette espèce a également la faculté de rejetter de souche, il conviendrait mieux de parler de taillis-sous-futaie pour l'ensemble des peuplements exploités, à moins que la monospécificité ne soit attestée.

L'extension de ce paysage varie d'abord en fonction des besoins en bois des populations environnantes. Mais elle est tributaire également de l'absence d'utilisation concurrente des slikkes. Or, la "pente naturelle" des fronts pionniers rizicoles est dirigée vers les rives des chenaux. L'extension de la riziculture sur le haut-Kapatchez ou le moyen-Soumbouya réduit la végétation à un étroit liseré, facilitant d'autant la déstabilisation des berges. Mais la face interne des forêts estuariennes n'est pas menacée par les seuls assauts de la riziculture.

• *L'exploitation salicole des zones intermédiaires*

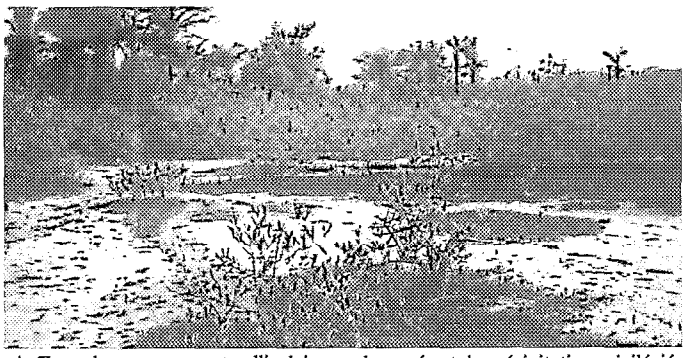
Dans les vasières d'estuaire, les zones internes (schorres) et externes (slikkes) sont rarement séparées par une discontinuité marquée du type micro-falaise. Très généralement, il existe une zone de transition correspondant à l'étage des laisses des pleines mers les plus fréquentes où le recouvrement pelliculaire par la marée favorise l'évaporation des eaux (Photo V-A, page suivante). Cette haute slikke est le lieu privilégié de précipitation des sels (halite) où la sursalure empêche toute végétation de se développer. A l'état naturel, elle forme une auréole plus ou moins discontinue dont la largeur ne dépasse jamais 150 à 200 m. Par contre, la tannification est artificiellement étendue aux dépens du reste de l'estran pour la confection artisanale du sel.

En effet, à défaut de bénéficier comme au Saloum (salines de Kaolack) de véritables efflorescences salines où le sel est cristallisé, l'extraction du sel est en Guinée une activité très extensive qui requiert de vastes superficies. Les étapes de la fabrication s'apparentent à celles qui ont été décrites pour la première fois en détail dans les lagunes béninoises (PARADIS & ADJANOHUN, 1974 ; BLASCO, 1983). La cristallisation du sel suppose l'obtention préalable d'une saumure enrichie en chlorure de sodium par le lessivage répété de la couche poudreuse ("moquette") qui recouvre le sol. Cette opération s'effectue dans des grands paniers tressés où l'on entasse le sable raclé sur la haute slikke (Photo V-F). Lorsque le tanne à moquette n'est pas assez étendu naturellement pour alimenter les batteries de paniers en sable, on l'étend artificiellement aux dépens des prairies à hydrophytes (schorre) ou des pelouses à halophytes (slikke) encadrant l'auréole sursalée (Photo V-E) ; le désherbage précède alors le raclage du sol. Une fois l'opération terminée, le sable lessivé est rejetté et amoncellé sous forme d'une butte qui, après plusieurs saisons peut dépasser plusieurs mètres (Photo V-G).

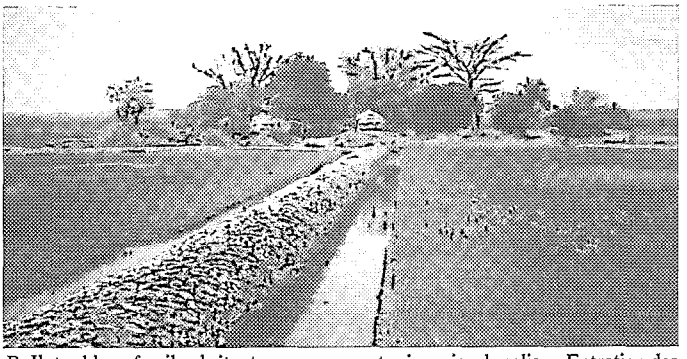
La seconde opération consiste à porter la saumure à ébullition dans des grands bacs modelés dans de la tôle galvanisée ou des fûts découpés et aplanis (Photo V-H). Le combustible employé est l'*Avicennia* qui prolifère généralement sur la partie interne de la slikke, à proximité des ateliers. Ainsi, l'extraction du sel accroît sensiblement la pression sur les peuplements riverains. Celle-ci ne saurait toutefois entrainer la disparition totale de la forêt puisque c'est là sa seule source de combustible. La confection du sel illustre aussi bien la complémentarité des différentes ressources du milieu que leur utilisation concurrente dans l'espace.

Parmi les différentes utilisations de la mangrove, l'exploitation forestière et la confection du sel relèvent des mêmes pratiques sur l'ensemble de la plaine côtière guinéenne si bien qu'elles déterminent des paysages relativement stéréotypés. En revanche, la présentation des zones de conversion rizicole a mis l'accent sur la diversité des terroirs due au rôle déterminant des conditions pédologiques. Les paysans guinéens ont su tirer parti de la diversité des sols en adaptant leurs techniques culturales et notamment le mode contrôle de l'eau aux contraintes locales.

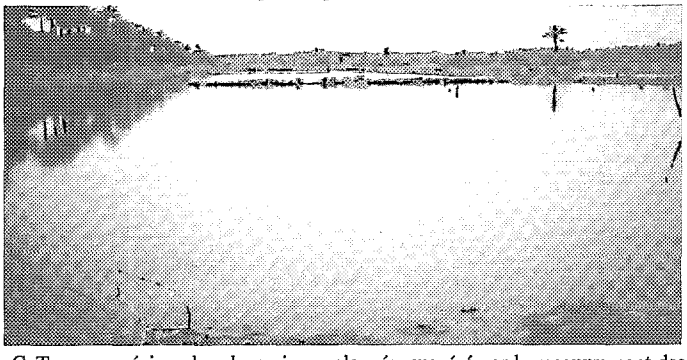
Sans s'étendre sur des pratiques culturales qui ont été déjà largement décrites (PAULME, 1956 ; PELISSIER, 1966), il est nécessaire de bien situer les systèmes de culture en présence.



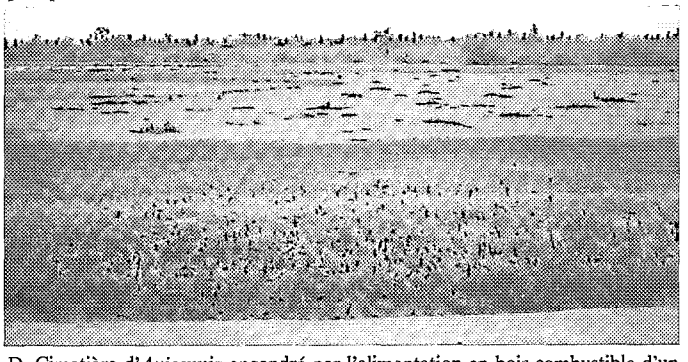
A. Zone de recouvrement pelliculaire par la marée et de précipitation privilégiée des sels : haute slikke. Densification du couvert à l'approche de la falaise morte, en liaison avec l'alimentation phréatique.



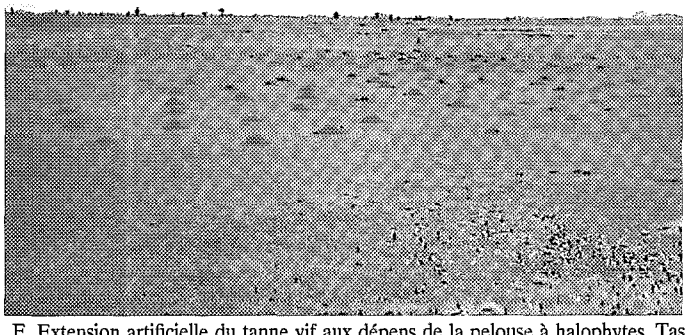
B. Ilot sableux fossile abritant un campement saisonnier de saliers. Entretien des drains et diguettes destiné à favoriser la remontée des eaux estuariennes et la précipitation des sels.



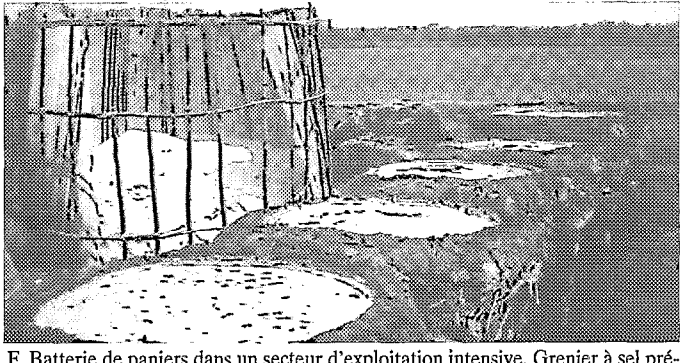
C. Tanne en régime de submersion prolongée, suggéré par le recouvrement des diguettes. Concentration locales de sel sur les parties précocement exondées (Kobassam).



D. Cimetière d'*Avicennia* engendré par l'alimentation en bois-combustible d'un atelier de saliers. Au premier plan, mares d'excavation issues des prélèvements d'eau pour le filtrage des saumures.



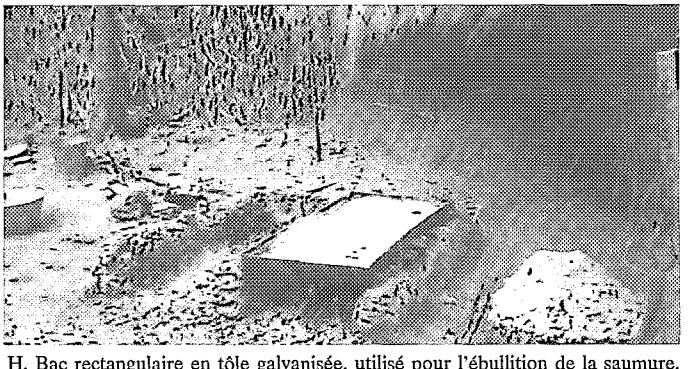
E. Extension artificielle du tanne vif aux dépens de la pelouse à halophytes. Tas de sable établis à partir du raclage de la "pseudo-moquette".



F. Batterie de paniers dans un secteur d'exploitation intensive. Grenier à sel précédant une butte de sable lessivé. Au second plan, rizières (Bokhiné).



G. Panier servant au filtrage du sable ammoncelé à l'arrière-plan. Stalactites de sel se developpant vers le réceptacle à demi-enterré de la saumure.



H. Bac rectangulaire en tôle galvanisée, utilisé pour l'ébullition de la saumure. A droite, volume de sel cristallisé, obtenu lors des précédentes fournées.

PLANCHE V : PAYSAGES ET TRAVAUX ASSOCIÉS À LA CONFECTION DU SEL

(Clichés F. BERTRAND)

1. 2. 2.
SYSTÈMES CULTURAUX ET PAYSAGES RIZICOLES

• *La riziculture endiguée et inondée : les bougounis*

C'est le type de riziculture spécifique aux populations rizicoles des "Rivières-du-Sud" (Diola, Balantes, Baga) qui est pratiqué sur les vasières estuariennes occupées à l'état naturel par la forêt de palétuviers (Fig. 7-A, page suivante). On les qualifie pour cette raison au Sénégal de "rizières profondes" et en Basse-Guinée de *bougounis*. Ce terme vernaculaire (langue soussou) désigne très exactement un champ en eau entouré de diguettes permettant le dessalement de sol puis la retention des eaux de pluies pour la croissance du riz. On l'emploie également pour désigner les seules diguettes car celles-ci constituent indiscutablement le point névralgique de ce système cultural en même temps que l'élément distinctif du paysage. Suivant la pression foncière, la superficie des *bougounis* peut varier de 4 ares (20 m x 20 m) pour les plus petits d'entre eux à plus d'1 ha. Mais leur taille avoisine le plus souvent 0,5 ha, ce qui en tout état de cause les rend parfaitement détectables par l'imagerie satellitaire à haute résolution.

Il s'agit d'une riziculture inondée où un réseau de vannes souterraines voire un simple sectionnement de la diguette permet de contrôler le niveau d'inondation de la rizière, ce, aussi bien en fin de cycle cultural pour compenser un éventuel déficit hydrique qu'en saison sèche pour lessiver les produits d'oxydation de la pyrite.

Le riz est très généralement ensemencé en pépinières au début de la saison pluvieuse (mai, juin) avant d'être repiqué à partir de la fin juillet lorsque les pluies ont déjà suffisamment rempli les casiers. Le calendrier cultural s'étale en fait sur une durée plus longue que celle de l'hivernage proprement dit car certaines variétés à cycle court sont localement récoltées dès le mois de mai tandis que des variétés tardives peuvent être cultivées jusqu'au début de la saison sèche : décembre-janvier. Mais dans tous les cas, il s'agit d'une riziculture à repiquage en sol inondé.

La période de récolte s'échelonne pour l'essentiel de novembre à début janvier. Le battage s'effectue au milieu du casier ce qui permet de recenser facilement en saison sèche, sur le terrain comme sur photographie aérienne, les rizières qui ont été effectivement emblavées (Photo VI-A, page 33).

Au total, le maillage irrégulier et étroit du parcellaire, l'aspect souvent pierreux des diguettes lié au dessèchement des mottes de vases confèrent aux *bougounis* une physionomie singulière dont le charme n'est pas sans évoquer celui de certains paysages d'enclos de l'Europe Atlantique composés de murs de pierre ou de talus. Si ces levées de terre ne relèvent pas de l'acception habituelle de la clôture, les *bougounis* ne répondent pas non plus parfaitement, selon nous, à la définition stricte de polder dont ils sont communément qualifiés (DRESCH, 1949 ; PELISSIER, 1966). En effet, le polder désigne un marais dont l'écoulement réglé artificiellement l'emporte nettement sur l'irrigation (VERGER, 1968). Or, nous venons de voir que le bon fonctionnement de ces aménagements rizicoles repose autant sur le drainage des eaux excédentaires que sur l'alimentation en eaux fluvio-marines. La Basse-Guinée comportant par ailleurs plusieurs marais de vaste étendue que l'aménagement hydro-agricole a véritablement soustrait au recouvrement par la marée, nous préférerons réserver le terme de polder à leur propos et parler simplement de casiers rizicoles pour les *bougounis*.

La répétitivité du motif diguette/parcelle de culture cache en réalité des aménagements plus ou moins perfectionnés suivant, d'une part, le degré de protection par rapport à l'envahissement direct par la mer et, d'autre part, le travail du sol. Contrairement aux aménagements de Casamance (PELISSIER, 1966), les *bougounis* ne sont pas systématiquement frangés sur leur face externe par une digue plus importante interdisant la submersion directe des casiers par les marées de vives eaux et précédant le défrichement du périmètre. Cette précaution a, semble-t-il, été abandonnée par les populations guinéennes et les seules édifications ou réfections de digue périphérique auxquelles nous ayons pu assister étaient l'oeuvre de populations Balantes, immigrées de Guinée-Bissau.

Les *bougounis* se différencient enfin selon le modelé agraire lié au mode de labour. Le labour à plat -c'est-à-dire en renversant toutes les bandes de terre du même côté- domine traditionnellement au sud du Rio Pongo où ce travail s'effectue avec une houe légère, le *katamba*. Le labour en banquettes mais surtout en billons à l'aide d'une grande bêche (*le kofi*) est surtout pratiqué dans le nord de la plaine côtière par les populations Baga et Balantes : les bandes de terres sont adossées de chaque côté d'un sillon profond où les sels et les oxydes peuvent facilement être lessivés. Ce billonnage est suivi après la récolte du recouvrement des sols par la paille (mulching). La corrélation entre le billonnage et la qualité du tallage démontre qu'il s'agit, en l'absence d'engrais, du meilleur procédé pour conserver la fertilité des sols de mangrove. Malheureusement, seuls les riziculteurs Balantes en ont préservé l'usage systématique si bien que l'optimisation du rendement des *bougounis* parait désormais subordonnée à l'emploi de cette main d'oeuvre migratoire.

• *La riziculture submergée non endiguée*

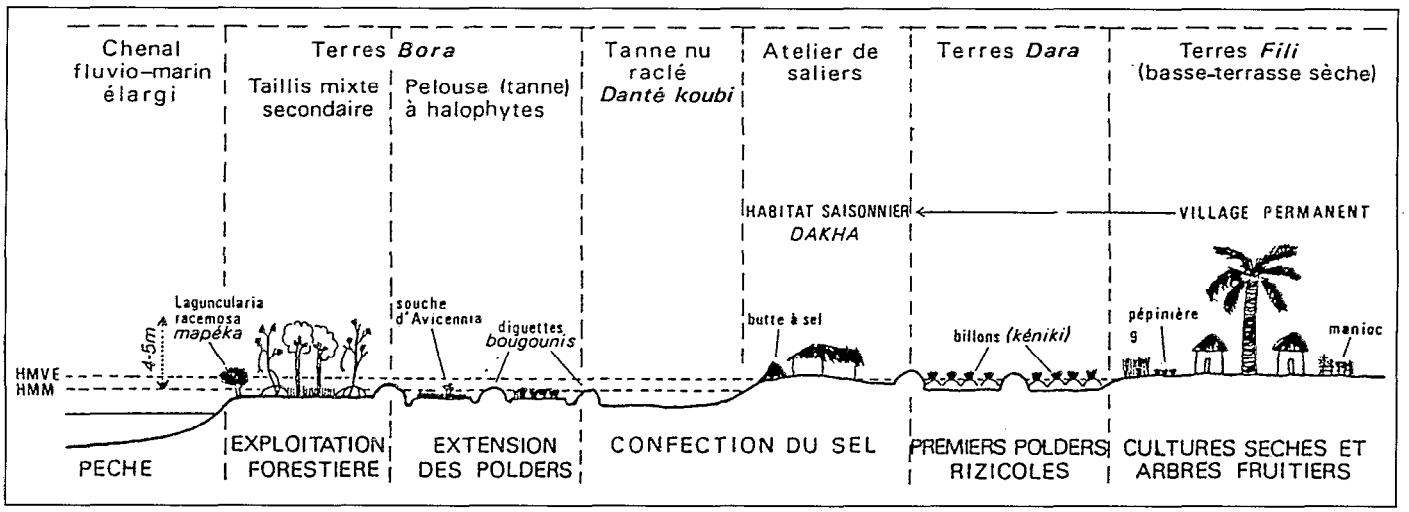
Dans la partie amont des estuaires où le volume du prisme d'eau douce atténue sensiblement la salinité des eaux libres et phréatiques, le dessalement des sols n'est plus nécessaire. Les diguettes perdent d'autant plus leur utilité que le lit majeur constitue un réceptacle naturel pour le stockage des eaux de pluie et des eaux de débordement. C'est le domaine des rizières "ouvertes" (Planche VII, page 34), non clôturées par des diguettes par opposition aux *bougounis* qui apparaissent "fermés" (Fig. 7-B, page 32).

Dans la mesure où l'espace est moins morcellé que sur les vasières estuariennes et que la croissance du riz n'est plus seulement tributaire des eaux pluviales, le repiquage perd également de son utilité : le riz est semé le plus souvent directement.

Le problème essentiel réside dans l'adaptation des semences au rythme de la crue car il n'existe en Basse-Guinée aucun ouvrage régulateur des débits. En suivant le rythme de la submersion, les paysans sèmeront d'abord à sec un riz flottant à cycle long, le *baga malé*, dont la tige s'allonge au fur et à mesure de la montée des eaux, puis éventuellement un riz demi-flottant en cas de montée régulière et ménagée des eaux.

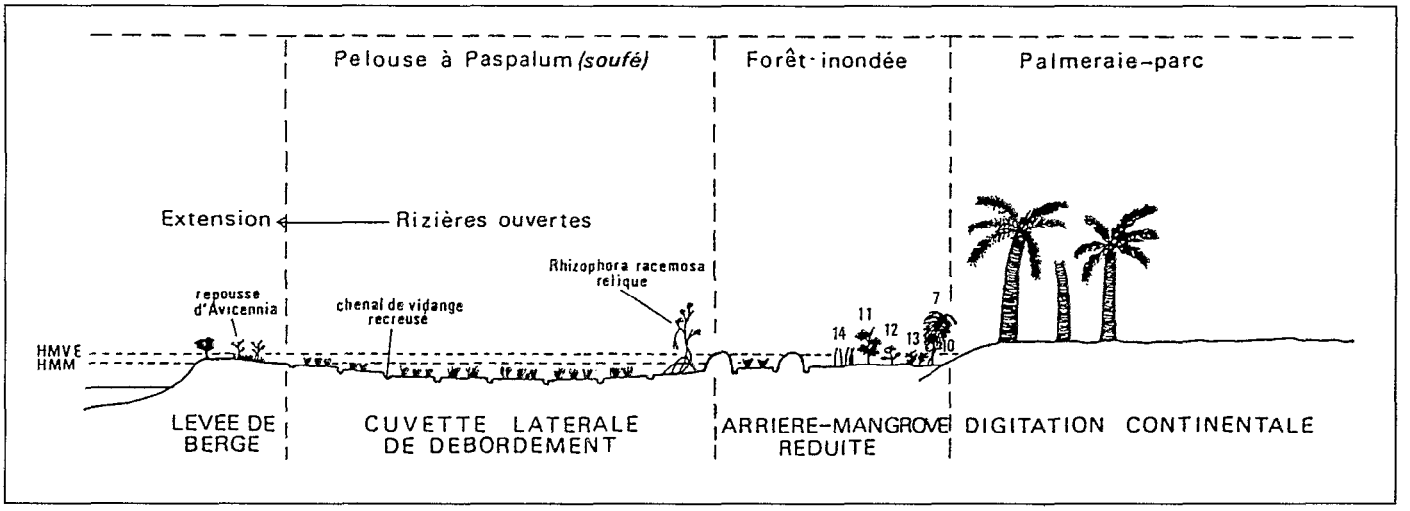
Ces deux cultures peuvent se compléter lors de la décrue par le repiquage en sol submergé de variétés chinoises à cycle court qui

HMVE : Hautes Mers de Vives Eaux
HMM : Hautes Mers Moyennes



Espèces graminéennes : 9.*Pennisetum purpurum, Andropogon sp., Imperata cylindrica.*

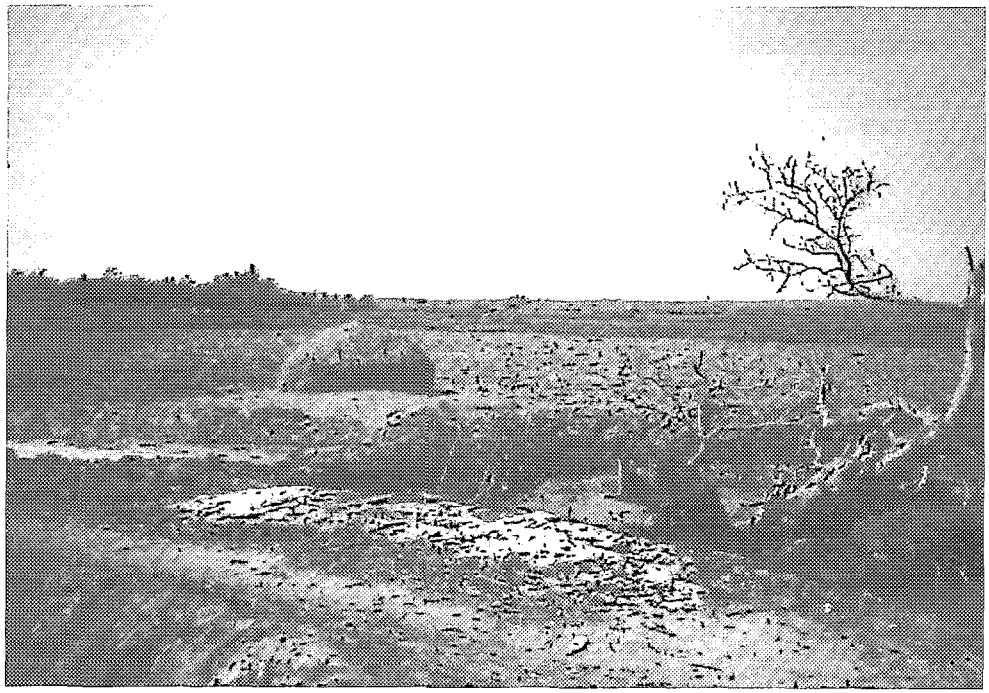
FIG. 7-A : RIZICULTURE EN CASIERS ET RIZICULTURE SÈCHE DES PARTIES AVAL ET CENTRALE DE LA PLAINE



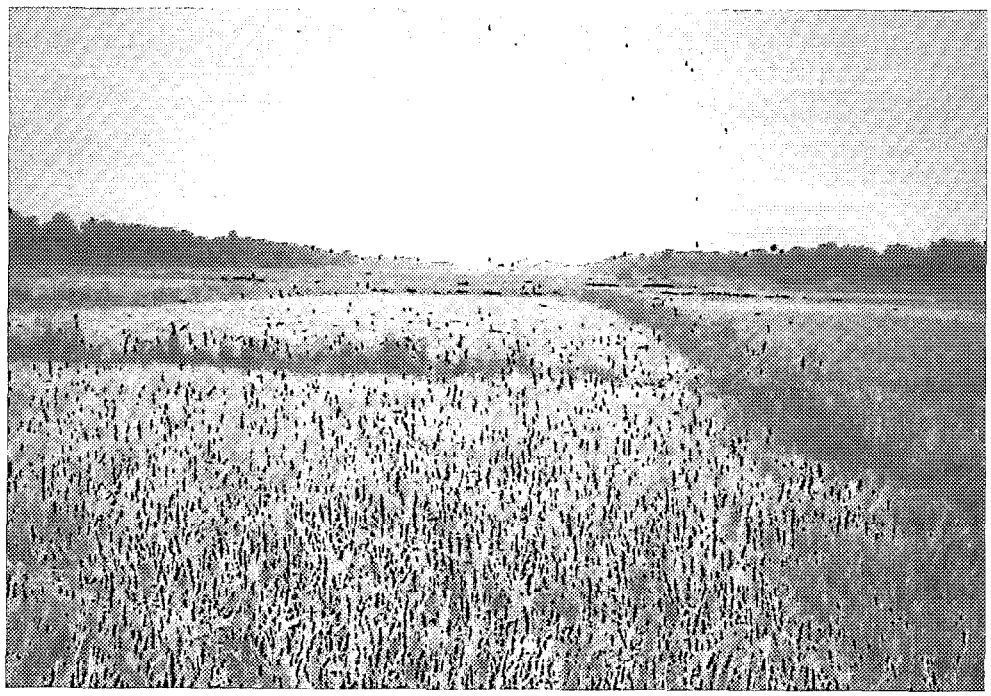
Hydrophytes : 7. *Raphia gracilis* - 10. *Banisteria leona* - 11. *Drepanocarpus lunatus* -
12. *Echinocloa pyramidalis* - 13. *Acrostichum aureum* - 14. *Cyperus articulatus* -

FIG. 7-B : RIZICULTURE SUBMERGÉE NON ENDIGUÉE DES PARTIES AMONT DE LA PLAINE

FIG. 7 : L'ADAPTATION DES SYSTÈMES CULTURAUX AUX VARIATIONS TRANSVERSALES DES CONDITIONS HYDRO-MORPHOLOGIQUES



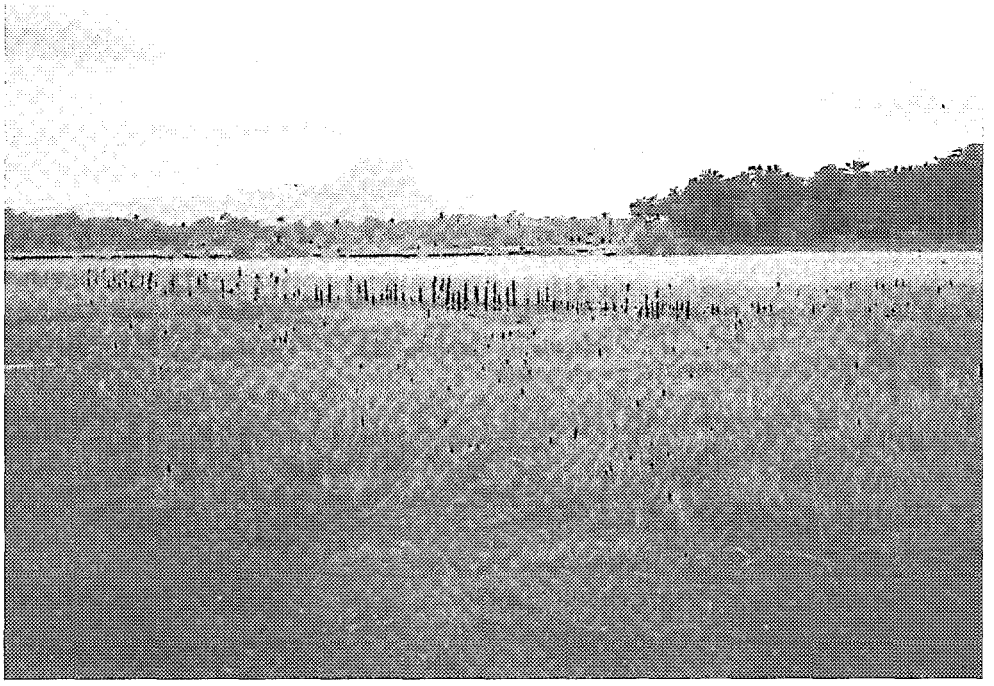
A. Vasière à *Avicennia* convertie en *bougounis* (Sonfonia). Maillage irrégulier du parcellaire et aspect pierreux des diguettes de vase. Forte intensité d'emblavement indiquée par la fréquence des aires de battage et des huttes d'abri. A gauche, rideau protecteur d'*Avicennia*.



B. Vasière à *Avicennia* convertie en polder (Koba). Maillage régulier du parcellaire. Surélévation à peine marquée des diguettes car l'inondation est contrôlée au niveau de l'émissaire principal de la plaine. Palmeraies soulignant les cordons sableux encadrants.

PLANCHE VI : LES PAYSAGES DE RIZICULTURE ENDIGUÉE ET INONDÉE

(Clichés F. BERTRAND)



A. Rizières "ouvertes" avant moisson (haute-Sarinka). Densité et continuité remarquable des semis dues à l'absence de diguettes et au semis direct. A l'arrière-plan : contreforts gréseux du Fouta dominant la palmeraie-parc. Au premier plan : berge à *Paspalum* colonisée par *Avicennia* (Novembre 1985).



B. Zonation caractéristique des rives concaves de méandre (haute-Sarinka) : emblavement des bourrelets de rive et reconquête des cuvettes par *Rhizophora.* Au premier plan, berge cuirassée ensemancée de jeunes plantules d'*Avicennia* apportées par la marée.

PLANCHE VII : LES PAYSAGES RIZICOLES D'ESTUAIRE SUPÉRIEUR

(Clichés F. BERTRAND)

seront récoltées au coeur de la saison sèche. Mais cette culture de contre-saison semble se limiter au cours amont du Kapatchez : plaines de Songolon et de Singuila (LOQUAY, 1989) ainsi qu' à la plaine du Kitali.

Le paysage de la riziculture submergée n'est pas frappé d'une empreinte humaine aussi marquée que celui des *bougounis*. Le modelé agraire est peu différencié dans la mesure où le labour à plat est prédominant. Il n'est certes pas rare de rencontrer dans les parties les moins bien drainées des labours en planches liés au reprofilage des chenaux évacuateurs. Mais la profondeur de ces fossés n'excède pas une vingtaine de centimètres et, surtout, la vase extraite n'est jamais utilisée pour dresser une levée si bien que l'impression de planitude domine. En se limitant à la valeur descriptive de l'expression, on peut parler globalement d'un paysage de champs ouverts. Mais l'absence de levées ne signifie pas pour autant que la végétation originelle ait partout complètement disparue. Quelques pieds, voire des bosquets de *Rhizophora*, sont localement conservés comme sur le haut-Konkouré pour marquer les limites des parcelles d'exploitation. Sans qu'il s'agisse à proprement parler d'un paysage arboré, il n'en demeure pas moins que l'arbre constitue dans ces paysages rizicoles plutôt monotones le seul élément manifeste de différenciation.

A la différence de la riziculture en casiers type *bougouni*, la riziculture inondée non endiguée n'est pas originale à la Basse-Guinée, pas plus qu'à la "civilisation" des "Rivières-du-Sud" pour employer un concept étendu à cette région par P. GOUROU. Ce paysage s'est développé à une échelle beaucoup plus vaste dans les grands deltas sud-asiatiques de la Chaopraya (partie occidentale de la plaine de Bangkok), de l'Irrawady et du Mékong qui constituent les principaux greniers à riz du monde tropical. Pour se cantonner à ce qu'on pourrait appeler "l'échelle africaine" des aménagements rizicoles littoraux, un rapprochement avec Madagascar serait sans doute plus pertinent. Les parties internes des plaines du pays Betsimisaraka, les vallées du Sud-Est et les plaines de la basse-Betsiboka conservent de larges secteurs où l'absence de contrôle de l'eau conduit à des procédés culturaux extensifs, parmi lesquels la culture de décrue ou le semis direct à la volée (LE BOURDIEC, 1974). Une riziculture à faible niveau de technicité a également été décrite dans le delta de la Tsiribihina (LEBIGRE, 1987).

Dans ces régions comme en Basse-Guinée, le caractère extensif du système de culture par submersion, c'est-à-dire la faiblesse des moyens de production engagés par rapport au système des casiers rizicoles, ne signifie pas pour autant que le rendement annuel des rizières ouvertes soit inférieur à celui des *bougounis*. La production conjuguée de deux, voire trois récoltes annuelles en "système ouvert" peut égaler et même dépasser l'unique récolte obtenue en "système *bougouni*". Pour des paysanneries préoccupées au premier chef par la rémunération du temps de travail investi, la véritable opposition entre ces deux systèmes de riziculture provient de leur différence de productivité. Dans la mesure où les travaux rizicoles dans le système "ouvert" sont à la fois davantage concentrés dans le temps et objectivement moins fastidieux que la confection et l'entretien des *bougounis*, leur productivité paraît plus forte aux yeux des paysans. Ce critère devrait sans doute être pris en compte dans toute stratégie de développement agricole pour la plaine côtière guinéenne.

Bien que son rendement et sa productivité soient inférieurs à ceux des deux types de riziculture dont il vient d'être question, il importe de tenir compte d'un dernier système de culture rizicole que l'extension en dehors des vasières proprement dites n'exclue pas pour autant du conditionnement dynamique des mangroves.

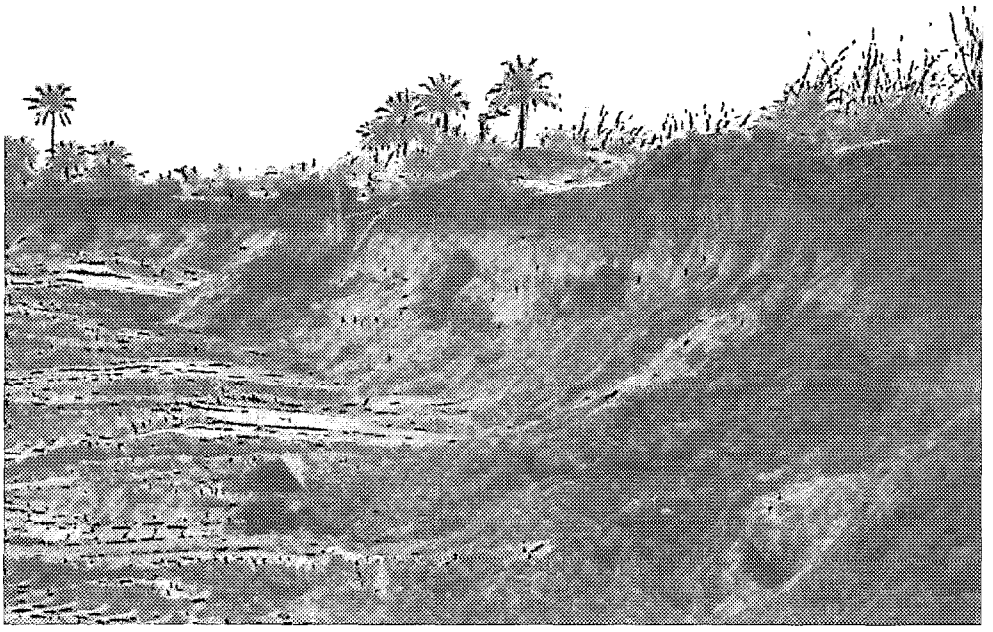
• *La riziculture pluviale sur terres sèches*

La riziculture en milieu de mangrove est essentiellement aquatique. Toutefois, dans les parties échappant au recouvrement estuarien ou à l'inondation pluviale, il est possible de pratiquer une riziculture dite "sèche", c'est-à-dire sans immersion des semis. Cette facette écologique n'a pas décrite à propos des conversions rizicoles de mangrove car elle recouvre des sols dont la pédogénèse a, soit, dépassé largement le stade d'évolution des sols sulfatés acides, soit, évolué de façon totalement indépendante de la mangrove.

Topographiquement, ces plaines sèches (terres *Fili* et *Dara dantafangui* en soussou) forment des terrasses plus ou moins bien individualisées raccordant les vasières à mangrove (*sensu lato*) aux digitations ou aux lambeaux insulaires du piémont : Kabak, Kakossa, Bramaya, haut-Kapatchez. On rencontre également des fragments de terrasse isolées au milieu des vasières estuariennes : Konobon dabondi, Bagasouri. L'existence de plusieurs niveaux de terrasses est très difficile à établir sur le terrain car la continuité topographique l'emporte toujours nettement sur l'étagement des formes, ce qui justifie a posteriori l'expression de zone de transition qui a pu être employée à leur propos (HARZA, 1967).

A défaut d'étagement suggestif et de datation absolue, les seules indications stratigraphiques émanent du type d'évolution pédogénétique et éventuellement de la végétation (Photo VIII-A, page 36). Au delà de la variété des faciès rencontrés, ces sols sableux se distinguent des sols de mangrove par leur forte perméabilité. Celle-ci commande un régime hydrologique commandé par les fluctuations de la nappe phréatique.

Dans ces conditions, la riziculture (comme l'ensemble de la végétation) dépend non plus tant du ruissellement que de la profondeur de la nappe. La diguette ne constitue donc pas la base du système de culture. Pourtant il n'est pas rare de rencontrer, comme sur les plaines de Mamasouka-Soko et de Bambadia (Kabak-centre) un réseau plus ou moins lâche de diguettes basses. Mais ces diguettes ne matérialisent pas les limites d'un plan de submersion. Elles ont pour simple fonction de stocker des eaux pluviales afin de compléter les ressources phréatiques. En effet, l'abaissement rapide de la nappe en fin d'hivernage risque de priver le riz de l'eau nécessaire pour achever sa maturation. Il est donc nécessaire de ne gaspiller, ni l'eau des nappes affleurantes, ni celle des pluies s'abattant en fin de cycle cultural. Le système de riziculture sèche est, en définitive, extrêmement aléatoire car son rendement est lié, beaucoup plus que dans les deux systèmes précédents, à la variabilité de la pluviométrie. La discontinuité des aires de cultures traduit le caractère de "culture-loterie" de la culture du riz sec. Dans les secteurs laissés longtemps en jachère, voire abandonnés, il devient difficile de déterminer si l'on est encore en face d'un paysage rural ou, plus indistinctement, d'une formation herbeuse de type graminéen.



A. Terrasse entaillée au bulldozer (carrière de Singuilin). Sol sableux peu évolué, d'apport alluvial à faciès ferrugineux dans l'horizon de battement de la nappe (stade du "pain d'épice"). Sols pauvres en matière organique, couverts d'une prairie graminéenne à *Elaeis* dispersés.



B. Surface carbonisée de terrasse sableuse (île de Kakossa) Au premier plan, touffes cespiteuses d'*Hyparrhenia* et jachère épargnées des feux. A l'arrière-plan, alignement d'*Elaeis* soulignant un vieux cordon fossile.

PLANCHE VIII : SUBSTRAT ET PAYSAGE DE LA RIZICULTURE "SÈCHE"

(Clichés F. BERTRAND)

1. 3. LES LIMITES D'UNE CLASSIFICATION FONDÉE SUR LE RÉGIME D'INONDATION

Qu'il s'agisse des groupements végétaux, des utilisations de la mangrove ou des différents systèmes de riziculture, les ressources comme les activités ne peuvent être définies sans faire invariablement référence au régime d'inondation du site où elles sont localisées. Les classes d'inondation constituent donc a priori la trame idéale pour une classification des mangroves. Pourtant, le concept de classe d'inondation souffre d'un certain nombre d'imprécisions liées, d'une part, à une intégration approximative des différentes unités naturelles et, d'autre part, à l'altération de la zonation de ces unités par l'homme.

1. 3. 1. L'INTÉGRATION APPROXIMATIVE DES DIFFÉRENTS ASPECTS DU MILIEU

• *Une expression topographique incertaine*

Séparer les unités physionomiques suivant le régime d'inondation suppose implicitement que des limites d'inondation soient clairement exprimées par des discontinuités spatiales perceptibles sur le terrain ou à distance (télédétection *sensu lato*). Les seules discontinuités topographiques sont les ruptures de pente séparant des niveaux altimétriques distincts. Malheureusement, la faible amplitude des dénivellations et leur masquage par la végétation empêchent le plus souvent de distinguer ces niveaux sur photo aérienne. Par ailleurs, les points cotés trop espacés et l'équidistance des courbes de 10 m n'apportent guère d'information sur la zonation altitudinale des différentes facettes écologiques de la mangrove dans la tranche de 0 à 6 m où elles se répartissent (d'après les cartes IGN au 1/50.000). Dans l'impossibilité de procéder à un nivellement systématique, on est donc réduit à rechercher de visu les ruptures de pente susceptibles de modifier les conditions écologiques stationnelles.

Mais dans une plaine de progradation comme la plaine côtière guinéenne, la progression des atterrissements vaseux a plus pour effet de gommer les irrégularités topographiques que de les renforcer ! Aussi les ruptures de pente se cantonnent à des formes d'érosion d'extension locale. Les dénivellations les plus accusées sont celles qui séparent les cordons sableux qui ont récemment été fossilisées par des vasières. Ces ruptures de pentes d'échelle plurimétrique sont héritées d'une période où la forte énergie des vagues était plus propice à l'édification de cordons sableux qu'à la décantation des particules fines. La conservation de ces modelés en font des discontinuités essentielles du milieu mangrove : les cordons fossiles constituent à la fois des lignes de partage des eaux et la base d'ancrage pour des conversions rizicoles du type polder. Si les ruptures de pente les plus spectaculaires se rencontrent toujours à l'emplacement des rivages anciens ou actuels (cf. § 3.1.4.), les vasières estuariennes peuvent également présenter des talus significatifs.

Les bourrelets de berge façonnés et entretenus par les débits à plein bords en sont la forme la plus achevée. Il est frappant de constater que la répartition de la végétation est toujours plus tranchée sur les rives concaves que sur les rives convexes où la diminution des courants empêche la morphologie en cuvette de s'affirmer. Ici encore, l'expression des limites d'inondation est subordonnée à l'occurrence de forme d'érosion dans un contexte général dominé par la sédimentation.

Les ruptures de pente à l'interface slikke / schorre sont plus difficle à observer, d'une part nous l'avons dit, parce qu'elles cèdent souvent la place à une haute slikke en accrétion et, d'autre part, en raison des modifications du substrat occasionnées par les conversions rizicoles. En outre, les discontinuités topographiques ne sont perceptibles souvent qu'en fonction des discontinuités du couvert végétal.

Si l'on fait abstraction des secteurs aménagés, les véritables ruptures de pentes n'apparaissent que dans les vasières en érosion où le recul des têtes de chenaux provoque le sapement des parties internes : le meilleur exemple est celui des cuvettes de submersion de Tabounsou dont s'inspire la figure n°8, ci-dessous.

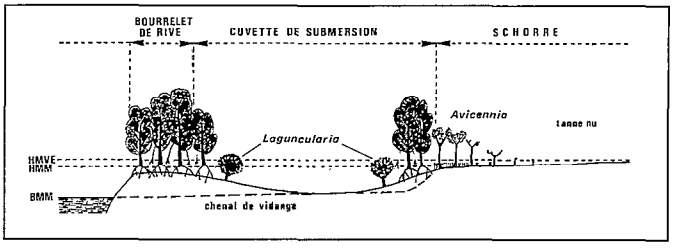


FIG. 8 : DISTRIBUTION DE LA VÉGÉTATION AUTOUR DES CUVETTES DE SUBMERSION

La limite entre groupements végétaux ne se situe pas à la base du talus mais plutôt à la limite du replat qui lui succède en amont où les peuplements fermés cèdent la place à des peuplements ouverts dégénérescents. En fait, nos observations tendent à suggérer que la limite d'inondation la plus significative au plan de l'écologie de la mangrove se situe toujours au sommet de la haute slikke. C'est là que le rythme d'inondation se modifie réellement alors que la haute slikke s'inscrit dans le prolongement topographique et surtout hydrologique de la slikke inondée quotidiennement. Mais seuls des chenaux hiérarchisés et doués d'une forte compétence (1) peuvent générer une rupture de pente significative au sein d'une vasière. Or, la plupart des vasières estuariennes sont drainées par des chenaux élémentaires incapables de modeler des formes d'érosion.

Force est donc d'admettre que les limites d'inondation correspondent très généralement à des limites de sédimentation et non d'érosion.

(1) Aptitude d'un cours d'eau à prendre en charge des éléments solides

Aussi, seules les modalités d'extension du schorre par accroissement latéral aux dépens de la slikke nous paraissent rendre compte des limites d'inondation au sein des vasières estuariennes. L'étude des tannes est à cet égard riche d'enseignements. La netteté du contact entre la mangrove et les tannes en expansion traduit une modification brutale du régime d'inondation que l'on peut difficilement expliquer autrement que par un raidissement de la pente provoqué par l'accroissement latéral du schorre. A contrario, le contact diffus entre les peuplements pionniers et les tannes résiduels sous-tend que l'élévation topographique est graduelle et, en tous cas, que la pénétration de la marée n'est pas contrariée par l'extension latérale du schorre. Cette zone de transition s'apparente alors à une haute slikke, qui, dans certains cas, peut s'étendre à toute la partie centrale d'une vasière, mais dont les limites internes et externes sont en tout état de cause très difficiles à déterminer.

L'intervention de l'homme complique encore, nous le verrons, la question (cf. § 1.3.2.).

• *Les discordances entre groupements végétaux et classes d'inondation*

Classer les mangroves d'après leur régime d'inondation suppose que les aspects morphopédologiques et végétaux soient spatialement intégrés dans des classes d'inondation. Malheureusement, la concordance des unités liées aux différents aspects du milieu est loin d'être systématique dans la mesure où elles peuvent recouvrir des superficies très variables et différentes les unes des autres. L'intervention de l'homme n'est pas forçement à l'origine de ces disparités spatiales.

L'exemple le plus spectaculaire est celui des groupements à *Avicennia*. Les ceintures monospécifiques des fronts de mer de Monchon et de Koba s'étendent sur plusieurs dizaines de kilomètres carrés et recouvrent plusieurs classes d'inondation sans que la physionomie du couvert en soit forcément affectée. Ces unités de végétation sont sans commune mesure avec les groupements à *Avicennia* des hautes slikkes estuariennes qui couvrent au maximum quelques hectares.

Sans présenter des ordres de grandeur aussi contrastés, les groupements à *Rhizophora* intéressent des superficies très variables. Rien de commun entre les étroites galeries que l'on rencontre sur le front des grands deltas et les massifs forestiers qui couvrent les méandres des parties amont, comme l'illustre la figure n° 9 inspirée d'observations effectuées sur le Rio Pongo. Dans le premier cas (Fig. 9-A), le groupement se cantonne à une surélévation riveraine de la slikke tandis que, dans le second cas (Fig. 9-B), il s'élargit à l'ensemble de la slikke et peut recouvrir des zones internes en voie d'exondation (schorre). Le groupement est alors discordant sur plusieurs classes d'inondation.

Le concept de classe d'inondation devient inopérant dans les formations d'arrière-mangrove. En effet, l'inondation des marais d'eau douce ne dépend plus, comme leur nom l'indique, de la pénétration de l'onde de marée, mais exclusivement du volume et de la répartition des pluies. Or, le rythme et l'irrégularité des crues pluviales rendent extrêmement fugitives les limites d'inondation. Aussi bien, plus encore qu'en zone de mangrove, les passages entre les différents types de végétation spécialisés sont très difficiles à cerner et s'expriment toujours par des faciès de transition. Il ne saurait donc question dans les marais d'arrière-mangrove de définir des limites végétales concordant avec des limites hydrologiques strictes.

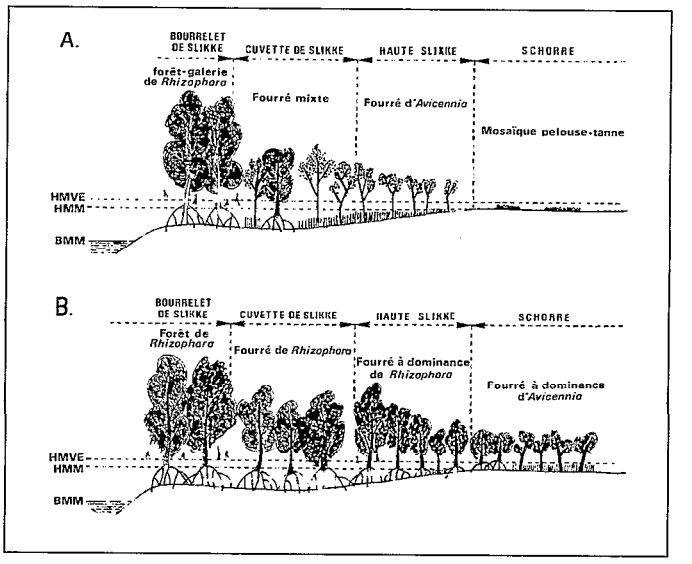


FIG. 9 : CORRESPONDANCES ENTRE ZONES DE VÉGÉTATION ET CLASSES D'INONDATION

A : Concordance approximative, B : Discordance

En définitive, tous ces exemples de discordance entre, d'une part, les limites biogéographiques et, d'autre part, les limites d'inondations expriment une donnée hydrologique fondamentale des mangroves guinéennes, à savoir : la précarité de leur régime d'inondation.

• *L'instabilité des limites naturelles d'inondation*

La précarité du régime d'inondation est liée aux variations du rythme de recouvrement par les eaux fluvio-marines. Il induit une fragilité du statut écologique des formes de végétation associées.

Comme le soulignait F.VERGER (1971), "l'originalité des marais maritimes réside dans la discordance entre les places qu'occupent leurs formes dans l'échelle des temps et dans l'échelle des superficies". Dans les marais maritimes tropicaux, cette remarque s'applique aussi bien au substrat qu'à la mangrove proprement dite et se traduit essentiellement par des phénomènes de translation des ceintures végétales provoqués par les variations de courte durée du niveau de recouvrement par la marée. Ceci a été décrit avec minutie dans les mangroves sénégambiennes (BLASCO, 1983). En Guinée, il semble qu'il puisse rendre compte de la répartition parfois surprenante des formes de mortalité ou de régénération.

En effet, certaines rives d'estuaire, notamment dans le delta du Rio Pongo, sont bordées de grands *Rhizophora* défeuillés que l'on ne s'attend pas à rencontrer en pareille position dans la mesure où ils se localisent généralement sur la rive interne et non externe de la slikke. Ces véritables squelettes sur pied, qui rappelent les dégats occasionnés par les pluies acides dans les pessières de nos latitudes tempérées, comptent parmi les paysages de mangrove les plus énigmatiques qu'il nous ait été donné de rencontrer (Photo I-B, page 19).

Le caractère très localisé de ces dépérissements rend peu vraisemblable l'hypothèse d'une pollution dont on serait en mal de définir l'origine. Une intervention de l'homme ne peut pas davantage être invoquée étant donné l'éloignement des foyers de consommation et l'absence d'indice d'exploitation.

L'explication la plus vraisemblable réside alors dans une modification du régime d'inondation et, plus précisément dans les cas que nous avons observés, à une diminution brutale des temps de submersion dont l'origine est à rechercher, nous le verrons, dans l'évolution morphodynamique des rives d'estuaire (cf. § 3.1.2.). Nous remarquerons simplement ici que la perturbation de l'équilibre morphodynamique peut modifier la classe d'appartenance d'un peuplement riverain soustrait localement à un recouvrement quotidien par la marée, comme l'illustre la figure 10-A, ci-dessous.

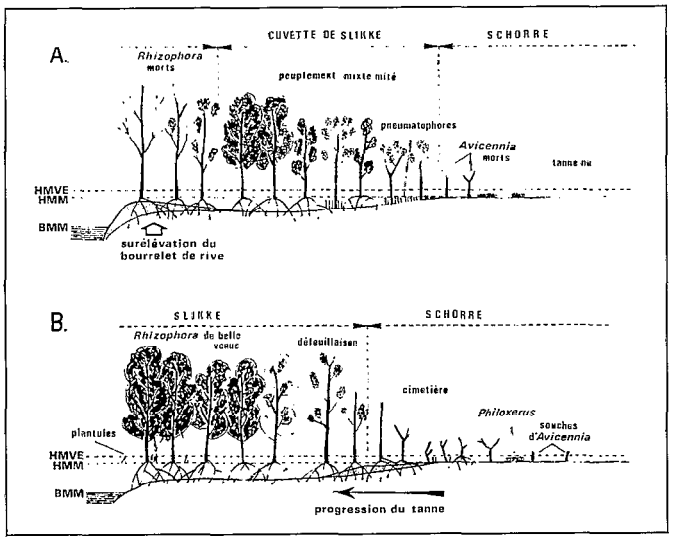


FIG. 10 : LES DÉPÉRISSEMENTS FORESTIERS LIÉS A LA DIMINUTION DE LA DURÉE GLOBALE DE SUBMERSION

A : Dépérissement riverain par surélévation du bourrelet de rive.
B : Dépérissement interne par progression latérale du tanne.

Les modifications les plus étendues du régime d'inondation se produisent à l'interface slikke/schorre. Les cimetières d'*Avicennia* ou de *Rhizophora*, liés à la progression des tannes vers les rives d'estuaire, sont des paysages beaucoup plus courants que les dépérissements riverains (Fig. 10-B, ci-dessus).

Leur contact avec les peuplements de bonne venue est, rappelons-le, souvent bien marqué. Ceci provient du fait qu'en dépit d'une tendance générale au retrait, la position des laisses de pleine mer ne s'écarte jamais beaucoup de celle de la haute slikke en accrétion. La translation des ceintures végétales suit, ainsi, le retrait linéaire des limites d'inondation.

A l'inverse, les fronts de colonisation, liés à une pénétration de l'onde de marée, présentent des limites assez floues car le régime d'inondation s'y modifie graduellement. En l'absence d'une haute slikke, la position des laisses de pleine mer oscille largement suivant les fluctuations du marnage. Aussi bien, la durée d'inondation n'augmente pas uniformément sur toute l'étendue de la zone submergée. Les variations spatiales du recouvrement par la mer, amplifiées éventuellement par les irrégularités topographiques de l'ancien schorre, déterminent une progression diffuse des limites d'inondation vers les zones internes et une dispersion des semis d'*Avicennia*. L'opposition des classes d'inondation s'en trouve naturellement estompée.

Les vasières de front de mer constituent un cas limite où la détermination de ces classes est rendu impossible par le déplacement continuel de l'interface slikke / schorre. L'identification des limites sur le terrain, si elle est utile pour la compréhension des processus élémentaires, n'offre que peu d'intérêt pour un inventaire cartographique des mangroves, dans la mesure où le temps qui sépare ce relevé de la date d'obtention des données aériennes ou spatiales suffit pour que les limites d'inondation se soient largement déplacées. De plus, la plasticité écologique des *Avicennia* leur permet de se maintenir en dépit de conditions d'inondation changeantes, si bien qu'à l'instabilité endémique des limites de classes, s'ajoutent de nombreux cas de discordance entre classes d'inondation et classes de végétation.

Ceci nous renvoit à une constatation plus générale, à savoir que les modifications du régime d'inondation peuvent avoir un impact différé sur l'évolution de la végétation et des sols.

• *L'impact parfois différé des modifications du régime hydrique*

Comme tous les individus de la biosphère, les palétuviers peuvent s'affranchir un certain temps, et sous certaines conditions, des changements de l'environnement, voire de subsister malgré des conditions défavorables. Le ralentissement du métabolisme et l'arrêt de la reproduction sont les premiers stigmates d'un déséquilibre entre un peuplement de palétuviers et son milieu. La défeuillaison signale le début réèl du dépérissement qui peut se poursuivre ensuite, comme dans le cas de cimetières d'*Avicennia*, par une désagrégation des tissus ligneux. Compte tenu de la résistance de cette espèce, ce stade de dépérissement signale, en général, une diminution radicale et déjà ancienne de la durée d'inondation par la marée.

Mais la durée de subsistance de certains peuplements reliques est parfois stupéfiante. C'est le cas de certaines galeries de *Rhizophora* signalant dans des plaines colmatées les tracés d'anciens chenaux. Quelle surprise de rencontrer dans la plaine septentrionale de Koba, une forêt-cathédrale de *Rhizophora harrisonii* atteignant une hauteur de 26 m (Fig. 42, page 114).

Le colmatage, apparemment naturel du chenal, a rejeté la limite atteinte par le flot loin en aval. Après résorption des eaux de pluies, ce peuplement reste exondé pendant toute la saison sèche tandis que des concentrations salines apparaissent à sa lisière. Des prélèvements effectués sous un peuplement similaire situé légèrement en aval (AUBRUN & MARIUS, 1985) ont révélé une conductivité de 30 micromhos/cm, donc à peine inférieure à celle de l'eau de mer (1). On conviendra que la pérennité de ces peuplements ne peut donc être attribuée à une désalinisation notable du substrat. L'ancienneté de ce peuplement relique se trouve confirmée par les couvertures aériennes de 1966 et de 1951 et leur comparaison avec

(1) La conductivité moyenne de l'eau de mer est 46 micromhos/cm (pour 35, 8 gr de sels dissous par litre).

la couverture la plus récente (1987) laisse même deviner une légère extension !

Force est d'admettre que cette mangrove a bénéficié d'une source d'approvisionnement en eau autre que le flot de la marée. Les études pédologiques suscitées par les aptitudes agricoles de la plaine de Koba (KAWALEK, 1977) ont livré des résultats qui nous portent à penser que ce peuplement épargné des défricheurs a profité, pour survivre, d'une alimentation en eau de type phréatique. En effet, ces études ont montré que les sols de la plaine de Kabonto étaient des sols organiques, marque de leur ancienne couverture végétale. Leur aspect tourbeux leur confère une porosité élevée se traduisant par une grande perméabilité. Il est très vraisemblable que cette perméabilité a permis à la marée de maintenir son influence loin en amont de la tête du Kabonto et de maintenir les sols à un niveau d'hydratation suffisant pour compenser les pertes subies par évapotranspiration durant la saison sèche. Autrement dit, la capacité de ces galeries reliques de *Rhizophora* à résister à une dégradation des conditions d'inondation serait liée à la texture particulière de leurs sols.

Ce type de peuplement trouverait difficilement sa place dans une classification fondée sur les classes d'inondation communément reconnues. Cela ne signifie pas que le déterminisme du régime hydrologique doive être remis en cause mais simplement qu'il est impossible d'en restreindre l'acceptation au seul régime superficiel de l'écoulement. Les effets de l'inondation phréatique sont parfois aussi importants. Nous aurons l'occasion d'y revenir à propos des formations marécageuses d'arrière-mangrove où la distribution des types biologiques obéit exclusivement aux réserves hydriques dont dispose le sol.

Ces nombreux exemples montrent qu'en définitive l'intégration des aspects végétaux, pédologiques et géomorphologiques est loin d'être toujours réalisée dans les unités taxinomiques élémentaires que constituent les classes d'inondation, et que celles-ci se dérobent parfois à l'identification. Cette limite à l'application du concept de classe d'inondation trouve son origine, nous le verrons, dans l'instabilité morphodynamique des mangroves guinéennes, dont un des effets les plus originaux est d'occasioner de nombreux décalages entre l'évolution du substrat et celle de la végétation. On comprend, dans ces conditions, que l'intervention des hommes puisse être décisive.

1. 3. 2. UNE ZONATION NATURELLE SOUVENT ALTÉRÉE PAR LES AMÉNAGEMENTS

• *La régression artificielle des limites d'inondation*

La zonation naturelle des estrans constitue la trame de départ des aménagements (cf. § 1.2.1.). Mais contrairement à ce qui se passe dans les marais tempérés, les limites naturelles d'inondation sont susceptibles ensuite de se déplacer en deçà de leur position naturelle (régression).

Sur les vasières estuariennes, il arrive que la conversion des schorres (terres *dara*) en *bougounis* s'arrête précisément à la marge externe du schorre en respectant les suggestions du milieu naturel. Cette concordance perdure tant que les rizières de schorre suffisent à l'autosuffisance alimentaire des populations riveraines. Mais, dès lors que le besoin en terres s'accroît, les paysans n'hésitent pas à étendre leurs casiers rizicoles aux dépens des slikkes forestières (terres *bora*) et à refouler d'autant la limite quotidienne d'inondation.

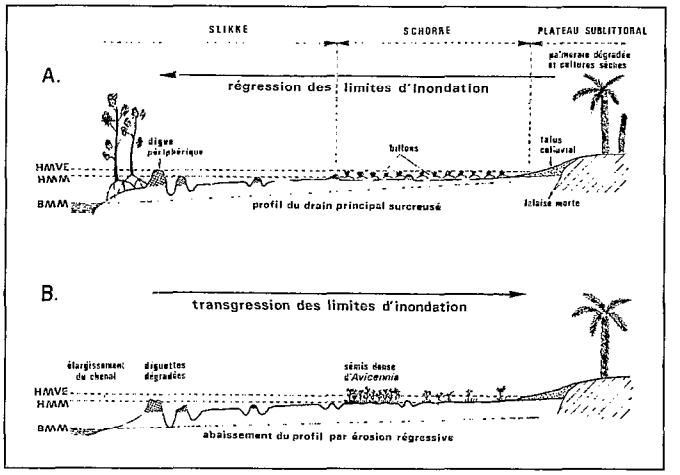


FIG. 11 : AMÉNAGEMENTS ET DÉPLACEMENTS DES LIMITES D'INONDATION

A. Régression contrôlée des limites
B. Levée du contrôle hydraulique

Le déplacement effectif de la limite slikke / schorre dépend alors du degré de perfectionnement de l'endiguement. L'augmentation du risque de submersion, lié à l'abaissement de la topographie, appelle logiquement l'édification d'une digue périphérique plus puissante que les diguettes des casiers. Lorsque cette digue est construite et entretenue, la propagation de la marée est contenue dans cette nouvelle limite et la mise en culture de l'ancienne slikke peut être assurée régulièrement. Le refoulement de la limite d'inondation quotidienne requiert cependant une force de travail importante mobilisée en fonction d'impératifs démographiques. C'est la raison pour laquelle nous l'avons surtout observé autour des villages enclavés dans la mangrove, comme le village balante de Tabéta (Rio Pongo) où cette pratique constitue une réponse au manque relatif de terres.

Dès lors que l'entretien de la digue périphérique n'est plus assuré, les diguettes ne sont pas en mesure de contenir la submersion des casiers et la mise en culture est impossible. Le maintien du régime d'inondation initial soumet cette zone de conversion rizicole à un régime de jachère plus ou moins longue, favorable, en principe, à une recolonisation par la mangrove. Mais celle-ci est souvent limitée, faute de semenciers suffisants, si bien que les halophytes herbacés succèdent à la végétation ligneuse originelle. L'imbrication particulière des surfaces en eau et des plantes crassulescentes facilite l'identification de ces pelouses secondaires sur les photographies infrarouge couleur. Leur extension témoigne en général d'un reflux de la main d'oeuvre nécessaire pour l'entretien des digues périphériques. C'est pourquoi nous n'hésitons pas à voir dans les pelouses de slikke l'indice d'une riziculture extensive, voire d'un exode rural (bassin de la Bendéfikhé, au sud de Koba).

On relativisera l'importance spatiale de ce phénomène en précisant que la régression artificielle des limites d'inondation dans le système de culture des *bougounis* dépasse rarement quelques dizaines de mètres. Ce déplacement reste d'une ampleur limitée par rapport au bouleversement hydrologique occasionné par la poldérisation des plaines de front de mer de Kabak, Koba ou Monchon, qui ont fait l'objet d'aménagements de grande envergure depuis la Seconde Guerre Mondiale.

L'intérêt porté à l'aménagement de grands périmètres rizicoles en front de mer trouve son origine dans la vacuité de ces plaines de front de mer susceptibles de dégager d'importantes économies d'échelle dans le cadre d'une conversion en grand. Entamée lors de la Seconde Guerre Mondiale dans l'objectif de dégager des surplus exportables pour surseoir aux besoins de l'A. O. F., la poldérisation des plaines de front de mer n'a cessé de focaliser l'attention des gouvernants et des bailleurs de fonds.

Si on tente de dresser un bilan de l'étendue des surfaces poldérisées, on s'aperçoit qu'à l'exception des polders de Kabak qui s'étendent sur la totalité de la plaine, les surfaces endiguées dont le contrôle hydraulique est effectif ne dépassent pas le quart de la superficie initialement envisagée (Tableau n° 2, ci-dessous).

Désignation du polder	Superficie prévue initialement	Superficie effectivement poldérisée en 1990
KABAK	2.350 ha	2.350 ha(100 %)
KOBA	4.000 ha	1.000 ha (25 %)
MONCHON	2.500 ha	650 ha (26 %)
Total	8.850 ha	4.000 ha (45 %)

TABLEAU N°2 : SUPERFICIE DES VASIÈRES DE FRONT DE MER SOUSTRAITES A LA MARÉE

Ce résultat est loin d'être à la hauteur des ambitions affichées d'autant que nous ne mentionnons ici que les plaines dont les projets de poldérisation se sont, au moins, partiellement concrétisés. Il n'en demeure pas moins qu'environ 4.000 ha de vasières ne peuvent plus en toute rigueur être différenciées selon le rythme d'inondation puisque que celui-ci est réglé uniformément pour l'ensemble du périmètre concerné.

En fait, malgré un contrôle strict des écoulements, l'intensité culturale est loin d'être homogène sur toute l'étendue de chaque polder car les contrastes agrologiques hérités de l'évolution pédogénétique antérieure continuent de peser sur les conditions d'emblavement. Il n'en demeure pas moins que le maillage géométrique des canaux de drainage a imposé une nouvelle donne hydrologique qui rend inopérant le concept de classe d'inondation.

• *La transgression artificielle des limites d'inondation*

Les travaux de préparation des rizières ne consistent pas toujours à contenir la propagation naturelle de la marée, voire à refouler la limite naturelle d'inondation pour gagner des terres arables sur la slikke. Dans bien des cas, la contrainte essentielle à la mise en culture des schorres est le risque d'acidification lié, au contraire, à un excès de drainage. L'essentiel du travail ne porte plus sur la protection des casiers, mais davantage sur le creusement et l'entretien des drains pour permettre une submersion prolongée des casiers pendant la saison sèche, de façon à assurer le lessivage des oxydes (Fig. 11-A, page 40).

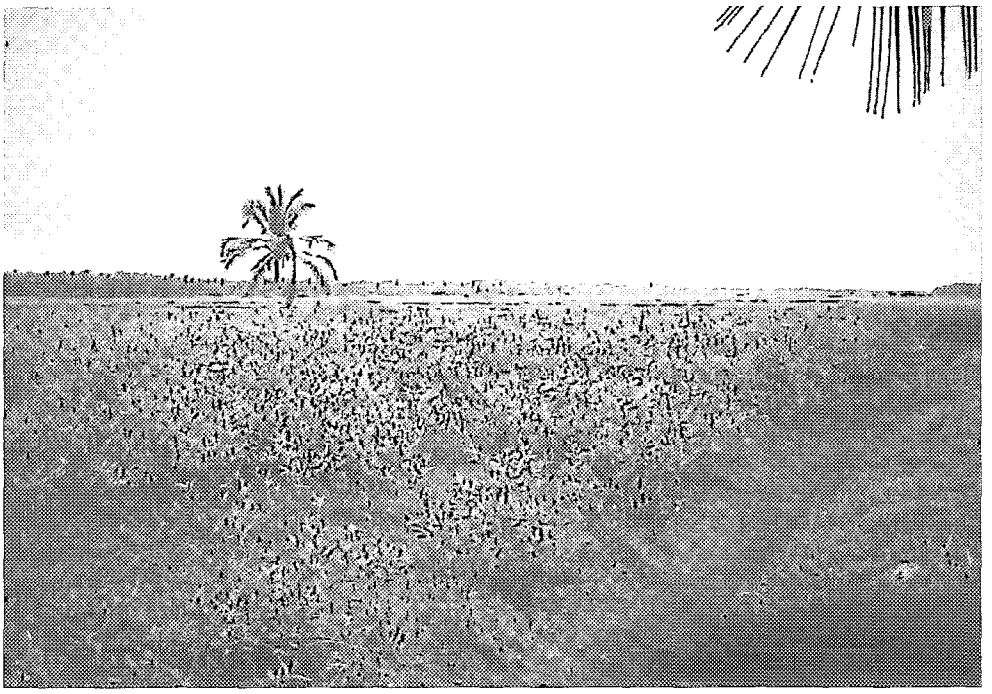
A l'inverse de ce qui se passe sur les slikkes converties en casiers, la zonation des vasières n'est pas véritablement altérée tant que la maîtrise hydraulique est complète. En effet, l'abaissement du profil longitudinal des drains n'a pas pour objectif de transformer l'ancien schorre en slikke, mais simplement de permettre au moment désiré une propagation des eaux estuariennnes dont le reflux sera ensuite différé de plusieurs semaines jusqu'à l'ouverture des vannes. La position de la limite slikke / schorre est donc maintenue dans son état initial.

C'est la levée du contrôle hydraulique des rizières qui déclenche dans bien des cas un déplacement des limites d'inondation et une translation des ceintures végétales vers l'amont des vasières (Fig. 11-B, page 40).

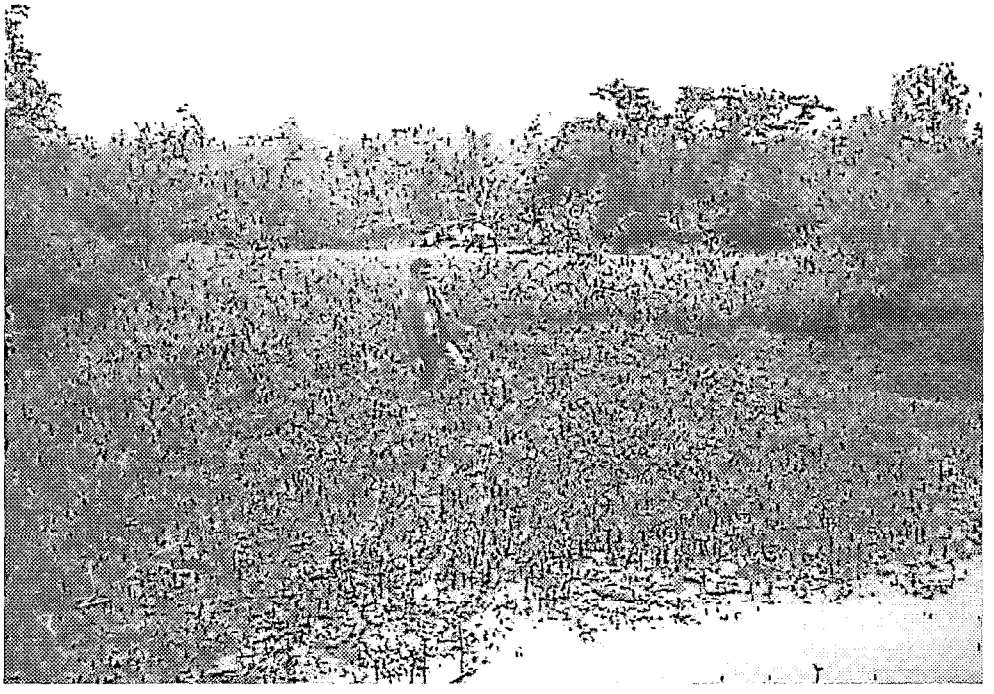
La reconquête forestière des slikkes anciennement converties puis abandonnées est un phénomène couramment observable, lié à l'abaissement du profil des drains et à une propagation de l'onde de marée au-delà des limites naturelles.

L'exemple le plus significatif est celui des rives de l'estuaire supérieur de la Morébaya en cours de colonisation par *Avicennia* . On sait que ce genre recouvre préférentiellement les parties internes des vasières estuariennes. Il est donc surprenant de le rencontrer en position riveraine, de surcroît sur des sols organiques liés de toute évidence à un ancien couvert de *Rhizophora.* Dans le cas du secteur de Pongolon que nous avons étudié plus particulièrement (Photo IX-B, page suivante), cette substitution floristique peut être corrélée à plusieurs phénomènes.

Le secteur en question est un ancien polder abandonné dont le réseau géométrique des canaux est très bien conservé encore dans le paysage. Ces vasières sont soumises à une violente érosion régressive à marée descendante, et on ne peut manquer d'être frappé par le rayon hydraulique très élevé du chenal principal, eu égard au rang hiérarchique somme toute modeste de cet affluent. De tout évidence, le drainage recouvre ici une intensité inhabituelle qui modifie les conditions locales de submersion. Pour avoir été empêché de remettre à flot notre embarcation, nous avons pu nous rendre compte que la durée de submersion de ces vasières était très réduite malgré la propagation profonde de la marée. Nous pensons que ce phénomène est consécutif à l'abandon des vannes qui permettaient autrefois de contrôler la propagation du flot et de pondérer les débits de vidange. Le flot inondant désormais quotidiennement l'ensemble de l'estran (slikke + schorre), les écoulements de jusant sont obligés de creuser leur lit afin de retrouver un niveau de base désormais plus éloigné (on suppose que celui-ci est resté stable). L'incision des chenaux favorise à son tour une pénétration plus profonde de la marée selon un processus de rétroaction qui aboutit en fin de compte à une amplification locale du marnage.



A. Semis très dense d'*Avicennia* colonisant un casier de front de mer abandonné (Quito). Contraste avec le casier de droite en chaumes. L'entretien du drain a facilité la dissémination des plantules et la reconstitution du couvert originel.



B. Colonisation monospécifique par *Avicennia* d'un bourrelet de rive autrefois couvert de *Rhizophora*. Densité remarquable du semis répartis en bandes de hauteur homogène. Ancrage des plantules facilité par la faible consistance du sol (Pongolon).

PLANCHE IX : LES PAYSAGES DE RECONQUÊTE FORESTIÈRE

(Clichés F. BERTRAND)

Echelle 1/20.000

Résolution 0,5 m



IMAGE N°1 : PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE IRC DE L'ILE DE SINGUÉYA (Clichés HZ, mai 88, n° 6)

FIG. 12 : DYNAMIQUE DE RECONQUÊTE FORESTIÈRE DES SCHORRES DE SINGUÉYA

1. Peuplement à dominance de *Rhizophora*- 2. Idem 1, comprenant des arbres sénéscents- 3. Idem 1, mité par dépérissements - 4. Peuplement fermé et monospécifique à *Avicennia*- 5. Peuplement interne et ouvert à *Avicennia* dépérissants (Tanne)- 6. Ceinture monospécifique à *Avicennia* de colonisation récente (postérieure à 1951)- 7. Colonisation potentielle en front de mer de type "pointe aux herbes"- 8. Anciens casiers rizicoles (antérieurs à 1951)- 9. Idem 8, abandonnés et recolonisés par *Avicennia*- 10. Défrichements récents (postérieurs à 1951) liés à la confection du sel- 11. Idem mais recolonisés par *Avicennia*- 12. Casiers rizicoles récents (postérieurs à 1951) cultivés- 13. Casiers rizicoles récents (postérieurs à 1951) mais abandonnés et recolonisés par *Avicennia* - 14. Port-

Or, cette propagation plus profonde la marée favorise la dissémination des plantules d'*Avicennia* véhiculées par les courants. C'est la raison pour laquelle, à notre avis, la recolonisation forestière de ces slikkes abandonnées se double d'une substitution floristique. Aussi bien, la zonation initiale des groupements végétaux a disparu et il est aujourd'hui impossible d'y différencier la végétation selon les régimes d'inondation.

La colonisation des schorres abandonnés s'inscrit dans le prolongement logique de ce processus. Nous prendrons cette fois un exemple à la confluence du Konkouré et de la Soumba (Image n°1, page précédente). Le centre de l'île de Singuéya était constitué en 1967 d'un schorre converti en *bougounis* où une prairie à hydrophytes disputait la place aux halophytes crassulescents (HARZA, 1967). La zone de conversion s'est étendue en direction de l'ouest en profitant de l'extension naturelle des schorres. En revanche, la partie orientale a été envahie par les *Avicennia* et la zone de colonisation porte encore la marque du maillage quadrangulaire des *bougounis*. Cette colonisation est en rapport évident avec l'élargissement et le recul d'un chenal tributaire de la Soumba : la régénération a accompagné une ingression marine dans un secteur autrefois soustrait à l'inondation quotidienne. Le contact slikke / schorre s'est déplacé vers l'amont d'environ 500 m en 20 ans. L'érosion régressive se manifestant également sur le chenal opposé, il n'est pas présompteux de prévoir le fractionnement de l'île de Singuéya à brève échéance (Fig. 12, page 43).

Bien que déjà significative, cette transgression des limites de submersion par la marée n'atteint pas l'ampleur qu'on lui a reconnu dans les marais du haut-Kapatchez (BERTRAND, 1988), à la suite du creusement dans les années 70 du canal Baga et du détournement consécutif du haut-Kapatchez vers le Rio Nunez. Cet aménagement spectaculaire a déclenché une remontée de la marée dynamique non seulement dans les secteurs estuariens (interfluve Kapatchez-Kitali), mais également dans des plaines marécageuses que l'envasement avait soustrait de longue date à la marée (plaine de Songolon). Mais à la différence des cas précédents, la transgression des limites d'inondation a été ici volontairement provoquée et ne peut plus être donc imputée à une levée du contrôle hydraulique.

La signification des modifications hydrologiques enregistrées sur les hautes slikkes tannifiées pour la confection du sel est plus ambivalente. La régénération active des *Avicennia* dans les zones de confection en activité peut surprendre alors même que la pression sur les boisements périphériques est extrêmement forte en raison des techniques d'extraction utilisées (cf. § 1.2.1.). Il semble en fait que cette régénération soit entretenue, voire stimulée par l'utilisation du régime des marées dans le processus de fabrication du sel. En effet, la récolte du sable pour l'obtention de la saumure suppose que l'inondation marine recouvre plusieurs fois la zone d'exploitation afin de réapprovisionner la surface en chlorure de sodium. Pour ce faire, les saliers n'hésitent pas reprofiler les chenaux et à ouvrir des brêches dans les diguettes afin de favoriser la submersion. Or, si ces opérations permettent effectivement à l'eau de mieux circuler, elles autorisent simultanément la dissémination et le développement des plantules d'*Avicennia*. Par ailleurs, et sans que l'on soit en mesure d'avancer de chiffres précis, il est vraisemblable que le raclage répété du sol abaisse de façon significative son niveau et facilite d'autant la propagation de l'onde saline. Les limites d'inondation dans les secteurs de production salicole sont dotées ainsi d'un coefficient particulier d'instabilité qui ne facilite pas leur représentation cartographique.

Comme nous venons de le voir, l'instabilité de ces limites est entretenue volontairement par l'homme et peut être tenue ainsi comme une forme de contrôle hydraulique. Toutefois, dans la mesure où la généralisation de la confection du sel a correspondu à un détournement des travaux rizicoles vers ce type d'activité plus lucratif, on doit également considérer qu'elle exprime une certaine déprise agricole.

Les peuplements qui colonisent ou reconquièrent les vasières à la suite d'une transgression artificielle des limites d'inondation signalent donc toujours un déclin de l'économie traditionnelle des mangroves guinéennes. Ils s'opposent en cela aux peuplements rendus reliques par une soustraction artificielle au régime estuarien d'inondation.

Ces deux types de peuplement, dont la dynamique est toujours lié à un aménagement actuel ou passé, trouvent difficilement leur place dans le schéma classique de zonation des groupements végétaux.

CONCLUSION

Au terme de cette critique du concept de classe d'inondation, il est possible d'évaluer l'apport de l'approche descriptive des paysages pour une classification des mangroves guinéennes.

Pour replacer cette analyse dans une perspective scientifique plus large, on serait tenté de dire que la classification des mangroves selon des caractères phyto-écologiques, pédologiques et humains spatialement intégrés en classes d'inondation distinctes présente les avantages liés à une appréhension inductive de la répartition des phénomènes.

Le principal de ces avantages est de permettre d'ordonner des paysages souvent confus à partir de l'intelligence d'un certain nombre d'indices observables. La classe d'inondation constitue en quelque sorte le plus petit dénominateur commun aux multiples aspects de la mangrove, celui qui laisse présager aussi bien du potentiel forestier que des potentialités agronomiques d'une station donnée. L'intégration des différents aspects du milieu est parfois approximative en raison des perturbations engendrées par des aménagements et, plus encore, par l'inertie du milieu. Le décryptage des paysages s'en trouve naturellement compliqué. Mais si l'on veut bien intégrer la variable dynamique dans la taxinomie des paysages, les classes d'inondation actuelles et anciennes demeurent le cadre spatial de référence pour toute investigation scientifique ou toute intervention d'aménagement.

Cette démarche inductive ne suffit pas toutefois à rendre la mangrove pleinement intelligible car l'échelle d'observation des groupements végétaux, des sols et de leurs aménagements ne prend pas en compte les paramètres de l'environnement qui en déterminent l'occurrence et président à leur évolution. Il est donc nécessaire de rechercher en quoi les phénomènes que nous avons mis en évidence peuvent résulter de la combinaison de facteurs régionaux tels que le climat, la morphogénèse de la plaine côtière ou encore l'économie nationale ; dans quelle mesure, à un plan méthodologique plus général, la validité de notre découpage taxinomique pourrait être confirmée par une analyse de type systémique.

Chapitre 2

LES FONDEMENTS D'UNE CLASSIFICATION SUGGÉRÉS PAR L'ÉTUDE DES PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

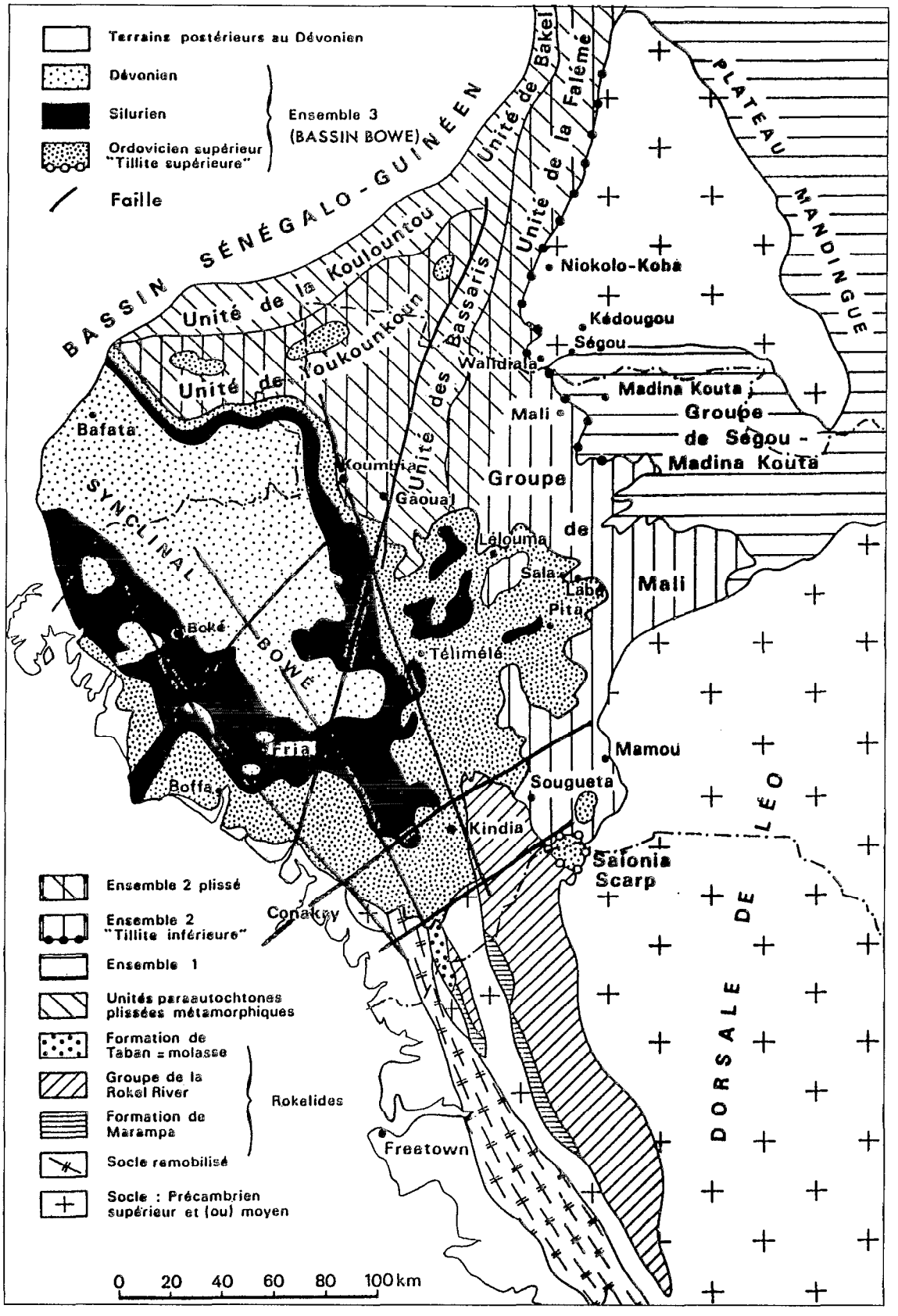


FIG. 13 :
L'ENVIRONNEMENT LITHO-STRUCTURAL DU LITTORAL GUINÉEN
(d'après VILLENEUVE, 1984 ; complété)

2. 1.
LE CANEVAS DE LA SÉDIMENTATION CÔTIÈRE

2. 1. 1.
UN COMPARTIMENTAGE D'ORIGINE MORPHO-STRUCTURALE

• *Le seul bourrelet liminaire de l'Afrique de l'Ouest*

En l'absence de grand collecteur d'échelle continentale (Irrawady, Amazone, Gange-Brahmapoutre, Orénoque, Niger), les mangroves n'atteignent des superficies importantes que sur les marges côtières à forte énergie de relief. En effet, seuls des reliefs importants sont susceptibles d'occasionner des débits solides suffisants pour permettre la construction d'une plaine côtière de grande envergure. Pour se limiter au continent africain, cette situation n'apparaît qu'à la retombée du rift oriental entre Malindi (Kenya) et le Mozambique, de la dorsale camerounaise et en Afrique de l'Ouest, de la dorsale guinéenne. On remarquera qu'il s'agit effectivement des trois plus grands ensembles de mangrove africains (entre 2000 et 3000 km^2) après celui du delta du Niger (9000 km^2) qui profite d'une capacité d'alluvionnement d'échelle continentale.

A la différence de la plaine sénégambienne ou des plaines riveraines du Golfe de Guinée, la plaine guinéenne frange un bourrelet marginal nettement individualisé qui constitue bien souvent la toile de fond de ces paysages littoraux. Au plus près de la mer, le Kakoulima pointe son dôme trapu (altitude : 1011 m) à moins de 13 km de la Baie de Sangaréya.

Le style de déformation de ce bourrelet est moins bien connu que celui d'autres marges tropicales (BIROT, 1982 ; VANNEY, 1982). Les travaux de géologie structurale (PONSARD, 1985) et l'étude des cartes topographiques laissent toutefois supposer qu'il s'apparente, au moins pour la partie comprise entre le mont Benna et le Cap Verga, à un vaste jeu de blocs à rejets compensés subparallèles à la côte (Fig. 13, page ci-contre). C'est le fameux "système du paquet de cartes" qui accompagne les marges de divergences (REYRE, 1985).

Cette déformation a affecté aussi bien l'épaisse couverture paléozoïque (plus de 1.000 m) du bassin Bové (VILLENEUVE, 1981 ; *ibid.*, 1984) que le socle panafricain sous-jacent (VILLENEUVE, 1984). En outre, ce dernier a été érigé en dorsale dans le prolongement de la faille transformante intra-océanique qui borde les plateaux continentaux et marginaux de Guinée.

La combinaison du régime initial de distension, initié aux premiers temps de l'ouverture de l'Atlantique (au Lias, 180 Ma), et du régime de coulissement, lié à la désolidarisation définitive des continents africains et américains -dont le filon du Kaloum daté de l'Albien est un des principaux jalons- a présidé à la surélévation du bassin Bové par rapport au bassin sénégalo-mauritanien et au socle ivoirien (Fig. 14, ci-dessous).

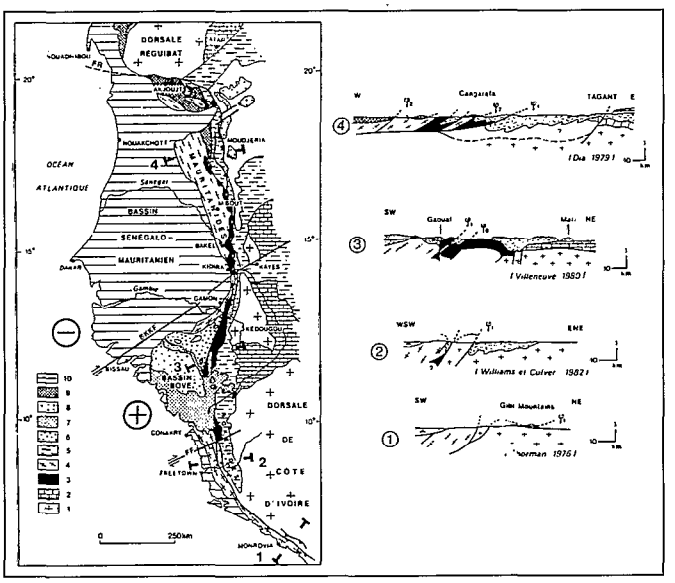


FIG. 14 :
SURÉLÉVATION DU BASSIN SÉDIMENTAIRE BOVÉ PAR RAPPORT AUX MARGES ENCADRANTES

(d'après VILLENEUVE, 1987 ; complété)

Schéma géologique de la bordure occidentale du craton ouest-africain et coupes géologiques à travers les Mauritanidés (coupe 4), les Bassarides (coupe 3) et les Rokelides (coupes 1 et 2).

1. socle - 2. Protérozoïques supérieurs (Sg I) - 3. formations volcaniques basiques - 4. marge active - 5. Protérozoïques supérieurs (Sg II) - 6. Cambro-Ordovicien - 7. Ordovicien et Silurien - 8. Dévonien - 9.nappes hercynienne - Fr. faille Reguibat - BKKF. faille Bissau-Kidira-Kayes - FF. faille Forecariah.

L'essentiel du soulèvement étant acquis, selon toute vraisemblance, au Crétacé (MICHEL, 1973), la marge guinéenne passe pour être "stable". En réalité, la région présente les marques d'une instabilité tectonique prolongée.

Les nombreuses inadaptations du réseau hydrographique sur les contreforts gréseux méridionaux ainsi que certains étagements spectaculaires sur le piémont du Kakoulima (route Conakry-Dubréka) plaident en faveur d'une mobilité tardive que les tremblements de terre récurrents comme ceux de Koumbia (décembre 1983) ou de Boffa (21/5/1986) ont prolongé au coeur de l'actualité. L'absence de témoins datés de niveaux marins pleistocènes surélevés entre le sud du Sénégal et le nord de l'Angola (GIRESSE, 1987) n'infirme pas, à notre avis, la vraisemblance de mouvements épirogéniques au sud du grand accident Bissau-Kayes (Fig. 14, ci-dessus) qui marque la terminaison méridionale du compartiment fortement subsident (rejet de 2.500 m révélé par les sondages pétroliers). Quelle qu'en soit la nature exacte, ces événements sismo-tectoniques ont participé activement au compartimentage du bourrelet et à l'entretien de dénivellations importantes au voisinage de la côte.

• *La trame des bassins-versants*

Sans discuter plus en détail une chronologie qui demeure encore assez approximative, on retiendra que ces phases successives de distension et de coulissage ont réactivé un réseau de fractures en damier de directions privilégiées N-30° à 55° et N-155° à 170° hérité de la structuration hercynienne (PONSARD, 1985). L'acquisition du volume montagneux s'est soldée par une fragmentation du bourrelet en gradins d'altitude croissante vers le sud suivant la polarité tectonique des fractures océaniques de Guinée et de Sierra Leone. Ces blocs s'échelonnent selon des décrochements à dominante sénestre liés au régime de coulissement et qui expliquent, selon nous, les redants respectifs du Konkouré, du Rio Pongo et du Rio Nunez par rapport aux saillants des plaines de Koba, de Dangara et des îles Tristão (Fig. 1, page 8).

Le plus important de ces accidents transversaux est sans conteste la grande faille du Konkouré, d'abord parce son tracé a guidé l'installation du principal collecteur régional (220 km²), ensuite parce que son rejet a créé une discontinuité lithostructurale de première importance. Un rejet d'environ 500 m -calculé à partir des cartes géologiques soviétiques (AKHMETJANOV *et al.*, 1976)- sépare deux domaines hydrographiques de dimension et de lithologie différentes.

Les fleuves situés au nord de cette faille (Konkouré inclus), drainent des bassins-versants de grande étendue grâce à la moindre élévation du bourrelet qui leur a permis de préserver leur antécédence lors de l'acquisition du volume montagneux. La conservation des grès dévoniens et surtout des schistes siluriens à basse altitude (200-400 m) a facilité la fossilisation de larges étendues sous l'effet d'un puissant cuirassement (DE CHATELAT, 1938), dont la surface multiconvexe bien conservée dans le paysage rappelle, en beaucoup de points, la topographie fondamentale néogène du domaine de la forêt sèche ouest-africaine (BEAUDET & COQUE, 1986).

Le démantèlement partiel de cette topographie -attesté par son perchement au-dessus des grands vallées du Cogon, de la Tinguilinta et de la Fatala- a exhumé les grès ordoviciens sous-jacents. Ces derniers constituent le substratum de toute la plaine côtière comprise entre l'ex-frontière portugaise et la faille du Konkouré, à l'exception des rides appalachiennes du Cap Verga conservées dans les schistes. A l'inverse du haut-pays cuirassé, le bas-pays gréseux a continué, si l'on en juge à l'extension des accumulations sableuses littorales, à faire l'objet d'une érosion active.

Contrairement à ces fleuves d'échelle régionale, les fleuves situés au sud de la faille du Konkouré, Soumba, Soumbouya, Morébaya, Forécariah et Melacorée, drainent des bassins-versants qui sont circonscrits au piémont. Mais les coudes anguleux de la Kouléte et de la Forécariah montrent de toute évidence que le cours de ces fleuves n'a pas toujours été anaclinal par rapport à l'escarpement bordier. Nous pensons que les nombreuses vallées sèches perchées sur les contreforts gréseux témoignent d'un réseau initialement conséquent à une déformation tardive et à contrepente du bourrelet côtier. L'extension tronquée des bassins-versants méridionaux coïncide ainsi avec la zone de culmination tectonique du bourrelet foutanien.

S'il défavorise la hiérarchisation du réseau hydrographique, l'entretien néotectonique du relief côtier renforce, en revanche, l'énergie des eaux courantes en relevant la pente des profils en long. A ce propos, un simple examen de la carte topographique montre qu'il existe un lien évident entre le degré de démantèlement du piémont méridional et la proximité du bourrelet montagneux. L'étroite plate-forme côtière (5 km en moyenne) qui constitue le piédestal des contreforts foutaniens entre le Konkouré et la Morébaya résulte d'une puissante vague d'érosion régressive dont les lambeaux insulaires de la Soumba et surtout de la Soumbouya marquent l'aboutissement le plus reculé (Fig. 15, page ci-contre).

A partir de la Morébaya, la plate-forme qui s'élargit progressivement jusqu'à une trentaine de kilomètres de la plaine, est beaucoup moins morcelée. Les formes d'accumulation littorale se font simultanément plus variées. On peut y observer, entre les vasières estuariennes, la conservation de nombreux cordons fossiles et de terrasses sableuses (Kakossa, Kabak, Waya-waya) qui font défaut autour de la presqu'île du Kaloum.

Ceci conduit à examiner plus en détail les modalités spatiales de la progradation au cours de l'Holocène.

2. 1. 2. LES MODALITÉS DE LA PROGRADATION HOLOCÈNE

• *Une plate-forme de marge passive de coulissement*

Le facteur structural qui a décidé de l'extension particulière de plaine côtière guinéenne a été l'existence d'un précontinent très étendu autorisant la progression des atterrissements vaseux et le développement corrélatif d'un vaste espace intertidal. Cette condition résulte en particulier de la forte extension crustale lors de la phase initiale de distension (rift), extension qui semble ensuite s'être ralentie au sud de la grande fracture de Guinée (9°N) avec le passage au régime de flexure continentale, qui a pu été mis en évidence en Sierra Leone (TEMPLETON, 1970).

Aussi bien, l'isobathe -100 m qui matérialise le rebord du talus continental ne suit pas uniformément le tracé actuel de la côte. Il longe à 140 km de distance le rivage compris entre la frontière sierra-leonaise et la latitude du Kaloum qui s'inscrit dans le prolongement approximatif de la Fracture. Puis, il s'en écarte régulièrement pour se situer à 170 km du Rio Compony qui marque la frontière contestée avec la Guinée-Bissau (zone d'extension crustale maximale). L'élargissement du plateau continental à partir de Conakry entraîne une amplification progressive du marnage de 4 à 7 m qui ne trouve d'équivalent dans le monde tropical que dans des mers marginales de continent du type plate-forme de la Sonde (Malaisie, Indonésie) et d'Arafura (Australie, Nouvelle-Guinée). On remarquera donc que la Basse-Guinée construite sur une faille tranformante a offert des conditions topographiques très privilégiées pour le développement de la mangrove, eu égard à la majorité des marges passives tropicales dont la plate-forme continentale n'excède pas 50 km (marges brésiliennes, africaines, indiennes).

La faible déclivité du plateau a facilité l'inscription des grands épisodes glacio-eustatiques postérieurs.

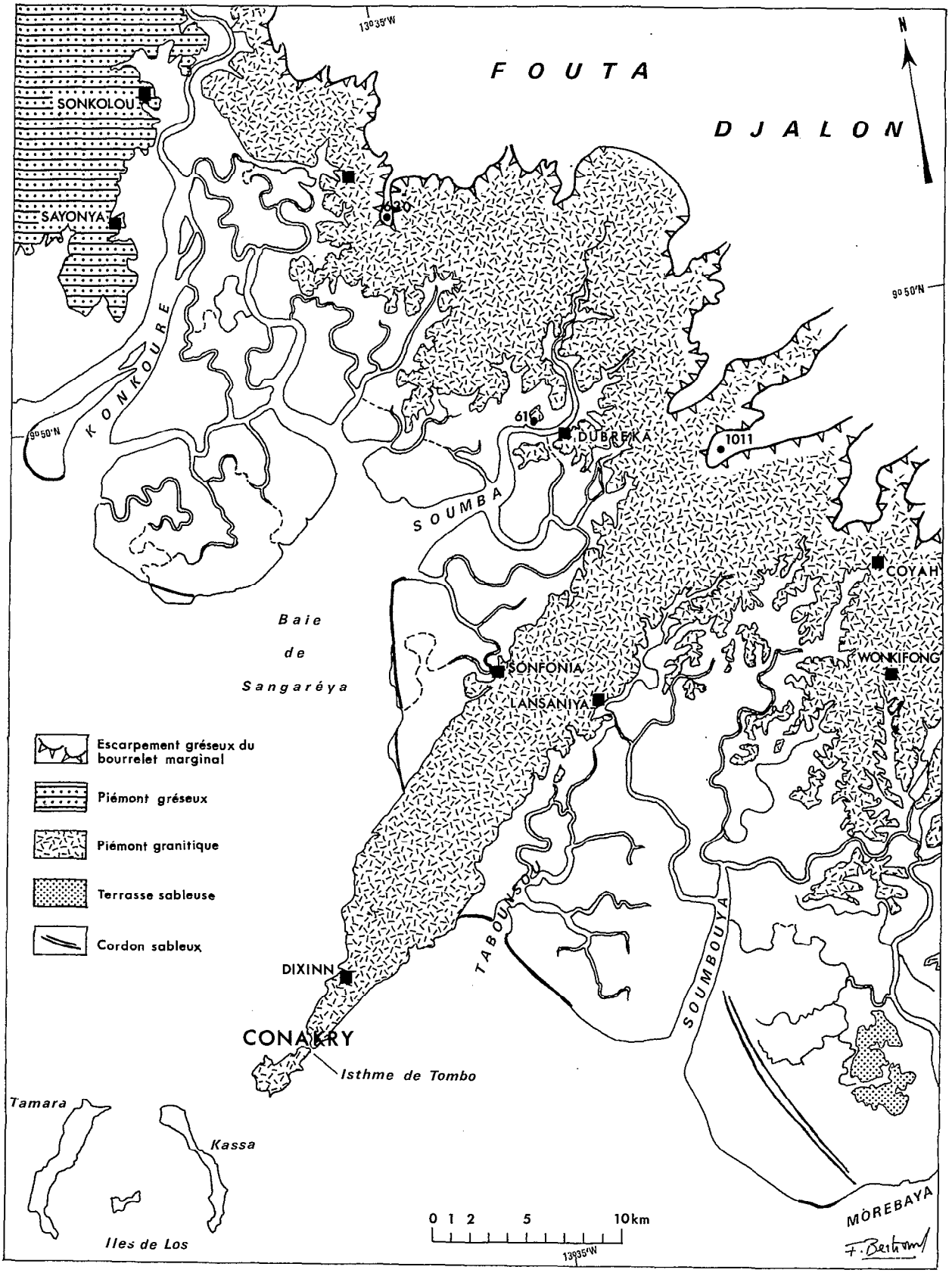


FIG. 15 : L'ORGANISATION DU RELIEF CÔTIER AUTOUR DU KALOUM

(d'après image LANDSAT 5, MSS-7 du 7-12-1984)

• *La submersion flandrienne de la plate-forme*

Le plus ancien vestige de la sédimentation est constitué par le delta submergé du Rio Nunez qui gît entre 50 et 100 m de profondeur (Mc MASTER, 1970). La nature à trois quart sableuse de ces sédiments dont moins de 30 % de carbonate de calcium (McMASTER, 1979) conduit à placer son édification en période de bas niveau marin coïncidant avec une reprise d'érosion violente sur les versants suceptible d'alimenter un delta de cette importance. La seule datation dont on dispose à cet endroit a été effectuée sur un corail situé entre 103 et 111 m de profondeur, du genre *Porites bernardi* et daté de 18.750 ± 350 ans (*ibid.*). On est donc en droit de penser que ce delta, à l'instar de ceux du Rio Cacine ou des Bissagos en Guinée-Bissau, s'est mis en place lors de la grande régression préflandrienne, à la faveur d'une crise morphogénique de type rhexistasique durant laquelle la déstabilisation des versants majora la décharge détritique consécutive à l'incision linéaire du piémont. L'existence d'un réseau de paléo-vallées dans le prolongement des grands fleuves actuels (Compony, Nunez, Konkouré, etc.) suggère que, lors de cette phase aride fini-würmienne, seuls les grands fleuves allogènes conservèrent des débits suffisants pour maintenir leur encaissement et évacuer le surcroît de charge solide.

La surface de la plate-forme demeurant relativement indifférenciée en dehors de ces grandes vallées, la remontée du niveau marin s'est soldée par un transfert actif de sédiments vers le haut de la plate-forme où des paléo-rivages remarquablement différenciés jalonnent les stationnements marins successifs (Fig. 16, page ci-contre).

Le parallèlisme entre ces cordons immergés et les cordons fossilisés dans la plaine côtière mérite d'être noté mais présentent-ils pour autant la même signification morphodynamique ?

Pour répondre à cette question, on doit tenir compte d'abord de l'existence d'un hiatus d'une largeur de 70 km et d'un dénivellé de 25 m entre le dernier cortège d'îles-barrières submergées et la plaine côtière. Ce hiatus peut-il s'expliquer par la présence en amont de la dernière ligne de rivage signalée (-25 m) d'un chapelet de fosses - "*shoreline depressions*"-, dont la profondeur relative par rapport à la surface de la plate-forme est comprise pour l'essentiel entre 3 et 7 m ? Nous le pensons pas, car, en considérant que le travail des vagues reste efficace au moins jusqu'à 10 m de profondeur, on imagine mal que ces dépressions aient pû empêcher la migration ultérieure des îles-barrières vers le continent. L'absence d'îles-barrières entre -25 m et la plaine actuelle ne peut s'expliquer alors que par une accélération de la transgression dans sa phase terminale.

Mais l'analyse des cordons actuellement émergés montre que leur édification ne s'est pas effectuée dans cette phase transgressive finale. En effet, les cordons à morphologie oblitérée que l'on rencontre dans la partie interne de la plaine (parfois en contiguïté du piémont) présentent les indices d'une évolution plus marquée (faciès ferrugineux) que les cordons bien conservés situés plus en aval. La séquence des dépôts sableux de la plaine apparait donc inversée par rapport à celle des cordons immergés : les plus récents occupent de toute évidence la position la plus externe. Leur succession matérialise non pas des étapes terminales de la transgression flandrienne mais celles de la régression qui lui a succédé après qu'elle ait atteint son niveau le plus élevé.

Bien que l'on ne dispose pas de datation absolue, on peut raisonnablement penser, suivant ce que l'on connait de la paléogéographie de l'Afrique de l'Ouest, que les dépôts sableux conservés en lisière des falaises mortes (Wassa-wassa, Singuilin) ou sous forme d'îlots dispersés (Kakossa, Kabak) jalonnent le maximum transgressif nouakchottien (5.000 BP). On remarquera toutefois que l'altitude de ces dépôts semble plus élevée en Guinée que dans les autres pays ouest-africains où les terrasses nouakchottiennes se situent toujours à 1-2 m (GIRESSE, 1989). C'est particulièrement vrai au sud de la presqu'île du Kaloum où les côtes IGN indiquent des altitudes comprises entre 6 et 15m (cf. Feuille Conakry-2c). Cela confirmerait, d'après nous, la vraisemblance de mouvements épirogéniques tardifs, particulièrement dans la zone méridionale de culmination tectonique du bourrelet foutanien.

• *Le canevas de la progradation post-nouakchottienne*

La progradation du littoral guinéen a véritablement débuté avec la régression qui a suivi le maximum transgressif nouakchottien. Le canevas morpho-structural a défini dans une large mesure la trame de l'alluvionnement littoral, les rentrants du littoral constituant, comme toujours, des secteurs privilégiés d'accumulation.

En outre, la part désormais prépondérante des apports terrigènes dans l'alimentation du stock sédimentaire littoral, -par opposition à la phase transgressive antérieure où la contribution des apports marins était essentielle-, a subordonné dans une large mesure l'intensité de l'alluvionnement fluvio-marin au potentiel érosif des bassins-versants. Celui-ci variant en fonction de la vigueur du relief, -le climat ne peut pas être considéré à cette échelle comme un facteur de différenciation-, il n'est pas exagéré de dire que le compartimentage morpho-structural a conditionné l'émergence d'environnements terrigènes particuliers, autrement dit, de milieux géographiques dotés de conditions d'alluvionnement spécifiques pour le développement de l'écosystème mangrove.

Il semble de ce point de vue que trois types de dispositifs morphostructuraux puissent être distingués :

- les profondes anfractuosités du piémont alignées sur des réseaux de fracture hérités de la structuration hercynienne (N - 55 à 80°) ou panafricaine (N - 0 à 30°) ayant rejoué à la fois verticalement et en décrochement lors de l'acquisition du volume montagneux. La vigueur du soulèvement a déterminé dans une large mesure l'encaissement du réseau hydrographique.

On peut par exemple établir une correspondance très étroite entre la polarité tectonique méridionale et l'évolution en méandres libres autorisée par le bon calibrage des vallées (ex : Konkouré, Forécariah). Le contrôle tectonique des tracés hydrographiques s'estompe à mesure que l'on s'éloigne de la zone de culmination méridionale. Le moindre calibrage des vallées septentrionales s'accompagne de la disparition progressive des méandres libres et l'affirmation d'une morphologie de méandres encaissés ne laissant qu'une place étroite au développement des vasières à mangroves (Fatala, Nunez). Les seuls élargissements notables sont situés aux intersections des failles directrices et des failles secondaires perpendiculaires.

- les grandes baies dégagées dans le prolongement des principales charnières tectoniques (failles ou ensellements) où les faveurs du climat ont permis à la dynamique fluviale d'alluvionnement de l'emporter nettement sur la dynamique littorale de dispersion. Sans atteindre les dimensions des deltas du Zambèze (Mozambique) ou du Rifiji (nord de la Tanzanie), les deltas du Konkouré ou de la Forécariah constituent indiscutablement une des originalités de la plaine côtière guinéenne parmi les littoraux ouest-africains.

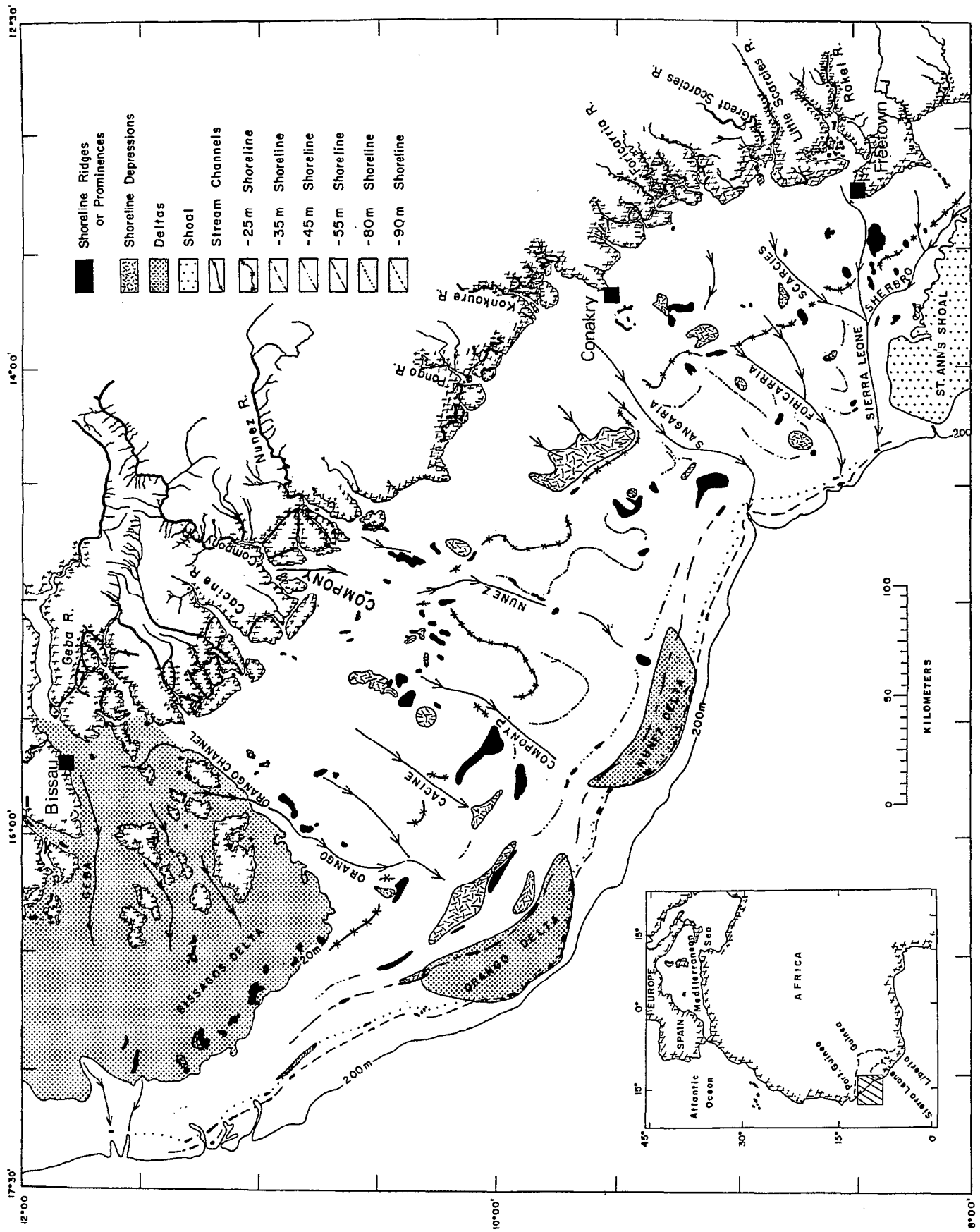


FIG. 16 : LES MODELÉS FLANDRIENS DE LA PLATE-FORME ALLUVIALE DE GUINÉE

(d'après McMASTER, 1970)

- les compartiments placés en saillie par les grands décrochements régionaux (ex : entre Fatala et Konkouré) offrent des possibilités d'alluvionnement plus limitées car ils constituent fondamentalement des centres de divergence et d'émiettement du réseau hydrographique. Dans ces conditions, les processus liés à la dynamique littorale de dispersion (dérive littorale, envasement/dévasement) sont susceptibles d'y exercer un rôle plus prononcé que sur le reste de la côte. Etant donné l'exiguïté de leurs bassins-versants, ces marges côtières sont tributaires pour leur approvisionnement en sédiments des environnements précédents et particulièrement des deltas.

Si la distribution de la décharge détritique sur le littoral est conditionnée largement par ce dispositif morphostructural, le volume et la nature des approvisionnements terrigènes dépendent plus étroitement des systèmes morphogéniques continentaux.

2. 2. DES APPROVISIONNEMENTS EN SÉDIMENTS TRIBUTAIRES DES SYSTÈMES MORPHOGÉNIQUES CONTINENTAUX

L'analyse des relations entre la dynamique de la plaine côtière guinéenne et ses bassins-versants s'impose, compte tenu de la contribution quasiment nulle de l'abrasion littorale (absence de falaise vive) et de l'indigence des apports côtiers lointains du type, par exemple, de ceux de l'Amazone qui alimentent les côtes guyanaises.

Les apports terrigènes représentent actuellement une contribution déterminante à la sédimentation côtière. Le volume et la nature des apports sont conditionnés dans une large mesure par les différents processus qui façonnent le modelé des surfaces continentales et que les géomorphologues ont coutume de rassembler sous l'expression de système morphogénique. Nous allons tenter d'en préciser les modalités en suivant le canevas hydrographique du versant atlantique du Fouta-Djalon. La différence de taille et de relief des bassins-versants impose en effet d'étudier séparément la contribution des grands collecteurs régionaux qui sont essentiellement montagneux et celle des fleuves circonscrits au piémont.

La dualité lithologique de ce dernier conduira ensuite à distinguer le système morphogénique des bassins sublittoraux à substrat gréseux de celui des bassins à dominante granito-gneissique.

2. 2. 1. UN ARRIÈRE-PAYS MONTAGNEUX PROFONDÉMENT DÉGRADÉ

• *La surcharge démographique du Fouta-Djalon*

L'aire de drainage des quatre grands fleuves qui débouchent sur le littoral guinéen, Cogon, Tinguilinta, Fatala et Konkouré correspond grossièrement aux plateaux centraux du Fouta-Djalon (plateaux de Labé et de Dalaba) et au Pays Bové qui lui succède vers l'ouest. Bien que les altitudes s'élèvent très progressivement depuis l'arrière-pays de Boké (200 m) jusqu'aux plateaux *-donghols-* de Dalaba (sommet : 1431 m), et, que l'allure générale du relief soit celle de plateaux étagés, cette région présente incontestablement les caractères physiques et humains impartis aux montagnes tropicales. Les deux facteurs dont il faut tenir compte sont l'occurrence des grands versants en pente forte et une occupation très dense de l'espace sur un mode qui rappelle les montagnes d'Afrique orientale (Rwanda-Burundi, Ethiopie).

Le Fouta-Djalon est devenu depuis les descriptions pionnières de J. RICHARD-MOLARD l'exemple-type de montagne tropicale où l'emprise agro-pastorale a entraîné une dégradation importante du couvert végétal et l'activation des processus morphogéniques dans les bassins-versants tributaires. L'étymologie même du nom Fouta -qui signifie père des fleuves en langue poula- n'est pas sans évoquer les multiples relations pouvant assujétir l'évolution des régions périphériques à celle de la montagne centrale.

Dans le cadre qui nous intéresse, à savoir la dépendance de l'alluvionnement littoral par rapport à la dégradation des bassins-versants montagneux, ces relations n'ont pu apparaître qu'à une époque récente comparée à d'autres régions littorales plus anciennement peuplées. En effet, la succession de guerres saintes qui présida à la transformation économique et sociale du Fouta-Djalon s'est déroulée dans la seconde moitié du XVIIIe siècle.

Mais tous les travaux géographiques qui ont abordé l'étude du milieu foutanien s'accordent à reconnaître que l'insertion tardive de l'homme dans le système morphogénique a été largement "rattrapée" par le recours à des techniques de production et d'encadrement particulièrement dévastatrices (TRICART, 1956 ; POUQUET, 1956 ; MICHEL, 1973). On rappelera brièvement que les Peuls ont développé dans cette région (et contrairement à d'autres montagnes africaines comme l'Adamaoua ou le Plateau de Jos) une civilisation agricole relativement intensive fondée sur la mise en enclos de zones de culture permanente *-les tapades-*, et l'entassement d'une main d'oeuvre servile dans les vallées humides périphériques pour la production du riz de montagne.

L'élevage répond dans ce système de production à une fonction plus sentimentale qu'économique mais ses déplacements sous forme d'estivage inverse vers le Pays bové et les grandes vallées *-aïndés-* occasionnent des feux de brousse très étendus qui ont largement dégradé la couverture forestière des plateaux occidentaux pourtant très arrosés (2.400 mm à Télimélé).

Ces techniques de production et d'encadrement sont à l'origine de densités rurales parmi les plus élevées de l'Afrique de l'Ouest, sur les plateaux de Dalaba, de Maci, de Labé, des Timbis et de Tomini où les densités dépassent depuis longtemps 50 hab./km^2 (cf. carte démographique du Fouta-Djalon dressée par J. RICHARD-MOLARD en 1935).

La pauvreté des sols liée à l'étendue des affleurements cuirassés permet de parler d'une véritable surcharge démographique foutanienne dont les deux effets les plus connus sont le recours ancestral à l'émigration et la déforestation du massif.

La déforestation du Fouta-Djalon a certainement débuté avant l'arrivée des Peuls au XVIIIe siècle, car les Dialonkés, qui occupaient déjà de loin en loin le massif, pratiquaient une agriculture à longue jachère qui reposait sur la cendre des forêts-galeries. Mais c'est le raccourcissement des jachères forestières liée à la pression démographique des nouveaux occupants qui a, de toute évidence, accéléré le déboisement. Le facteur qui semble avoir modifié de façon décisive le système morphogénique fut l'appauvrissement des terroirs traditionnels de fond de vallée *-dounkirés-*, et le report des défrichements sur les coteaux *-hansagnérés-* tels qu'on peut l' observer aùjourd'hui dans la vallée de la Kakrima en empruntant la route Pita-Télimélé.

• *Un système morphogénique profondément anthropisé*

On remarquera d'entrée que la lithologie du bourrelet foutanien ne favorise pas en soit l'efficience de l'érosion fluviatile. Ce serait même plutôt l'inverse. En effet, les assises sédimentaires du bassin bové sont soit profondément cuirassées -notamment sur les schistes du Gotlandien qui forment l'ossature du Pays Bové-, soit recouvertes d'un enduit ferro-magnésien, cas des affleurements gréseux du Dévonien, qui limite considérablement les possibilités de désagrégation granulaire. De plus, ces roches de couverture sont traversées de nombreuses intrusions doléritiques qui ont puissamment contribué au cuirassement des formations encaissantes (enrichissement en fer) et à leur conservation dans le relief.

On est loin ici des bourrelets littoraux du type de la dorsale brésilienne, où les épaisses altérites développées aux dépens d'un substrat granitique conditionnent des glissements de terrain spectaculaires et une charge détritique à forte composante sableuse.

D'ailleurs, des chutes spectaculaires, comme celle de Kinkon sur le Kokoulo ou celle qui sur la Samou a motivé l'installation de la centrale hydro-électrique dite des "Grandes Chutes", ne se seraient pas maintenu jusqu'à aujourd'hui dans le paysage si leurs cours d'eau disposaient d'une charge abrasive significative.

Si les affleurements cuirassés ou de roche en place semblent contrecarrer les travaux de l'érosion sur les interfluves, en revanche, l'abondance des formations meubles sur les versants offre un terrain tout à fait propice à l'activation des processus morphogéniques.

Dans un article déjà ancien, J. TRICART décrivait de façon très suggestive les étapes de déstabilisation des versants qu'il avait pu observer dans le Fouta-Djalon (TRICART, 1956). Plusieurs traversées de la région nous ont permis de constater que ses propos étaient toujours d'actualité.

Le transport des produits d'altération est limité aux versants tant que le ruisselement diffus "bute" sur des jachères forestières en proportion suffisante. La seconde étape est atteinte lorsque le raccourcissement des jachères permet aux matériaux pris en charge d'être véhiculés jusqu'au bas de pente. Dès lors, des éléments cuirassés sont exhumés à la surface du versant et occasionnent une concentration de l'écoulement propice aux ravinements ; des cônes de déjection se construisent au débouché des ravines : c'est le troisième stade extrêmement répandu aujourd'hui. Enfin, la dernière étape de ce processus de déstabilisation est atteinte lorsque le collecteur principal remobilise les atterrissements latéraux permettant ainsi un transit quasi-continu de matériel depuis le haut de versant jusque dans les grandes vallées.

L'enchaînement de ces différentes étapes conduit à la destruction progressive du stock de formations superficielles. De nombreuses vallées comme celle de la Kakrima sont dominées aujourd'hui par des versants à replats structuraux (correspondant à des bancs de grès massifs) qui témoignent d'une disparition quasi-complète de leur couverture meuble. Il s'agit toujours de vallées densément peuplées, ce qui confirme le rôle déterminant de l'homme dans la dégradation et l'irrégularisation des versants.

L'activation des processus de transport de sédiments a entrainé indubitablement une majoration de la charge des écoulements. J. TRICART note que de nombreux cours d'eau sont passés du type tropical à biefs de décantation au type tempéré à fond mobile. Toujours d'après lui, "l'établissement d'un transit continu de matériel au fur et à mesure de la transformation des biefs successifs de l'amont, érodé, vers l'aval, moins atteint, permet l'entame des chutes", dont celles de Kéliko sur la Garambé sont prises en exemple.

La question qui nous préoccupe ici est de savoir si cette translation de sédiments vers le niveau de base océanique s'exerce jusque sur le littoral et, plus largement, dans quelle mesure l'activation des processus morphogéniques sur les versants montagneux a pu modifier les conditions d'approvisionnement en sédiments de la plaine côtière.

• *La contribution des bassins-versants montagneux à l'alluvionnement côtier*

Aucun bilan de la fourniture en sédiments à la mer des fleuves guinéens n'a jusqu'ici été tentée. Une tentative récente de synthèse à l'échelle mondiale permet simplement de situer les ordres de grandeur (MILLIMAN & MEADE, 1983 ; MILLIMAN, 1990). Si l'on exclue le Zaïre et Le Niger qui sont les deux grands pourvoyeurs en sédiments de la côte occidentale d'Afrique (respectivement 43 et 40 Mt de sédiments par an), le bilan annuel de la fourniture en sédiments à la mer des fleuves ouest-africains s'éleverait à environ 30 Mt. En soustrayant à ce total les apports du fleuve Sénégal qui ne dépassent pas 1Mt (PINSON-MOUILLOT, 1980) et le déficit de 3 millions de m^3 de sables que représentent la construction du barrage d'Akossombo sur la Volta (ROSSI, 1989), l'aire de drainage correspondant au versant côtier du Fouta contibue selon toute vraisemblance à une part décisive du restant des apports solides à la côte ouest-africaine.

Le fleuve africain dont les caractéristiques du bassin-versant se rapprocheraient sans doute le plus de celles de notre région d'étude

(superficie, relief, occupation du sol) malgré un environnement climatique sensiblement plus sec, semble être aujourd'hui le Rufiji (Tanzanie) dont on sait qu'il fournit 17 Mt/an de sédiments à la mer (MILLIMAN & MEADE, 1983).

Si l'on rapporte l'ensemble de ces indications à la superficie du versant atlantique du Fouta-Djalon, soit environ 50.000 km^2, on peut raisonnablement envisager que les fleuves guinéens fournissent entre 10 et 20 Mt de sédiments à la mer chaque année. Au delà de l'approximation évidente de cette valeur, la question est de savoir quelle est la contribution qualitative (composition granulométrique) des grands collecteurs régionaux que sont le Cogon, la Tinguilinta, la Fatala et surtout le Konkouré au stock sédimentaire littoral.

L'ensablement particulier des embouchures des grands chenaux fluvio-marins comme le Nunez (île de Sable) et le Konkouré (bras occidental) suggère qu'outre l'influence de la lithologie il existe une relation privilégiée entre la taille des organismes hydrographiques et la composition granulométrique de la charge solide transportée. En d'autres termes, les fleuves guinéens exporteraient d'autant plus de sédiments grossiers que leurs débits liquides et leurs compétences seraient élevés.

La confirmation de la nature détritique de ces sables d'embouchure validerait l'hypothèse d'une contribution effective de la dégradation des bassins-versants du Fouta-Djalon à la fourniture en sédiments à la mer. Mais on remarquera qu'ailleurs, les cordons sableux fonctionnels présentent toujours une fraction coquillière importante, ce qui montre les limites de cette contribution à l'alluvionnement littoral actuel.

Le transport de sables grossiers a certainement dû jouer un rôle essentiel dans le passé si l'on juge aux marmites torrentielles que nous avons découvert à l'embouchure de la Morébaya, sur le flanc d'un inselberg granitique aujourd'hui perché au dessus du lit fluvio-marin. Mais la teinte grisâtre et laiteuse des eaux fluviales, notamment au moment des crues pluviales survenant entre août et octobre, démontre la prépondérance des particules fines (limons et argiles) dans la charge solide évacuée.

Ce caractère est vraisemblablement moins accusé chez les collecteurs septentrionaux, Rio Compony (Cogon) et Rio Nunez (Tinguilinta) dont les bassins-versants sont recouverts de formations superficielles plus grossières issues du démantèlement des cuirasses. La forte turbidité n'en demeure pas moins le trait caractéristique de tous les grands cours d'eau guinéens si l'on se réfère aux mesures effectuées en période de crue sur le bras occidental du Konkouré (Bouramaya) où des charges en suspension comprises entre 500 et 800 g/m^3 peuvent s'élever à 5.000 g/m^3 près de l'embouchure, voire à 13.000 g/m^3 lors de l'étale de basse mer (BERTHOIS, 1967) !

En admettant que le débit de crue de ce fleuve (3.500 m^3/s) se maintienne pendant au moins 30 jours, ces teneurs de turbidités exprimeraient un tonnage évacué compris entre 4 et 7 Mt, soit une dégradation spécifique située entre 230 et 430 t/km^2. Si l'on veut bien considérer qu'en dépit de leur importance, les transports solides en période de crue ne représentent pas la totalité des transports solides annuels, on conviendra que la dégradation spécifique annuelle des bassins-versants foutaniens puisse atteindre les valeurs très élevées qui caractérisent le domaine hydrologique des montagnes tropicales exposées à la mousson.

Il est pourtant clair que la "dénudation" des versants foutaniens ne profite que partiellement à la recharge du stock sédimentaire littoral car les irrégularités des profils en long et en travers des grands collecteurs régionaux provoquent autant de ruptures de charge dans le transit des matériaux. Les dépressions intra-montagnardes comme celles de Télimélé ou du Moyen-Konkouré sont des lieux d'atterrissement privilégiés des matériaux issus de la remobilisation des versants (RICHARD-MOLARD, 1943 ; TRICART, 1956) où les Peuls ont du reste élu certains de leur meilleurs terroirs (*paraouols*). Le franchissement de ces seuils préside certainement à un tri granulométrique de la charge solide des cours d'eau si bien que seules les particules fines atteignent en définitive le littoral.

Si la majoration de la décharge détritique des versants n'a ainsi probablement pas d'effet décisif sur la nature des apports solides à la mer (compétence), en revanche tout porte à croire qu'elle a pu modifier le régime des écoulements et donc le volume des apports solides (capacité).

On en voudra pour preuve la torrentialité de nombreux cours d'eau du Fouta-Djalon qui, après avoir été pratiquement asséchés pendant de longs mois, se transforment en hivernage en véritables torrents diluviens rendant très périlleux l'accès par les pistes occidentales (route Pita-Télimélé).

Cette irrégularité croissante du régime hydrologique des rivières foutaniennes, sous un climat somme toute contrasté mais dont les effets devraient néanmoins être pondérés par l'infiltration, est certainement une conséquence indirecte de la dégradation des versants selon un processus qui a été décrit notamment à Madagascar (ROSSI, 1979). La torrentialité des rivières a, de toute évidence, été favorisée par la concentration du drainage sur les versants (ravinement) et par un transit plus rapide des eaux de ruissellement vers les collecteurs principaux (suppression des ruptures de pente basales), d'où une accélération de la montée des eaux fluviales et un renforcement très probable des débits de pointe en liaison avec l'intensification des défrichements.

Au total, il apparait que, si la dégradation relativement récente des bassins-versants montagneux n'a pas renforcé de façon significative la compétence des grands collecteurs régionaux en raison des obstacles topographiques traversés, elle a, par contre, augmenté leur capacité de transport vers la plaine côtière, autrement dit, leur aptitude à évacuer un plus grand volume de sédiments fins d'origine détritique.

Toutes choses égales d'ailleurs, l'extension des défrichements dans le Fouta-Djalon a très certainement contribué à la la majoration du stock sédimentaire côtier et l'accélération de la progradation des vasières à mangrove depuis deux siècles. Mais l'intensification des défrichements sur le piémont nous semble avoir été plus déterminante.

2. 2. 2. LA SPÉCIFICITÉ DU SYSTÈME MORPHOGÉNIQUE DES BASSINS GRÉSEUX

L'étude sur photographies aériennes des modelés gréseux du Fouta-Djalon occidental (région de Kindia, Télimélé et Conakry) a participé à la première tentative de classification des paysages liés à cette roche (MAINGUET, 1972). A partir d'une confrontation de ces exemples guinéens et de ceux de République Centrafricaine (cuvettes de Carnot et de Mouka-Ouada), M. MAINGUET est par-

venue à dénombrer trois systèmes morphogéniques tropicaux humides selon l'amincissement progressif du manteau d'altérite et le dégagement corrélatif des grès.

Bien que cette classification se fonde exclusivement sur des données morphologiques et morphodynamiques, il est évident que la végétation ne peut être exclue de la discrimination de ces paysages dans la mesure où sa répartition est, non seulement tributaire des conditions d'altération du substrat, mais également influente sur le système d'érosion.

Nous avons donc cherché à identifier sur le piémont littoral les différents systèmes morphogéniques existants en prenant soin de caractériser les formations végétales associées.

• *Le système morphogénique à manteau continu d'altérites*

Ce système est reconnaissable dans le paysage à la juxtaposition de vastes interfluves pouvant dépasser plusieurs kilomètres et de forme faible faiblement convexe. Ces formes molles sont couvertes d'une végétation forestière dense qui permet rapidement leur identification sur les images satellites.

En Basse-Guinée, les sites caractéristiques semblent se localiser exclusivement dans le bassin du Rio Compony correspondant à l'aire de drainage des fleuves Kandiafara (Cogon) et Baraban (Fig. 17, page suivante). L'examen des cartes topographiques confirme qu'il s'agit bien d'un bas plateau très régulier dont les altitudes sommitales sont toujours voisines de 25 m (± 3 m). L'impression d'encaissement des principales vallées est dû davantage à leur profil en "U" qu'à la vigueur du denivellé qui n'excède jamais 10 m.

Malgré l'absence d'indice morphologique sur l'imagerie satellitaire, la carte géologique certifie que l'assise des ces bas-plateaux est bien constituée par les grès feldspathiques de l'Ordovicien. Dans ces conditions, seule la présence d'un manteau relativement épais d'altérites semble à même d'expliquer d'une part, l'oblitération des réseaux de diaclases et de joints de stratification courants dans ce type de roche et, d'autre part, une densité inhabituelle du couvert forestier. On mentionnera en particulier les haut-bassins du Kaoulou et du Kantomé sur la rive gauche du Kandiafara ainsi que l'ensemble du bassin du Baraban que la frontière divise artificiellement en une partie supérieure bissau-guinéenne et une partie inférieure guinéenne.

N'ayant pas effectué de prospection personnelle dans ce *no man's land* encore largement inexploré, notre analyse s'inspire directement de l'imagerie satellitaire et des quelques études réalisées de part et d'autre de la frontière, "artificielle" s'il en est, qui sépare la République de Guinée de la Guinée-Bissau.

E. de CHATELAT (1938), qui, le premier, offrit une vue générale sur le modelé cuirassé ("latéritique", selon l'auteur) de l'Ouest guinéen, n'aborde nulle part cet aspect des paysages sub-littoraux. Outre le fait qu'il n'ait peut-être pas eu non plus accès à ces secteurs très reculés, nous attribuerons volontiers cette absence à la discrétion du cuirassement dans cette partie du piémont par rapport aux régions intérieures (Pays Bové, Pays Landouma). Ceci est suggéré, non seulement par la rareté des indices de cuirasse sur l'image SPOT, mais également par l'inventaire morphopédologoique réalisé de l'autre côté de la frontière, dans le prolongement exact de ce type de paysage (SCET INTERNATIONAL, 1978).

Les sols des unités couvertes de forêt dense y sont qualifiés de "profonds, rouges, beiges et jaunes sur plateaux et terrasses bien drainés à pente faible". Des cuirasses ferrugineuses ne sont mentionnées que pour des lanières de plateau dont le couvert forestier apparait sensiblement dégradé sur notre image satellite. Aussi, sans s'être rendu sur le terrain et pouvoir certifier l'absence de cuirasse, on peut penser que ces lambeaux de forêt dense sont en équilibre avec le système morphogénique à manteau épais d'altérite.

Au plan physionomique, l'examen stéréoscopique des photographies aériennes révèle qu'il s'agit, comme en Guinée-Bissau et en Casamance, d'une forêt dense stratifiée dont la strate supérieure est soumise à une défeuillaison saisonnière (communication verbale de R.LABROUSSE). Ces îlots forestiers s'apparenteraient alors aux formations denses mésophiles dont plusieurs peuplements résiduels ont été décrits sur la côte des Rivières-du-Sud, depuis la Casamance (AUBREVILLE, 1948) jusque dans le sud de la Basse-Guinée (SCHNELL, 1952).

En tout état de cause, l'inventaire détaillé de ces forêts mériterait d'être réalisé car, dans l'hypothèse où il confirmerait notre supposition, il serait urgent de les protéger de la menace de disparition que fait peser sur elle la progression des feux de brousse.

En effet, bien que la pression démographique soit ici très faible par rapport au sud de la Basse-Côte, (ce qui expliquerait selon nous leur meilleure conservation), une étude régionale récente sur la détection des feux de brousse (BOSSARD & GUYOT, 1987) montre que leur pratique s'étend jusqu'à l'orée du littoral (l'étude diachronique de "quick looks" d'images LANDSAT MSS a mis en évidence l'extension de surfaces brûlées jusque dans le bassin du Bouloukountou).

Les vastes étendues de forte absorptance qui caractérisent le bassin du Cogon en amont de ses affluents Tasserenk et Kaoulou traduisent très probablement l'ancienneté de la dégradation du couvert forestier en liaison avec des formes d'utilisation extensive. Compte tenu de la très faible densité des populations sédentaires (la sous-préfecture de Sansané a recensé 4.157 habitants en 1983 ! [cf. Tableau n°35, page 188]), la savanisation des bas plateaux sublittoraux semble devoir être imputée surtout à la transhumance des éleveurs Peuls qui descendent en saison sèche des plateaux du Fouta-Djalon occidental (région du Binani) jusque dans la région de Boké.

Dans ce contexte particulier, la sauvegarde des forêts denses résiduelles du nord de la Basse-Guinée devrait répondre à un double souci : sauvegarder un écosystème forestier original et maintenir l'équilibre morphogénique particulier des mangroves bordières.

Le premier souci est lié au caractère probablement relique des forêts côtières à *Parinari*. Bien que la mise en place de ces formations n'ait pas encore fait l'objet de recherches spécifiques, une synthèse récente portant sur l'évolution tardi-glaciaire et holocène de la végétation ouest-africaine (MALEY, 1985) a montré que la forêt dense s'est reconstituée rapidement autour de 9.000 B.P. avant d'être fragmentée lors d'épisodes secs récurrents (cf. la fameuse "coupure du Dahomey"). Ces indications paléoclimatiques ainsi que l'analogie entre les forêts sublittorales des Rivières-du-Sud et celles du Nigéria occidental (AUBREVILLE, 1948) accréditent l'hypothèse selon laquelle le maintien de la forêt dense à *Parinari* est dû aux conditions pédologiques particulièrement propices qu'offrent le système morphogénique à manteau épais d'altérites. La substitution, dans les meilleurs cas, d'une forêt claire d'affinité savanicole à la forêt dense originelle (SCHNELL, 1952) démontre clairement que le déblaiement des altérites consécutif aux défrichements rompt définitivement l'équilibre précaire entre cette végétation relique et le système morphogénique auquel elle est associée (pédoclimax), d'où la nécessité, à notre avis, d'une mise en protection des forêts côtières résiduelles.

MORPHOLOGIE


Plateau gréseux


Plateau schisteux cuirassé


Relief intrusif


Terrasse sableuse


Cordon sableux fossile


Cordon sableux fonctionnel


Crête pré-littorale


Slikke de front de mer


Delta et goulet de marée


Chenal pérenne


Chenal intermittent


Chenal fossile

INFRASTRUCTURES


Sous-préfecture


Village > 100 hab.


Limite de sous-préfecture


Port à bois


Village de pêcheurs


Route goudronnée


Piste principale


Piste secondaire


Digue


Digue rompue


Drain

EVOLUTION GLOBALE LA POSITION DU RIVAGE ENTRE 1952 ET 1987


Recul du rivage (érosion)


Progradation du rivage et mangrove pionnière associée


Stabilité relative du rivage

FIG. 17 :
CARTE DE LOCALISATION DE LA BASSE-CÔTE AU NORD DU CAP VERGA

Légende commune aux figures n°17, 19 et 23. Le profil du tracé A-B est représenté à la figure n°18, page 58

GUINEE-BISSAU

Sansane
Sankonia
Banibalanta
Kabougani
Hamdallay-Yoté
Kassanes
Kamiar
Kabakoudonto
Mera Rougoure
Djerga
Kawaki
Kabako
Kaklasam
Kogon
Kantilikote
Kalafakanda
Koundra
Tonkima
Kampala
Kankayani
Kampouni
Kangara
Kantarande
Sangban
Kassoumba
Kandafara
Kamkrour
Bala Bala
Kamba
Kaolinia
Rio Komponi
Marigot de Tonkima
Rio Nunez
Shugoussoun
Yakabya
Kounlasa
Dadedafou
Daneya
Yasela
Tasselhon
Kolaboui
Fodekonteya
Wassoulou
Balandougou
Tamboko
Dakonta
Kareni
Kabonkoni
Kakoumba
Tambaya
Nienkalea
Kolel
Bentankountou
Songolon
Moussaya
Baklasa
Foukoussa
Wamounou
Lefoursebu
Kiaya
Toubaia
Konakridi
Kantou
Der-Salam
Kamoukouloun
Tounbata
Taressa
Kebata
Borobori
Kelandendi
Kamsar
Kakoko
Bogonia
Kakoko Chol
Kelefoni
Kaloum
Kaloungouro
Kaltkena
Kaltkara
Kaltout
Kaltoubia
Bintimodia
Kaobell
Souguiliya
Kontiya
Kakoya
Mera
Kakako
Yerguissa
Sibell
Kalkilasa
Mediana
Mankouta
Toumbeta
Konkoure Kakala
Danikan
Kounoko
Kamsar
Kamsar Chol
Kakoko
Kaltoubia
Kaltkena
Kaltkara
Kaltout
Kaloungouro
Kaltoubia
Kankako
Sangereko
Kolel
Nienkalea

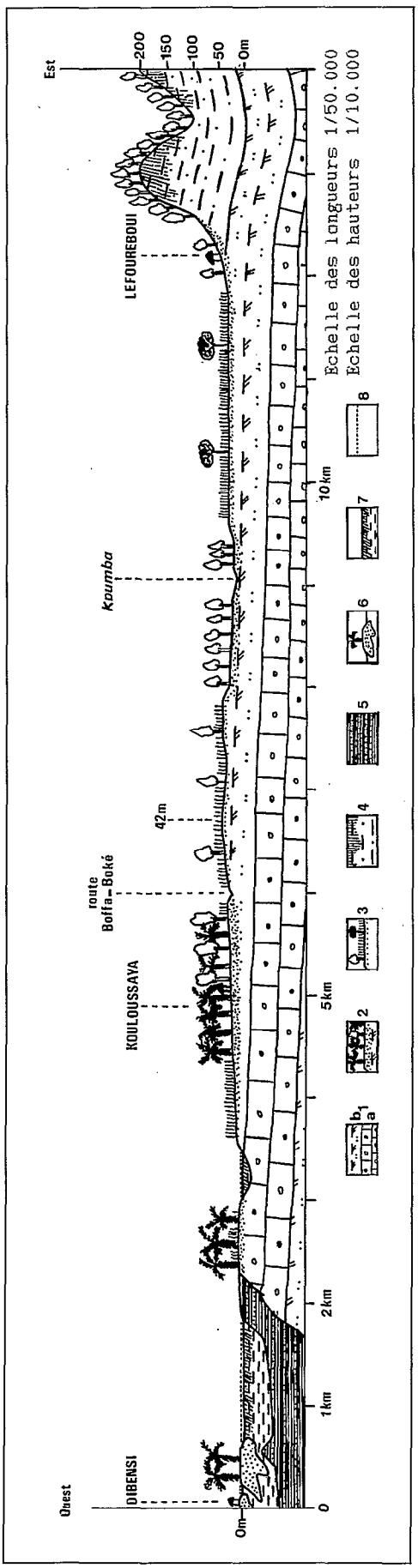


FIG. 18 ;
COUPE GÉOMORPHOLOGIQUE DU PIÉMONT SEPTENTRIONAL

Sous-préfecture de Tounguifili, feuille IGN Boké-2c.
Localisation sur la figure n°17, page 57.

1. Socle ordovicien constitué d'une alternance de conglomérats à galets de quartzites (1a) et de grès grossiers feldspathiques (1b)- 2. Palmeraie-parc sur manteau continu d'altérites- 3. Savane arborée sur faible manteau d'altérites- 4.Collines schisteuses cuirassées- 5. Accumulation sableuse nouakchottienne à couvert graminéen- 6. Cordon sableux fossile à palmiers- 7. Remblaiement fluvio-marin à sol tourbeux et végétation marécageuse d'arrière-mangrove- 8. Niveau d'inondation pluviale-

La protection des forêts denses côtières répondrait également au souci de conserver un environnement terrigène qui se rapproche le plus de l'environnement originel des mangroves guinéennes. Malgré l'étendue limitée de leurs bassins-versants, les plaines fluvio-marines du Tonkima (11.900 ha) et du Baraban (7.800 ha) abritent les dernières mangroves dont les apports terrigènes ne soient pas tributaires d'une dégradation anthropique des versants. Cette situation est exceptionnelle en Basse-Guinée étant donné la forte empreinte des sociétés rurales sur la dynamique du milieu. Nous n'avons pas procédé à une investigation de cette zone, mais il nous semblerait très intéressant de pouvoir corréler le statut de ces mangroves au système morphogénique à épais manteau d'altérite qui prévaut encore au sein de leurs bassins-versants. La question que pose en particulier l'analyse de l'image satellite est de savoir si la faible extension des vasières à mangroves et la largeur tout à fait inhabituelle des chenaux de marée (notamment dans leurs cours amont) ne sont pas liées précisément à la faiblesse des approvisionnements sédimentaires de bordure, autrement dit, à la "phytostabilisation" des versants par la forêt dense. Cette question est fondamentale car, si tel était le cas, cela confirmerait *a contario* le rôle déterminant de la déforestation dans les processus d'alluvionnement littoral et de développement corrélatif de la mangrove.

• *Le système morphogénique à faible manteau d'altérites*

Ce système morphogénique est caractérisé, comme son nom l'indique, par l'amincissement du manteau de décomposition du piémont gréseux. Il occupe le plus souvent la même position topographique que le système précédent, c'est-à-dire la partie aval du glacis côtier, à une altitude constante de 20-30 m. La figure n°18, ci-contre illustre son extension dans la sous-préfecture de Tounguifili. Mais il recouvre également les collines résiduelles ayant échappé à la glaciplanation du piémont comme celles que traversent la route Ouassou-Boffa, entre les villages Linlin et Yenguissa (Fig. 19, page suivante).

Sur l'imagerie satellitaire, le système à mince manteau d'altérites se signale à l'attention du biogéographe par une mosaïque de forêts et de savanes plus ou moins dégradées. Au plan morphologique, les lanières de piémont présentent un "rayon de courbure plus petit que celui des mailles du système précédent", pour reprendre l'expression de M.MAINGUET. Le réseau hydrographique est plus ramifié. Les vallées resserrées présentent désormais un profil en "V". C'est l'alignement de forêts-galeries dans ces vallées qui authentifie le changement de système morphogénique.

Avant même que les fractures ne soient exhumées de leur manteau d'altération, des lignes d'arbres soulignent une concentration du drainage le long de certains axes privilégiés. L'amincissement des altérites repose probablement sur la combinaison de processus géochimiques et mécaniques complexes. Les spécialistes des roches gréseuses s'accordent à attribuer un rôle déterminant au soutirage des altérites par exportation de la silice dissoute selon le réseau de fractures du substrat. Ce soutirage déclenché en quelque sorte par la désilicification du manteau d'altération pourrait rendre compte par la même de l'abaissement des groupes convexes (MAINGUET, 1972, page 230), ce qui revient implicitement à en faire le processus majeur et actuel de la glaciplanation du piémont.

Sans remettre en cause l'importance des processus de lessivage intra-formationnel dans l'amincissement du manteau d'altération, nous avons pu constater au cours de l'hivernage que le ruissellement en nappe devait également être pris en considération. Nous attribuons cette relative efficacité des processus superficiels sur des surfaces pourtant perméables et peu déclives, à l'agressivité particulière des pluies guinéennes, dont l'intensité peut atteindre, rappelons-le, 350 mm en 24h ! Dans ces conditions de type "catastrophique", la moindre pente défrichée peut être sujette à un ruissellement diffus susceptible de déblayer les altérites. Le déclenchement de ce processus a pour double effet d'hypothéquer les chances de reconquête forestière sur les versants et, pour ce qui concerne l'écosystème mangrove, d'augmenter le colluvionnement des fonds de ria, voire la charge solide des cours d'eau évacuateurs.

La déstabilisation des versants et la dégradation de la végétation peuvent toutefois être freinées par l'occurrence de formes de cuirassement particulières qui marque l'originalité du système morphogénique à mince manteau d'altérites. Si l'on exclue les cas d'induration siliceuse en surface qui nous semblent caractériser davantage le système morphogénique à grès nu (cf. infra), les phénomènes de cuirassement observés sont toujours bordiers et présentent un développement particulier sur la bordure externe du glacis côtier.

Leur affleurement dans diverses positions topographiques semble pouvoir être relié, comme l'a suggéré M.MAINGUET en d'autres lieux, à plusieurs localisations préférentielles. Les cuirasses de replat situées aux ruptures de pentes entre interfluves et versants n'ont été observées que de loin en loin sur les collines résiduelles du piémont. Elles paraissent immuniser des marches structurales dégagées à partir des joints de stratification des grès.

Les cuirassements issus de source à mi-versant ou du ressuyage du manteau d'altération sont à la fois plus étendus et beaucoup plus déterminants pour la répartition de la végétation sublittorale. La distinction entre les deux types de cuirasse est parfois délicate dans la mesure où le déplacement vertical des sources en fonction du colmatage progressif des altérites par le fer peut propager le cuirassement de versant jusqu'à la rupture de pente basale où se forment les cuirasses de ressuyage proprement dites.

Mais notre curiosité s'est surtout portée sur la concordance spatiale entre le système morphogénique à mince manteau d'altérites et la conservation d'une végétation relativement dense par rapport aux aires de grès nu qui occupent la partie interne du piémont gréseux. Ce phénomène s'observe particulièrement dans les bassins-versants du Bendefikhé et du Dingingban (cf. Feuille IGN-Conakry 3c), celui du Darabo (cf. Feuille IGN-Télimélé 1a) ainsi que sur les terminaisons du piémont gréseux ente le Rio Pongo et la Dangara (cf. Feuille IGN-Boké 2b).

Les surfaces de forte réflectance et de texture "granuleuse" identifiées dans ces secteurs correspondent à un paysage de parc au sens où les géographes l'ont défini, c'est-à-dire, à une formation arborée où les défrichements culturaux vont de pair avec l'épanouissement d'espèces arborées utiles qui sont conservées (parc sélectionné) ou substituées à la végétation spontanée (parc construit).

Nous rangerons dans ces paysages les vergers plus ou moins bien individualisés qui entourent les villages sublittoraux et où l'on rencontre un cortège très étendu d'arbres fruitiers : le Manguier (*Manguifera indica*), le Cocotier (*Cocus Nucifera*), le Bananier (*Musa sp.*), l'Arbre à pain (*Artocarpus incisus*), le Corossolier (*Annona muricata*), l'Avocatier (*Persea americana*), le Mandarinier (*Citrus reticula*), le Colatier (*Cola souminata*). D'autres espèces introduites ont également été signalées aux abords des villages : le Jatropha (*Jatropha curcas*) ainsi que *Thevetia neriiflora*, *Canna bidentata* et *Moringa pterygosperma* que n'avons pas pu reconnaître sur le terrain.

Mais l'arbre qui impose sa physionomie au parcs sublittoraux

MORPHOLOGIE


Plateau gréseux


Plateau schisteux cuirassé


Relief intrusif


Terrasse sableuse


Cordon sableux fossile


Cordon sableux fonctionnel


Crête pré-littorale


Slikke de front de mer


Delta et goulet de marée


Chenal pérenne


Chenal intermittent


Chenal fossile

INFRASTRUCTURES


Sous-préfecture


Village > 100 hab.


Limite de sous-préfecture


Port à bois


Village de pêcheurs


Route goudronnée


Piste principale


Piste secondaire


Digue


Digue rompue


Drain

EVOLUTION GLOBALE LA POSITION DU RIVAGE ENTRE 1952 ET 1987


Recul du rivage (érosion)


Progradation du rivage et mangrove pionnière associée


Stabilité relative du rivage

FIG. 19 : CARTE DE LOCALISATION DE LA BASSE-CÔTE ENTRE CAP VERGA ET LE KALOUM


DIBI
QUITO
KOBA
Boffa
Dougrou
Tanene
Koba Valima
Bel-Air
Kisaing
Bangouya
Kamaya
Soguéya
Kambiya
Kaleyre
Diabon Fougue
Kabeleya
Kaleya
Linlin
Kemsebaya
Donke
Gangenta
Bakoro
Farinya
Tayiren
Basseya
Koukoubouï
Tamboulé
Torodoya
Soumbouyadi
Domingili
Guemeyire
Yenguissa
Takori
Mayouï
Wassiya
Dunlya
Tlya
Matiolia
Dondaya
Balandougou
Wouriabe
Bandeyida
Foyenga
Sakhata
Hamdallaye
Wallia
Kawiama
Dabiré
Tebata
Sakama
Koubaseam
Dibiri
Baye
Dembissa
Sareya
Bikhekhabada
Kountoulouna
Kanatourida
Yambaréssa
Youmaleya
Morlyagba
Dibissi
Billassida
Tayira
Koumbaya
Bobene
Kounmba
Tunyifilidi
Bongolon
Dentema
Mafoba
Rio Pongo
Samoura
Kawiama
Dafogora
Soubat
Kenemba
Kaousseou
Dimbaya
Kabassa
Yeraya
Bakoun
Bakia
Wondima
Makinsi
Masalon
Derance
Khonkhonkoro
Koberaka
Bassingua
Diatifa
Karinkine
Katoya
Bakanyia
Katenda
Tiemi
Metera
Ganbian
Kindiadi
Khonkhompo
Bokhinema
Tabouriya
Yeraya
Bakoun
Bakia
Kambiya
Soguéya
Koutiya
Kamaya
Gatakhoure
Kondeya
Sankoulé
Bangouya
Tanene
Yeraya
Sambouyadi
Ouassou
Kouhiya
Yafraya
Tafori
Bureméya
Diakha
Yerande
Sinaguekhoure
Yanfaya
Kenendé
Momezli
Kangoleya
Binsinkin
Manlakhoun
Sivaya
Kolakhoure
Mangueya
Yafiya
Kandiakhoure
Wandedanta
Kakoumba
Bouseura
Saryanya
Sigonya
Dakoury
Menkina
Kanleya
Berémaya
Kolonta
Donyla
Toudousourou
Bouremaya
Kondeya
Yafaya
Yenkina
Kanéya
Kouléya
Bouremaya
Kondeya
Yafaya
Yenkina
Kanéya
Kouléya
Bouremaya
270m
225m
537m
305
145
0
5
10
15km

demeure incontestablement le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) dont les usages multiples (huile, alcool, couverture des cases, etc...) sont bien connus.

La sous-préfecture de Bintimodia compte une palmeraie-parc que l'on peut qualifier de construite, dans la mesure où la structure en blocs, que met bien en évidence l'imagerie satellitaire à haute résolution, correspond à des alignements serrés de plants qui ont été mis en terre en vue de constituer une plantation de type industriel. Mais ce cas parait unique en Basse-Guinée. Le paysage qui domine est celui d'une forêt assez hirsute où les terroirs agricoles s'étendent à l'abri des frondaisons.

La palmeraie-parc apparait bien dans ces conditions comme le sous-produit du défrichement de la forêt dense climacique au bénéfice des cultures vivrières. L'intervention répétée du cultivateur étant une condition essentielle de l'épanouissement et de l'entretien de ce type de formation végétale, on comprendra pourquoi les palmeraies sublittorales sont intimement liées à la répartition des densités de population, et ce, malgré les longues jachères requises par la riziculture pluviale.

On admettra, toutefois, que l'extension de ce paysage végétal dans un milieu édaphique a priori défavorable à la végétation (amincissement du manteau d'altération et remontée relative du niveau d'affleurement des grès) suppose la conservation d'une réserve hydrique suffisante. Il semble que ceci soit possible grâce au rôle imperméabilisant des cuirasses vis-à-vis de l'infiltration.

Il faut rappeler ici la double originalité du cuirassement dans les grès (MAINGUET, 1972). A la différence des roches granitoïdes, où une lithomarge sépare fréquemment la roche saine du niveau d'induration proprement dit, la cuirasse repose en général directement sur le substrat gréseux. Ce faisant, il s'agit d'un cuirassement de solution de continuité qui se moule sur le réseau de fracture des grès -diaclases et joints de stratifications- et obture par conséquent les anfractuosités empruntées par les eaux d'infiltration.

Dans ces conditions limitées, rappelons-le, aux versants de raccordement avec la plaine côtière, l'apparition d'un cuirassement bordier même discontinu pourrait favoriser selon nous une plus grande rétention des eaux d'infiltration dans le mince manteau d'altérites sus-jacent et, partant, le maintien d'une couverture forestière dense.

Au total, il semblerait bien que le paysage de parc traduise un équilibre harmonieux entre, d'une part, un système de production associant l'arbre à la culture et, d'autre part, le système morphogénique à mince manteau d'altération. Dans les bassins-versants où le paysage de parc est bien représenté, les processus de colluvionnement et d'aggradation de fonds de rias nous sont apparus très localisés.

L'ancienneté de la palmeraie sublittorale, notamment autour des trois anciens foyers de peuplement Baga, -tous situés sur le piémont gréseux-, empêche bien évidemment d'évaluer précisément ce que l'extension actuelle des formations marécageuses d'arrière-mangrove doit à l'évacuation des altérites sous couvert de palmeraie. On remarquera simplement que leur étendue est très limitée dans les bassins-versants à dominante forestière et qu'en tout état de cause, les formations marécageuses ne prennent une extension significative qu'en aval des plateaux où le paysage de parc est sensiblement altéré ; qu'il s'agisse des rias affluentes du Samourou et du Darabo (Feuille IGN-Télimélé 1a) ou des vallées supérieures de la Kissili (Feuille IGN-Boké 2a/2b).

Le caractère ménagé des colluvionnements dnas le système morphogénique à mince manteau d'altérites est démontré *a contrario* par la localisation des grands marais du Kapatchez et de ses affluents de rive gauche Kitali et Dibéridi (Feuille IGN-Boké 4a) en bordure de plateaux de grès nu où le paysage de parc cède la place à de formations de savane.

• *Le système morphogénique à grès nu*

L'identification, grâce à la vue synoptique de l'imagerie satellitaire, de surfaces de roche nue -ou couverte d'un mince tapis herbacé discontinu aussi vastes (plus de 100 km²) que celles qui s'étendent à l'ouest du Konkouré (K, J 29-331) et de l'éperon côtier du Cap Verga (K, J 28-329) a de quoi surprendre sur des terres basses tropicales qui reçoivent entre 3 et 5 m de pluies par an !

Le paysage végétal est celui d'une savane à bosquets dégradée où le tapis graminéen clairsemé est dominé par les genres *Loudetia* et *Andropogon* tandis que l'Anacardier (*Anacardium occidentale*) et le Méné (*Lophira alata*) constituent l'essentiel d'une strate arbustive très lâche. Ce type de formation végétale s'identifie sur les images SPOT par sa structure ocellée ou tigrée qui traduit un très faible recouvrement du sol.

A la suite de son étude des plateaux occidentaux du Fouta-Djalon (secteur de Kindia) et des deux cuvettes gréseuses de République centrafricaine, M. MAINGUET avait déjà conclu au rôle "tyrannique" exercé par la lithologie dans le paysage des roches gréseuses eu égard aux suggestions du climat. Par la suite, de nombreux travaux sont venus confirmer l'azonalité de l'empreinte des grès, sinon de leurs formes, par rapport aux autres roches dont les modelés sont beaucoup plus tributaires du contexte morphoclimatique.

On remarquera toutefois que, suivant le dispositif morphostructural classique des boucliers tropicaux, les couvertures gréseuses étudiées sont toujours surélevées par rapport au piémont littoral si bien qu'on conçoit assez facilement qu'elles apparaissent débarrassées de leur manteau d'altération. L'originalité de la Basse-Côte, qui semble ne pas avoir été signalée, est de présenter de vastes surfaces de grès nu à une altitude voisine de celle de la mer.

De toute évidence, l'exposition d'affleurements gréseux aussi étendus aux agents de la météorisation ainsi qu'aux différents processus de transport élémentaires ne peut manquer, sous un tel climat, d'avoir un impact sur la charge des écoulements côtiers et le régime sédimentaire de la plaine côtière. C'est la raison pour laquelle ce système morphogénique mérite, à notre avis, qu'on s'y attarde quelque peu.

Par aire de grès nu, il faut entendre, non seulement les affleurements rocheux proprements dits qui sont répartis en mamelons surbaissés et séparés par des vallées de fractures exhumées, mais également les surfaces sableuses issues de la désagrégation du substrat qui sont facilement identifiables sur l'imagerie satellitaire par leur très forte réflectance, sans oublier des formes particulières d'encroûtement dont nous reparlerons.

Ainsi définies, ces surfaces prennent leur plus grande extension dans les parties internes du piémont côtier. C'est notamment le cas du *no man's land* situé à l'ouest du Konkouré et que traversent les routes conduisant à Fria et à Boffa (Fig. 19, page 61). Les altitudes y sont beaucoup moins régulières qu'en aval du piémont et se répartissent en moyenne entre 30 et 70 m avec localement des collines ovoïdes dépassant 100 m de hauteur.

La reconnaissance de niveaux d'érosion, plus élevés que le niveau 25-30 m reconnu sur tout le littoral, parait extrêmement hasardeuse compte tenu de l'importance prise par la structure dans la différenciation du relief.

Tout se passe comme si l'exhumation des grès de leur manteau d'altération participait à une irrégularisation des mailles du paysage selon des sollicitations structurales jusque-là masquées (Fig. 20, ci-dessous).

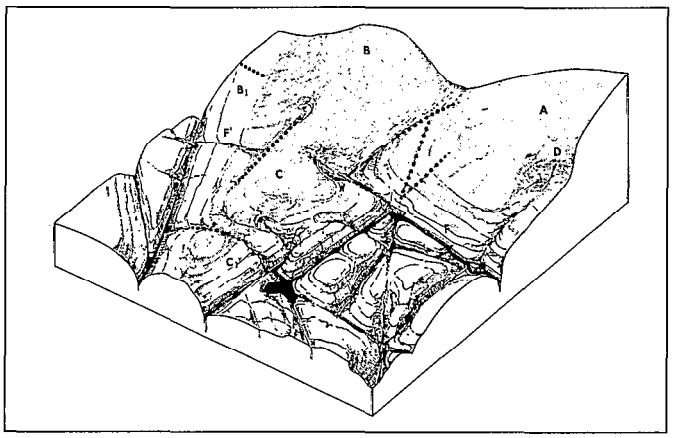


FIG. 20 :
EXTENSION DU SYSTÈME A GRÈS NU PAR AMINCISSEMENT PROGRESSIF DU MANTEAU D'ALTÉRITES

A, B, C. Mouvements de terrain sous couvert d'altérites- D. Cirque- B1, C1. Rupture de pente insensible- F, F'. Portions d'une fracture continue en voie d'exhumation.
(d'après M. MAINGUET, 1970)

Toutefois, dans un secteur qui, comme l'arrière-pays de la sous-préfecture de Tanéné, semble soustrait actuellement à l'action anthropique, on peut se demander si la dénudation du substrat gréseux résulte simplement de la disparition du manteau d'altérite, ou si les surfaces réfléchissantes de sables issus de la désagrégation des grès ne témoignent pas au contraire d'une progression actuelle de l'aplanissement bordier selon un processus de type pédimentation.

La position altitudinale de ces surfaces sableuses et l'absence d'influence anthropique nous feraient plutôt opter pour la seconde hypothèse. En effet, les cartes topographiques (Feuille IGN-Télimélé 1a et 1b) indiquent qu'elles se situent presque toutes en contrebas d'un relief collinéaire ou d'un lambeau de plateau tabulaire, et toujours dans le prolongement topographique du niveau de 30 m. Par ailleurs, dans un secteur visiblement délaissé depuis longtemps (cf. cartes IGN datant de 1951) en raison de l'absence de sol meuble et de paturâge, il paraît difficile d'attribuer ces sables à une dégradation du tapis végétal qui aurait simplement exhumé le manteau d'altération sous-jacent. Nous pensons par conséquent que ces dépôts sableux sont pour l'essentiel corrélatifs du démantèlement actif des reliefs collinaires en amont sous les effets combinés de la désagrégation granulaire et du ruissellement en nappe (Fig. 21, ci-après).

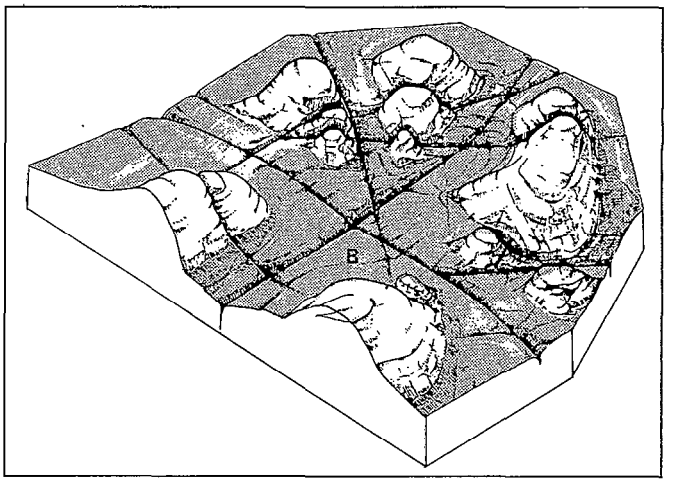


FIG. 21
EXTENSION DU SYSTÈME MORPHOGÉNIQUE A GRÈS NU PAR DÉMANTÈLEMENT DES RELIEFS COLLINAIRES ET GLACIPLANATION

En grisé, glaciplanation par ruissellement en nappe.
En blanc, démantèlement des collines par désagrégation.
(d'après M. MAINGUET, 1970)

La question est maintenant de savoir dans quelle mesure ces produits sont pris en charge par des écoulements susceptibles de les entraîner jusque dans la plaine côtière.

• *Un endoréisme pseudo-karstique limitant l'évacuation des sables*

La porosité en grand des grès explique leur aptitude à se laisser traverser par l'eau et, partant, l'indigence du réseau hydrographique superficiel qui rappelle celle des réseaux karstiques.

Plus encore que dans les systèmes morphogéniques à manteau d'altération, l'hydrographie superficielle est tributaire dans le système à grès nu des réseaux de fracture. La configuration anguleuse des principales artères, avec leurs tronçons rectilignes et de nombreux coudes ("faux-méandres") en est la meilleure illustration. Les cours d'eau de rang hiérarchique inférieur sont également des cours de cassure mais ils drainent très souvent des vallées aveugles aboutissant à des pertes de type karstique.

Au total, le faible coefficient d'écoulement dans le système morphogénique à grès nu explique la part décisive du colluvionnement dans les processus de transport élémentaires. Ce faisant, les multiples surfaces surbaissées du piémont gréseux représentent autant de pièges pour les produits issus de la météorisation des interfluves.

L'aplanissement circum-côtier, qui recoupe en biseau les différents niveaux stratigraphiques de l'Ordovicien (d'après la carte géologique au 1/200.000), offre un réceptacle étendu pour les colluvions des collines résiduelles. Mais les formes d'aplanissement locales qui se sont développées en contrebas de ce niveau, au point de ren-

contre de deux cassures, ainsi que les dépressions liées au dégagement d'horizons gréseux moins résistants, peuvent aussi bien jouer le rôle de piège à sédiments. En effet, un seuil rocheux sépare alors souvent ces vallées à fond plat de la ria proprement dite qui lui succède en aval (rive droite du bassin du Loronton, Feuille IGN-Télimélé 1a). Ces formes d'endoréisme pseudo-karstique stigmatisées par la formation d'un lac *-vendou-* durant l'hivernage limitent d'autant les possibilités de remobilisation des colluvions vers la plaine.

Enfin, on a observé à proximité du village de Maniokhoun (sous-préfecture de Khorira / Feuille IGN-Conakry 3d) que les produits de la désagrégation des grès qui s'étaient accumulés dans le creux des dépressions pouvaient faire l'objet d'une induration *in situ* aboutissant à la formation d'une véritable dalle siliceuse dont les formes de détail ne sont pas sans rappeler les lapié des roches calcaires. Bien que n'ayant pas procédé à une analyse morphoscopique et chimique des échantillons, on est tenté d'évoquer ici le mécanisme géochimique auquel les spécialistes des roches gréseuses ont coutume d'associer la formation du pseudo-karst sur grès, à savoir, une reprécipitation incomplète de silice néoformée (kaolinite) à partir du quartz dissout.

Bien que la dalle siliceuse qui en résulte *-silcrete* des auteurs anglo-saxons- subisse à son tour une certaine altération (d'où le modelé de détail pseudo-karstique), cet aspect du système morphogénique à grès nu limite de toute évidence les possibilités de prise en charge des produits de la désagrégation par les écoulements.

Au total, les différents processus qui régissent le système morphogénique à grès nu paraissent converger leurs effets pour limiter l'évacuation des matériaux terrigènes vers la plaine côtière. La conservation de vastes épandages sableux à moins de 10 km de la falaise morte de Koba, qui limite la plaine côtière, plaide dans ce sens.

Il ressort de cette analyse que, contrairement à ce que l'on aurait pu penser a priori, il n'y a pas de relation directe entre l'intensité de la désagrégation dans les bassins-versants gréseux et l'importance des apports sableux à la côte. C'est seulement lorsque le système morphogénique à grès nu exerce ces effets jusqu'à la falaise morte marquant la terminaison du piémont, qu'il influe sur la morphogénèse littorale.

• *L'importance des colluvionnements en bordure de plateaux gréseux fortement dégradés*

L'analyse qui suit s'inspire du secteur compris entre l'éperon côtier du Cap Verga et le fleuve Kapatchez (Fig. 17, page 57) où l'imagerie satellitaire avait attiré notre attention sur l'intensité de la dégradation du tapis végétal et l'extension surprenante des surfaces de roche nue.

En arrière d'un liseré forestier discontinu correspondant à une palmeraie-parc résiduelle, le secteur de piémont compris entre le village de Moussaya (sous-préfecture de Bintimodia) et l'embranchement de la route de Kounou (sous-préfecture de Mankoutan) s'individualise par l'étendue des affleurements gréseux séparés par des vallées de fractures qui sont soulignées par les forêts-galeries. La savane qui couvre le plateau est du même type que celle décrite précédemment.

Mais à la différence de l'arrière-pays de Koba, ce paysage dénudé s'étend à plusieurs reprises jusqu'à la falaise morte du piémont, en se prolongeant même dans la plaine côtière sous forme de buttes gréseuses résiduelles et de platiers rocheux plus ou moins altérés en surface. On mentionnera en particulier les bordures des marais de Moussaya (affluents du Songolon), de Singuila (Singuila), de Toubata (affluent de rive droite du Kitali), de Falaba (Kitali) et de Konkhouré-Kabéléya (Dibéridi).

Or, il s'agit précisément des secteurs où les formations marécageuses apparaissent à la fois les plus étendues et les plus diversifiées, et, où, les phénomènes d'envasement ont été les premiers signalés (GUILCHER, 1956).

Tout porte à croire que l'extension du système morphogénique à grès nu jusqu'aux abords immédiats de la plaine -extension dont l'imagerie satellitaire indique qu'elle s'est poursuivie après 1951- a fortement contribué à l'altération des paysages végétaux d'arrière-mangrove.

Il ne s'agit pas, ici, de remettre en cause le rôle de la remontée du bouchon vaseux et de l'envasement corrélatif des chenaux de marée dans le processus de rétention des eaux douces d'origine continentale. Le transfert de sédiments vers l'amont consécutif à la péjoration des conditions hydroclimatiques demeure très certainement le facteur essentiel de l'envasement de la plaine du Kapatchez.

Mais étant donné la répartition préférentielle de l'envasement autour des affluents de rive gauche de ce fleuve et de l'importance des recouvrements colluviaux observés sur le terrain, force est d'accorder un rôle non négligeable au ruissellement sur les bordures de piémont.

A cet égard, l'influence anthropique apparait décisive car le système morphogénique à grès nu ne se serait certainement pas prolongé autant en aval de son aire naturelle (cf. région de Koba / Konkouré), si l'équilibre entre la forêt et le système de production vivrier (palmeraie-parc) s'était maintenu. La rupture de cet équilibre a été provoquée de toute évidence par une dégradation du couvert forestier dont nous attribuerons volontiers l'origine à un raccourcissement excessif des temps de jachère car les cultures sèches (manioc, patate douce) occupent ici des surfaces importantes, notamment dans les bas fonds.

L'extension des terroirs aussi bien sur le plateau que sur les talus de raccordement et la dégradation de la végétation forestière traduisent en fait la forte pression démographique dans cette région de peuplement ancien.

Au dernier recensement (Tableau n°35, en annexe), les sous-préfectures de Bintimodia et de Mankoutan comptabilisaient 12.442 et 11.442 habitants, ce qui, rapporté à leur superficie respective (170 et 120 km^2) représente des densités approximatives de 73 et 94 hab./km^2. Bien que ces chiffres correspondent à une estimation, ils relèvent d'un ordre de grandeur deux fois supérieur à celui des densités des sous-préfectures de Kolaboui et de Tounguifili qui encadrent notre secteur d'analyse.

Le paysage sublittoral de ces deux dernières sous-préfectures se rapprochant beaucoup plus de ce qui a été décrit à propos du système morphogénique à mince manteau d'altération, nous pensons pouvoir attribuer le développement particulier, dans les sous-préfectures de Bintimodia et de Mankoutan, du système morphogénique à grès nu à une surcharge démographique (compte tenu du système de production en vigueur) rompant l'équilibre biostasique du piémont.

Nulle part ailleurs, le piémont gréseux ne supporte des densités aussi élevées. Les plus fortes valeurs ne dépassent pas 65 hab./km^2,

	Système à manteau continu d'altérites	Système à mince manteau d'altérites	Système à grès nu
Formes	Vastes interfluves Vallées en V	Collines ovoïdes Vallées à fond plat	Mailles anguleuses Vallées à fond plat
Sols	ferralitiques reliques	ferrugineux	Lithosols
Végétation	Forêt dense à *Parinari*	Savane-parc à *Elaeis*	Savane arbustive à *Anacardium*
Morphogénèse	réduite (pédogénèse dominante)	Lessivage intraformationnel Ruissellement en nappe Cuirassement de ressuyage	Glaciplanation Désagrégation et induration silicieuse Colluvionnement
Impact / écoulement	Pondération des débits liquides, Faiblesse des débits solides	Multiplication des sources Engorgement des vallées	Endoréisme "pseudo-karstique" limitant l'évacuation des sables Colluvionnements de bordure
Impact / mangrove	Apports déficitaires ⇨ développement limité	Apports ménagés ⇨ développement assuré	Apports excédentaires ⇨ aggradation des fonds de rias ⇨ substitution par forêts marécageuses
Densité (d) en hab./km^2	d < 15	45 < d < 60	60-70 < d
Localisation (sous-préf.)	Sansané, Dabiss, Kanfarandé	Kolaboui, Tounguifili, Koba	Kamsar, Bintimodia, Mankoutan

TABLEAU N°3 :
ESSAI DE CARACTÉRISATION DES SYSTÈMES MORPHOGÉNIQUES DES BASSINS-VERSANTS GRÉSEUX

dans la sous-préfecture de Koba-Tatéma où la palmeraie-parc couvre encore bien le sol. On est donc tenté de penser qu'il existe un seuil de densité démographique, que l'on situera approximativement entre 60 et 75 hab./km^2, qui conduit dans les conditions de production présentes au passage du système morphogénique à mince manteau d'altération au système à grès nu (Tableau n°3, ci-dessus).

Contrairement à ce que nous avons pu observer dans le secteur du Konkouré, cette modification du système morphogénique continental a une incidence notable sur le régime des écoulements côtiers et le fonctionnement de l'écosystème mangrove, car elle se produit au voisinage immédiat de la plaine.

L'aggradation des fonds de rias sous l'effet des colluvionnements de bordure est attestée par les épandages sableux de pied de versant, ainsi que par le remblaiement limono-sableux des talwegs. Nous avons pu observer dans les marais de Songolon, à la faveur d'une reprise d'incision linéaire, que ces nappes colluviales, épaisses parfois de 30 cm, recouvraient d'authentiques sols de mangrove.

En surface, les rares pieds de *Rhizophora* rencontrés pouvaient faire douter de l'extension passée d'une véritable forêt de palétuviers rouges. Pourtant, des sondages à la terrière réalisés dans cette zone ont révélé l'apparition quasi-générale, à moins d'1 m de profondeur, d'une tourbe fibreuse issue de la décomposition lente des racines de *Rhizophora*.

L'analyse des sols suggère donc que la forêt marécageuse à Légumineuses qui recouvre actuellement les marais de Songolon n'est apparue que récemment à la place de la mangrove originelle. L'engorgement des fonds de rias est lié indubitablement à un barrage d'origine colluvial lié à la mise en culture des talus de raccordement au plateau.

Le développement privilégié des formations marécageuses d'arrière-mangrove dans les secteurs contiguës du piémont gréseux soumis à une forte pression anthropique s'expliquerait, en dernière analyse, par l'efficience particulière des processus de météorisation (désagrégation) et de colluvionnement (liée à la nature sableuse des altérites) sur les surfaces gréseuses déboisées (Tableau n°3, ci-dessus). Les conditions d'approvisionnement en sédiments de la partie méridionale de la plaine côtière sont sensiblement différentes en raison de la nature lithologique du substrat et du mode d'occupation du sol.

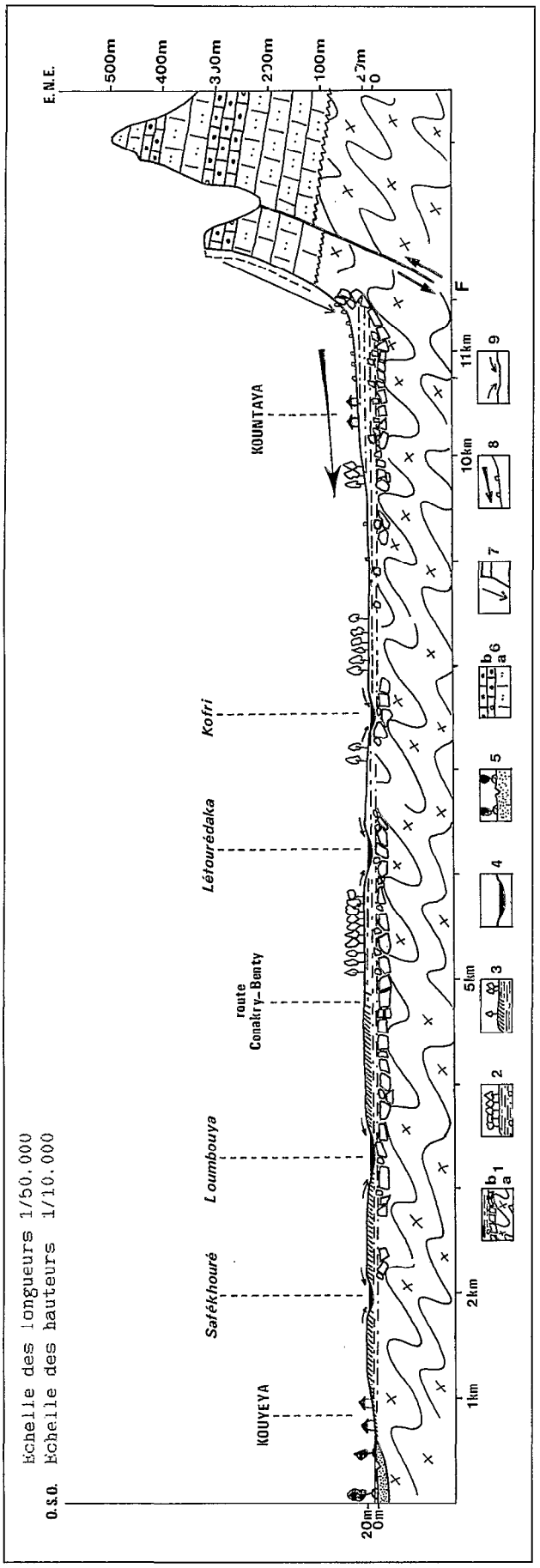


FIG. 22 : COUPE GÉOMORPHOLOGIQUE DU PIÉMONT MERIDIONAL

Sous-préfecture de Wonkifong, feuille IGN Conakry-4a.
Localisation sur la figure n°23, page 69.

1. Socle panafricain granito-gneissique (1a) altéré (1b)- 2. Manteau d'altération à couverture forestière résiduelle- 3. Cuirassement discontinu couvert d'une savane à bosquets- 4. Bas fonds à Raphiales- 5. Vasière à *Rhizophora*- 6. Couverture sédiment-aire ordovicienne à grès grossiers feldspathiques (6a) et conglomérats à galets de quartzite, granite et gneiss (6b)- 7. Éboulement de la corniche par appel au vide- 8. Ruissellement en nappe favorisé par le pavage de galets- 9. Colluvionnement-

2. 2. 3.
LE SYSTÈME MORPHOGÉNIQUE DES BASSINS-VERSANTS CRISTALLINS

Au sud-est de la grande faille du Konkouré qui marque le passage au bourrelet méridional surélevé, le recul de l'escarpement bordier a dégagé le substratum granito-gneissique de sa couverture gréseuse. Celle-ci n'apparait avoir été nivellée, d'après la confrontation des données satellitaires et ds cartes topographiques, qu'en amont d'une ligne joignant approximativement la falaise morte du plateau de Maniokhoun (Feuille IGN-Conakry 3d) au redant que dessine la corniche gréseuse surplombant Dubréka (Feuille IGN-Conakry 3c). Cette région, dénommée Khabitaye, présente d'ailleurs une morphologie assez complexe liée à la conservation dans le paysage de formes d'érosion différentielle du type inselberg (intrusions calco-alcalines dans le socle) et sill (intrusions doléritiques dans les grès).

Mais le paysage se réduit au sud du Kaloum à un contraste marqué entre, d'une part, les versants gréseux couverts de forêt dense et, d'autre part, le glacis côtier et sa mosaïque forêt-savane.

• *Le capital érosif des contreforts forestiers du Fouta*

La proximité d'un escarpement d'au moins 600 m de commandement est sans conteste une originalité de l'environnement terrigène des mangroves méridionales, et en particulier du secteur compris entre les sous-préfectures de Ouassou et de Maférinya, où sur près de 60 km, les contreforts du Fouta-Djalon se situent toujours à moins de 5 km de la plaine côtière (Fig. 22, ci-contre).

En exacerbant à la fois la pluviométrie (ascendance forçée de l'air) et l'efficacité des processus de transport (gravité), la vigueur de ces reliefs contribue indirectement à augmenter la charge des écoulemements sublittoraux.

Sans entamer une étude détaillée de la diversité des modelés de versants, on observera que ceux-ci prennent généralement une forme composite due au binôme grès massif / socle cristallin. Le versant est constitué d'une corniche gréseuse verticale au-dessus de blocs éboulés ou plus couramment d'un tablier d'éboulis couvert en pente forte (30°).

Celui recouvre indifféremment la base des grès taillée en cône rocheux et le substratum cristallin dont la surface de discordance s'élève progressivement vers le sud-est (pôle de culmination tectonique du bourrelet). Mais dans ce dernier cas, les éboulis se superposent à un manteau d'altération très épais issu de la météorisation spécifique des roches granitoïdes.

L'abondance des eaux et la nature très filtrante des altérites (porosité) explique la luxuriance de la forêt dense qui a trouvé ici ses meilleurs refuges contre les agressions de l'homme. Il s'agit d'une forêt dense mésophile dont le cortège floristique se distingue de celui des forêts côtières à *Parinari* par la présence simultanée d'espèces plus hygrophiles (notamment les Sapotacées *Chrysophyllum africanus* et *Aningeria altissima*) et plus xérophiles (*Ricinodendron africanum, Dialum guineense*).

Les îlots de cette forêt identifiés par SCHNELL se rencontrent toujours sur les basses pentes ou au pied des versants d'éboulis. Le massif du Benna semble être aujourd'hui leur dernier refuge ainsi que la profonde vallée du Bondabon qui donne accès au versant nord du Kakoulima.

Dans les années 1950, cette forêt de versant paraissait déjà largement dégradée et de nombreuses brousses arbustives entamaient la continuité du couvert originel. Nous avons constaté, pour notre part, que ces pentes pourtant relativement raides faisaient régulièrement l'objet de feux de brousse et que, chaque année, de nouveaux champs venaient tapisser les versants. Il est compréhensible que ces derniers constituent des terroirs recherchés car, à l'instar des *hansagnérés* du Fouta-Djalon dont ils constituent une sorte de réplique côtière, leurs sols sont épais et bien drainés.

Les données XS SPOT ont permis de préciser l'extension des secteurs d'essartage grâce à leur forte réflectance par rapport aux formations secondaires environnantes (effet probable du sol). Il en ressort notamment que les forêts des massifs de Férifériing, Tambilo-Soumio et Kakoulima ont subi les plus forts dommages.

L'efficacité du ruissellement aux dépens des altérites ainsi dégagées de leur couverture forestière est confirmée par l'occurrence des cônes alluviaux fonctionnels raccordant le bas de versant à la surface du glacis côtier. Ces cônes de raccordement sont nombreux sur le pourtour des contreforts qui s'étendent à l'est de Coyah jusqu'à la reculée du Kili (Feuille IGN-Conakry 4a). Ils comportent une fraction notable d'éléments quatzitiques grossiers qui proviennent de toute évidence de l'érosion des versants gréseux.

Le pavage des parties supérieurs du glacis côtier par ces éléments grossiers n'est pas sans incidence sur l'évolution morphologique du piémont proprement dit.

• *L'extension des glacis d'ablation à couverture forestière dégradée*

A la différence du piémont gréseux, la surface du piémont granito-gneissique est taillée dans des altérites limono-argileuses relativement épaisses, si l'on en croit les géologues soviétiques qui les ont traversé par sondage sur près de 30 m, notamment à Madiné et à Benty (AKHMETJANOV *et al.*, 1976). Leurs descriptions incitent à rapprocher cette formation de la surface de remblaiement fini-tertaire, connue en Afrique de l'Ouest sous le nom générique de Continental terminal.

L'épaisseur particulière des altérites et l'énergie du bourrelet côtier expliquent sans doute que la glaciplanation du piémont ait donné ici des formes plus achevées que dans la partie gréseuse du piémont. On comprend également que la végétation forestière ait trouvé sur ces altérites épaisses et poreuses ses meilleures conditions de reconquête à l'Holocène ancien et de résistance aux épisodes secs ultérieurs.

Dans un contexte morphopédologique, somme toute très favorable à la végétation, et, compte tenu des forêts étendues qui sont conservées au voisinage de la frontière sierra-leonaise, on conviendra volontiers avec R. SCHNELL qu'une couverture forestière dense s'étendait à "l 'état primitif" depuis la bordure externe du piémont jusqu'à la corniche gréseuse (Fig. 24, page 70).

MORPHOLOGIE

Plateau gréseux

Plateau schisteux cuirassé

Relief intrusif

Terrasse sableuse

Cordon sableux fossile

Cordon sableux fonctionnel

Crête pré-littorale

Slikke de front de mer

Delta et goulet de marée

Chenal pérenne

Chenal intermittent

Chenal fossile

INFRASTRUCTURES

Sous-préfecture

Village > 100 hab.

Limite de sous-préfecture

Port à bois

Village de pêcheurs

Route goudronnée

Piste principale

Piste secondaire

Digue

Digue rompue

Drain

EVOLUTION GLOBALE LA POSITION DU RIVAGE ENTRE 1952 ET 1987

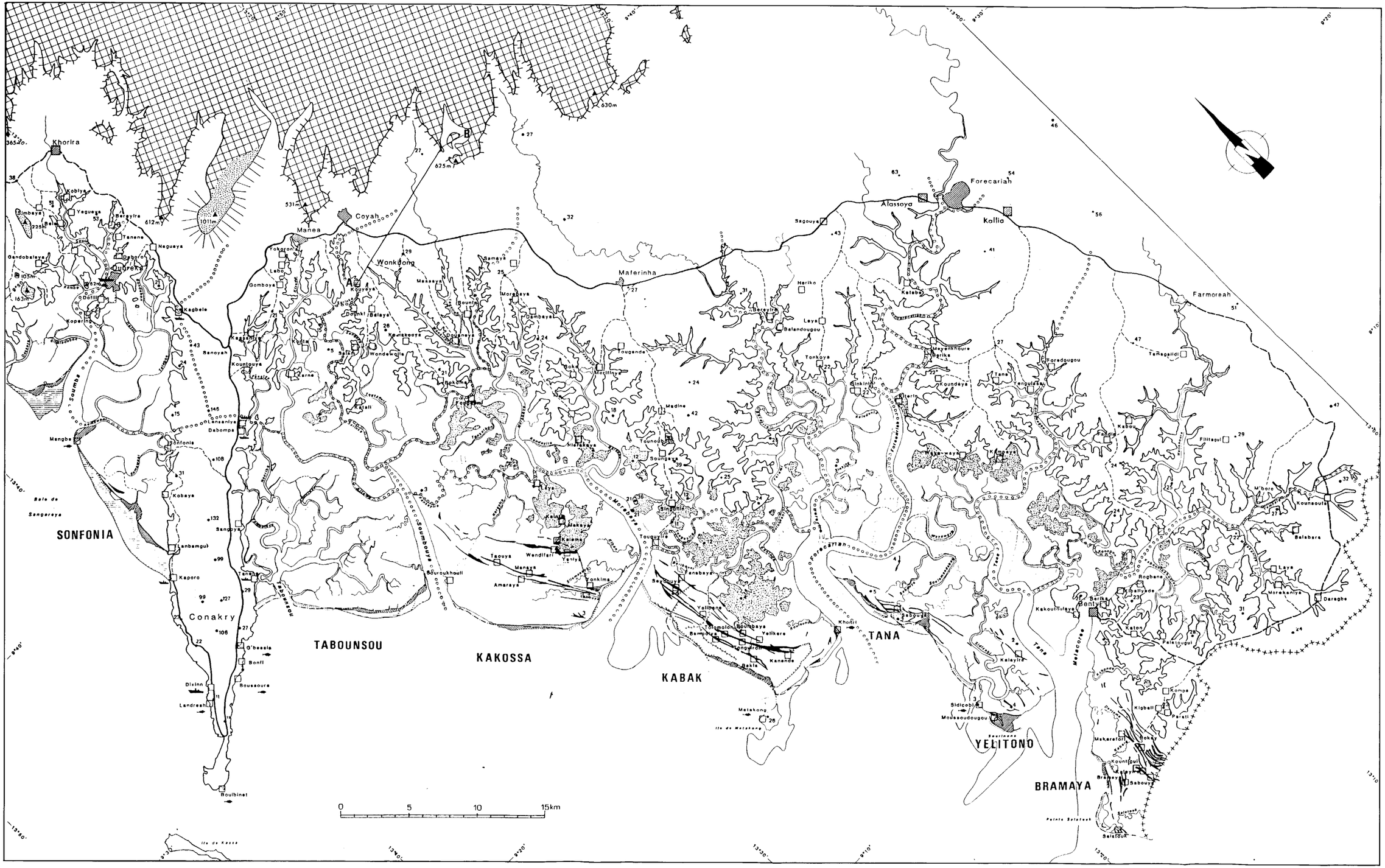
Recul du rivage (érosion)

Progradation du rivage et mangrove pionnière associée

Stabilité relative du rivage

FIG. 23 :
CARTE DE LOCALISATION DE LA BASSE-CÔTE AU SUD DU KALOUM

Le profil du tracé A-B est représenté à la figure n° 22, page 66


Khorira
Coyah
Manea
Wonkdong
Materinha
Forecariah
Alassoya
Kallia
Farmoreah
Kobiya
Yegueya
Bergyire
Tenene
Negueya
Dubreka
Kagbele
Senoyah
Kountouya
Mangbe
Sonfonia
Dabompa
Ansaniya
Kobaya
Sangoya
Lanbamgui
Kaporo
Conakry
Dixinn
Landreah
Boulbinet
G'bessia
Bonfi
Bousoura
Sourouk houli
Tougnifili
Madina
Tounoun
Soungou
Simbaya
Touguiri
Seytoun
Yollbere
Tolomaia
Sambaya
Kanende
Bakia
Melakong
Ile de Melakong
Ile de Kassa
Sangareya
Segouya
Kalaba
Laya
Balandougou
Tonkoya
Meyenkhoure
Koundeya
Foredougou
Tamagalidi
Fandia
Kabou
Fillitagui
M'boro
Kounsoulia
Balabara
Laya
Moreasaniya
Daregbe
Kakoulimaya
Bentily
Kaloa
Kegbana
Kolleyade
Paketougui
Kompa
Kiaball
Parelli
Mekeredia
Kountigui
Sabouya
Salatoua
Kaleyira
Sidicoba
Mouseoudougou
Tana
Melacorea
Tana
Kaleya
Kanfarandoma
Kaba
Kaba
Kaba

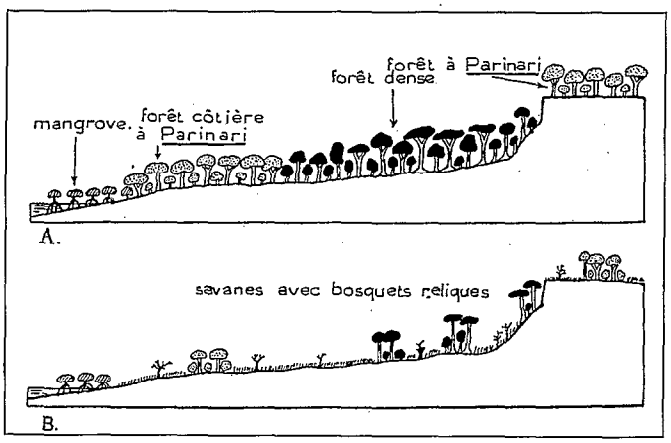


FIG. 24 :
PROFIL SCHÉMATIQUE DE LA VÉGÉTATION DU PIÉMONT MÉRIDIONAL
(au sud du Kaloum)
(d'après SCHNELL, 1952)
A : Etat primitif. B : Etat actuel.

R. SCHNELL a montré que le cortège floristique de la forêt originelle n'en était pas pour autant homogène et, qu'en particulier les forêts côtières à *Parinari* étaient relayées à environ 20-30 km du littoral par les formations moins mésophiles décrites précédemment. On peut penser que cette modification floristique est liée, d'une part, à un abaissement de l'humidité relative en saison sèche (fléchissement de l'influence marine) qui favorise l'apparition d'espèces plus xérophiles et, d'autre part, à la recrudescence de la pluviométrie aux abords de la montagne permettant également à des espèces hygrophiles de se maintenir. L'élargissement progressif du piémont côtier vers le sud a certainement contribué à cette différenciation bioclimatique.

Cette transition floristique est désormais délicate à situer sur le terrain car la forêt est dans son ensemble largement dégradée. On ne dispose guère de documents historiques permettant de situer précisément le début des défrichements du piémont méridional, mais les grandes étapes de mise en place du peuplement laissent supposer que, dans cette partie de la Basse-Côte quasiment inoccupée jusqu'à l'arrivée de la colonisation française (années 1880-1890), la forêt s'est maintenue beaucoup plus tardivement que dans le pays Baga, anciennement défriché.

Aujourd'hui, le paysage végétal est constitué d'une mosaïque de savanes et de forêts secondaires dont l'imagerie satellitaire offre une vue particulièrement éloquente. Le rôle, en particulier, des défrichements dans l'extension des savanes (surfaces très absorbantes) y ressort avec plus d'évidence que sur le piémont gréseux, car ces surfaces déboisées contrastent fortement avec la végétation ligneuse conservée aux abords des agglomérations villageoises (vergers).

L'origine anthropique de la répartition des formes de végétation est confirmée par l'analyse détaillée des données démographiques (cf. Tableau n°35, en annexe). Celles-ci révèlent une opposition très nette entre, d'une part, les sous-préfectures de Coyah (plaine deltaïque du Konkouré exclue) où les densités sont toujours supérieures à 75 hab./km² et, d'autre part, les sous-préfectures de Forécariah qui, à l'exception de celle de Benty ancien secteur de refuge des populations Mani- ne dépasse pas 25 hab./km².

Cette répartition contrastée des densités de population se lit parfaitement dans l'état actuel de la végétation (Tableau n°4, page ci-contre). Les forêts n'occupent plus qu'une place très marginale dans la préfecture de Coyah et singulièrement dans le bassin-versant oriental de la Soumba (sous-préfecture de Dubréka) ainsi que dans ceux de la Soumbouya et de la Morébaya (sous-préfectures de Manéah, Coyah et Wonkifong) où les densités dépassent 100 hab./km².

En revanche, au sud de la ligne de partage des eaux séparant le bassin de la Morébaya de celui de la Forécariah (sous-préfectures de Maférinya et surtout d'Alassoya), la forêt couvre encore une surface prépondérante du piémont. C'est particulièrement vrai dans la partie médiane du glacis côtier où les savanes n'apparaissent que sous forme de clairières sur les compositions colorées SPOT. Les surfaces herbeuses et les brousses secondaires ne prennent une extension significative qu'en périphérie du massif de Benna (Bassya, Sékhourou) ainsi que sur la bordure externe du piémont où se sont établis les riziculteurs de la plaine (sous-préfecture de Kallia).

Le fait que la mise en valeur du piémont méridional s'effectua d'abord à partir du pôle de pénétration du Kaloum explique très certainement que la couverture forestière de cette zone excentrée ait été plus épargnée des défrichements que les abords de la capitale. On aurait pourtant tort, à notre avis, de considérer que le système morphogénique actuel est le produit direct des défrichements engagés à la fin du siècle dernier. En effet, les nombreux bas fonds en friche et bâtiments abandonnés que l'on peut rencontrer au détour d'une piste sans issue rappellent que cette région a d'abord été le fleuron de l'économie de plantation.

• *La déstabilisation post-coloniale des formations superficielles*

Dans cette région sous-peuplée jusqu'à l'arrivée des colons français (le premier gouverneur de Conakry chassait le tigre dans les forêts de l'île de Tombo, à la fin du siècle dernier), les premiers défrichements massifs sont liés à l'essor de l'économie de plantation dans les années 1930 et particulièrement aux cultures de l'ananas et de la banane destinées à l'exportation (voir les nombreux wharfs). Deux régions ont concentré l'essentiel des plantations : le piémont du haut-Fouta méridional correspondant au bassin de la Kolenté (Scarcies) et la Basse-Côte comprise surtout entre Coyah et Forécariah (RICHARD-MOLARD, 1943).

Le terroir recherché était la base des coteaux mollement ondulés qui caractérisent les versants de ce piémont granitique (différence avec les vallées sur grès) ainsi que les fonds de vallée en pente faible facilement reconnaissables par leur végétation de Raphiales. Ces derniers, dits "terres à *fossi*" (nom soussou de *Raphia gracilis*), étaient particulièrement appréciés des planteurs en raison de leurs sols humifères. Les plantations bananières se sont étendues ensuite jusque dans la plaine côtière proprement dite, notamment à Koba et autour de Benty où la proximité des ports évacuateurs (Tatéma et Benty aujourd'hui à l'abandon) compensait les inconvénients agronomiques liés aux difficultés de drainage et à l'acidité des sols.

La prospérité alors grandissante aurait-elle occulté l'impact de ces aménagements sur le milieu ? Toujours est-il que, si les effets déprédateurs de l'économie traditionnelle du Fouta-Djalon avaient déjà été signalés, aucune dégradation des sols n'a été imputée, ni à l'époque ni par la suite, à l'économie de plantation.

Il est clair pourtant que le défrichement de versants entiers pour l'établissement des plantations ainsi que l'ameublissement profond

des sols requis par ces cultures -"faire sa terre" selon l'expression du planteur favorisaient le travail de l'érosion pluviale et du lessivage.

La faible longévité de l'économie coloniale l'aurait-elle privé du temps nécessaire pour modifier durablement le système morphogénique "naturel" ? En fait, les descriptions dont l'on dispose semblent indiquer que le fonctionnement des plantations reposait sur un contrôle hydraulique rigoureux. Outre le réseau de drains mis en place pour irriguer les coteaux, les plantations étaient en général ceinturées d'un grand canal destiné à les protéger des eaux de ruissellement et des risques de ravinement (RICHARD-MOLARD, 1943).

Ceci laisse penser que la modification des paysages agraires liée à l'emprise coloniale s'est soldée par une relative pérennité du système morphogénique en dépit de la déforestation des versants. En terme de bilan de la fourniture des sédiments à la mer, nous pensons que les années 1930-1960, qui marquent l'apogée de l'économie de plantation (98.000 t de bananes exportées en 1955), ont correspondu à une période d'alluvionnement ménagé sur le littoral méridional grâce avec un contrôle assuré de l'écoulement des eaux continentales.

Aujourd'hui cet équilibre entre l'homme et le milieu parait largement révolu. Chaque hivernage donne l'occasion d'observer des processus actifs de ruissellement, aussi bien à la surface du glacis que sur les versants de raccordement à la plaine.

Le processus qui occupe la plus grande superficie est le ruissellement en nappe. D'après nos observations, il revêt une intensité particulière au voisinage des contreforts montagneux où la rupture de pente de bas de versant et le pavage de la surface par les éléments grossiers empruntés à la corniche favorisent la diffusion de l'écoulement en surface. En de nombreux secteurs des sous-préfectures de Coyah et de Maférinya (Fig. 23, page 69), où les savanes herbeuses et arbustives dominent largement le paysage, le glacis sublittoral apparait ainsi comme une forme fonctionnelle, ce qui n'est pas sans incidence sur le régime sédimentaire de la plaine côtière.

En effet, si une part prépondérante de la charge des écoulements superficiels, et notamment de sa fraction sableuse, n'est redistribuée qu'à la surface du piémont où il définit ainsi un glacis d'accumulation, plusieurs observations de terrain montrent qu'une partie non négligeable des formations meubles est véhiculée jusque dans les ramifications supérieures de la plaine.

En échouant, à marée basse (en période de vives eaux), dans le lit de la haute-Sarinka, nous avons pu constater que celui-ci était recouvert de grands bancs de sables mobiles d'échelle hectométrique que leur immersion le restant de l'année avait jusque-là empêché d'identifier. Compte tenu de l'éloignement de la mer (plus de 30 km !) et des caractères à la fois hétérométrique et anguleux des échantillons prélevés, l'origine continentale de ces sédiments ne fait aucun doute.

On conviendra aisément que, si les écoulements diffus possèdent une énergie suffisante pour transporter ces sables jusqu'aux abords des versants -où leur prise en charge est relayée par le ruissellement concentré-, ils sont capables d'entraîner encore beaucoup plus loin de leur lieu d'origine les fines issues de l'altération des versants granitiques. Aussi n'est-il pas étonnant que les têtes de vallées affluentes des grands chenaux fluvio-marins soient toutes engorgées de colluvions limono-argileux (bas fonds de Doumbouya, Toguiron, Samaya). Ce phénomène d'aggradation représente, pour tous les cours d'eau élémentaires, l'étape terminale d'un processus de transport des sédiments engagé sur les pentes supérieures du piémont.

Il en va différemment pour les grandes entailles du réseau hydrographique qui, malgré un surcroît de charge lié au ravinement des versants (concentration des écoulements favorisée par la proximité du niveau de base), profitent d'une compétence bien supérieure pour évacuer l'apport des bassins-versants.

	Bassins-versants en régime de rhéxistasie	Bassins-versants en régime de biostasie
Modelé	Glacis d'ablation à reliefs résiduels ⇨ glacis d'accumulation en aval Etagement sur les roches basiques	Topographie cuirassée à convexité amortie. Substitution partielle par les glacis d'ablation
Végétation	Mosaïque à mailles serrées de formations forestières dégradées et de formations savanicoles secondaires diverses	Mosaïque à mailles larges de forêts paraclimatiques et de jachères forestières du type "brousse"
Densité (d)	d > 75 hab./km²	d > 25 hab./km²
Paysage rural	Paysage continu de cultures temporaires (jachères courtes) Vergers autour des villages Nombreuses plantations abandonnées	Paysage à clairières de cultures temporaires (jachères longues)
Morphogénèse	Ruissellement en nappe + ravinements de versant ⇨ colluvionnements de bordure	réduite : pédogénèse dominante
Impact / mangrove	Aggradation des fonds de rias ⇨ extens. des formations marécageuses d'"arrière-mangrove"	Apports terrigènes ménagés ⇨ développement optimal des mangroves (Tana, Melacorée)
Localisation (sous-préf.)	Ouassou, Khorira, Dubréka, Manéah, Coyah, Wonkifong, Benty (d ± 40)	Maférinya, Alassoya, Kallia, Farmoréah

TABLEAU N°4 : ESSAI DE CARACTÉRISATION DES BASSINS-VERSANTS DU PIÉMONT MÉRIDIONAL

Les processus de ravinement s'observent essentiellement sur les versants qui raccordent les croupes d'interfluves aux grandes artères du réseau hydrographique, Soumba, Kitéma, Sarinka. Les digitations continentales situées au sud de Coyah sont cernées de versants concaves dont les profils très irréguliers rendent le franchissement très pénible en voiture pour qui veut avoir accès aux villages périphériques (exemple : piste de Kouyéya). Ces ressauts paraissent correspondre à autant d'accumulations ferrugineuses développées initialement au sein des formations superficielles (processus du bouchon illuvial ?) mais que chaque hivernage exhume un peu plus de leur couvert d'altérites.

On a observé, d'ailleurs, que les colluvions de bas de versant comportaient non seulement des sables, mais également des gravillons ferrugineux issus du démantèlement progressif des horizons cuirassés.

Dans ce cas, les matériaux issus de l'ablation des versants de raccordement (ruissellement concentré) s'ajoutent à ceux issus de l'ablation du glacis (ruissellement diffus).

Dans l'aire correspondant aux anciennes plantations coloniales, la dynamique est dominée par la déstabilisation du modelé et la remobilisation des formations superficielles. Compte tenu de l'équilibre présumé de la période antérieure (on imagine mal que les planteurs se soient installés sur des versants ravinés et des bas fonds très engorgés), nous attribuerons en partie cette recrudescence du ruissellement à la modification brutale du sytème de production qui suivit l'Indépendance (1958).

Deux facteurs semblent avoir alors conjugué leurs effets : d'une part, la levée des contrôles hydrauliques sur les versants -consécutif à l'exode rapide des planteurs au début des années 1960-, et, d'autre part, le recours des paysans à des pratiques agricoles extensives. Un seul secteur a échappé à cette évolution, c'est le périmètre irrigué de Maférinya constitué sur deux affluents de rive droite de la Beréyiré où les plantations d'ananas alimentent une petite unité de jus de fruit : SOGUIFRUIT. Mais sa superficie (une vingtaine de kilomètres carrés) étant limitée eu égard à l'étendue des plantations abandonnées, son effet a dû être négligeable.

La ruine du système de production hérité de la période coloniale semble bien s'être soldée, dans la grande majorité des cas, par la transformation des équipements hydrauliques -jusque là pondérateurs des débits- en fauteurs de ravinements ainsi que par une intensification des ruissellements en nappe. La répartition des anciennes plantations coloniales renforce, ainsi, l'opposition entre les bassins-versants où l'altération physico-chimique continue de livrer des sédiments fins (régime de biostasie) et, ceux, où au contraire, l'érosion mécanique alimente une décharge détritique plus grossière (régime de rhéxistasie).

Bien qu'il soit toujours difficile de faire la part des sollicitations humaines et des suggestions du climat dans la modification des écoulements continentaux, on ne peut pas exclure que cette déprise agricole ait facilité une modification du régime des rivières en liaison avec l'évolution récente de la pluviométrie.

2. 3. LE CONTEXTE HYDROCLIMATIQUE

2. 3. 1. L'ABONDANCE GLOBALE DES RESSOURCES EN EAU

• *L'abondance des abats pluviométriques*

Si l'on fait abstraction des contraintes thermiques dont l'influence ne se fait sentir que sur les marges tempérées du monde tropical, l'abondance et la régularité des pluies sont reconnues comme étant les facteurs décisifs de l'épanouissement de la mangrove . A ce titre, la côte pacifique de Colombie et les littoraux riverains de la plateforme de la Sonde (Malaisie, Indonésie, Australie) sont souvent cités en exemple puisqu'ils sont soumis à un climat équatorial garantissant la continuité des approvisionnement en eau douce.

La Basse-Guinée doit à la vigueur de son relief bordier de compter parmi les régions tropicales où l'abondance saisonnière des précipitations compense en partie l'existence d'une saison sèche. En effet, les contreforts du Fouta-Djalon provoquent une convection forçée de la mousson et, partant, une majoration sensible de la pluviométrie (entre 2.800 et 4.200 mm) par rapport aux littoraux qui l'encadrent (Guinée-Bissau et Sierra Leone). Ce régime de mousson exalté par le relief rapproche davantage la Basse-Guinée des conditions climatiques des littoraux sud-asiatiques (Birmanie, Thaïlande, Vietnam) que de l'Afrique de l'Ouest où les précipitations sont toujours sensiblement inférieures (Casamance), même lorsqu'elles sont mieux réparties dans l'année (Libéria, Côte d'Ivoire). Si l'on joint à l'abondance des précipitations le maintien de l'humidité relative à un taux toujours très élevé, et, ce même au coeur de la saison sèche (avril : 73 %), on rangera sans difficulté la Basse-Côte parmi les plaines côtières les plus humides du monde tropical (P/Etp > 0,75), autrement dit, celles qui offrent les conditions hydriques les plus propices à l'épanouissement de la mangrove.

Le rôle essentiel de ces apports d'eau douce transparaît dans les mesures de salinité effectuées au coeur de la saison sèche (BERTHOIS, 1963 ; DIOP, 1984). Bien que ces études aient porté essentiellement sur des secteurs deltaïques jouissant de conditions sans doute priviligiées (cf. infra), on retiendra qu'aucune mesure n'y fait état de salinité supérieure à 30 ‰. Ces valeurs, inférieures en tout état de cause à celle de l'eau de mer, montrent que les apports fluviaux abaissent de manière significative la teneur en sel des eaux estuariennes qui pourrait être beaucoup plus élevée compte tenu de la longueur de pénétration de l'onde saline. Il suffit pour s'en convaincre de rappeler les valeurs excessives (jusqu'à 57 ‰) rencontrées sur les marges plus sèches des Rivières-du-Sud (BLASCO, 1983). On peut donc considérer qu'à la faveur d'abats pluviométriques substanciels, la salinité des eaux littorales guinéennes ne s'éloigne pas beaucoup des optima de salinité des espèces de la mangrove atlantique, ce qui diminue la baisse potentielle de productivité liée à l'aridité saisonnière.

En outre l'abondance des précipitations a une influence déterminante sur le gradient général de salinité.

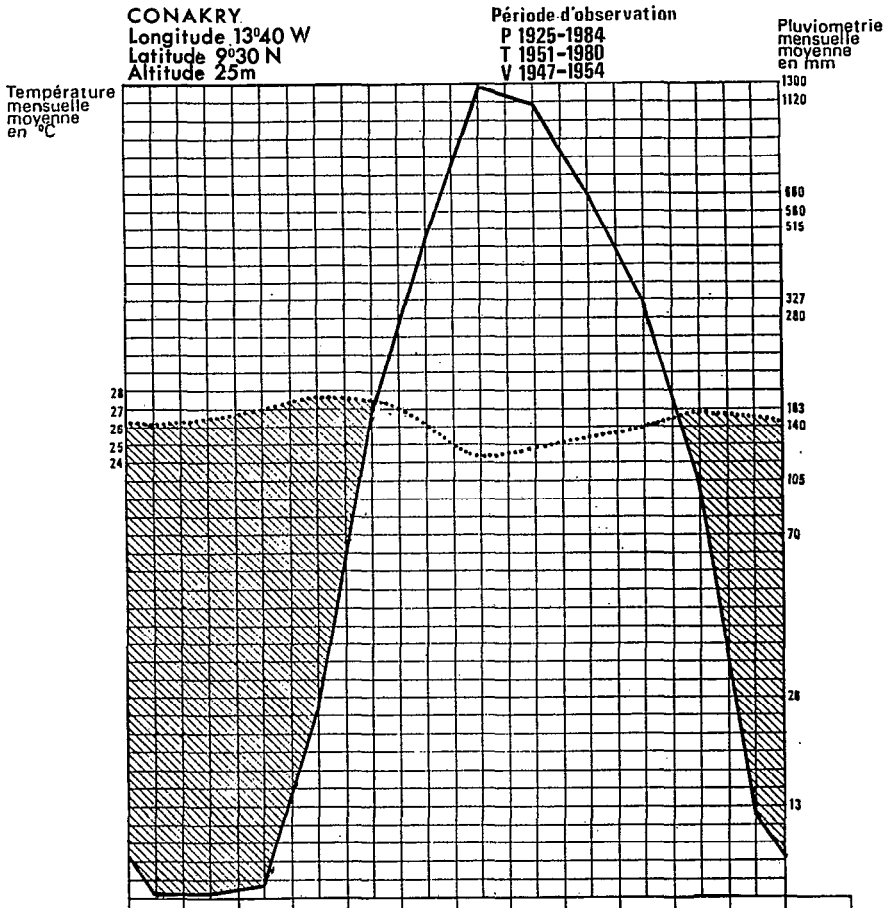
• *Un gradient général de salinité décroissant vers la terre*

L'étude de l'aménagement du casier du Soumbouya (ANONYME, 1955) fut le premier travail à révéler l'existence d'un gradient de salinité décroissant depuis la mer vers l'intérieur des terres. Ce diagnostic reposait en grande partie sur la zonation des groupements herbacés secondaires.

A partir de corrélations entre la salinité des eaux et la distribution des herbacées halophiles, les auteurs de cette étude ont pu mettre en évidence la succession de trois zones de salinité décroissante (cf. Fig. 3, page 17) : une zone aval de salinité maximale stigmatisée par la prépondérance de *Sesuvium portulacastrum -wowogni guiné-*, une zone médiane de salinité moyenne où *Philoxerus vermicularis -wowogni ramé-* domine le cortège floristique, une zone amont où l'omniprésence de *Paspalum vaginatum -soufé-* marque la faible salinité des eaux.

Nos propres observations ont confirmé la validité de cette zonation des herbacées halophytiques pour l'ensemble de la plaine côtière guinéenne. En outre, la décroissance du gradient de salinité vers la terre est également corroborée par la distribution en grand des genres de palétuviers. En dépit du mélange des eaux estuariennes et fluviales, les *Avicennia* se développent préférentiellement en aval de la plaine tandis que les *Rhizophora* s'épanouissent plus volontiers en amont des estuaires. La répartition des différentes espèces de *Rhizophora* est tout aussi significative, les peuplements les plus éloignés de la mer sont largement dominés par *Rhizophora racemosa*, alors que les peuplements situés en aval sont composés essentiellement de *Rhizophora harrisonii*. Quant à *Rhizophora mangle*, les rares spécimens que nous sommes parvenus à identifier avec certitude étaient toujours situés au voisinage immédiat des embouchures (Tabounsou, Rio Nunez).

Depuis ces travaux, l'identification de vastes groupements marécageux en arrière des mangroves proprement dites (JACQUES-FELIX, 1960 ; HARZA, 1967) est venue logiquement confirmer le schéma général de distribution de la végétation à partir du pôle de



	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D	Année
Pluviometrie moyenne P	1	1	5	25	155	487	1250	1109	660	318	102	12	4125
Nb de jours de pluie	1	1	1	2	11	23	28	28	26	20	8	1	150
Température moyenne T	26.2	26.6	27.0	27.7	27.5	26.2	24.5	24.9	25.4	26.0	26.8	26.6	26.3
Minimum absolu	15.4	17.2	17.2	18.5	17.2	18.2	19.2	19.4	18.6	16.4	17.8	17.9	15.4
Maximum absolu	34.5	36.4	34.9	34.8	35.3	33.2	31.5	31.0	31.5	33.0	33.5	34.7	36.4
Moyenne des minima	21.9	22.3	22.7	23.7	23.7	22.8	21.2	22.4	22.4	22.4	23.1	22.7	22.6
Moyenne des maxima	30.5	30.9	31.3	31.7	31.3	29.6	27.9	27.4	28.5	29.7	30.4	30.5	30.0
Humidité relative (%)	76	73	74	73	78	86	90	92	90	87	85	78	82
Etp (Köppen) (mm)	150	155	170	185	180	150	125	130	135	150	160	155	150
Ensoleillement hebdomadaire(h)	63	71	83	77	59	41	26	18	37	57	61	52	54
Déficit en eau (mm)	149	154	165	160	25	-	-	-	-	-	58	143	
Vents V Direction	NNW.- NE.					SW.- W.					NNW.- NE.		
Vents V Vitesse (km/h)	entre 4 et 10					entre 20 et 45 local.55 à 110 sous les grains (E.)					entre 4 et 10		

FIG. 25 :
FICHE D'IDENTITÉ CLIMATIQUE DES MANGROVES GUINÉENNES

salinité maximal que représente la mer.

Par la zonation à petite échelle des espèces végétales, les mangroves guinéennes relèvent indicutablement du domaine tropical humide. Elles se distinguent en cela, et pour ne prendre qu'un exemple connu, des mangroves sénégalaises, où la zonation des espèces répond à un gradient de salinité décroissant non plus de la mer vers la terre mais, cette fois, de la terre vers la mer (VIEILLEFON, 1977).

Ce dernier schéma de type tropical sec peut néanmoins s'observer à l'échelle locale d'un bassin-versant car les ressources en eau ne sont pas également réparties tout au long de la plaine côtière.

• *Des ressources en eau modulées selon la taille des bassins-versants*

L'originalité du climat guinéen est, en effet, de présenter conjointement des totaux pluviométriques parmi les plus élevés du monde tropical et une saison sèche extrêmement sévère. Du point de vue écologique, et pour s'en tenir à la station de Conakry pour laquelle on dispose des séries les plus longues, cinq mois (décembre-avril) doivent être considérés comme secs (Fig. 25, page précédente). Par mois sec, on entend un mois au cours duquel les pertes dues à l'évapotranspiration potentielle, calculées ici selon l'abaque hygrothermique de KÖPPEN (1), sont supérieures à la somme des précipitations. Mais cette durée doit être considérée comme minimale, d'une part, parce qu'elle s'allonge en direction des marges sèches septentrionales (Boké : 2.800 mm répartis sur 6 mois) et, d'autre part, parce qu'elle est sujette à des variations interannuelles très importantes (cf. § 2.3.3., infra).

La question essentielle est de déterminer dans quelle mesure les pertes provoquées par l'évopotranspiration potentielle peuvent être compensées par les débits liquides des fleuves. En effet, les mangroves ne profitent pleinement des abats pluviométriques de l'hivernage que dans la mesure où une grande partie d'entre eux a pu être collectée et stockée par les organismes fluviaux avant d'être restituée en saison sèche. Or, l'abondance et le régime des débits varient fondamentalement en fonction de la taille des bassins-versants.

Les bassins-versants de petite dimension, circonscrits au piémont voire à la seule plaine, constituent des réservoirs d'eau douce susceptibles de se tarir beaucoup plus vite que les collecteurs d'échelle régionale (Tinguilinta, Fatala, Konkouré, Forécariah). Ce faisant, leur capacité à compenser les pertes dues à l'évapotranspiration saisonnière est très limitée eu égard à celle des grands organismes fluviaux. Il est significatif que les seules conductivités supérieures à celles de l'eau de mer mesurées à ce jour concernent les plaines de Taméta et de Tarenta (AUBRUN & MARIUS, 1985), dont la superficie des bassins-versants ne dépasse pas 1 ou 2 km^2. Force est donc d'admettre, qu'en dépit de l'abondance globale des pluies, l'aridité saisonnière peut entraîner localement un accroissement sensible de la salinité et provoquer conséquemment un abaissement de la productivité. Les faveurs du climat sont donc à nuancer selon le découpage hydrologique herité de l'évolution morphogénétique régionale.

(1) Climatologue allemand connu surtout pour sa délimitation de la zone tropicale humide selon l'isotherme 18° du mois le moins chaud. On lui doit également la formule d'évaluation de l'évapotranspiration selon laquelle chaque accroissement des températures de 6° fait doubler les besoins en eau établis à 70 mm pour une température de 20° (progression de forme exponentielle facilitant la représentation graphique des abats pluviométriques considérables sur la Basse-Côte).

Les interférences entre le climat et les écoulements se traduisent au plan biogéographique par une distribution contrastée de la mangrove climacique. Les modalités d'approvisionnement en eau douce déterminent l'optimum d'utilisation biologique du terrain.

Les plaines d'estuaire supérieur et les plaines deltaïques qui leur succèdent en aval disposent d'un approvisionnement continu en eau douce qui leur vaut d'abriter les plus beaux peuplements de mangrove. En revanche, les plaines intralagunaires à drainage contraire (ex : Kakossa-centre) sont défavorisées, car leur éloignement des grands axes de drainage réduit leur approvisionnement aux précipitations collectées *in situ*. Les conditions d'approvisionnement en eau douce les plus défavorables se rencontrent dans les plaines de front de mer qui sont privées de collecteur propre.

La distribution très inégale des ressources en eau sur le littoral guinéen explique la très grande diversité de séquences végétales observables.

• *La diversité des séquences phyto-morphologiques*

L'une des difficultés pour appréhender convenablement la distribution des mangroves provient de l'impossibilité de les intégrer dans un seul schéma de séquence. La présentation de la trame hydro-séquentielle de l'utilisation du milieu (cf. § 1.2.) laissait déjà transparaître de sensibles variations de zonation entre les parties amont et aval de la plaine. L'investigation des secteurs non transformés par l'homme révèle une diversité encore plus marquée.

Sans être exhaustif, le tableau n°5 ci-dessous présente les types de séquence les plus fréquents en Guinée.

	SLIKKE	HAUTE SLIKKE	SCHORRE	ZONE DE TRANSITION (MARAIS OU TERRASSE)
1	*Rhizophora*	*Avicennia*	Prairie à Cypéracées	Prairie graminéenne
2	*Rhizo. / Avicennia*	Tanne nu	Prairie à Cypéracées	Prairie graminéenne
3	*Rhizophora*	*Avicen. / Drepan.*	Prairie à Cypéracées	—
4	*Rhizophora*	*Avicennia*	Pelouse à halophites / tanne	—
5	*Rhizophora*	Prairie à *Paspalum*		Fourré à Raphiales
6	*Rhizophora*	Prairie aquatique		Forêt à Légumineuses
7	*Avicennia*	*Avicennia*	Pelouse à halophytes	Prairie à Cypéracées
8	*Avicennia*	Tanne	Pelouse à halophytes	Prairie aquatique

TABLEAU N°5
LES PRINCIPAUX TYPES DE SÉQUENCES VÉGÉTALES

En comparant ces différentes séquences, on s'aperçoit qu'elles s'ordonnent en définitive selon trois types de gradient de salinité.

Les trois premières séquences obéissent à un gradient de salinité qui augmente jusqu'à la limite de remontée quotidienne de la marée avant de décroître à nouveau vers l'intérieur des terres. La séquence n°8 réproduit de façon atténuée ce schéma.

La séquence n°4 relève d'un gradient de salinité qui augmente de façon continue d'aval en amont.

En revanche, les séquences n°5, 6 et 7 correspondent à une décroissance continue du gradient de salinité en direction des parties internes.

La répartition des ces trois grands groupes de séquences n'est pas fortuite. Les séquences "à rupture de gradient" (n°1, 2 et 3) s'observent particulièrement dans les parties moyennes d'estuaire (ex : moyen-Soumbouya) disposant d'un impluvium suffisant pour réapprovisionner la nappe phréatique. Les séquences "à gradient descendant" (n°5, 6 et 7), c'est-à-dire conforme au gradient général mer-terre, se situent uniquement en bordure du piémont où la végétation profite d'apports en eau douce substantiels à partir des nappes continentales. Les séquences "à gradient ascendant" (n°4), c'est-à-dire inverse par rapport au gradient général, sont répandues dans les secteurs insulaires dépourvus d'un impluvium exondé du type terrasse ou lambeau de piémont et qui sont, de ce fait, soumis à un important déficit en eau douce en saison sèche (ex : îles Benguékaria et Khonibompé du delta du Konkouré).

Au total, la diversité des séquences végétales confirme l'importance de la trame des bassins-versants dans la distribution des ressources en eau et, partant, les possibilités d'épanouissement de la mangrove. L'abondance exceptionnelle des précipitations privilégie indubitablement la côte guinéenne par rapport aux littoraux septentrionaux des Rivières-du-Sud. La distribution contrastée des mangroves climaciques démontre toutefois que la transformation des virtualités du climat en ressources effectives reste largement subordonnée au contrôle du relief.

2. 3. 2. LE RÔLE DU CLIMAT SUR LE FONCTIONNEMENT HYDRO-SÉDIMENTAIRE DE LA PLAINE CÔTIÈRE

Le climat ne contrôle pas seulement les disponibilités en eau douce. Il influe également sur la circulation hydrologique du précontinent et le régime des cours d'eau côtiers.

• *Un milieu littoral à faible énergie*

On partira du constat que les littoraux tropicaux qui présentent des conditions structurales aussi favorables à la progradation des vasières à mangroves que le précontinent guinéen ne possèdent pas tous une plaine côtière aussi étendue que celle de la Basse-Côte.

Si, malgré des précipitations supérieures à 1.500 mm et la proximité d'un arrière-pays montagneux, le littoral des Ghâtes occidentales (BLASCO, 1975) ou de la partie centrale du Brésil (SCHAEFFER-NOVELLI, 1986) présentent un ensemble discontinu de mangroves, c'est que les atterrissements vaseux n'ont pas pu s'y stabiliser. La contrainte déterminante est, dans les deux cas l'occurrence de puissantes houles d'alizés que les plate-formes ne peuvent amortir et empêcher d'atteindre le continent. Dans ces conditions, les vasières ne peuvent se développer qu'à l'abri de puissants cordons littoraux édifiés par les courants dérivés des vagues à la côte.

Lorsque la plate-forme continentale s'élargit aux dimensions du précontinent guinéen, voire davantage, telles les plate-formes de la Sonde et d'Arafura, seules les ondes de tempêtes sont susceptibles d'occasionner une concentration suffisante d'énergie à la côte pour entraver le développement des vasières. On citera l'exemple des vasières du golfe Van Diemen (Territoire du Nord australien) et des plaines du Golfe de Carpentarie (Territoire du Nord / Queensland), qui sont fréquemment interrompues par des plaines de rides de plage construites lors de cyclones (BARSON & KING, 1985). C'est le même phénomène qui explique que le littoral caraïbe du Nicaragua soit très pauvre en mangroves, alors que certains tronçons des côtes colombiennes ou vénézuéliennes, davantage protégés des cyclones, en sont plus richement dotées.

La côte guinéenne n'est ni affectée par des ondes de tempêtes (grâce à sa position en façade occidentale de continent) ni soumise à des puissantes houles d'alizés comme les côtes riveraines du Golfe du Bénin (ROSSI, 1989). Si, l'on excepte les coups de vents aussi subits que passagers (les "tornades") survenant en cours d'hivernage, force est de ranger la plaine côtière guinéenne parmi les littoraux tropicaux à faible énergie, où les transferts longitudinaux sont subordonnés à des transferts transversaux dominants (Tableau n° 6, page suivante).

A. GUILCHER a été le premier scientifique à prendre en compte cet aspect en attirant l'attention des géographes sur la position indécise de la Guinée, entre le domaine d'action des houles générées dans l'Atlantique Nord (entre 35 et 60°N) et le domaine d'action des houles générées dans l'Atlantique Sud (40°S). En arguant de la direction d'étirement préférentielle des flèches de la presqu'île de Koukouba entre Compony et de Nunez vers le Nord-Ouest (Fig. 17, page 57), la côte guinéenne relèverait encore du domaine austral dont la limite, toujours d'après A. GUILCHER, se situerait plus au Nord, en Guinée-Bissau. En tout état de cause, le contact et l'amortissement de deux dérives "en fin de parcours" favoriserait le développement des vasières à marigots ainsi que l'efficacité morphologique de facteurs locaux, comme le vent (GUILCHER, 1954, page 65).

Les recherches océnographiques réalisées par la suite sur la plate-forme continentale ont suggéré que le contre-courant nord équatorial ou Courant de Guinée, d'orientation constante NW-SE, et le courant de subsurface d'écoulement contraire *-northward bottom countercurrent-* présidaient à une remobilisation des sédiments immergés proches (McMASTER, 1969 ; *ibid.*, 1970 ; *ibid.*, 1977). Quelle importance morphodynamique accorder véritablement à ces courants océaniques dans la dynamique du trait de côte ?

Les chercheurs qui ont travaillé sur les côtes guyanaises (WELLS & COLEMAN, 1977 ; AUGUSTINUS, 1980) s'accordent à penser que les courants océaniques, en l'occurrence le courant de Guyane, résultant de la convergence des courants sud et nord équatoriaux, jouent un rôle déterminant dans le déplacement vers le nord-ouest et l'accumulation de grands bancs de boue entre les embouchures de l'Amazone et de l'Orénoque et qu'ils conditionnent ainsi très directement les possibilités de développement de la mangrove. Le volume des sédiments transportés (pélites et sables fins) devant le littoral du Surinam atteindrait le total impressionnant de 100 Mt par an !

Le rôle attribué par l'équipe de McMaster au courant de Guinée dans la dynamique des sédiments sur la plate-forme ouest-africaine s'inspire très probablement de l'exemple guyanais, mais on remarquera que, jusqu'ici, aucune évaluation quantitative de ces transports n'a été effectuée. En outre, deux facteurs nous conduisent à nuancer l'opinion de McMASTER et en premier lieu, l'absence d'un pourvoyeur en sédiments de l'échelle de l'Amazone.

DÉCHARGE DÉTRITIQUE ÉLEVÉE * origine des apports	km²	DÉCHARGE DÉTRITIQUE LIMITÉE	km²
TRANSFERT TRANSVERSAL DOMINANT			
CÔTES D'ÉMERSION			
Basse-Côte guinéenne * FOUTA-DJALON	2900	Ten thousand island (Floride)	1000
Rias des Oil Rivers nigerianes et camerounaises * SUD-OUEST DE LA DORSALE CAMEROUNAISE	1300	Rias du littoral nord-gabonais (Rio Muni, Mondah, estuaire du Gabon)	200
Bouche du Cameroun * HAUTES TERRES DE L'OUEST CAMEROUNAIS	1000	Rias équatoriales brésiliennes du Maranhao et de l'Amapa oriental	
Plaines indo-malaises de la plate-forme de la sonde * CHAINES EXT.	28300	CÔTES SOUS-LE-VENT DES ARCS INSULAIRES (exiguité des b.v.)	
Rias kenyanes et tanzaniennes * BOURRELET DU RIFT ORIENTAL	1400	Arc interne des Petites Antilles : Iles Vièrges, Martinique, Guadeloupe	
Deltas saillants de l'Extrême-Nord malgache * MASSIF DE TSARATANANA	250	Côtes des mers marginales de l'archipel philippin	2450
Baies du Queensland pacifique * CORDILLIÈRE ORIENTALE	3000	Nouvelle-Calédonie, Fidji, Trinidad	
CÔTES DE SUBMERSION			
Golfes des marges pacifiques extensives de l'Amérique centrale et méridionale : Costa-Rica ⇨ Colombie		Rias des bas-plateaux australiens de Kimberley et d'Arnhem	2000
Deltas intérieurs du Nord-Ouest malgache * TAMPOKESTA ET LAVAKA	1500		
TRANSFERT LONGITUDINAL DOMINANT ** origine de la houle*			
Côtes lagunaires de l'Amérique centrale plissée (Mexique, Guatemala, San Salvador) * SIERRA MADRE		Côte nord du Golfe de Guinée, de Sherbro Island (Sierra Leone) à Lagos * *kaléma (houle atlantique australe)*	
Côte lagunaire occidentale du Dekkan * GHÂTES OCCIDENTALES	200	Plaines lagunaires des promontoires caraïbes de l'Amérique centrale * *onde de tempêtes cycloniques*	
Deltas régularisés de l'est du Dekkan * GHÂTES OCCIDENTALES ET ORIENTALES	165	*Siriubal* des plaines guyanaises * *"vagues de vase" véhiculées par la houle d'alizé*	
Lagunes congolaises et sud-gabonnaises * BOURRELET DU MAYOMBÉ	50	Partie centrale du littoral brésilien entre Rio Paraïba et Sao Francisco * *houle de S-S.E.*	
Façade externe indonésienne ouverte sur l'Océan Indien * ARC VOLCANIQUE			
Deltas régularisés de l'O. malgache * MASSIF CENTRAL ET BORDURES SÉDIMENTAIRES	1350		
Côte orientale malgache * FALAISE BESTIMISARAKA	50		
Plaine lagunaire du Natal et du Sud-Mozambique * DRAKENSBERG	800		

TABLEAU N°6 :
CLASSIFICATION DES MANGROVES TROPICALES HUMIDES SELON L'ORIGINE ET LE VOLUME DES TRANSFERTS SÉDIMENTAIRES

L'importance de la fourniture à la mer des fleuves foutaniens ne doit pas être négligée (cf. § 2.2.1.). Toutefois, les débits de crue du plus important d'entre eux, le Konkouré, ne dépassent pas 3.500 m³/s (BERTHOIS, 1967), ce qui, en tout état de cause, l'empêche de diffuser sa charge solide aussi loin en mer que peut le faire l'Amazone dont le débit de crue est environ cent fois supérieur ! Dans ces conditions, les quantités de vase susceptibles d'être prises en charge par le courant de Guinée, et que certains considèrent comme énormes (USSELMANN, 1989), ne doivent pas à notre avis être surestimées.

Dans l'attente de mesures hydrologiques plus complètes, on ne peut exclure que les courants océaniques participent à une redistribution longitudinale au moins partielle des apports terrigènes. Nous pensons cependant qu'en dehors des grandes embouchures, les transferts côtiers se réalisent pour l'essentiel dans la zone de déferlement des vagues et sous l'action locale des courants dérivés des vagues à la côte.

En tout état de cause, il semble difficile d'attribuer aux courants liés à la circulation océanique générale -courant de surface NW-SE et courant de subsurface -SE-NW- un rôle qui dépasse celui d'un simple soutien aux transferts sédimentaires occasionnés par les houles. Tout au plus, peuvent-ils compenser une baisse momentanée des apports sédimentaires à la côte. C'est la raison pour laquelle leur importance doit être replacée dans le contexte régional d'alternance saisonnière des conditions hydrosédimentaires.

• *L'alternance saisonnière des conditions hydrosédimentaires*

En Basse-Guinée, comme sur l'ensemble des grandes plates-formes soustraites aux cyclones, la redistribution des sédiments terrigènes est assurée essentiellement par des courants fluviaux soutenus par des courants de marée relativement violents compte tenu de l'importance du marnage (4 à 7mètres). Les variations saisonnières du débit des rivières présentent par conséquent un importance particulière (Fig. 26, ci-contre).

En saison pluvieuse (hivernage), le renforcement de l'énergie des houles d'origine boréale coïncide avec les hautes eaux fluviales durant lesquelles les débits liquides soutenus par des courants de jusant pouvant atteindre 1,60 m/s (BERTHOIS, 1967) assurent une expulsion partielle de la charge véhiculée en suspension au niveau du bouchon vaseux.

L'encombrement des passes par des accumulations sablo-limoneuses variées (deltas, barres, etc. .) montre que la fraction grossière de cette charge est déposée au voisinage immédiat des embouchures. Les houles disposent toutefois de l'énergie nécessaire pour relayer les courants fluvio-marins et maintenir en suspension les sédiments les plus fins, sous forme d'un panache turbide que les images satellites mettent particulièrement en évidence. Les houles dominantes d'origine australe suscitent une redistribution latérale des particules fines sous le courant des embouchures, c'est-à-dire en général sur leur rive droite. Ce phénomène est à l'origine, selon nous, de la progradation dissymétrique de nombreuses plaines de front de mer dont un des côtés profite des apports terrigènes saisonniers tandis que le côté opposé, "au-vent", est soumis à un déficit chronique en sédiments fins (Fig. 27, page suivante).

En saison sèche, la baisse des débits fluviaux retient le bouchon vaseux en amont des estuaires, bien que l'écoulement moyen semble toujours dirigé vers l'aval (1). L. BERTHOIS a pu montré que sur le Konkouré, la zone d'équilibre entre les "forces fluviales" et les "forces océaniques" était située en période d'étiage au niveau du village de Ouassou, autrement dit à plus de 20 km de l'embouchure !

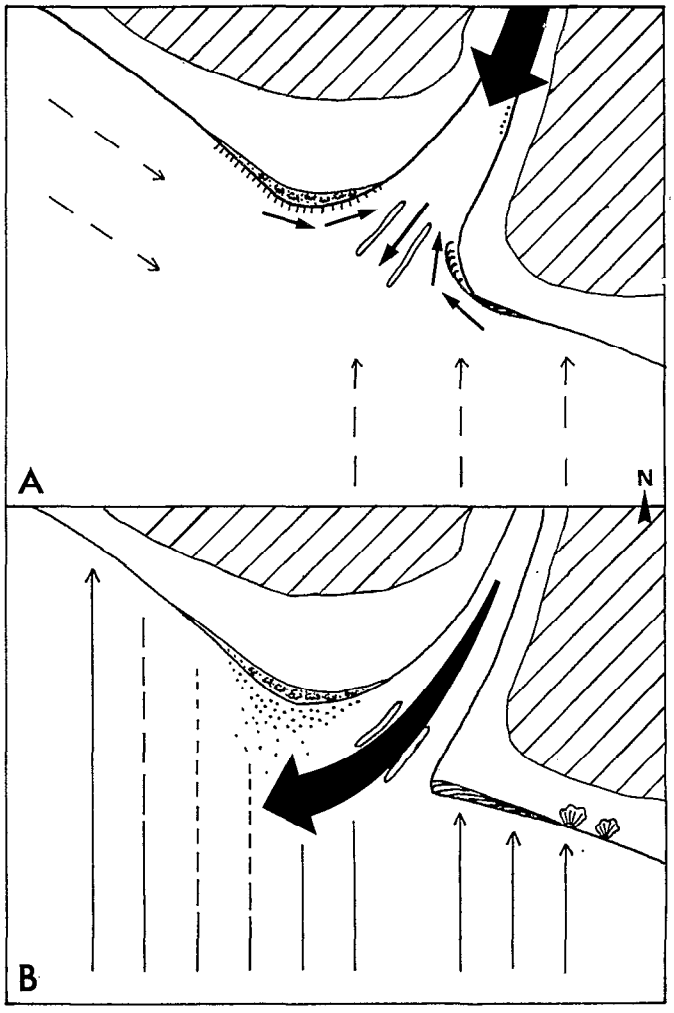


FIG. 26 :
SCHÉMA DU FONCTIONNEMENT HYDRO-SÉDIMENTAIRE DU LITTORAL GUINÉEN

A. SAISON SÈCHE : Rétention du bouchon vaseux + amortissement des houles → Efficacité morphogénique des courants alternatifs fluvio-marins → Goulet de marée, crochons et sédimentation des rives d'estuaire.

B. HIVERNAGE : Expulsion du bouchon vaseux + renforcement des houles d'origine australe → Dissymétrie de la dynamique littorale = Erosion (éventail de débordement) et blocage du transit sableux dans le courant, Sédimentation des apports turbides sous le courant.

(1) Les informations ponctuelles dont l'on dispose grâce aux travaux de E. S. DIOP sur les estuaires de la Melacorée, du Nunez et la Soumba font état d'une prédominance marquée du jusant sur le flot tant du point de vue de la vitesse que de la durée. Les estuaires guinéens fonctionneraient donc comme des estuaires "normaux".

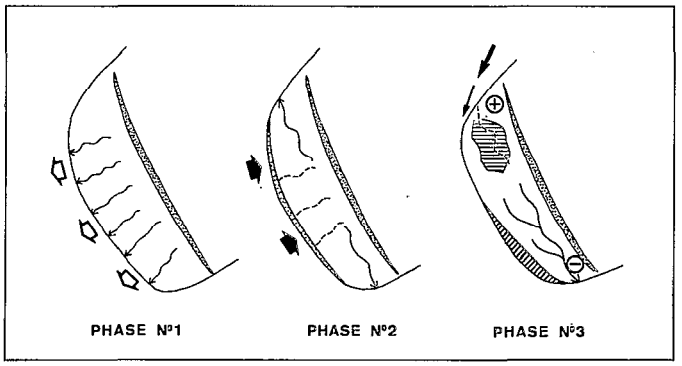


FIG. 27 :
SCHÉMA DE L'ÉVOLUTION DISSYMÉTRIQUE D'UNE PLAINE DE FRONT DE MER

PHASE N°1 : Progradation vaseuse et réseau embryonnaire en "dents de peigne".
PHASE N°2 : Edification d'une flèche sableuse et divergence latérale du réseau.
PHASE N°3 : Erosion régressive et hiérarchisation du réseau dans le courant, tannification et fossilisation du réseau sous le courant.

C'est au niveau de ce village que L. BERTHOIS a identifié une lentille d'eau immobile reposant au fond du chenal pendant la plus grande partie du jusant, comparable à celle qu'il avait mis en évidence sur la Loire.

L'occurrence de cette "zone d'équilibre fluvio-océanique" dépend vraisemblablement du rapport entre le débit d'étiage et le volume du prime d'eau salée introduit par la marée au sein de chaque estuaire. On est en droit de penser que la stratification des eaux, qui préside à cette concentration particulière des turbidités, se manifeste davantage dans les grands chenaux fluvio-marins comme le Konkouré que sur les petits estuaires, où l'on sait, depuis les travaux de D.W. PRITCHARD (1967), que l'importance du prisme salé par rapport au débit fluvial entraîne, en général, un mélange plus marqué des masses liquides.

Si les modalités de pénétration de la marée de salinité et le degré de mélange des eaux marines et fluviales président sans doute à une certaine variété des processus de sédimentation au sein des estuaires guinéens, on retiendra surtout que le ralentissement des transferts sédimentaires transversaux pendant cette période de l'année laisse libre cours à une recrudescence des transferts longitudinaux le long du trait de côte.

La saison sèche est la période privilégiée d'étirement des barres d'embouchures car la diminution du courant fluvial transversal autorise la dérive littorale à assurer un transfert actif de sédiments parallèlement au rivage, et notamment de sables ayant séjourné longtemps en milieu marin.

L'alternance saisonnière des conditions hydrosédimentaires explique ainsi que les agents dynamiques littoraux (courants fluviaux, houles, dérive littorale) interviennent à des degrés divers dans la morphogénèse des vasières à mangrove et que l'origine des matériaux (terrigène, marine), assurant la recharge des vasières, varie également suivant les sites. Le climat contribue donc indirectement (par le truchement des agents dynamiques) à diversifier les types de mobilité stationnelle des peuplements.

• *Les types de mobilité stationnelle des peuplements*

L'Ecole géomorphologique australienne (THOM, 1982 ; *ibid.*, 1986) a été la première à montrer de façon systématique comment la répartition des stations forestières de mangrove *-mangrove habitats-* dépendaient d'une part de l'origine autochtone ou allochtone des sédiments et, d'autre part, de l'agent de transport sollicité : rivière, courants de marée, courants de dérive. En appliquant cette méthodologie à la Basse-Côte, on peut montrer comment, suivant la trame de progradation dictée par le cadre morpho-structural, les agents dynamiques ont façonné une série d'ensembles phyto-morphologiques offrant à la mangrove des conditions spécifiques de développement (Tableau n°7, page ci-contre).

- On mettra à part les ensembles phyto-morphologiques dont la mobilité stationnelle des peuplements est limitée aussi bien par des débits liquides trop élevés pour autoriser une progradation des atterrissements vaseux que par leur soustraction à l'action érosive des vagues. Il s'agit des mangroves qui occupent les grandes rias *-drowned bedrock valley-* de la Basse-Côte (Fig. 28, page 80). L'extension des vasières à mangrove y est souvent limitée comme par exemple dans les rias du Nunez ou du Compony. Mais les conditions de régénération sont en général bonnes car leur position en amont des estuaires leur vaut de bénéficier, les premières, des apports continentaux en eau douce. Le seul facteur de perturbation de l'écosystème est constitué par les remblaiements d'origine alluviale qui peuvent compromettre la libre circulation des eaux fluvio-marines.
- On considèrera ensuite les ensembles phyto-morphologiques à mobilité stationnelle allochtone, autrement dit, les ensembles de mangrove dont l'évolution obéit directement aux variations de débit des grands collecteurs régionaux qui assurent leur approvisionnement en eau douce et en sédiments. Il s'agit fondamentalement des grands ensembles deltaïques dont l'alimentation en sédiments est assurée par des transferts transversaux dominants (Fig. 29, page 81).

Parmi ces unités, on opposera plus particulièrement les unités deltaïques fonctionnelles où l'assurance de débits élevés garantit une permanence du fonctionnement estuarien et une vitalité des mangroves (Rio Pongo, Konkouré, Forécariah), aux unités deltaïques fossiles où l'obstruction au drainage entraîne, au contraire, une modification accélérée de l'écosystème tant dans la partie externe en progradation rapide (bas-Kapatchez) que dans la partie interne de la plaine transformée en plaine alluviale (plaines de Mankoutan et du haut-Kapatchez).

- On distinguera, enfin, les ensembles phyto-morphologiques à mobilité stationnelle autochtone, c'est-à-dire les mangroves dont l'évolution sédimentaire est liée, en grande partie, à l'accumulation de matière organique produite *in situ*, car l'exiguïté de leurs bassins-versants les prive d'un approvisionnement specifique en sédiments terrigènes. Ce type d'évolution est subordonné à l'édification préalable d'une barrière de dépôt protectrice. Ces ensembles se caractérisent, donc, par l'importance au moins saisonnière des transits longitudinaux.

Selon l'éloignement par rapport au pôle d'alimentation en sédiments, on distinguera les plaines à cheniers *-chenier plains-*, où de minces flèches sableuses alternent avec des vasières plus ou moins colmatées, des plaines de rides de plages *-beach ridge plains-*, où la prépondérance des dépôts sableux laisse de faibles possibilités de développement pour la mangrove.

Cinq types d'ensembles phyto-morphologiques peuvent finale-

Pédogénèse.....Bilan pédogénèse / morphogénèse .....Morphogénèse
Influence continentale (amont).....Influence marine (aval)

	Rias	Deltas fonctionnels	Deltas fossiles	Cheniers	Rides de plage
Localisation	Kogon, Baraban, haut-kapatchez, Fatala, Samourou, Taboria, haut-Konkouré, Soumbouya, Morébaya, Béréyiré, Forécariah, Mélacorée	Taïdi, Dibi, Konkouré, Tana-Yélitono	bas-Kapatchez, Dangara, Motéba, Morébaya, Béréyiré, Kakossa, Kabak	Monchon, Wassa-wassa, Koba, Sonfonia, Bramaya	Tristão, Koukouba, Binari, Cap Verga, Quito
Apports eau douce	élevés	élevés	réduits	faibles	faibles
Apports terrigènes	limités (transit)	élevés	réduits	faibles	faibles
Agent dyn. dominant	Courant de marée	Courant de marée	Courant de marée	Dérive littorale	Dérive littorale
Potentiel forestier	élevé	élevé	limité	limité	très limité
Mobilité stationnelle	limitée	modérée	prononcée	prononcée	prononcée

TABLEAU N°7 :
LES ENSEMBLES PHYTO-MORPHOLOGIQUES
DE LA PLAINE LITTORALE GUINÉENNE

ment être distingués suivant l'importance relative des processus de pédogénese et de morphogénèse dans la dynamique du substrat, laquelle, reflète directement le poids respectif des Influences continentales et marines (Tableau n°7, ci-dessus).

2. 3. 3. UNE INSTABILITÉ DU SUBSTRAT RYTHMÉE PAR LA VARIABILITÉ DU CLIMAT

En débutant cette recherche dans le cadre d'un programme d'étude appliqué à la défense du littoral contre les effets de l'érosion côtière, il nous a fallu formuler assez rapidement des hypothèses quant à l'origine du recul de certains fronts de mangrove qui menaçait à court terme des aménagements rizicoles d'intérêt national. La responsabilité que d'aucuns attribuaient à une surexploitation de la mangrove nous paraissant douteuse, notre attention s'est rapidement portée sur les événements climatiques récents.

• *La crise morphoclimatique récente et ses enseignements*

L'hypothèse d'une liaison entre l'érosion des vasières à mangrove et les variations du climat se fondait sur la présomption qu'il existait une relation étroite entre les variations du débit des rivières et les rythmes de l'alluvionnement littoral. A défaut de mesures hydrologiques suffisantes, on s'est attaché à étudier la variabilité des pluies, attendu que le régime pluvial des rivières guinéennes traduit très directement les vicissitudes du climat.

Le dépouillement des séries pluviométriques de la station de Conakry a révélé une très forte variabilité interannuelle des pluies en Basse-Guinée. La figure n°31 page 83 permet d'opposer par exemple les années 1954 et 1958, pendant lesquelles il est tombé plus de 5.500 mm, aux années 1958 ou 1984 où les totaux pluviométriques n'ont pas dépassé 3.000 mm. Dans le détail, cette variabilité s'explique sans doute comme dans toute l'Afrique de l'Ouest par des connexions très subtiles entre, d'une part, la position de la Zone Convergence Intertropicale et, d'autre part, le champ thermique de surface du continent ouest-africain (GUILLOT & LAHUEC, 1986). Nous nous contenterons pour notre part de rappeler que la situation

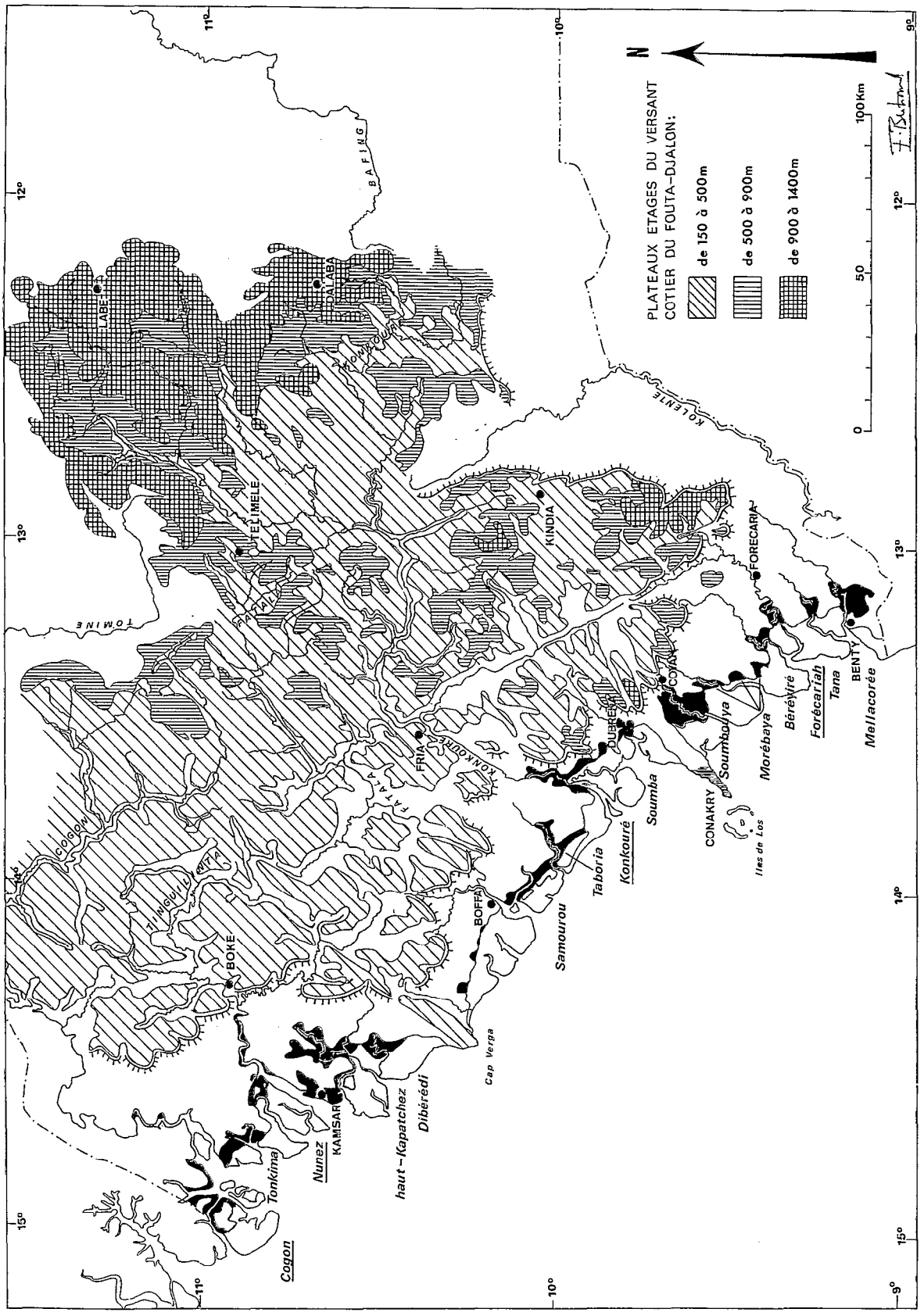


FIGURE 28 :
LES MANGROVES DE RIAS
AUTOCHTONES ET ALLOGÈNES

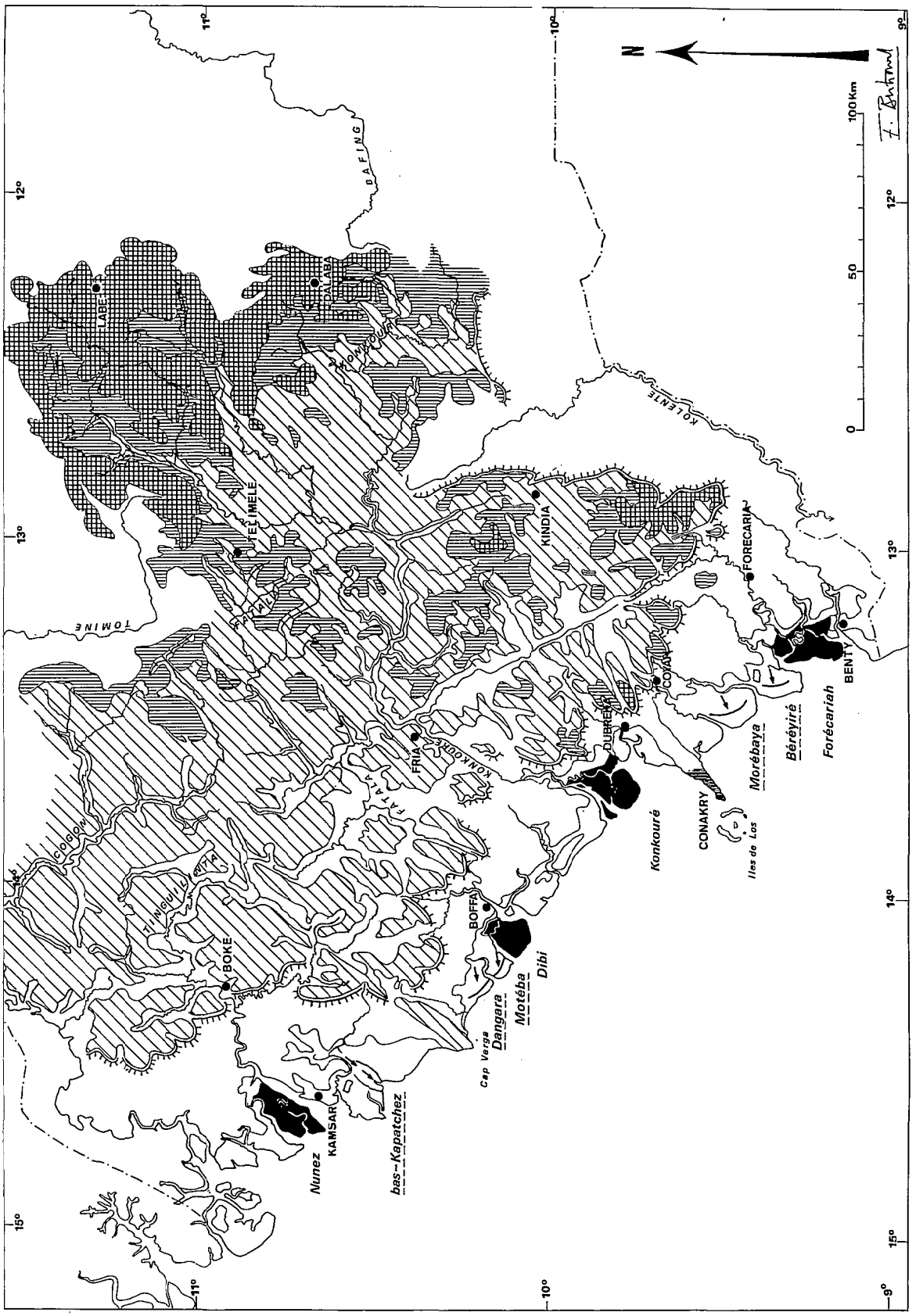


FIGURE 29 :
LES MANGROVES DE DELTAS
FONCTIONNELS ET FOSSILES

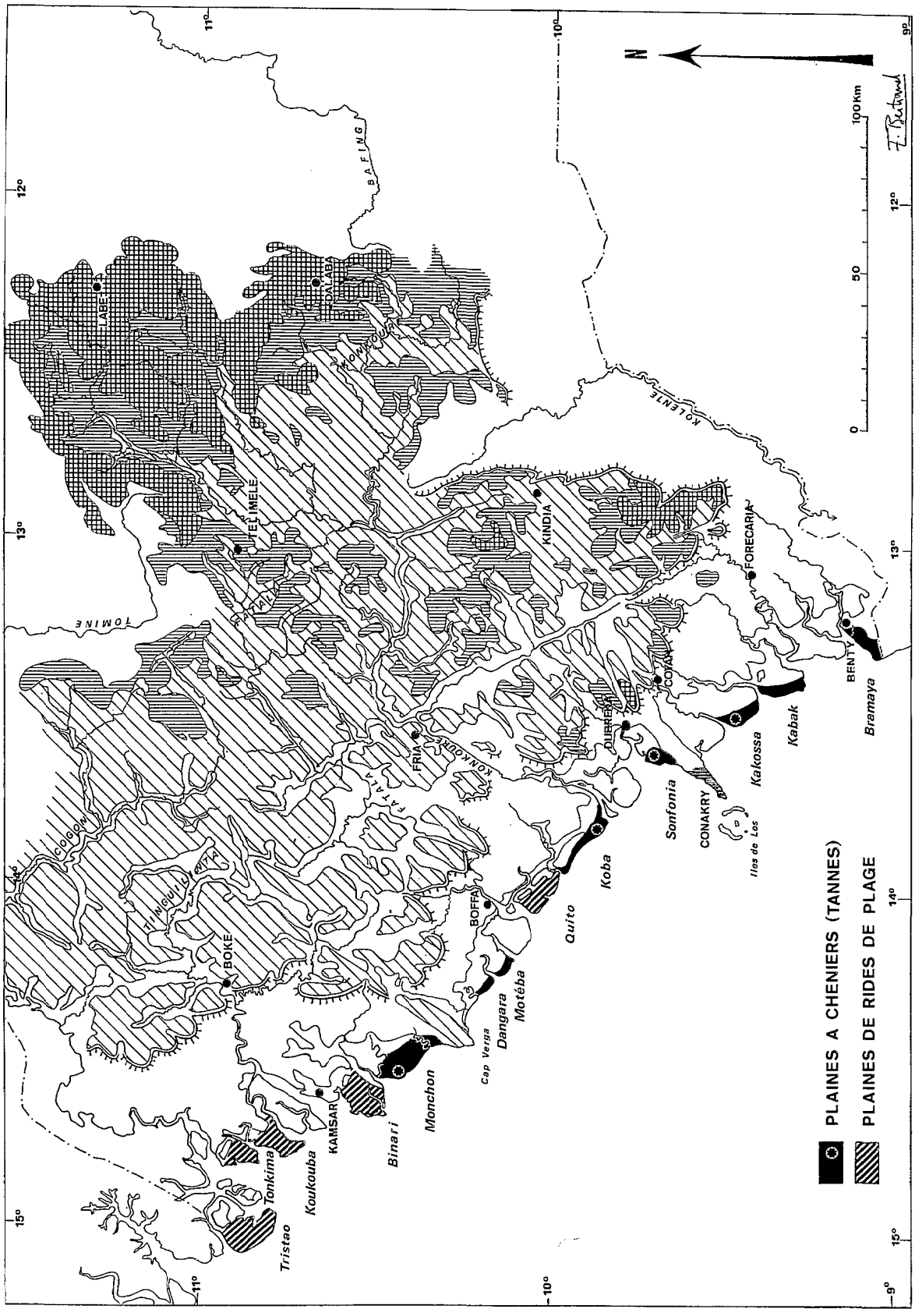


FIGURE 30 :
LES MANGROVES DE FRONT DE MER

latitudinale des mangroves guinéennes (9-11°N) est déjà assez marginale dans le monde tropical et qu'à ce titre, elles sont davantage tributaires de l'évolution climatique à court terme que les mangroves équatoriales.

La figure n°31 ci-dessous montre que cette irrégularité climatique s'est exprimée à partir de la fin des années 1960, comme dans toute l'Afrique de l'Ouest, par un déficit pluviométrique qui s'est prolongé "anormalement" sur les deux décades suivantes. La persistance de pluviosités basses sur une durée de 15 ans (1970-1985) et l'étirement corrélatif de la saison sèche ont rapproché la Basse-Guinée des conditions bioclimatiques que connaissaient la Casamance avant ce cycle d'aridité : entre 2.100 et 3.600 mm répartis sur 5-6 mois contre 1.500 mm répartis sur 5 mois en Casamance en 1968.

A la différence de la partie septentrionale des Rivières-du-Sud (Saloum, Gambie, Casamance) que les auteurs s'accordent à considérer comme étant restée stable d'un point de vue morphodynamique (MARIUS, 1984 ; PIMMEL, 1984), on ne peut manquer d'être frappé en certains secteurs du littoral guinéen, notamment à Koba, par la concommitance entre l'entrée dans un cycle sec et l'inflexion vers un régime de dévasement.

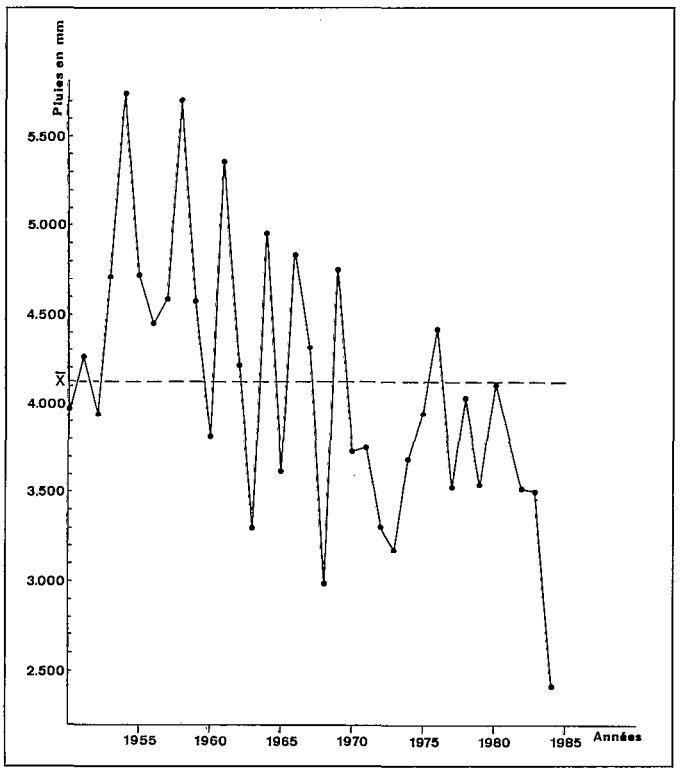


FIG. 31 :
VARIATIONS ANNUELLES DE LA PLUVIOMÉTRIE EN BASSE-CÔTE
(Conakry)

Le synchronisme n'est bien entendu pas parfait et l'on notera, sur la figure n°32 (page suivante) établie à partir d'une comparaison des couvertures aériennes disponibles (BERTRAND, 1988), que l'intensité du recul est restée faible entre 1966 et 1979 (10 m/an) avant d'augmenter sensiblement par la suite pour atteindre une valeur moyenne de 80 m/an qui dépasse largement les valeurs recensées sur l'ensemble de la côte occidentale africaine par l'UNESCO (QUENNELEC, 1987).

L'étude des vents a conduit O.RUE à attribuer cette accélération du recul dans le secteur de Koba à "un regain d'agitation consécutif à la recrudescence de vents supérieurs à 10 m/s à partir de 1985" (RUE, 1989).

Nous ajouterons, pour notre part, que ce phénomène n'a eu un impact significatif que dans la mesure où l'équilibre morphodynamique des vasières était déjà compromis par un déficit d'approvisionnement en sédiments cumulé sur plusieurs années. En effet, la diminution pluriannuelle des débits fluviaux consécutive à la contraction de la pluviométrique reproduit sur une échelle de temps plus longue la situation hydrodynamique qui prévaut en saison sèche, à savoir la rétention des turbidités et particulièrement du bouchon vaseux (zone de turbidité maximale) en amont des estuaires.

Aussi bien, les vasières de front de mer qui profitaient de la redistribution latérale des sédiments en suspension se sont trouvées privées des approvisionnements nécessaires à leur entretien, d'où un déficit sédimentaire et la libre attaque des vagues à la côte sans préjudice d'interaction avec une recrudescence éventuelle des vents locaux ou des houles. Cette dépendance des plaines de front de mer vis-à-vis des apports solides extérieurs est totale, dans la mesure où l'exiguïté de leurs propres bassins-versants les prive d'une source d'alimentation directe en sédiments. On peut donc considérer que l'évolution des fronts de mangrove exprime très directement les variations de débit des grands collecteurs régionaux dues à la variabilité des pluies sur les bassins-versants. Pour nous cantonner à l'exemple de Koba,, nous pensons que le recul spectaculaire (plus de 700 m !) de la vasière méridionale entre 1966 et 1987 est fondamentalement lié à la succession régulière d'années pluviométriques déficitaires à partir de 1968.

Mais la disparition massive des forêts d'*Avicennia* de Koba n'est qu'un des aspects de la crise morphoclimatique qui a affectée, au cours des années 1970-1980, le fonctionnement de l'écosystème mangrove. Ses effets se sont fait sentir jusque dans la partie interne de la plaine.

• *La translation des ceintures végétales vers l'amont*

Le maintien du bouchon vaseux à l'intérieur de l'estuaire concentre la sédimentation sur le fond et les rives des chenaux fluvio-marins. L'origine de l'envasement qui affecte le Rio Kapatchez depuis environ 1930, et qui demeure la progradation historique la plus spectaculaire du littoral guinéen, est attribuée depuis l'étude pionnière d'A. GUILCHER à la prise en charge par les courants de flot de vases préalablement remises en suspension au voisinage de l'embouchure (île Kaliki). Une origine marine liée aux apports turbides du Courant de Guinée a récemment été invoquée (USSELMANN, 1989). Mais comment expliquer que ces sédiments marins aient convergé vers cet estuaire et delaissé les régions attenantes ?

L'érosion des rivages de l'île de Kaliki située à l'ouest de l'embouchure est attestée par la troncature de ses cordons, mais on remarquera sur la figure n°17 page 57 que, depuis 1954 (date des observations d'A. GUILCHER), le recul de la plaine de Monchon est autrement spectaculaire puisqu'elle atteint localement 1 km, alors que les rives occidentales de l'embouchure occupent la même position. Ces vases remises en mouvement ont certainement participé au colmatage de l'ex-embouchure, mais il reste alors à déterminer l'origine de la déstabilisation des vasières de Monchon.

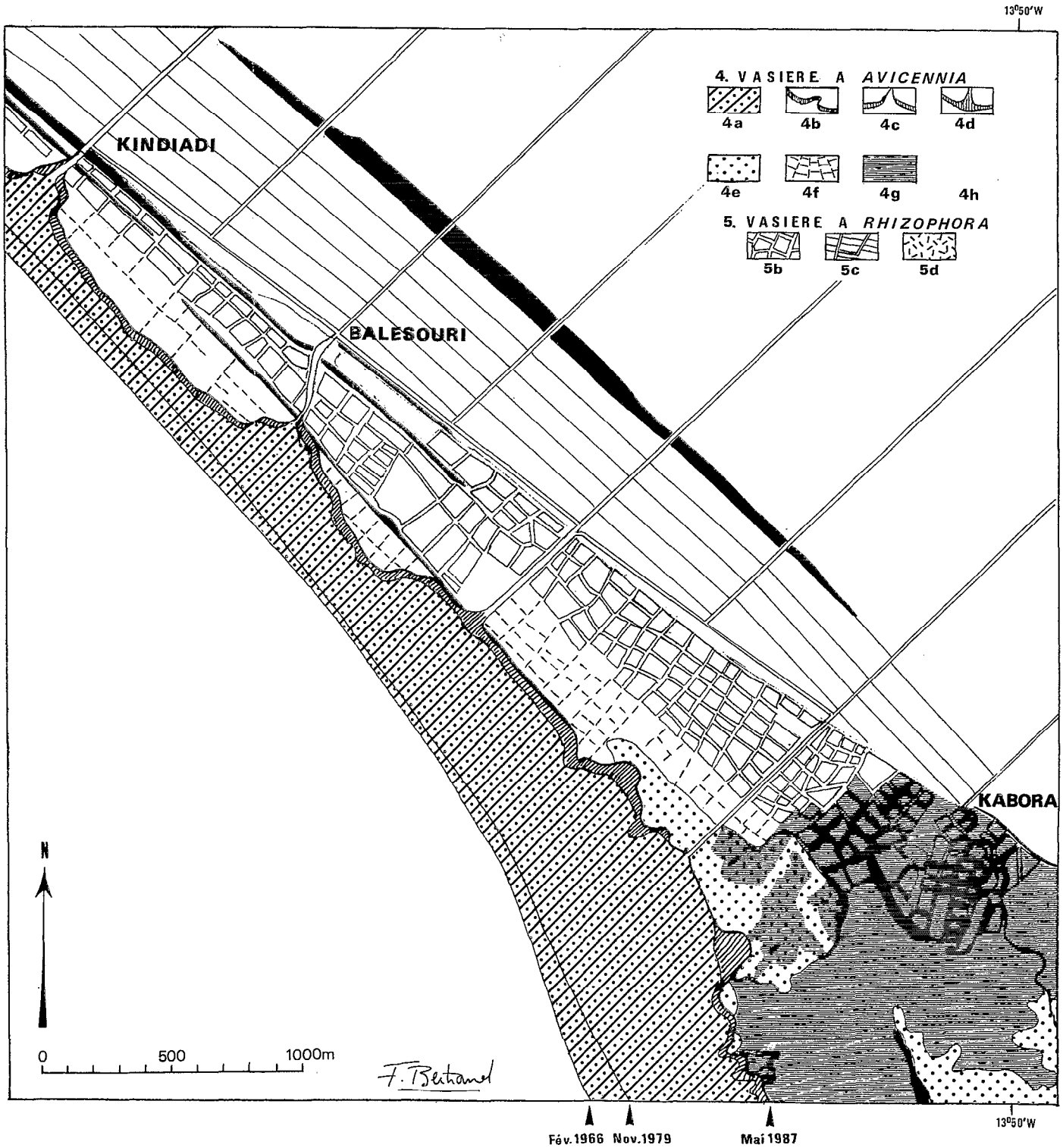


FIG. 32 :
DYNAMIQUE DU FRONT DE MER ORIENTAL DE KOBA

(d'après photos aériennes panchromatique HZ n°225-226, mai 1987)

Extrait de la légende commune aux figures n°32, 40 et 42 :

4a. Front de mangrove à *Avicennia* érodé - 4b. Micro-falaise en recul - 4c. Etier menacé de déchaussement - 4d. Etier envasé - 4e. Schorre à *Avicennia* - 4f. Schorre à *Avicennia* converti en rizières - 4g. Schorre à *Avicennia* tannifié - 5b. Casiers rizicoles (*bougounis*) - 5c. Polders rizicoles-

Sans nier le rôle d'un transfert de sédiments depuis l'île de Kaliki vers le cours amont du Kapatchez, nous pensons que l'hypothèse d'un piégeage du bouchon vaseux consécutif à une diminution des débits fluviaux mérite également d'être posée. Cette suggestion découle du suivi de l'envasement récent du Konkouré.

L'embouchure occidentale du plus important fleuve côtier guinéen a été l'objet entre 1954 et 1988 d'une érosion intense se soldant par le recul des rives externes des îles de Bokhinéné et de Dodo sur plus de 500 m. Le village de Khonibompo a été contraint d'accompagner ce recul à plusieurs reprises. Simultanément, les rives internes de ces îles deltaïques se sont engraissées, au point de s'accoler aux vasières contiguës au continent (île Dodo) ou de se raccorder entre elles (coalescence en cours des îles Bokhinéné et Tintima [cf. Image n°2 et figure n°34, page 91]). L'ensablement du bras occidental et son absence de communication océanique en période d'étiage avaient déjà été observés (BERTHOIS, 1967). Malgré les excédents pluviométriques de l'époque (cf. fig. 31, page 83), l'équilibre morphosédimentaire des zones externes était certainement précaire car l'obturation de l'écoulement devait déjà limiter l'expulsion des sédiments en mer.

Il est clair que la péjoration de la pluviométrie à partir des années 1970 n'a pu qu'amplifier les tendances de la période précédente, à savoir, la rétention du bouchon vaseux en amont de l'embouchure par insuffisance des débits évacuateurs ; d'où le report de la sédimentation sur les rives internes des îles deltaïques.

La diminution des débits liquides s'est doublée, selon toute vraisemblance, d'une remontée de la marée de salinité qui explique la colonisation par *Avicennia* des atterrissements récents ainsi que d'anciennes vasières à *Rhizophora*. Dans ce contexte général, le recul du front de mer de Koba nous paraît davantage redevable de l'envasement des embouchures attenantes que l'inverse. C'est le non-réapprovisionnement des grands bancs de vase de front de mer qui explique à la fois la diminution du stock sédimentaire nécessaire à la recharge des vasière frontales et la levée de l'amortissement des vagues à la côte. Si le transfert de sédiments depuis les vasières latérales vers l'intérieur des estuaires participe effectivement à la translation des ceintures d'*Avicennia* vers l'amont, l'origine du phénomène réside fondamentalement dans la péjoration des conditions hydroclimatiques.

La mise en évidence d'une translation récente des ceintures végétales vers l'amont montre clairement la résonnance des anomalies climatiques sur la dynamique de la végétation. Dans quelle mesure ce type de corrélation peut-il être extrapolé à la période historique pour laquelle on ne dispose pas de données instrumentales ?

• *Les tendances évolutives à moyen terme et leurs implications*

Le retour depuis 1985 à une pluviomérie excédentaire par rapport aux moyennes établies depuis le début des enregistrements météorologiques (1922) suggère que l'anomalie climatique récente ainsi que celles qui l'ont précédée s'ordonnent sur une courbe d'échelle historique. En l'absence de datation palynologique et sédimentologique, l'ordonnancement des cordons sableux et des vasières intermédiaires constituent les seuls témoignages des variations hydroclimatiques holocènes. Leur correspondance avec les grands épisodes paléoclimatiques mis en évidence dans la partie septentrionale des Rivières-du-Sud (MICHEL, 1973 ; PINSON-MOUILLOT, 1980) peut être envisagée.

Les plaines de rides de plage du littoral guinéen (Fig. 30, page 82) opposent couramment deux ensembles de cordons plus ou moins séparés par une vasière à mangrove. A Quito, le cordon interne est fossilisé par une vasière, mais aux îles Tristão, il est recoupé directement en biseau par le cordon externe.

La largeur respective de ces deux cordons et l'interposition éventuelle d'une vasière à mangrove dépend, à notre avis, davantage des conditions locales d'approvisionnement en sédiments que des conditions générales de la circulation hydrologique. Quelle que soit leur proximité, ces deux ensembles de cordons sont toujours nettement reconnaissables.

Prenons l'exemple des îles Tristão (Fig. 33 page 87). Le cordon interne est composé d'une série de rides qui divergent à partir d'une zone de noeuds ancrée sur l'extrémité sud-orientale de l'île. Le recourbement des rides vers la mer indiquerait un blocage du transit par les flux des rivières dont la vasière médiane signale un des ancien tracés. Ce premier ensemble est tronqué par un second cordon formé de l'adjonction d'au moins trois groupes de crochons successifs suggérant que l'embouchure a migré progressivement vers le sud en liaison cette fois avec une diminution des débits fluviaux. L'histoire holocène des îles Tristão oppose donc clairement deux phases de sédimentation sableuse liées à des contextes dynamiques qui paraissent différents.

Le cordon interne s'apparente à un ensemble progradant ayant entraîné (ou accompagné) un retrait de la ligne de rivage en deçà de sa position antérieure (régression) alors que le cordon externe est un ensemble progradant développé à partir de l'érosion du précédent dans un contexte dominé par l'avancée relative de la mer (transgression). Conformément à ce que l'on sait de l'évolution post-nouakchottienne du niveau de la mer, il ne serait pas surprenant que l'ensemble de cordons enracinés sur des lambeaux de terrasses sableuses marque la fermeture des grands golfes nouakchottiens sous l'action de la dérive littorale, lors de l'abaissement du niveau marin à -1 m ± 0,5 m autour de 2.500 BP (épisode "tafolien" des quaternaristes ouest-africains). En revanche, il est probable que les grandes discontinuités topographiques du littoral qui se sont mises en place depuis cette époque signalent davantage des fluctuations hydroclimatiques de courte durée que des variations eustatiques.

Dans ces véritables conservatoires de marqueurs morphologiques que constituent les plaines de front de mer, la géométrie des cordons nous amène à postuler que les cordons sableux sont des formes transgressives qui s'édifient préférentiellement en période "sèche", tandis que les vasières sont des formes régressives qui progradent plutôt en période "humide". Cette idée s'accorde assez bien avec les conclusions d'un article récent consacré à la plaine sierra-leonaise comprise entre les estuaires de la Melacorée et des Scarcies où E.ANTHONY a reconnu également deux ensembles de cordons à crêtes multiples -"*chenier clusters*"- séparée par une plaine vaseuse de progradation -"*prograding muddy plain*"- (ANTHONY, 1989).

On se gardera toutefois de généraliser ces observations en remarquant que certains fronts de mangrove ont "résisté", voire progradé au cours de la période sèche récente (1970-1984) ; l'exemple le plus spectaculaire étant celui des mangroves de Sourinéné (= terre nouvelle en soussou) qui ont participé à l'avancée du front de mer de l'île de Yélitono sur près d'1 km de largeur depuis 1954 ! Mais les fronts de mer de Quito, Khonibompé, Kawamani, Kakossa-Sud, Kabak-Sud, Tana, Bramaya ont également enregistré des avancées durant cette période.

Une périodicité d'ordre pluridécennal des phases de progradation et de rétrogradation ne saurait indiquer, en définitive, que des tendances évolutives suggérées par des variations climatiques de courte durée mais susceptibles d'être infléchies par le poids des facteurs locaux : transferts sédimentaires de proximité, nature des apports. Il semblerait, notamment, que l'affinement vers le sud de la charge véhiculée par les fleuves côtiers soit une donnée constante qui explique que le passage d'une économie d'abondance en sédiments à une économie de pauvreté y soit différé par rapport au nord de la plaine, d'où un meilleur entretien général des vasières.

L'insertion de ces périodes de courte durée dans des cycles d'ordre séculaire reste pour le moment hasardeuse. On se contentera de remarquer la réversibilité fréquente des évolutions et, par conséquent, l'extrême difficulté à dégager le sens de l'évolution à moyen terme.

L'évolution du front de mer méridional de Koba est à cet égard particulièrement éloquente. Après s'être retiré en 1966 jusqu'à 700 m de la position qu'elle occupé en 1951, la mer se situait en 1987 à plus de 300 m en amont de la ligne de rivage de départ ! Bilan donc globalement négatif, si l'on s'autorise à extrapoler ces résultats à l'ensemble de plusieurs alternances climatiques, mais qu'on serait bien en mal d'étendre à l'ensemble de la plaine côtière si l'on songe que, par ailleurs, que la progradation -il est vrai, exceptionnelle- de la plaine de l'ex-Kapatchez ne semble pas s'être interrompue depuis le début des années 1930.

Il n'en demeure pas moins que les témoignages sur les positions antérieures du rivage plaident en faveur d'une diminution globale des apports à la côte depuis un ou deux siècles. Les notes géographiques des commerçants anglais de la fin du XVIIIe siècle signalent, par exemple, l'existence à l'embouchure du Rio Nunez de l'île de Sable longue de 1 mille (RIVIERE, 1968). Aujourd'hui, cette île n'apparait plus que sous la forme d'un banc à marée basse. La mémoire collective des habitants de Matakong perpétue le souvenir de l'engloutissement de l'île de Nacrigbé (= la grande terre) utilisée autrefois comme entrepôt par les négriers (SURET-CANALE, 1970). Il s'agit très probablement des grands bancs de sable qui s'inscrivent dans le prolongement infratidal de l'île. On notera enfin que les déplacements de village rapportés par les anciens répondent toujours à une avançée de la mer. Ces indices ont largement contribué à fonder l'opinion selon laquelle la plaine guinéenne était une plaine de submersion (DE CHATELAT, 1938 ; SALOMON, 1987).

Sans exclure que les variations pluridécennales des lignes de rivages guinéennes puissent s'inscrire dans une tendance transgressive d'ordre séculaire, nous pensons que la plaine guinéenne demeure fondamentalement une plaine d'émersion holocène et que la tendance contemporaine à la submersion, si tant est qu'elle se confirme dans les décades à venir, ne présage en rien de l'avenir à plus long terme.

Celui-ci ne peut être appréhendé qu'en essayant de démêler l'écheveau complexe des phénomènes qui président aux variations des lignes de rivage. La difficulté est de faire la part, dans le cas particulier de la Guinée, de la remontée présumée du niveau général des océans et de l'instabilité persistante de la marge continentale.

L'indigence des données marégraphiques en Guinée conduit nécessairement à considérer avec une certaine prudence l'élévation contemporaine du niveau de la mer (15 cm depuis un siècle), reconnue par la majorité des auteurs (ETKINS & EPSTEIN, 1982). Rien ne permet d'étayer la thèse suivant laquelle la fonte récente des glaciers des montagnes tempérées ainsi que l'expansion thermique, due au réchauffement du climat du globe, de la tranche supérieure des océans participent à une élévation décisive du niveau de l'Océan au droit de la Guinée. Certes, il semble difficile de nier que les modifications récentes du climat à l'échelle planétaire puissent avoir des effets locaux (changements de la densité des couches supérieures de l'eau marine, déplacement de méandres des grands courants océaniques, etc...). Mais faute de données précises, force est d'admettre avec P. PIRAZOLLI (PIRAZOLLI, 1977 ; *ibid.*, 1986) que les variations des lignes de rivages de Guinée relèvent de façon plus générale de l'interaction de l'équilibre isostatique (1) et des contraintes provenant de l'asténosphère (2).

Bien que les mouvements liés à l'instabilité des continents se produisent habituellement sur une durée souvent plus longue que celle des variations climatiques, le rejeu parfois brusque des failles parallèles au rivage nous incite à penser que le soulèvement épéirogénique de la bordure continentale guinéenne est susceptible de contrecarrer, au moins en partie, l'effet d'un relèvement du niveau général des océans. Il est donc permis de penser que le relèvement contemporain du niveau de la mer, pour autant qu'il affecte cette portion du littoral ouest-africain, présente des effets transgressifs atténués par rapport à des marges subsidentes comme celle, par exemple, de la côte orientale de Etats-Unis où l'affaissement de la marge rend compte de la moitié du relèvement de la mer (PASKOFF, 1987). Dans le contexte de l'Afrique de l'Ouest, il semblerait que l'évolution post-nouakchottienne du niveau de la mer en Guinée se démarque ainsi des secteurs de néotectonique modérée comme les bassins marginaux sénégalo-mauritanien et nigériens (du Ghana au bas-Niger) où la remontée contemporaine du niveau de la mer s'inscrit dans une oscillation transgressive de moyenne durée reconnue en Mauritanie (EINSELLE *et al.*, 1977) aussi bien qu'au Bénin (LANG & PARADIS, 1984) à partir de la régression à -1 ± 0,5 m vers 2500 BP (épisode "sec" du Tafolien).

S'il est vrai, comme cela a été envisagé récemment, que le décalage temporel du maximum transgressif nouakchottien vers le sud des Rivières-du-Sud est une manifestation de l'eustatisme géoïdal (FAURE, 1976), c'est-à-dire des variations du niveau de la mer en fonction du champ de gravité de la terre, il serait logique de penser que le littoral guinéen est moins affecté par les variations eustatiques récentes que, par exemple, les marges continentales du Golfe du Bénin dont l'équilibre isostatique ne perturbe pas les effets transgressifs du relèvement contemporain de la mer (3)

Dans ces conditions, il est probable que la Guinée présente une courbe originale de remontée du niveau marin dans laquelle l'eustatisme (phénomène de portée générale) compte moins que les déplacements de ligne de rivage générés par les variations d'approvisionnement en sédiments d'origine terrigène (phénomène local). Il ressort de cette analyse que l'évolution des rivages de Guinée obéit d'abord, à l'instar du fonctionnement général de l'écosystème mangrove, aux interactions du climat et des aménagements.

Dans ces conditions et compte tenu des différentes échelles de lecture et des nombreux décalages temporels entre les sollicitations du climat et la réponse du substrat, la probabilité d'un retour à une phase généralisée d'alluvionnement, telle qu'elle est suggérée par la recrudescence récente des pluies, doit céder la place à une analyse circonstanciée des effets plausibles d'une majoration des débits fluviaux à l'échelle des bassins-versants.

(1) Equilibre entre les différents compartiments de la croûte terrestre et les transferts superficiels des masses d'eaux et de sédiments.

(2) Partie inférieure et visqueuse du manteau par opposition à sa partie supérieur rigide, la lithosphère, qui comporte également la croûte.

(3) La Basse-Côte compte deux anomalies résiduelles négatives centrées sur Boffa (-10 milligals) et Boké (-5 milligals) qui suggèrent que la compensation isostatique du bourrelet n'est pas rétablie sur la totalité de son tracé.

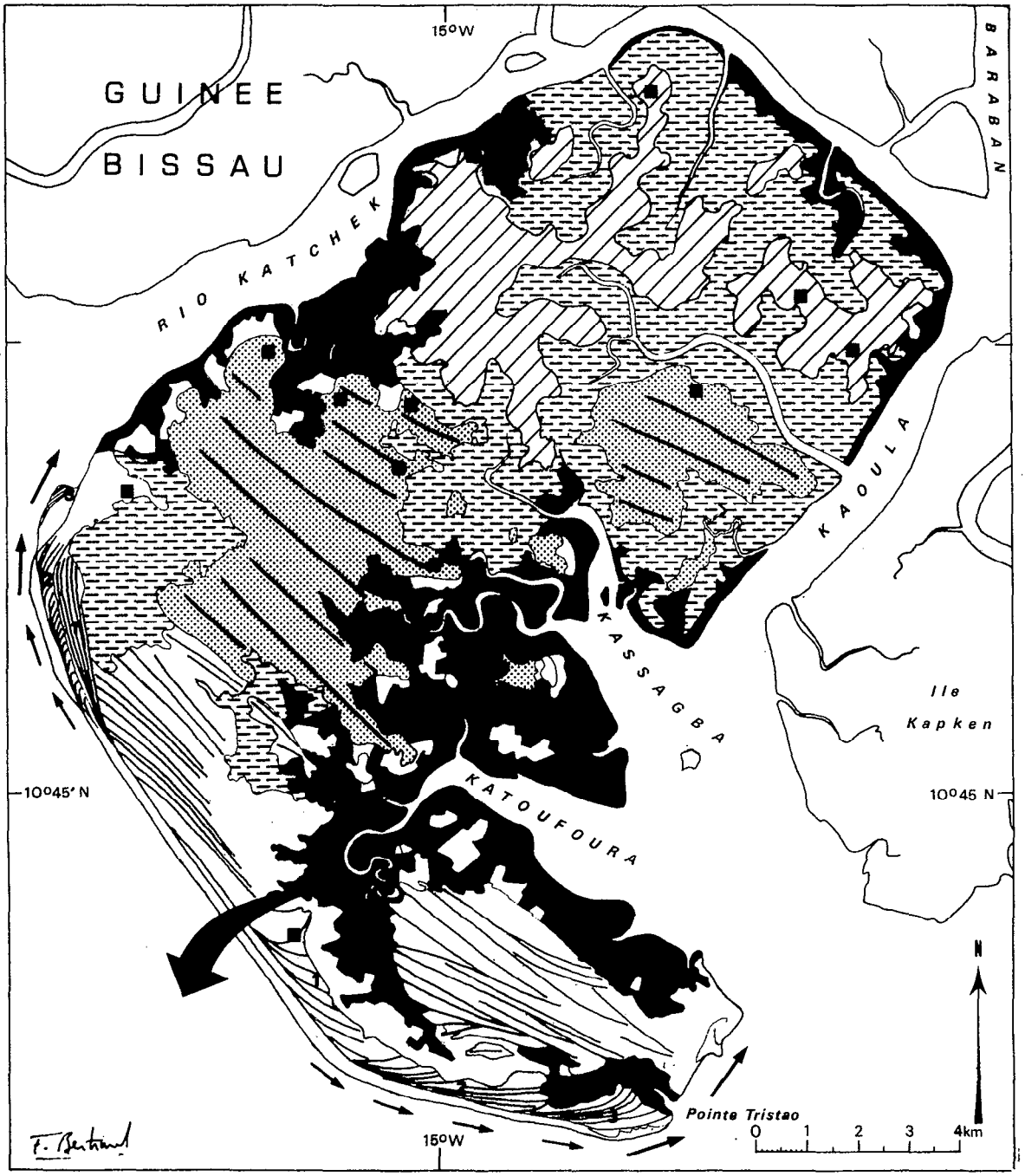


FIG. 33 :
VASIÈRES ET CORDONS DES ÎLES TRISTÃO
(d'après photos aériennes panchromatique
JICA n°9A-1(2) et 10A-1(2), Nov. 1979)

Lambeaux de piémont cuirassé à forêt dense dégradée en savane

Mangrove à *Rhizo. harrisonii*

Terrasse sableuse nouakchot. à savane herbeuse et fourré

Mangrove rabougrie et tannes

Casiers rizicoles

Courants de flot

Ancienne embouchure

Cordon holocène récent progradant (accolement de crêtes successives)

Cordons sub-actuels transgressifs (adjonction de crochons successifs)

CONCLUSION

L'analyse des grands paramètres de fonctionnement de l'écosystème permet de rendre compte de la distribution des mangroves sur le littoral guinéen. Le canevas morphostructural hérité de la fragmentation du bourrelet foutanien a diversifié les conditions d'approvisionnement en sédiments de la plaine côtière à partir des bassins-versants. Mais il a contribué également à faire varier le rapport entre la dynamique fluviale d'alluvionnement et la dynamique proprement marine de dispersion des apports terrigènes.

Dès lors, la trame des bassins-versants devient le cadre de définition privilégié d'ensembles phyto-morphologiques dotés de caractères de fonctionnement spécifiques.

Si au plan taxinomique, l'étude des interactions entre le relief et le climat n'enrichit pas la classification des mangroves d'unités physionomiques nouvelles, elle permet en revanche de préciser l'origine de la mobilité de ces paysages.

Ce critère de différenciation revêt une importance essentielle dans le contexte d'instabilité du substrat revélé par la crise morpho-climatique récente. La sensibilité des différentes unités de paysage aux suggestions du climat dépend dans une large mesure de l'ensemble phyto-morphologique dans lequel elles s'insèrent. Les ensembles de mangroves à mobilité stationnelle autochtone (plaines à cheniers, plaines à rides de plages, deltas intralagunaires) sont beaucoup plus vulnérables aux variations hydroclimatiques que les ensembles à mobilité stationnelle allochtone (plaines de rias, plaines deltaïques), car l'exiguïté de leurs bassins-versants les prive des effets pondérateurs de débit qui sont l'apanage des grands collecteurs d'échelle régionale.

La prise en compte de l'origine de la mobilité stationnelle des peuplements est nécessaire pour essayer de comprendre plus en détail la diversité des processus sédimentaires qui président à l'évolution des peuplements.

Chapitre 3

LES FONDEMENTS D'UNE CLASSIFICATION SUGGÉRÉS PAR LA DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS

3. 1.
DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION ET TRANSFERTS SÉDIMENTAIRES

3. 1. 1.
LA DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS LIÉE AUX TRANSFERTS SÉDIMENTAIRES TRANSVERSAUX

• *La dynamique des peuplements de bord de rive*

La dynamique des peuplements de bord de rive est déterminée par l'intensité de l'alluvionnement latéral des chenaux de marée. Le processus de sédimentation a déjà été décrit (BALTZER, 1982). La fraction fine de la charge solide échappée du chenal se dépose sur les berges des rives concaves ainsi que sur les lobes des rives convexes. Les apports de nutriments en solution soutiennent la productivité des peuplements existants tandis que le dépôt de vases alimente l'engraissement des rives.

L'évolution du profil transversal de la slikke suit des modalités différentes selon les rives. Par suite de la concentration du courant sur les rives concaves de méandre et de l'effet de sapement lors de débits à pleins bords, l'alluvionnement des rives concaves prend souvent la forme d'un bourrelet de berge limono-argileux. Celui-ci se maintient d'autant plus facilement que le réseau très dense de racines-échasses joue le rôle de peigne vis-à-vis de la charge solide. Les sapements de pied de rive entravent la stabilisation des rives. Les phénomènes d'éboulement et de glissement que l'on peut observer fréquemment à marée basse n'adoucissent que temporairement le profil des slikkes car les matériaux érodés ne tardent pas à être repris en charge par les écoulements turbides pour alimenter de nouveau les bourrelets de berges.

Ces atterrissements n'ont donc en général pas le temps d'être colonisés et stabilisés par les plantules de *Rhizophora*, si bien qu'en dépit de remaniements incessants, la position de la rive concave reste relativement stationnaire.

Ce n'est pas le cas, en revanche, des rives convexes de méandre dont l'étude diachronique des clichés aériens révèle une mobilité beaucoup plus grande. L'édification de levées alluviales est, d'après nos observations, beaucoup plus rare. Le profil transversal laisse tout au plus transparaître de menues ondulations correspondant vraisemblablement au dépôt graduel de la charge solide du chenal et notamment d'une partie des vases remises en suspension sur la rive opposée. La faible turbulence des écoulements et la faible déclivité de la slikke y favorisent davantage la dissémination des plantules et partant la consolidation progressive du substrat. Aussi, la forêt-galerie est beaucoup plus dense que sur la rive opposée. Elle apparaît également mieux classée par rang de taille et d'âge. Les clichés aériens IRC font souvent ressortir sur ces rives convexes une nette opposition entre, d'une part, des peuplements internes de taille élevée mais dont l'activité végétative est ralentie et, d'autre part, des peuplements externes dont le niveau des voûtes s'abaisse rapidement en direction du chenal, mais dont l'intensité chlorophyllienne est beaucoup plus forte (Image n°2 et figure n°34, page ci-contre). Le contact entre les deux types de peuplement souligne une ancienne position du rivage qu'il est en général possible de dater à l'aide des nombreuses couvertures aériennes anciennes dont l'on dispose en Basse-Guinée. Il est possible ainsi de mesurer précisément l'intensité de la progradation et la surface conquise récemment par la mangrove.

Les possibilités de développement de la mangrove sont tributaires, dans ce cas, de la largeur des chenaux de marée. De part et d'autre des chenaux élémentaires, la progradation des rives aboutit rapidement à la fossilisation du chenal et à l'enclavement des forêts-galeries. Les chenaux interconnectés se transforment progressivement en chenaux aveugles, ce qui modifie les conditions de circulation maritime. Les cas les plus spectaculaires de conquête riveraine s'observent forcément dans les grands chenaux fluvio-marins comme le Konkouré (Image n°2 et figure n°34, page ci-contre) ou le Bilingui qui reliait dans les années 1950, les chenaux Dassara et Singuéli. Des progressions riveraines de l'ordre de 100 m en moins de 30 ans ont pu être mesurées à de nombreuses reprises sur les photos aériennes.

Indépendamment de la taille des chenaux et de l'opposition de rive, la dynamique des peuplements riverains reste déterminée par les migrations saisonnières et interannuelles du bouchon vaseux. La réunion spectaculaire des îles Tintima et Bokhinéné depuis la fin des années 1970 en offre le meilleur exemple (Fig. 34, ci-contre). Mais ce type d'évolution est parfaitement réversible. L'exemple frappant est celui des innombrables chenaux qui, à la suite d'une inversion du bilan sédimentaire, sont soumis à une vague puissante d'érosion régressive. L'effet le plus spectaculaire en est le déchaussement des palétuviers riverains et la constitution d'un véritable tunnel sous l'enchevêtrement des frondaisons. Ce phénomène, observable par exemple sur le Siboladabon, produit un des paysage les plus fascinants que permet de découvrir une traversée de la mangrove guinéenne.

Enfin, on aura garde de ne pas oublier que la progression des peuplements riverains s'accompagne toujours dans les parties plus internes d'un ralentissement du métabolisme des peuplements en raison de l'exhaussement du substrat et de la diminution corrélative des durées de submersion (cf. § 1.3.1.). Cette translation des ceintures végétales en fonction des variations du bilan sédimentaire est une originalité du fonctionnement des mangroves riveraines.

• *La dynamique des peuplements de type "pointe aux herbes"*

La progradation des atterrissements à partir des vases échappées des chenaux est un processus commun à toutes les vasières à mangroves soustraites à l'action directe des houles. Mais il revêt des modalités particulières à l'approche des grandes confluences.

Echelle 1/20.000 Résolution 0,5 m

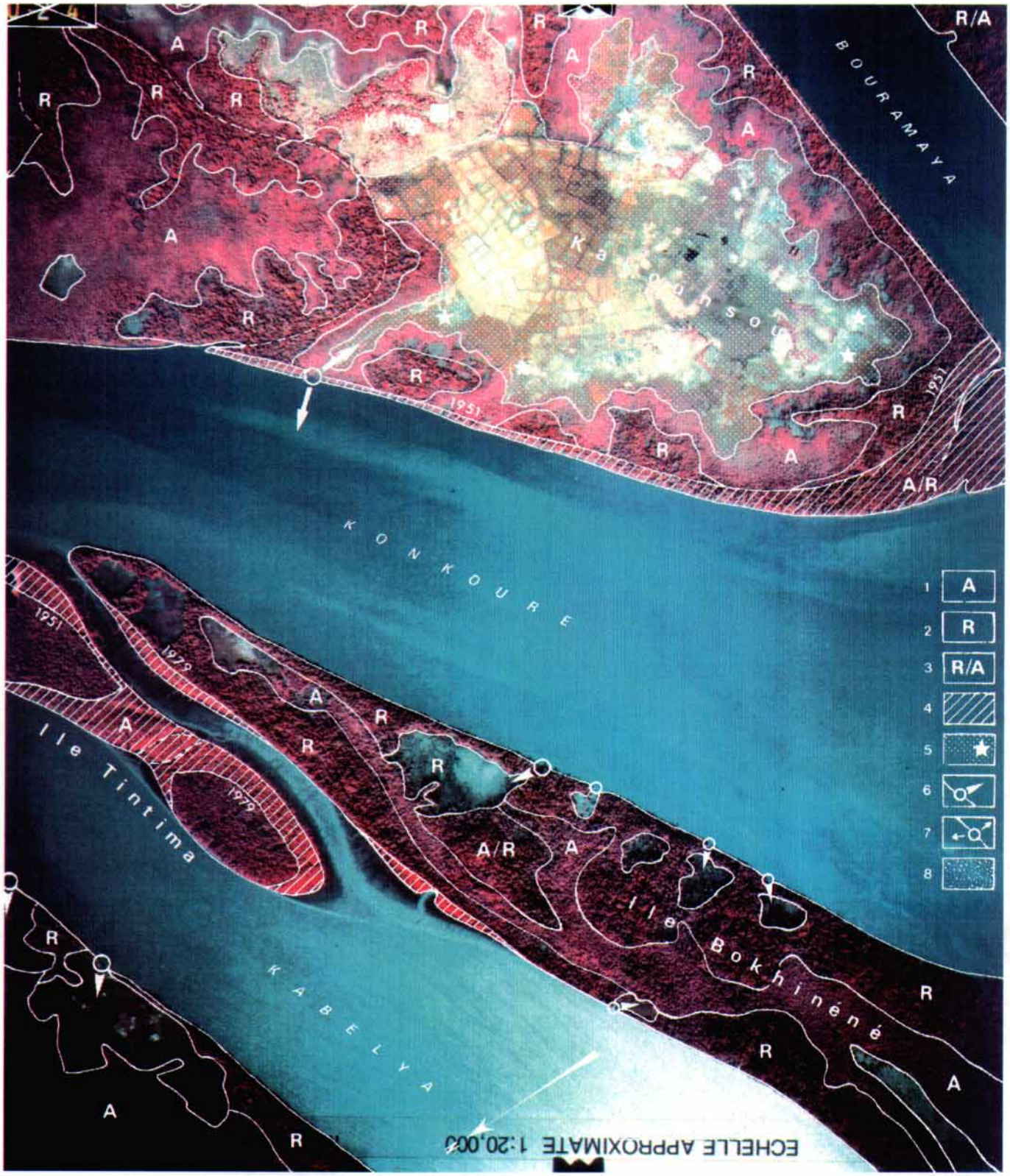


IMAGE N°2 : PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE IRC DES ÎLES DU KONKOURÉ (Cliché HZ, mai 88, n° 24)

FIG. 34 :
DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS RIVERAINS DES ÎLES DU KONKOURÉ

(d'après photographie aérienne IRC, HZ, Mai 1988, n°24)

1. *Avicennia* monospécifique- 2. *Rhizophora* dominant- 3. Mixité floristique- 4. Mangrove pionnière (date de l'ancien rivage)- 5. Dégradation liée à la confection du sel (ateliers)- 6. Port à bois et trouée d'abattage- 7. Port à usages multiples- 8.Cordon sableux fossile.

En effet, l'accélération des débits au débouché des chenaux accroît sensiblement la turbulence des écoulements par rapport aux zones situées plus en amont. La convergence de deux courants ainsi amplifiés se solde alors par une migration progressive de leur point d'impact respectif vers l'aval et par une progradation qui, vue en plan, prend la forme d'un triangle plus ou moins courbé. Les photos aériennes indiquent que cette slikke n'est pas uniforme, mais qu'elle est nervurée par un réseau de chenaux embryonnaires, dont les plus anciens sont longés par d'étroits rideaux de palétuviers (Fig. 35, ci-contre). Ces formes rappellent les avancées de schorres qui, dans les marais de Picardie, bordent les rives des chenaux majeurs et portent le nom de "pointe aux herbes" (VERGER, 1968), car elles sont colonisées rapidement par des halophytes herbacés. Ici, la colonisation des levées alluviales est bien entendu le fait d'espèces ligneuses. Il s'agit le plus souvent d'une mangrove arbustive à *Avicennia* ponctuée localement de quelques représentants du genre *Laguncularia.*

Il est rare que ces "pointes de mangrove" soient comme sur la rive gauche du Dassara bilatérales par rapport au chenal en formation (Fig. 35, A). Le plus souvent, l'orientation des courants privilégie la progression des semis du côté du chenal le plus abrité (en général, le côté amont), et il faut attendre la formation du chenal suivant pour que l'espace qui les sépare soit effectivement colonisé. Ce mode de progression dissymétrique des pointes de mangroves expliquerait, selon nous, l'allure dentelée des peuplements pionniers de confluence (Fig. 35, B) que l'on aurait tort dans ces conditions d'interpréter comme la marque d'une érosion du front de mangrove, comme cela a été suggéré sur des photos du Gabon (LEBIGRE, 1983).

On remarquera que ce mode de colonisation de la mangrove ne trouve une réelle expression qu'en bordure des chenaux qui présentent déjà une incision suffisante, autrement dit, dans la partie supérieure de la slikke en accrétion. Mais cela ne signifie pas pour autant que la partie inférieure moins longtemps découverte soit totalement dépourvue de végétation. Une observation attentive des clichés aériens permet de se rendre compte que celle-ci est ponctuée d'une quantité de points rouges dénotant la présence d'un semis extrêmement lâche de jeunes plantules d'*Avicennia.* L'échelle des photos n'est pas suffisante pour y déceler un quelconque ordonnancement. Mais il est très probable qu'un agrandissement révèlerait des alignements de plantules augurant de la disposition future du réseau hydrographique et des "pointes de mangrove".

La dynamique des peuplements de confluence s'inspire des mêmes processus élémentaires que celle des peuplements riverains, mais elle s'en démarque par une expression spatiale plus complexe. La colonisation des slikkes de bord de rive s'exerce sur un mode contracté où il est rare de rencontrer des discontinuités dans le couvert végétal. Celle des slikkes de confluence se réalise sur un mode diffus qui laisse la place à d'éventuelles "lacunes de colonisation". On y observe des trouées disposées de façon aléatoire qui, de toute évidence, n'ont aucun rapport avec l'exploitation forestière, étant donné l'inaccessibilité des lieux et le faible intérêt de cette espèce. Compte tenu du jeune âge des peuplements, il semble difficile d'envisager une mortalité aussi localisée. La seule explication réside selon nous dans une certaine irrégularité du profil de ces vasières héritée des hasards de la sédimentation (troncature de chenaux, affouillements locaux, ?) et qui aurait freiné, voire empêché localement, le développement des plantules.

L'évolution des peuplements de confluence porte la marque d'une certaine instabilité des conditions hydrodynamiques. En cela, elle annonce la dynamique des peuplements tributaires de transferts sédimentaires longitudinaux.

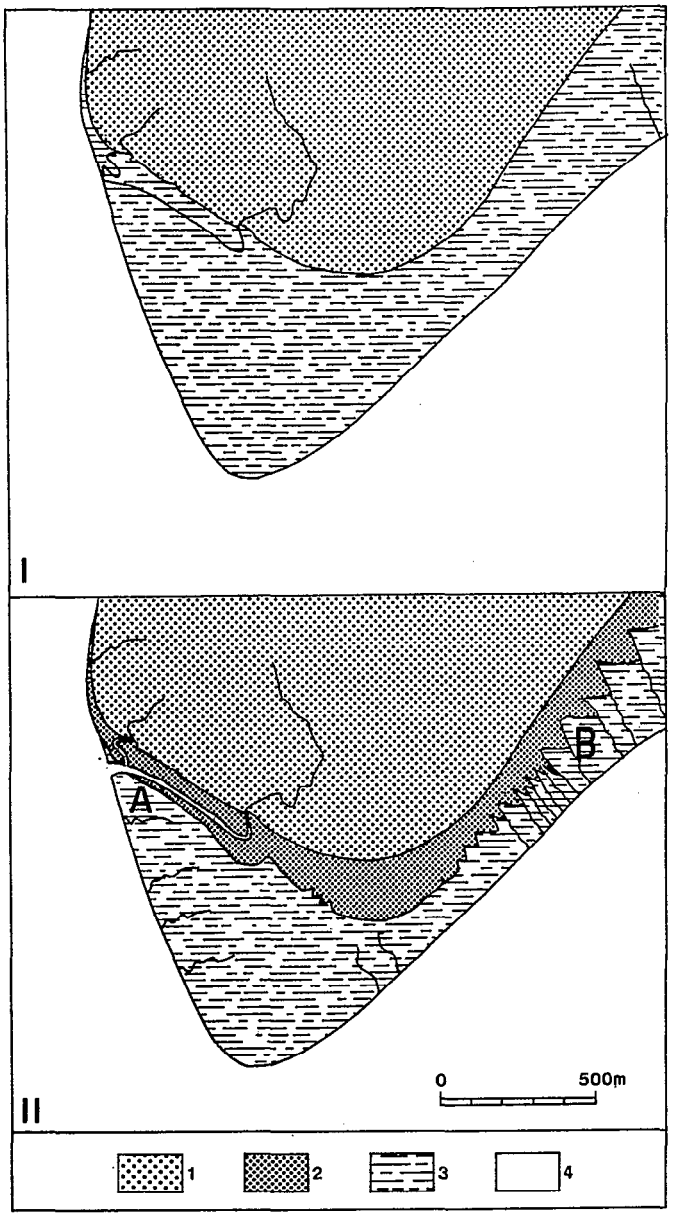


FIG. 35 : DYNAMIQUE DES POINTES DE MANGROVE

(d'après photographie aérienne IRC, HZ, mai 1988, n°22)

I. Etape de développement antérieure (1952)- II. Etape de développement actuelle (1987)-

A. Pointe de mangrove bilatérale- B. Pointes de mangrove unilatérales-

1. Mangrove de schorre indifférenciée- 2. Ceinture monospécifique d'*Avicennia* sur haute slikke en accrétion- 3. Basse slikke incisée par un réseau embryonnaire de chenaux de marée- 4. Domaine infratidal-

3. 1. 2.
LA DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS LIÉE A DES TRANSFERTS SÉDIMENTAIRES LONGITUDINAUX

• *La dynamique des peuplements de front de mer ouvert*

Par front de mer ouvert, nous entendons les vasières à mangroves dont l'alimentation est uniquement pélitique, sans interaction avec des apports sableux susceptibles de former des barrières de dépôt -*barrier islands*- et de modifier les conditions de la dynamique sédimentaire.

Ce type de vasière est actuellement peu répandu en Basse-Côte, car le contexte hydrodynamique récent est caractérisé, on l'a dit, par une diminution sensible du stock pélitique et une recrudescence de l'énergie des vagues. On le rencontre, néanmoins, sur des sites localement abrités et notamment au voisinage de certaines embouchures où le poids de ces deux facteurs se fait moins sentir qu'ailleurs, en raison de la proximité du pôle d'alimentation en sédiments fins. L'analyse qui suit s'inspire plus particulièrement des vasières de Tabounsou-sud et de Kakossa que nous avons parcouru à plusieurs reprises et, pour lesquelles on dispose de données aériennes en mode aussi bien infrarouge couleur que panchromatique.

A l'exception du secteur de Kakossa attenant à l'embouchure de la Soumbouya, il s'agit d'une portion du littoral guinéen dont la ligne de rivage a été globalement stable (Kakossa-sud) ou légèrement progradante (Tabounsou-sud, Kakossa-centre) entre 1952 et 1987.

Le paysage observable à marée basse est partout le même. Le front de mangrove proprement dit est précédé d'une immense slikke en pente douce dont la mer peut se retirer jusqu'à près d'1 km, comme à l'embouchure de la Morébaya. La surface de cette slikke semble parfaitement lisse. Hormis les chenaux d'embouchure dont les larges méandres traduisent la difficulté de se frayer un chemin jusqu'à la mer (ex : Silémaneya à Kakossa-sud), le réseau hydrographique est extrêmement indigent.

Certaines nuances d'aspect permettent cependant de différencier ces grandes slikkes. La principale d'entre elles a trait à la rugosité de la surface. Certaines slikkes comme celle de Kakossa-Sud présentent un aspect luisant caractéristique (Photo X-A, page suivante) dû à un recouvrement pelliculaire d'argiles déposées vraisemblablement lors de l'étale précédente. Nous ne disposons pas d'analyses granulométriques de ces vases, mais il s'agit, selon toute vraisemblance, de sédiments très fins de texture relativement homogène traduisant des conditions hydrodynamiques de dépôt constantes. En l'absence d'une détermination précise des paramètres hydrauliques, il serait présomptueux de suggérer les figures d'écoulement (compétence et énergie des écoulements, importance du transport à distance) qui président à l'alluvionnement de ces vases. Il est toutefois permis de penser qu'elles diffèrent sensiblement de celles qui ont cours sur les slikkes déjà beaucoup plus consolidées, comme à Tabounsou-sud.

L'aspect luisant cède, ici, la place à un aspect plus rugueux lié à un craquelement polygonal de la surface sous l'effet combiné d'une dessication et d'une maturation plus marquée du sol (Photo XI-A, page 95). En outre, la nature des vases apparait très différente. Alors que la prépondérance minérale ne faisait aucun doute dans le cas des slikkes précédentes, la présence au contact de la haute slikke et du schorre d'une véritable banquette de debris organogènes, -telles qu'il en a été décrites au Sénégal et en Corse (SCHULKE, 1974)-, suggère que les vases comportent cette fois une fraction organique non négligeable (Photo XI-B, page 95).

La décomposition en bouillie de ces débris végétaux ne facilite pas l'identification du matériel originel. Leur teinte rougeâtre laisse supposer qu'il s'agit de débris racinaires de *Rhizophora*, ce qui peut se concevoir étant donné l'abondance de ce genre dans les mangroves du bassin de la Soumbouya. Mais il est possible également qu'on ait à faire à des débris d'algues rouges du genre *Hypnea*, car on sait que celles-ci constituent le matériau des cimetières littoraux sénégalais (SCHULKE, 1974). Dans les deux cas, il convient d'expliquer la présence de ces masses organiques échouées sur le front de mer de Tabounsou, alors que nous n'en avons jamais rencontré sur le reste du littoral guinéen.

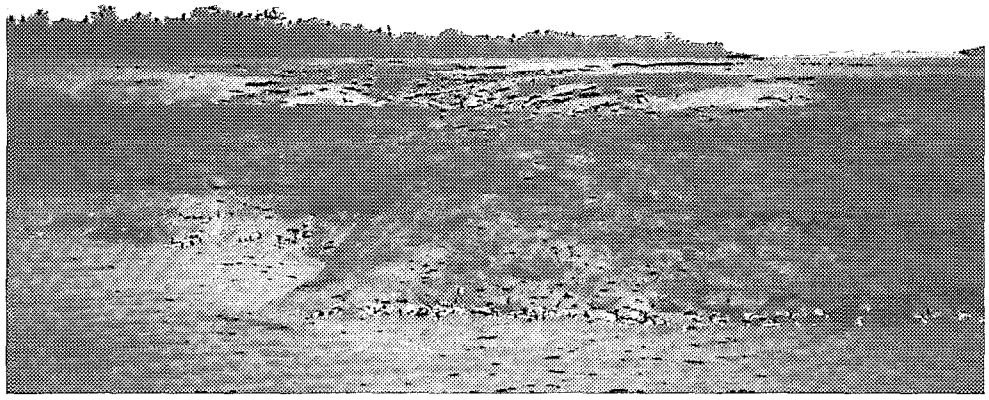
L'existence de prairies marines dans le domaine infralittoral proche n'est pas à exclure. Mais à défaut d'avoir pu la vérifier, notre attention s'est portée sur l'examen des formes de détail de ces accumulations qui nous semblent révélatrices de conditions hydrodynamiques particulières.

Rappelant ce qui a été décrit au Sénégal, ces accumulations se caractérisent par une série de festons et de buttes strictement perpendiculaires au tracé du rivage. Force est d'admettre avec H. SCHULKE que seules des vagues de très faible énergie sont susceptibles de modeler de telles formes dans un matériau aussi meuble. L'orientation des buttes suppose par ailleurs que l'angle d'incidence des vagues soit parfaitement perpendiculaire à la plage car une dérive littorale, même très amortie, déclencherait une régularisation du rivage sous la forme d'un simple cordon organique. Le fait que la slikke de Tabounsou ne présente sur les clichés aériens aucun indice de crête prélittorale, -alors que celles-ci sont nombreuses sur le rivage opposé de Kakossa dépourvu de cimetières-, confirme l'importance de ce facteur.

La précarité de ces banquettes est soulignée par l'estompage des formes de festonnement en direction du nord-ouest, où les accumulations organiques de haut de plage cèdent progressivement la place à des accumulations sableuses. Le contraste entre l'agitation marine d'hivernage (démaigrissement) et la période de rémission des vagues en saison sèche (engraissement) préside certainement à l'instabilité de ces formes tandis que l'étagement des banquettes laisse deviner une dépendance vis-à-vis des fluctuations du marnage (Photo XI-B, page 95).

Néanmoins, leur persistance montre que ces cimetières sont beaucoup moins marqués par l'érosion que par l'accumulation, et qu'ils s'inscrivent par conséquent dans une dynamique de progradation des vasières. Le développement de la mangrove en apporte du reste la meilleure preuve.

Le revers de la banquette la plus élevée porte un semis de jeunes plantules d'*Avicennia* dont la croissance est sans doute facilitée par le talus protecteur. Ce talus n'est pas entièrement taillé dans l'accumulation organique qui ne fait que recouvrir le substrat argileux dans lequel les plantules ont pris racine. Mais il est certain que cette couche organique contribue à la maturation physique du sol en liaison avec l'action stimulante des alternances hydratation/dessica-



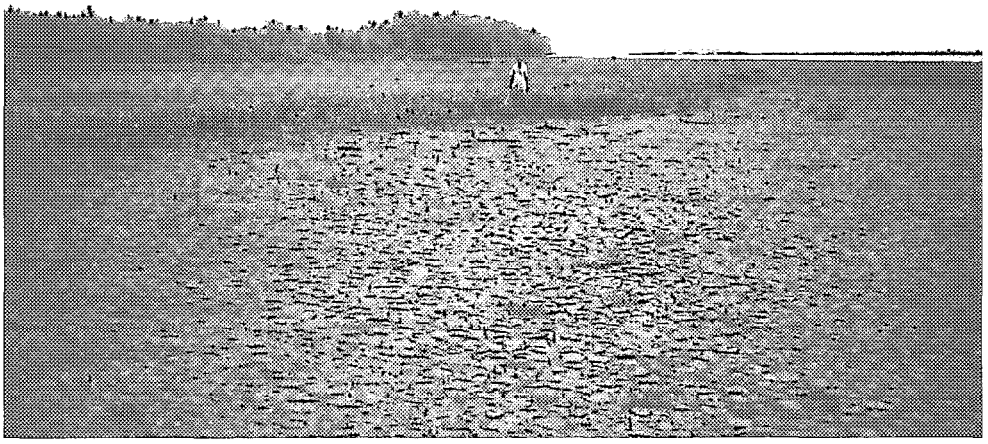
A. Basse slikke en accrétion. Surface lisse traduisant la prédominance de l'accumulation sur l'érosion. Reflets verts et luisants suggérant un recouvrement par une microfaune protectrice de diatomées. Pieds épars de *Laguncularia* en position d'avant-poste de front pionnier (embouchure de la Morébaya).



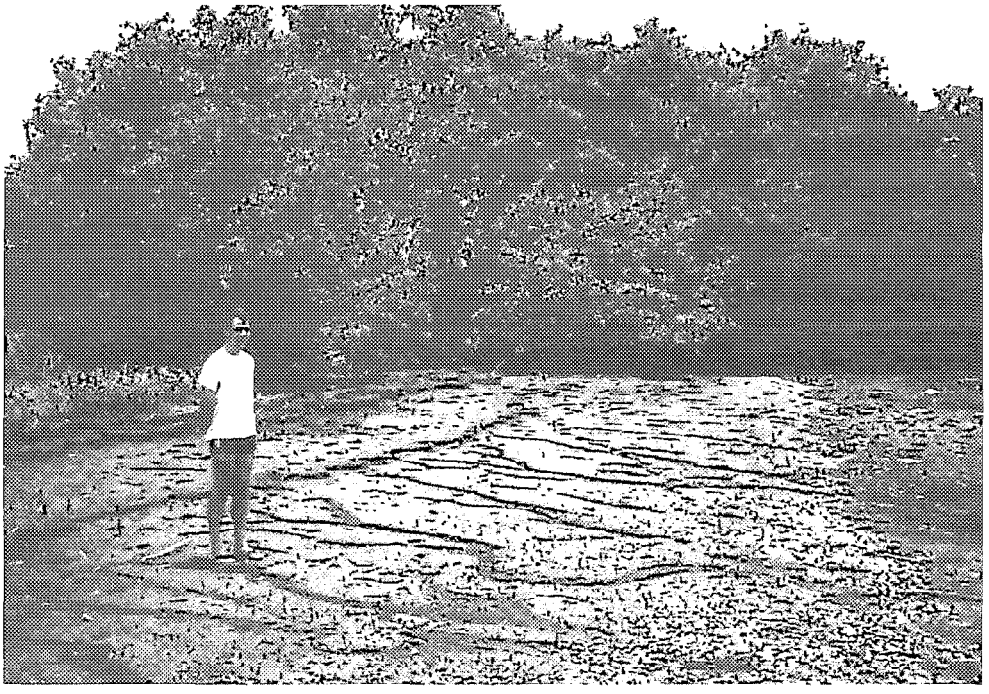
B. Basse slikke en érosion. Surface incisée par des sillons d'arrachement creusés par les courants sagittaux. Affouillement exploitant les différences de consolidation prélables. Dessication des parties exondées contribuant au carroyage de la surface (Lambanyi-Sonfonia).

PLANCHE X : LES MODELÉS DES BASSES SLIKKES DE FRONT DE MER

(Clichés F. BERTRAND)



A. Colonisation sous forme de bandes de végétation alternées avec des étendues de sol nu. Semis d'*Avicennia* colonisant les parties surélevées. Aspect "rugueux" de la surface lié à une exondation prolongée (fentes de dessication).



B. Accumulations organogènes de haut de plage. Etagement des banquettes en fonction des fluctations du marnage. Festonnement de micro-falaises et incision de la banquette inférieure par des les courants de retour. Semis très dense d'*Avicennia* sur la banquette supérieure (Tabounsou).

PLANCHE XI : DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS DE FRONT DE MER OUVERT

(Clichés F. BERTRAND)

tion du substrat (on est à la limite de la slikke et du schorre). On peut donc considérer qu'elle accélère la progression des vasières à mangrove en renforcant à la fois le support et la défense des peuplements pionniers.

La nature des vases déposées par la mer ne conditionne pas uniquement les modalités de consolidation des vasières et la vitesse de progradation. Elle détermine également les modalités spatiales de la colonisation végétale.

Sur les vasières "lisses" de texture homogène, telles celle de Kakossa, la progression du front de mangrove s'exerce de façon très continue. Le niveau des voûtes est incliné régulièrement vers la mer conformément à la pente graduelle de la slikke, la végétation étant mieux classée par rang régressif de taille et d'âge que sur les rives convexes de méandre.

En revanche sur les vasières "rugueuses" à forte proportion de matière organique (texture hétérogène), le front pionnier présente de singulières discontinuités. La répartition des semis ne semble plus aléatoire comme dans la partie aval des slikkes de confluence. Elle est ordonnée en bandes grossièrement parallèles au rivage et séparées par des étendues nues jonchées de feuilles mortes d'*Avicennia* (Photo XI-A, page précédente).

L'humidité de ces étendues asylvatiques contraste avec la sécheresse du substrat recouvert par les semis ou les fourrés d'*Avicennia*. En observant *de visu* le profil transversal de la vasière, on peut s'apercevoir que les zones humides correspondent à des parties déprimées tandis que les zones recouvertes par la végétation sont légèrement surélevées. La succession de trois bandes végétales à environ 40 m d'intervalle et la persistance des zones nues intermédiaires n'en demeurent pas moins problématiques. On comprend mal, en particulier, pourquoi la végétation ne se développe pas dans ces gouttières *a priori* propices à l'enracinement des plantules. On peut difficilement envisager que la crête qui ferme cette dépression suivante entrave la libre circulation des eaux et, partant, la dissémination des plantules, dans la mesure où cette situation se retrouve en amont de la bande de végétation qui est en communication directe avec la mer. Pour cette même raison, l'hypothèse d'une durée de submersion trop longue qui asphyxierait les plantules doit être écartée.

A défaut de pouvoir avancer l'une ou l'autre de ces explications, on peut se demander si les surélévations intermédiaires fixées par la végétation conquérante ne succèderaient pas, selon le principe de BRUUN, à une redistribution en période de démaigrissement du matériel de haut de plage vers le bas de la slikke et à l'édification d'une nouvelle accumulation organique lors de la période d'engraissement suivante. Dans cette hypothèse, les zones surbaissées correspondraient aux intervalles entre les niveaux de déferlement des vagues qui déterminent le façonnement et la consolidation des accumulations organiques. La largeur de ces intervalles s'expliquerait ainsi par l'écartement particulier des niveaux de marée dû à la pente infime de la slikke.

Au total, la progression de la mangrove sous forme de bandes alternées séparées par des zones nues étendues résulterait de la combinaison originale d'un milieu marin à très faible énergie et d'un stock pélitique à composante organique importante.

• *La dynamique des peuplements de front de mer barrés*

Le long de la plupart des fronts de mer, les vasières à mangrove ne peuvent se développer qu'à l'abri de surélévations sableuses les protègeant de l'attaque des vagues, que les auteurs anglo-saxons rassemblent sous l'expression suggestive de barrières de dépôt (*barriers*).

Ces formes liées à un renforcement de la compétence de la dérive littorale et, donc, à des transits longitudinaux plus importants revêtent une grande diversité d'aspects.

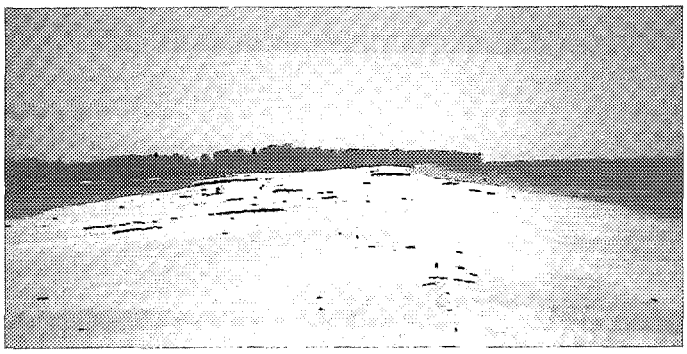
Le type le plus courant est celui de la flèche à crêtes multiples, enracinée sur une vasière de front de mer ouvert dont elle prolonge le haut de plage en direction de l'embouchure voisine. Le front de mer de Quito en offre un magnifique exemple (Planche XII, page ci-contre). La dynamique de la mangrove obéit dans ces conditions à des processus sédimentaires largement azonaux dans la mesure où ils rappelent étroitement les modalités d'évolution de certaines flèches du littoral atlantique français (cf. entre autres, GALICHON, 1985 pour la plus importante des flèches françaises : la pointe d'Arçay, en Vendée).

Le tracé de la flèche présente d'abord une concavité vers la mer, car son émergence l'a conduit à pivoter au départ vers l'extérieur. A la racine de la flèche, succède un court tronçon rectiligne où la dissymétrie de la crête de plage est très accusée (Photo XII-A), l'érosion de la flèche ayant nourri un étirement régulier. Mais on note que, très rapidement, un crochon s'est développé et raccordé jusqu'à l'ancien trait de côte (Photo XII-B). L'affinement de la charge sableuse déposée indique clairement que ce pivotement résulte d'une diminution brusque du débit solide et de la compétence de la dérive. L'origine de cette baisse d'énergie doit être sans doute être recherchée dans la réfraction des houles sur la vasière qui supporte le cordon. Le fait que les crochons suivants présentent un recourbement de plus en plus prononcé (Photo XII-C) semble indiquer que l'inflexion générale du trait de côte à l'approche de l'embouchure participe également à ces phénomènes de réfraction dont la conséquence écologique est d'accélérer l'émergence d'un milieu lagunaire propice à l'installation de la mangrove.

Dès lors, les modalités de développement de la végétation suivent la progression du colmatage. L'ensemencement du substrat par les plantules d'*Avicennia* débute dans la partie la plus abritée de la lagune située au niveau de la racine de la flèche où un réseau embryonnaire de chenaux de marée incise la partie déjà colmatée (Photo XII-D). Puis, le front pionnier progresse longitudinalement suivant le sens de progression des atterrissements vaseux.

Le développement de la végétation reste toutefois sous l'étroite dépendance de l'évolution morphologique de la lagune. Dans le cas de la partie la plus interne de la lagune de Quito, la densité relativement faible du semis semble s'expliquer par la fermeture précoce de la passe provoquée par le raccordement du crochon à la rive interne de la lagune. L'arrêt de la libre circulation des eaux marines a, de toute évidence, coupé la lagune de sa source unique d'approvisionnement en plantules, car elle est dépourvue de tout semancier. Par ailleurs, la percolation à travers le cordon de sable et les débordements marins ne paraissent pas en mesure de compenser partout le déficit en eau occasionné par la fermeture de la passe si l'on en juge aux fentes de dessication visibles sur les bordures de l'étang (Photo XII-E). Enfin, la rive externe de la lagune recule devant l'avancée des éventails de débordement *-washover fans-* lors de la submersion de la flèche. Ces recouvrements sableux ont alors toute chance de fossiliser les jeunes plantules situées sur la rive externe de la lagune et de diminuer d'autant le nombre des futurs arbres.

La dynamique des mangroves lagunaires parait, donc, en quelque sorte, tronquée par la transformation précoce de la lagune de front de mer en étang. Ce type d'évolution n'est cependant pas systématique. On en veut pour preuve le fourré dense d'*Avicennia* qui précède cette lagune et dont la croissance s'est réalisée entre deux crochons successifs.



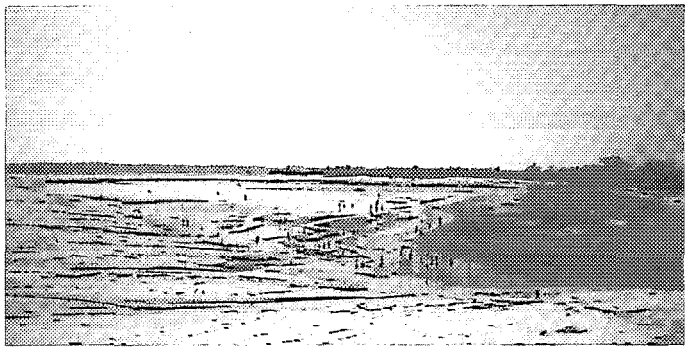
A. Dissymétrie du tronçon rectiligne de la flèche dont l'érosion alimente le transit littoral : front abrupt s'opposant au revers en pente douce. A l'arrière-plan, front d'*Avicennia* en érosion.



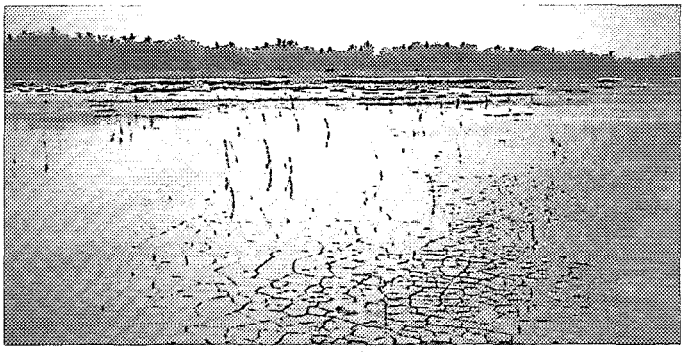
B. Crochet intermédiaire marquant une étape antérieure de la progression sableuse. Au premier plan, décantation à l'abri du crochet terminal fonctionnel. Au second plan, lagune quasi-fermée.



C. Pointe libre recourbée. Rupture de pente séparant le haut de plage sableux du bas de plage vaseux à bancs surbaissés et bâchés (zone de réfraction des houles).



D. Colonisation contrastée de la lagune, vue depuis la racine de la flèche. Développement des *Avicennia* entravé sur sa rive externe par le recul du cordon. Concurrence des halophytes sur la rive interne.



E. Semis dispersé d'*Avicennia*. Alimentation en eau par percolation et débordement marin (recouvrement sableux en éventail). Réseau polygonal de fentes de retrait indiquant une déshydratation du substrat.

PLANCHE XII : DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS LAGUNAIRES

(Clichés F. BERTRAND)

Echelle 1/20.000 Résolution 0,5 m



IMAGE N°3 : PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE IRC DU FRONT DE MER DE KOBA (Cliché HZ, mai 88, n° 93)

FIG. 36 : DYNAMIQUE DES CEINTURES MONOSPÉCIFIQUES D'AVICENNIA DE KOBA

(d'après photographie aérienne IRC, HZ, Mai 1988, n°97)

1. Forêt dépérissante - 2. Fourré en phase de développement végétatif actif - 3. Déchaussements sur haute-slikke en démaigrissement - 4. Peuplements de colonisation récente protégés par l'île-barrière - 5. Colonisation potentielle de type intra-lagunaire - 6. Zone de tannification ancienne (antérieure à 1951) - 7. Extension récente des tannes (depuis 1951) - 8. Casiers rizicoles cultivés : chaumes mélangés avec *Philoxerus* (Ph) ou *Paspalum* (Pa) - 9. Casiers inondés en jachère prolongée - 10. Cordons sableux et villages-rue.

La croissance des mangroves lagunaires semble donc bien dépendre des modalités d'évolution de la flèche sableuse. Si celle-ci s'allonge de façon régulière grâce à un débit constant, un peuplement pourra se développer longitudinalement jusqu'à l'embouchure voisine ; c'est le cas, par exemple, de la vasière située immédiatement en arrière du secteur que nous venons d'étudier. En revanche, si le débit solide est irrégulier, la construction des crochons successifs rapprochés entravera la progression des atterrissements si bien que l'on aura, comme ici, des formes de colonisation avortées.

• *La colonisation lagunaire en arrière d'îles-barrières*

Une colonisation d'un type lagunaire un peu différent se produit derrière les îles-barrières. L'île de Tana, au droit du village de Sabouya, en présente une magnifique exemple (cf. Fig. 23, page 69).

La protection vis-à-vis des vagues n'est plus assurée par une flèche dont l'enracinement procure une certaine stabilité mais par une barrière de dépôt instable sur toute l'étendue de son tracé. La comparaison des couvertures aériennes prises à 35 ans d'intervalle permet d'affirmer que cette île-barrière ne procède pas de la submersion d'un cordon littoral préexistant car la ligne de rivage de 1952 se situait 200 m en arrière de la position actuelle. L'île-barrière de Tana résulterait, plutôt, selon nous, de l'émergence et de l'accolement de crêtes de plages pré-littorales en rapport probable avec un renforcement de l'énergie des vagues à la côte. A en juger par l'angle d'incidence des crêtes de vagues observable sur le cliché aérien le plus récent, l'absence de direction préférentielle d'étirement de cette barrière s'expliquerait par une orientation strictement perpendiculaire au tracé général du rivage des orthogonales de houles.

La structure en crochons successifs se retrouve à chacune des extrémités mais une certaine dissymétrie apparaît entre la passe septentrionale, qui, depuis la date du cliché, s'est refermée, et la passe méridionale que nous avons pu, par contre, emprunter en avril 1989 grâce à l'action des courants alternatifs de marée dans le prolongement du chenal de Sabouyadabon.

En dépit de cette légère dissymétrie née de la position respective des extrémités par rapport au réseau de chenaux préexistant, les parties latérales de la lagune se singularisent par la même absence de végétation et s'opposent en cela à la partie centrale où la mangrove est déjà installée. L'origine de la progression de la végétation à partir de cette zone centrale peut être recherchée dans une spécificité hydrodynamique bien connue des baies à deux ouvertures (VERGER, 1968).

Les courants de flot, utilisant les deux passes, se rencontrent en arrière de l'île, *grosso modo* à mi-distance des deux extrémités distales. Ce lieu de rencontre de deux courants d'écoulement contraire, lieu connu sous le nom néerlandais de *wantj*, enregistre une diminution sensible des courants qui favorise fortement la sédimentation et l'édification d'un faîte vaseux reliant ainsi l'île-barrière à l'ancien rivage. Nous pensons ainsi que la ride soulignée par un mince rideau d'*Avicennia* qui recoupe obliquement la lagune de Sabéya peut être apparentée à un "micro-Gois", par analogie avec le gué bien connu qui relie l'île de Noirmoutier au continent charentais. Ce phénomène n'est pas spécifique au cas étudié. On pourrait aussi bien le mettre en évidence à l'extrémité méridionale de l'île de Tana qui a enregistré une progradation beaucoup plus forte en raison de la position plus avancée de l'île-barrière de Sourinéné (cf. Fig. 23, page 69).

Nous ne nous étendrons pas sur les raisons qui, dans les deux cas, ont conduit à déplacer l'axe du faîte vaseux vers le nord de la lagune, raisons liées essentiellement à la dissymétrie des ouvertures.

L'essentiel est de retenir que l'exhaussement du substrat à partir d'une ligne de partage des eaux détermine l'émergence de deux fronts pionniers de direction opposée. Leur développement ultérieur reste toutefois dépendant, comme dans le type précédent de colonisation, de l'évolution de la barrière sableuse. Le recourbement des crochons septentrionaux jusqu'à l'ancien rivage entraîne la formation d'étangs si bien que la colonisation par la mangrove y est ralentie, voire stoppée. Par contre, l'étirement rectiligne du tronçon méridional de la flèche permet une progradation plus rapide des atterrissements vaseux et une colonisation plus active de la mangrove.

Toutefois, une analyse minutieuse de l'image aérienne (non reproduite ici) montre que le développement de la végétation à l'abri de l'île-barrière pourrait être remis en cause par un démaigrissement excessif de sa partie centrale qui alimente non seulement le transit longitudinal, mais également un transit transversal (phénomène de roulement du cordon sur lui-même). Un liseré de palétuviers apparaît déjà largement enseveli sous les sables et ne va pas tarder à être exposé directement à l'attaque des vagues. Dans ces conditions, les vasières à mangrove ont peu de chance de survivre à la disparition de la barrière protectrice qui a permis leur progradation.

Cela n'entraînerait pas fatalement un recul important de la ligne de rivage car, en roulant sur elle-même, cette crête de plage s'accolerait rapidement à l'ancien rivage où elle constituerait une barrière de dépôt du type chenier. L'image du front de mer de Koba, reproduite sur la page ci-contre, montre que le relais entre ces deux types de barrières se situe souvent au niveau de l'embouchure d'un chenal faisant office d'"épi hydraulique".

3. 1. 3. LA DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS ASSOCIÉS AUX PLAINES À CHENIERS

• *Définition*

Les cheniers désignent très précisément des rides de sable minéral ou coquillier isolées au sein d'une plaine côtière marécageuse et couvertes, si l'on s'en tient à l'étymologie acadienne du mot, d'une végétation à dominance de chênes, comme c'est le cas dans la plaine louisianaise du Mississippi où elles ont été identifiées pour la première fois. Depuis la reconnaissance de formes identiques sous d'autres latitudes, le critère floristique est passé au second plan et l'on s'accorde davantage à parler de plaines à cheniers -*chenier plains*- pour souligner plutôt l'alternance de ces rides et de vasières, ou de marais, dans un ensemble en progradation.

Les cheniers ne désigneraient alors, en toute rigueur, que les rides sableuses fossilisées par les atterrissements vaseux ultérieurs.

Il convient pourtant de décrire les processus qui ont conduit à la formation de ces rides de plage.

La ligne de rivage de Sonfonia présente des exemples suggestifs de cheniers en cours de formation, notamment le long de ses extrémités septentrionales et méridionales (cf. Fig. 23, page 69).

L'estran y revêt un aspect composite caractéristique. Le bas de plage recouvert quotidiennement par les marées offre l'aspect d'une platier vaseux de consistance assez développée où il est possible de marcher. Sa surface très irrégulière est parsemée de souches d'*Avicennia* et localement de buttes résiduelles protégées par une ou deux tiges. Le haut de plage prend au contraire la forme d'un bourrelet sableux dont le roulement sur la vasière sous-jacente est indiqué par les palétuviers fossilisés sous le sable ainsi par les troncs de palmiers déchaussés.

Au terme d'une investigation complète des fronts de mer et d'une cartographie de l'évolution du trait de côte à partir des couvertures aériennes, nous sommes en mesure d'affirmer que ce profil composite est systématiquement associé à des secteurs où le rivage recule rapidement. L'édification de ces rides de plage montre donc que sur les fronts de mer, les faits d'érosion et d'accumulation ne sont pas forcément antinomiques et qu'ils peuvent, au contraire, se combiner temporairement.

• *Les processus d'érosion et d'accumulation sur le front des cordons*

Les formes de détail sont révélatrices des processus en jeu. La surface de la slikke peut présenter des aspects assez variables qui sembleraient pouvoir être reliés à des étapes différentes du recul.

Les slikkes étroites présentent un profil peu différencié où seule la présence de mares permet de deviner à marée basse une juxtaposition de bancs surbaissés et de gouttières à peine marquées.

La slikke s'élargissant, ces dépressions prennent de l'ampleur et des chenaux creusés perpendiculairement au tracé du rivage (sillons d'arrachement) font leur apparition. L'incision de la slikke se double d'une généralisation de petites excavations qui n'ont plus rien à voir, ici, avec la bioturbation des vases par les crabes fouisseurs. La régularité de leurs contours et de leurs dimensions font plutôt penser à des affouillements de type tourbillonnaire provoqués par les courants de retour.

L'intensification de ce processus serait à l'origine, d'après nous, du défoncement de la topographie, tel qu'on peut l'observer de la plage de Lambanyi où un dédale de buttes séparés par des dépressions à fond plat rappelle étrangement, toute proportion gardée, certains paysages karstiques (Photo X-B, page 94).

La destination des vases ainsi remobilisées mérite d'être éclaircie. La nature sableuse de l'accumulation de haut de plage conduirait à penser que la turbulence des écoulements empêche le dépôt des fines à proximité de leur lieu d'enlèvement. Mais la réalité est sans doute plus complexe car, nous avons par ailleurs observé, notamment sur la plage septentrionale de Koba, de curieux amas de galets de vases issus des excavations de la slikke. Ces galets roulés s'accumulent, soit, dans des sortes d'amphithéâtres d'érosion façonnés dans le prolongement des sillons d'arrachement, soit, sous forme de croissants de plage disposés sur le haut de plage selon le tracé des laisses de pleine de mer.

Ce processus n'est pas toujours observable, mais nous pensons que des sondages à travers les bourrelets sableux de haut de plage révéleraient une stratification verticale de dépôts alternativement sableux et vaseux. Cette hypothèse s'est vue confirmée d'ailleurs à Koba, grâce à une coupe offerte par l'entaille en falaise d'une de ces rides de plage.

Les modalités de transport de la charge sableuse rappelent en partie celle de la fraction pélitique. En effet, les estrans à cheniers sont souvent précédés de crêtes d'avant-plage parallèles au rivage et constituées de matériaux argilo-limoneux, voire limono-sableux. Le suivi de plusieurs sites nous a permis d'observer que ces matériaux se déplaçaient ensuite vers la partie supérieure de la slikke dont elles commencaient par fossiliser les parties déprimées avant de s'accumuler sur toute sa longueur suivant un tracé en zigzag. Dans la mesure où les argiles redéposées sur le haut de plage proviennent de l'érosion de la slikke, tout porte à penser que les sables fins sont également issus du démaigrissement du bas de plage. Tout se passe comme si les variations d'énergie des vagues présidaient à une mobilisation différentielle des particules issues de l'affouillement de la slikke, la mise en mouvement des sédiments supposant des déferlements actifs.

Les modalités de ce déferlement déterminent la forme des accumulations. En effet, la disposition sur le haut de plage de la fraction grossière, sables et galets de vase, montre que son évolution est commandée par le va-et-vient du jet de rive et de la nappe de retrait, processus auquels les auteurs anglo-saxons réservent l'expression de *beach drifting* pour les distinguer de la dérive littorale proprement dite *-longshore drift-* dont les effets se limitent, dans ce cas, au niveau des crêtes d'avant-plage.

Si ce processus domine l'évolution morphologique de la plage, il peut entraîner une progradation du littoral et un arrêt de la migration des sables vers l'intérieur des terres. La mangrove développée antérieurement à l'édification de ces rides peut alors perdurer, tandis qu'une végétation spécialisée, dite psammophile, colonise le substrat sableux.

Le type d'association végétale y traduit très précisément l'âge et le degré de stabilité du substrat. Les rides externes sont recouvertes d'un groupement pionnier à *Sporobulus virginicus* et *Alternanthera maritima*, auquel succède rapidement un groupement à *Ipomea pescaprae* dont les tiges longuement rampantes participent à la fixation des sables. Le terme de la série évolutive est représenté par un groupement à *Chrysobalanus orbicularis* (Rosacée) et *Dalbergia ecastaphyllum* (Papilionacée) dont le port buissonnant et sarmenteux aboutit à la constitution d'un authentique fourré littoral tel qu'il a été décrit sur de nombreuses côtes sableuses africaines (SCHNELL, 1977 ; PARADIS, 1988). R. SCHNELL a noté que le spectre floristique des fourrés littoraux guinéens était relativement réduit. Ce phénomène doit être relié, selon nous, au développement limité de ce type de formation végétale dont la largeur dépasse exceptionnellement la dizaine de mètres en raison de l'étroitesse même de ces rides de plage.

Les fourrés littoraux ne prennent une véritable extension que dans les plaines de rides de plage (Quito, Tristão) qui relèvent, on l'a vu, d'une catégorie de front de mer distincte des plaines à cheniers.

Dans ces dernières, les formations psammophiles ne se développent pleinement que dans la mesure où la progradation est continue. Mais le transport des sables ne se limite pas toujours à la zone de déferlement des vagues situées sur le front de plage. Il peut se combiner, comme dans le secteur de Lambanyi, voire être supplanté par des transports sur le revers du cordon, occasionnés par des débordements du jet de rive au-delà de la crête de plage.

• *Processus et modelés de débordement*

Ce phénomène a déjà été décrit à propos de la dynamique des lagunes barrées par une flèche et n'est donc pas spécifique aux plaines à cheniers. Le support de cette migration est toutefois différent puisqu'il s'agit ici d'une vasière à mangrove largement colmatée, et, dont l'altitude est par conséquent plus élevée que celle d'une lagune. La pente du revers est alors douce tout en affichant des variations de profil plus sensibles.

En période de mortes eaux, les débordements sont pelliculaires, si bien que le rayon hydraulique diminue brusquement. La rugosité du substrat dû à la couverture végétale dense (palétuviers ou pelouse à halophytes) accélère le freinage des écoulements de telle sorte qu'il se produit un épandage généralisé à stratification laminaire. A la différence des cuvettes lagunaires qui se vidangeaient lors du jusant suivant, les dépressions ainsi créées sont strictement fermées par les crêtes de plages. L'eau de mer y reste donc stagnante après la période de débordement. L'abaissement progressif du niveau des eaux stagnantes est propice à une certaine décantation des fines contenues dans l'épandage laminaire. Ces argiles participent au colmatage de la dépression et à l'abaissement corrélatif de la pente du revers. Sur plusieurs fronts de mer, notamment à Dibi (Photo XIII-A, page suivante) et à Koba (Mankouran), nous avons pu observer que ces cuvettes de décantation étaient colonisées par un semis beaucoup plus dense d'*Avicennia* que des sites lagunaires *a priori* plus favorable pour le développement de la mangrove.

Il ressort de cette analyse que la dynamique des cheniers peut contribuer à une certaine revitalisation de l'écosystème forestier à condition que les débordements soient ménagés.

En revanche, en période de vives eaux, ceux-ci peuvent s'avérer beaucoup plus abondants et les conditions de sédimentation s'en trouvent sensiblement altérées. Lorsque que les eaux débordent sur une grande épaisseur, la végétation ne joue plus son rôle d'amortisseur hydraulique et le front de débordement progresse sous la forme d'un micro-déferlement en volute libérant beaucoup d'énergie. Mais cette progression n'est plus uniforme comme dans le cas des débordements pelliculaires ; elle se concentre dans les parties légèrement déprimées qui canalisent l'onde de crue, tandis que les parties surélevées font l'objet d'une remobilisation latérale de leurs sables. Ces processus alimentent la formation de micro-deltas coalescents se terminant par un talus en pente raide (Photo XIII-B, page suivante). Contrairement aux cônes de débordements à structure laminaire, ces micro-deltas fossilisent largement la végétation préexistante et paraissent beaucoup moins propices à la décantation des fines. Nous n'avons jamais rencontré de semis d'*Avicennia* dans les dépressions recouvertes par ce type d'accumulation. Nous en déduisons que l'asphyxie progressive des semenciers et l'impossibilité pour les plantules de s'enraciner sur ce type de substrat y limitent singulièrement les possibilités de reconquête forestière. Le ralentissement de leur métabolisme ne signale d'ailleurs souvent que la première étape d'un dépérissement, dont le moment décisif se situe lorsque ces peuplements se retrouvent en position de front de cordon par suite du recul de la ride de plage, et sont alors livrés à l'attaque mécanique des vagues.

En définitive, les mangroves associées aux plaines à cheniers enregistrent des évolutions différentes selon les processus hydrodynamiques qui président à l'édification des cheniers. Lorsque les transferts sableux se cantonnent au front du cordon et ne s'étendent qu'exceptionnellement sur son revers, ils assurent une protection, voire un regain de vitalité aux mangroves préexistantes, tandis que le développement d'une végétation psammophile partcipe à la fixation des sables. En revanche, l'extension des transferts au revers des crêtes de plage hypothèque la longévité des peuplements de mangrove, en même temps qu'elle empêche le développement d'une végétation psammophile stabilisatrice.

L'évolution de la végétation semble donc être commandée en dernière analyse par l'étagement de ces transferts sédimentaires en fonction de l'énergie des vagues. La formation des rides d'avant-plage débute, comme leur nom l'indique, au niveau des basses mers moyennes et se poursuit jusque dans la partie médiane de l'estran recouverte par les hautes mers moyennes. Le déferlement des vagues s'exerçant pour l'essentiel à distance de la crête de plage, le transfert d'énergie à la côte reste modéré et, en tout état de cause nettement, plus faible que celui qui préside aux débordements de cordons au niveau des hautes mers de vives eaux.

Nous pensons donc que l'occurrence de ces deux types de cheniers en formation dépend en fin de compte de la manière dont les houles sont refractées (selon le relèvement des fonds) ou diffractées (selon la présence de bancs de vases en suspension), les apports fluviaux n'intervenant que de manière ponctuelle.

• *La répartition des deux types de cheniers*

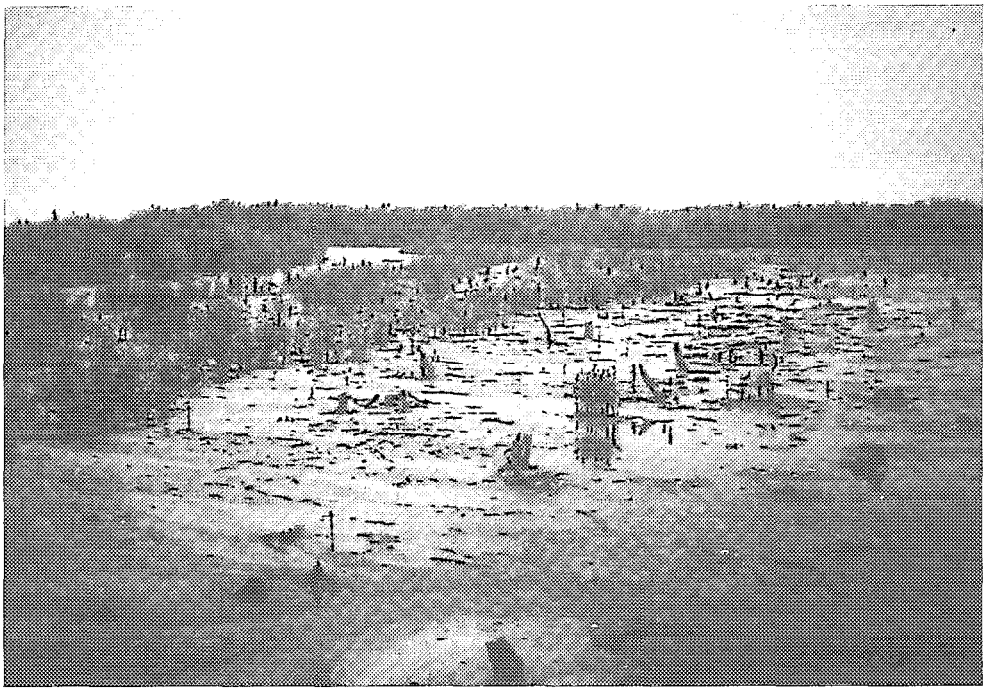
La répartition discontinue des cheniers sur le rivage de la plaine de Sonfonia se trouverait ainsi éclairée. La formation d'un chenier à son extrémité méridionale pourrait être liée à des apports sableux en provenance de l'érosion des platiers du Kaloum ou des cours d'eau torrentiels (Kaporokongui, Kombé) qui débouchent à proximité et dont les sédiments détritiques seraient pris en charge par une dérive littorale active.

Le relèvement rapide des fonds vers le nord et l'élargissement corrélatif de la slikke expliqueraient pourquoi la charge sableuse se dépose dans le creux dessiné par l'inflexion vers la mer du rivage. La diffraction des houles sur les hauts fonds en fait une zone privilégiée d'accumulation et de progradation des vasières à mangrove selon les modalités d'un front de mer ouvert.

Passé la zone de hauts fonds, le déferlement se rapproche progressivement du rivage. Mais les vagues ont perdu une part de leur énergie si bien que les transferts sédimentaires se limitent d'abord à la partie médiane de l'estran, sans manifestation apparente de la dérive littorale. Celle-ci recouvre progressivement de l'importance à mesure que que se redresse le profil de la plage. Dans le même temps, les processus de débordement redeviennent actifs. Le campement de pêcheurs de Mangbé situé à l'extrémité septentrionale de la plage doit régulièrement être déplacé vers l'intérieur des terres car le recul du rivage se double d'une submersion systématique de la crête de plage lors des marées de vives eaux. La végétation psammophile derrière laquelle s'abritaient en 1985 les pêcheurs a, quatre années plus tard, entièrement disparue tandis que les pelouses internes sont fossilisées en partie sous les épandages de débordement.

Cette alternance longitudinale de cheniers plus ou moins transgressifs et de fronts de mer ouverts caractérise à l'heure actuelle tous les rivages à cheniers de Guinée. On comprend dès lors que les peuplements d'*Avicennia* qui leur sont associés présentent des statuts écologiques très variables.

Dans les secteurs de front de mer distants des pôles majeurs d'alimentation du littoral en sédiments, la dynamique des man-



A. Epandage sableux transgressant sur une plaine de front de mer défrichée pour l'alimentation des salines. Fossilisation des souches d'*Avicennia* mais recolonisation intense en liaison avec la stagnation des eaux et la décantation des fines (Rio Pongo).



B. Recouvrement transgressif des casiers rizicoles abandonnés. Progression digitée suivant les ensellements de la flêche. Front d'accumulation marqué par un micro-talus de type prodeltaïque. Noter la fossilisation de la pelouse à *Sesuvium* et l'absence de plantules d'*Avicennia* (Lambanyi).

PLANCHE XIII : TYPES DE CHENIERS EN CONSTRUCTION

(Clichés F. BERTRAND)

groves est moins tributaire des variations hydroclimatiques régionales que de la topographie des fonds immergés proches et de la configuration locale des écoulements turbides. Dans ces conditions, les processus sédimentaires déterminant la dynamique de la végétation sont susceptibles de se modifier encore plus rapidement que dans les plaines estuariennes, d'où une instabilité particulière des mangroves de front de mer et un impact parfois décisif des interventions humaines.

3. 2. L'IMPACT DES AMÉNAGEMENTS DE MANGROVE SUR L'ÉVOLUTION MORPHODYNAMIQUE DES VASIÈRES

Evaluer l'impact de l'homme sur l'équilibre morphodynamique des vasières suppose, d'abord, que l'on connaisse l'ordre de grandeur des surfaces soumises directement à une pression anthropique. Il est ensuite nécessaire de distinguer les deux grands types d'utilisation de la mangrove que sont l'exploitation forestière (pour le bois de chauffe, mais aussi le fumage du poisson et la confection du sel) et la conversion de ses sols en rizières. Ces deux activités présentent, en effet, des localisations préférentielles (cf. § 1.2.1.), mais elles recouvrent également des superficies très variables. Dès lors, leur impact morphodynamique est forcément différent, ce qui justifie une analyse séparée.

3. 2. 1. L'IMPACT ENCORE NÉGLIGEABLE DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE

• *Estimation des prélèvements de bois*

Une estimation des prélèvements annuels en bois de mangrove a été tenté dans le cadre du Schéma Directeur d'Aménagement de la Mangrove auquel nous avons participé. Les chiffres suivants reprennent partiellement les résultats de cette étude récente (SECA, 1990).

Pour ce qui est de la consommation domestique, une distinction a été faite entre les besoins de la capitale déterminés à partir d'enquêtes précises auprès des ménages, et les besoins en milieu rural évalués uniquement à partir d'un niveau de consommation moyen en bois de feu supposé équivalent à celui reconnu par ailleurs, dans des conditions comparables, c'est-à-dire, 800 kg/personne/an. En estimant que 20 % de ces besoins sont effectivement couverts par du bois de mangrove, on retiendra une consommation moyenne de 160 kg/personne/an. La zone de consommation de bois de palétuviers se limitant pour l'essentiel à la Basse-Côte, ce chiffre doit être reporté selon nous à la population des sous-préfectures ayant une façade littorale, soit, d'après le dépouillement du dernier recensement, environ 327.000 individus (1). La consommation domestique des populations rurales en bois de mangrove peut ainsi être estimée à 52.000 tonnes/an.

A Conakry, les pesées réalisées dans les différents ports à bois et les entretiens avec les exploitants ont montré que le trafic portuaire de bois de feu de mangrove se situait aux environs de 13.500 tonnes/an. Ce chiffre parait faible, compte tenu des besoins de la population (850.000 hab. en 1987) estimés par ailleurs à 270.000 tonnes/an (Banque Mondiale, 1985). On déduit de la comparaison de ces données que les trois quarts des approvisionnements en bois de mangrove sont acheminés par la route depuis les grands ports à bois des environs (Dubréka, Kagbélé, Lansaniya, ...) et que la consommation globale de Conakry est d'environ 54.000 t/an.

Pour ce qui concerne la consommation de bois pour le fumage des poissons, les études réalisées dans des pays riverains du Golfe de Guinée font état d'un ratio moyen de consommation de 2,5kg de bois dur par kg de poisson frais. En considérant que 26.000 tonnes de poisson sont pêchées annuellement (Source : statistiques officielles de la Pêche artisanale) et que 80 % des prises sont fumées (dont 90 % à partir de bois de mangrove), il est raisonnable d'estimer la consommation annuelle de bois de palétuvier pour le fumage à environ à 58.000 tonnes/an.

L'estimation de la consommation de bois pour la confection du sel a pu être approchée à partir d'une évaluation préalable de la consommation de sel dans le pays (usage domestique, élevage) qui s'élèverait à environ 30.000 tonnes/an (Ministère du Plan et de la Coopération, 1986). Des enquêtes réalisées dans le cadre du Schéma Directeur ayant montré que l'extraction d'1 kg de sel nécessitait en moyenne 3,1 kg de bois, on en déduit que la production du sel de mangrove requiert le total impressionnant de 93.000 tonnes de bois de mangrove par an.

Usage du bois de mangrove	Prélèvements annuels (t/an)
Consommation des ménages urbains	54.000 (21 %)
Consommation des ménages ruraux	52.000 (20 %)
Fumage du poisson	58.000 (23 %)
Confection du sel	93.000 (36 %)
Tous usages confondus	**257. 000 (100 %)**

TABLEAU N°8 : ESTIMATION DES PRÉLÈVEMENTS ANNUELS DE BOIS DE MANGROVE

(1) On exclue les populations de la partie montagneuse de la Guinée Maritime qui s'approvisionnent essentiellement à partir des formations continentales.

Les résultats de cette estimation peuvent surprendre dans la mesure où ils révèlent que les activités salicoles absorbent un volume de bois comparable à celui de la consommation domestique (milieux ruraux et urbains confondus). En outre, le fumage du poisson apparait comme une activité non négligeable puisqu'elle participe pour près d'un quart des prélèvements. Mais l'impact de ces prélèvements doit surtout être jugé en fonction de leur localisation dont on sait qu'elle est fortement conditionnée par la zonation naturelle du milieu.

• *Des sites de prélèvement plus ou moins stables*

En dépit de leur importance quantitative, les prélèvements destinés à la confection du sel ne nous ont jamais semblé avoir un impact sensible sur l'évolution morphodynamique du substrat car ils s'opèrent essentiellement sur des zones internes soustraites de l'érosion fluvio-marine. S'agissant par ailleurs de secteurs où la régénération des palétuviers est souvent assurée par l'entretien des chenaux, l'équilibre biostasique du substrat risque encore moins d'être perturbé. En fait, si les techniques de production du sel ont un impact sur la dynamique globale de l'écosystème, c'est davantage en fonction de la gestion des écoulements que de la dégradation du couvert végétal pour la fourniture de bois-combustible.

L'impact des prélèvements de bois destinés au fumage du poisson et à la satisfaction des besoins domestiques est potentiellement plus important dans la mesure où ces prélèvements privilègient les forêts riveraines de *Rhizophora*. Le phénomène de déstabilisation des berges par disparition de la couverture végétale protectrice est un processus bien connu qui peut atteindre une ampleur particulière en Guinée étant donné l'intensité des courants de marée. Pourtant, les rives soumises à une exploitation forestière ne présentent pas toutes, loin s'en faut, les signes d'érosion attendus (déchaussement d'arbres, éboulements de berge). Ceci tend à prouver que la déstabilisation des berges d'estuaire n'est pas toujours une condition suffisante pour déclencher un recul des rives dont l'origine est dans la plupart des cas indépendante de toute sollicitation humaine.

Il n'en demeure pas moins que les prélèvements effectués sur les rives d'estuaire peuvent, sous certaines conditions, favoriser un déclenchement de l'érosion fluviale. Il semblerait, d'après nos observations, que ces conditions soient liées de façon étroite au mode d'exploitation.

Traditionnellement, les exploitants abordent un peuplement primaire en sectionnant les tiges au-dessus du niveau des arcs-boutants pour s'affranchir de l'enchevêtrement souvent inextricable des racines-échasses et profiter d'un support de travail relativement stable par rapport au sol peu porteur des slikkes (Photo IV-A, page 28). Ce mode d'exploitation adapté à la structure même de la forêt induit une conservation des souches de *Rhizophora* et un recouvrement du sol par les déchets de la coupe. La stabilité du substrat fondée sur le développement de l'appareil racinaire de *Rhizophora* n'est donc nullement affectée. On serait même enclin à se demander si le rôle fixateur de sédiments communément dévolu à la mangrove ne se trouve pas momentanément renforcé par l'encombrement des rémanents et des racines-échasses à la surface du sol.

La répétition des coupes entraîne souvent une diminution rapide de la surface de la section de chaque tige en rapport avec la hauteur à la découpe et le diamètre d'exploitabilité fixés par les exploitants. Parallèlement, les éléments constitutifs d'une futaie présentent un appareil racinaire plus discret, tant en surface (racines-échasses) qu'en profondeur (chevelu racinaire).

La diminution des mensurations des palétuviers liée à l'exploitation s'exercerait-elle ainsi aux dépens de leur capacité à fixer durablement le substrat ? Les nombreux cas d'exploitation riveraine qui ne se sont pas soldés par un recul des rives invite à en douter, d'autant que, si cette hypothèse vaut pour chaque tige prise individuellement, il est en revanche difficile de l'étendre à l'ensemble d'un peuplement. En effet, des mesures dendrométriques complètes (cf. § 4.1.3.) ont montré que la densité (nombre de tiges à l'hectare) de peuplements bas secondaires ($h < 8$ m) pouvait doubler, voire tripler par rapport à celle de peuplements élevés ($h > 15$ m). Il est raisonnable de penser que la démultiplication des réseaux racinaires compense, au moins en partie, l'enracinement plus superficiel des arbres et, que l'accroissement du nombre de tiges permet à la végétation de conserver, voire de renforcer son rôle de peigne vis-à-vis de l'alluvionnement. En définitive, nous pensons que les modifications de la structure du couvert occasionnées par ce type d'exploitation de la mangrove n'entraînent aucune altération significative de l'équilibre dynamique entre la végétation riveraine et son substrat.

Les conditions d'une déstabilisation des berges ne sont remplies qu'à partir du moment où la mangrove ne peut plus se régénérer convenablement et où les surfaces nues l'emportent nettement sur les surfaces boisées.

• *Déstabilisation du substrat et intensification des coupes riveraines*

Cette situation existe le long du cours supérieur de plusieurs fleuves (Forécariah, Sarinka), où la riziculture occupe toute l'étendue des vasières. D'après nos enquêtes, la disparition des rideaux de mangrove n'est jamais le fait des exploitants forestiers qui délaissent volontiers ces zones trop déboisées, mais bien des riziculteurs qui savent, par expérience, que les rives de ces chenaux sont relativement stables, et, qu'en tout état de cause, un léger recul des berges n'affecterait aucunement leur système de culture fondé sur la riziculture submergée et non endiguée (cf. § 1.2.2.).

Il est plus rare de rencontrer, comme à Kakounsou (tête du delta du Konkouré) ou à Fougoumi (entre Soumbouya et Morébaya) de véritables clairières de plusieurs dizaines d'ares interrompant la continuité du couvert forestier riverain sur parfois près de 100 m de large (Kakounsou). Ce paysage singulier est le produit d'une coupe à blanc, c'est-à-dire d'une coupe rase n'épargnant aucune racine-échasse et ne réservant aucun semancier sur son passage. Ce mode d'exploitation très localisé est trop récent pour que l'on puisse en mesurer précisément l'impact à moyen terme sur l'évolution du substrat. Quelques observations de terrain permettent néanmoins de prévoir déjà une transformation profonde du couvert végétal. Bien que ces clairières riveraines soient encadrées de futaies de belle venue, aucun signe de régénération n'a pu y être observé : les semis sont absents au même titre que les plantules, et, quand bien même celles-ci seraient véhiculées par la marée, l'assè-

chement du sol invite à se demander si elles trouveraient des conditions favorables de germination.

Ces signes sont inquiétants car ils suggèrent que la régénération naturelle n'est plus en mesure d'assurer le renouvellement du couvert forestier originel. Lors de nos visites de terrain, nous n'avons enregistré que des signes d'érosion très localisés sur l'étendue des rives concernées. Mais il est hors de doute que, si l'absence de régénération sur ces coupes à blanc devait se confirmer, ces rives d'estuaire seront désormais beaucoup plus sensibles à une diminution des apports turbides et un renforcement de l'énergie des courants de marée que celles dont l'exploitation traditionnelle a préservé la stabilité.

Bien que cette forme d'exploitation reste marginale, son apparition exclusive dans le bassin d'alimentation de la capitale montre qu'elle résulte d'une pression accrue sur la mangrove boisée. Le facteur technique permettant l'intensification de l'exploitation n'est pas lié heureusement à l'abbatage des palétuviers (1) mais à la vidange des tiges abattues, qui s'effectue de plus en plus fréquemment dans des côtres à forte capacité de charge et large rayon de déplacement. Au plan humain, l'intensification de l'exploitation forestière s'effectue grâce à une spécialisation des filières de production.

L'accroissement des besoins de la capitale en bois de feu et l'appauvrissement des réserves de terre ferme laissent penser qu'une part croissante des besoins en bois sera satisfaite à partir de prélèvements sur la mangrove et que ces techniques d'exploitation déprédatrices riquent, en conséquence, de s'étendre. Ce constat a justifié l'élaboration, dans le cadre dun Schéma Directeur d'Aménagement auquel nous avons participé, d'une stratégie visant à satisfaire les exigences démographiques tout en assurant le renouvellement des ressources en bois, au moyen notamment de périmètres d'exploitation à usage réglementé (SECA, 1990).

En s'appuyant sur l'inventaire cartographique des formations boisées et une évaluation du volume de bois disponible dans chaque type de formation (cf. § 4.1.3.), cette étude a montré que la réglementation de l'exploitation dans le bassin d'alimentation de Conakry selon des normes semblables à l'usage traditionnel (2) permettrait de fournir environ 100.000 m³/an de bois de feu de mangrove à la capitale. Ce volume reste bien inférieur à celui de la consommation totale actuelle (270.000 m³/an). Il suffirait néanmoins à couvrir des besoins en bois de mangrove presque deux fois supérieurs aux besoins présents (estimés à 54.000 t/an) sans compromettre le renouvelement des forêts riveraines et la stabilité des vasières riveraines.

Si l'on tente de dresser un bilan global de l'exploitation du bois de mangrove, on admettra que l'impact morphodynamique de cette activité essentielle est limité, eu égard à son influence sur la physionomie de la végétation. La généralisation des formations dégradées le long des estuaires, notamment autour de la presqu'île du Kaloum, n' a pas entraîné, à l'exception des coupes à blanc, une modification des conditions de développement de la mangrove. Le seul grief que l'on puisse porter à l'exploitation forestière est d'entraîner parfois une diminution relative du genre *Rhizophora* dans l'assortiment floristique des peuplements secondaires.

Mais une réglementation du nombre de semenciers à réserver et de la durée de rotation peut prévenir utilement une évolution qui serait fâcheuse pour les populations côtières et ceux, qui de façon plus générale, sont soucieux de la conservation du patrimoine génétique.

3. 2. 2. L'IMPACT LIMITÉ DES AMÉNAGEMENTS RIZICOLES TRADITIONNELS

• *Extension spatiale de la riziculture*

L'importance spatiale de la riziculture dans la plaine côtière guinéenne est difficile à apprécier pour plusieurs raisons.

La première difficulté provient du fait qu'aucune estimation de la production rizicole (3) et des surfaces cultivées n'a été véritablement tentée depuis l'étude des terres rizicultivables de Basse-Guinée (HARZA, 1967). Ce travail est le seul à avoir mesuré la totalité des unités physiographiques élémentaires *-physiographic units-* d'après leurs contours sur l'imagerie aérienne *-phototypic units-*. Les surfaces y sont présentées selon le type d'unité taxinomique dont elles relèvent (classe d'inondation), et l'aire géographique à laquelle elles appartiennent (Kabak, Kakossa, etc...). Afin d'alléger cette présentation et de mieux faire ressortir le poids de conditions naturelles, le tableau n°9 ci-dessous présente la répartition des surfaces cultivées selon leur régime d'inondation et leur localisation transversale dans la plaine côtière.

	Zone littorale		Zone d'estuaire centrale		Zone d'estuaire supérieur	
	N. cult.	Cult.	N. cult.	Cult.	N. cult.	Cult.
Slikke	26.800	4.100	107.600	4.100	–	–
Schorre	10.700	8.300	72.400	7.500	–	–
Cuvette de submersion	–	–	–	–	69.600	12.100
Marais d'eau douce	19.000	3.500	29.100	2.800	–	–
Vasières confondues	56.500	15.900	209.100	14.300	69.600	12.100

TABLEAU N°9 : RÉPARTITION DES SURFACES CULTIVÉES SUIVANT LEUR RÉGIME D'INONDATION ET LEUR LOCALISATION DANS LA PLAINE
(d'après HARZA, 1967 ; complété)

Ces chiffres mériteraient bien évidemment d'être réactualisés compte tenu, notamment, de la poursuite du déclin des aménagements traditionnels amorcé au début des années 1960 et de l'échec des poldérisations de front de mer (à l'exception de Kabak). On admettra

(1) La tronçonneuse, dont les effets seraient sans doute désastreux, n'a pas encore fait son apparition.
(2) En observant une rotation moyenne de 20 ans qui permet de retrouver le volume de bois initial.
(3) A la différence des prélèvements en bois de mangrove, la production en riz ne peut être déduite de la consommation des ménages car environ un tiers des besoins nationaux sont couverts par des importations (160.000 t en 1986).

que la répartition des surfaces cultivées est restée relativement stable et que la production totale estimée à l'époque à 41.000 tonnes de paddy par an correspond au maximum qui a été atteint depuis.

La seconde difficulté pour apprécier l'importance spatiale des conversions rizicoles est lié au fait que celles-ci englobent non seulement les surfaces cultivées mais également les jachères. Or, on a constaté, dans bien des cas, que la contraction de l'espace cultivé n'entrainait pas systématiquement une reconquête forestière des rizières abandonnées, mais simplement un accroissement de la part des jachères herbacées au sein du terroir agricole. L'importance de cette réserve de terres est confirmée par une étude récente qui montre que l'accroissement de 85 % de la récolte moyenne des exploitations entre 1985 et 1986 était due essentiellement à une reprise des emblavements sur des terres anciennement mises en jachère (Ministère du Développement Rural, 1987).

Dans ces conditions, la diminution globale des surfaces ensemencées depuis 25 ans (1) ne doit pas être interprétée hâtivement comme la marque d'une déprise de la riziculture sur l'écosystème mangrove et du retour à un équilibre "naturel" du milieu. Le facteur à considérer est davantage, à notre avis, l'extension des surfaces équipées en rizières dont l'impact tant le paysage que sur la dynamique du milieu sont beaucoup plus déterminants.

Or, cette extension varie considérablement selon le type d'aménagement hydro-agricole.

• *Le respect de l'équilibre dynamique naturel dans le système "ouvert"*

Le cas de la riziculture sèche pratiquée sur les cordons et terrasses sableuses ne mérite pas qu'on s'y attarde, non pas que son étendue soit négligeable, mais parce que ce système de production à longue jachère se satisfait d'équipements très rudimentaires et que son impact sur la morphogénèse se limite à des processus de colluvionnement localisés. Seule la riziculture aquatique, qui s'intègre dans un système plus ou moins contrôlé de flux hydriques, doit être prise en considération. Les moyens de production engagés dans le système de culture en "rizières ouvertes" restent très limités dans la mesure où les cultivateurs ne cherchent aucunement à contrôler le régime d'inondation mais se contentent simplement d' adapter leurs semences au rythme de la crue et de la décrue.

La stricte observance des écoulements naturels, et ce, quelle que soit l'intensité de mise en culture, réduit au minimum l'impact de la riziculture sur la dynamique hydrosédimentaire des vasières. Etant donné la stabilité naturelle du modelé de ces vasières, on peut considérer que ce type de riziculture bénéficie des conditions hydrodynamiques les plus stables que l'on puisse rencontrer.

Aussi, en dépit de contraintes de fertilité chimique qui limitent l'amélioration potentielle de leur rendement, ce type de rizière offre à notre avis des conditions privilégiées pour une extension des emblavements. L'explication de leur mise en culture actuellement très inégale doit être recherchée plutôt dans le contexte socio-économique local que dans le milieu physique.

(1) En se fondant sur les résultats de l'enquête la plus récente qui mentionne une production moyenne par exploitation de 1300 kg et une taille moyenne d'exploitation de 1,8 ha, on peut estimer que la surface ensemencée couvre entre 25.000 et 30.000 ha (hypothèse d'une production annuelle de 35.000 / 40.000 tonnes de paddy).

• *L'altération contrôlée de l'équilibre dynamique dans le système traditionnel estuarien*

Les contraintes physiques sont beaucoup plus marquées dans les marais d'arrière-mangrove dont le développement succède toujours à une perturbation du régime des écoulements. La riziculture n'est jamais à l'origine de cette perturbation qui résulte plus généralement d'un colluvionnement à partir des plateaux bordiers (cf. § 2.3.2.). La mise en culture des marais d'eau douce suppose souvent, une amélioration préalable du drainage qui, suivant les précautions prises, peut déboucher sur une réhabilitation effective du secteur ou au contraire une dégradation accélérée des sols. L'exemple de la plaine de Kawas-nord située sur la rive droite du haut-Kapatchez est, à cet égard, très instructif (BERTRAND, 1988).

Suite à une obstruction de son drainage naturel vers la plaine du Kapatchez, deux drains parallèles ont été creusés dans les années 1970 pour permettre l'évacuation des eaux excédentaires et la remise en culture de ce "secteur-pilote" de 450 ha. La visite de ce périmètre, en 1986, a révélé qu'en fait un tiers du périmètre bénéficiait d'une durée de submersion suffisante pour permettre l'achèvement d'un cycle cultural, alors que les deux tiers restants de la surface souffraient d'un assèchement notable (fentes de dessication) combiné à une furieuse vague d'érosion régressive (déplacement répété du pont).

Cet exemple illustre très bien le type de préjudice occasionné par le drainage non contrôlé d'un marais d'arrière-mangrove. L'absence d'un ouvrage, permettant de pondérer la vidange des eaux de pluie excédentaires et d'empêcher l'intrusion précoce des eaux marines, a permis aux courants de marée d'étendre leur action érosive loin en amont et d'abaisser sensiblement le profil des drains. Ceci a entraîné une exagération du drainage et, partant, une acidification du sol due à l'exondation précoce du niveau à jarosite. En fait, l'erreur de cet aménagement provient du fait qu'on a voulu remédier aux effets d'une surcharge sédimentaire par l'instauration de conditions d'écoulement qui a conduit au déséquilibre sédimentaire extactement inverse (déficit). En fin de compte, les termes de l'instabilité morphodynamique ont changé mais son intensité reste aussi marquée.

La substitution pure et simple d'un régime estuarien au régime pluvial des marais d'arrière-mangrove doit donc, à notre avis, être évitée. Or, la réhabilitation des bas fonds d'arrière-mangrove mobilise à l'heure actuelle une attention particulière des pouvoirs publics et des bailleurs de fonds. C'est un des domaines d'intervention privilégiés des organisations non gouvernementales. La plus présente d'entre elles, l'A. F. V. P. (Association Française des Volontaires du Progrès) a engagé la réalisation de plusieurs projets dans les sous-préfectures de Koba (Farinya) et de Coyah (Libinmerai, Minténéyah). L'expérience de Kawas-nord doit permettre de déterminer un type d'aménagement plus adéquat, qui veillerait en particulier à créer les conditions d'une alternance saisonnière entre le régime pluvial (hivernage) et le régime estuarien (saison sèche).

Le système de culture en casiers (*bougounis*) s'affranchit généralement de ce risque de perturbation car le contrôle beaucoup plus strict des écoulements et la confection des diguettes limitent, en principe, l'efficience des processus de morphogénèse.

Les seuls sites où nous avons pu observer une activation des processus d'érosion sont localisés dans des secteurs abandonnés de longue date, comme celui de Pongolon, où la levée des contrôles

sur la marée a entraîné une majoration des débits liquides, et déclenché un processus d'érosion régressive dans les rizières abandonnées (affaissement des diguettes, incision et élargissement des chenaux). Encore faut-il préciser qu'il s'agit toujours de slikkes sur lesquelles les zones de conversion s'étaient autrefois étendues. Nous n'avons jamais observé de reprise d'érosion notable sur des schorres abandonnés, en raison probablement de leur éloignement des chenaux.

Les phénomènes d'érosion localisée résultent donc de la perturbation d'un équilibre morphodynamique qui avait été créé artificiellement par l'extension des casiers sur les slikkes mais qui n'a pas survécu à la déprise de la riziculture. L'activation de la morphogénèse peut alors être considérée comme une étape logique vers la restauration de l'équilibre dynamique naturel de ces vasières (cf. § 1.3.2. pour la reconquête forestière associée au rétablissement du régime d'inondation).

Les exemples de perturbation d'équilibre dynamique dont il vient d'être question montrent que l'impact des aménagements rizicoles sur la dynamique du système morphogénique est négligeable, tant que leur extension reste confinée à des zones morphologiquement stables et qu'ils n'occasionnent aucun flux d'énergie susceptible de déclencher des processus mécaniques.

En revanche, l'extension des aménagements à des zones naturellement plus instables et l'artificialisation des écoulements modifient très rapidement l'équilibre dynamique des zones concernées. Cette déstabilisation du substrat, qui n'est perceptible parfois qu'avec l'abandon des aménagements, peut compliquer la réhabilitation rizicole de ces secteurs (stabilisation des berges, relèvement du pH). Mais ses effets à long terme restent limités tant que les flux d'énergie et les transferts sédimentaires sont l'apanage des courants de marée.

Les conséquences d'une déstabilisation anthropique du substrat peuvent, par contre, être amplifiées dans les plaines de front de mer, du fait de l'interférence des actions estuariennes et marines.

• *La précarité des aménagements traditionnels de front de mer*

L'attrait des riziculteurs pour les vasières à *Avicennia* de front de mer (zone littorale *stricto sensu*) a déjà été souligné (cf. § 1.2.1.). La partie interne et marécageuse de ces plaines est partiellement cultivée à la manière des bas fonds d'arrière-mangrove. Mais jusqu'à la poldérisation de certaines de ces plaines, les casiers rizicoles constituaient le système de culture prédominant. En 1967, les *bougounis* représentaient encore la moitié des surfaces cultivées dans la zone littorale (d'après notre dépouillement de l'inventaire HARZA).

L'extension passée de ces casiers traditionnels est difficile à établir, car les cartes topographiques de 1954 utilisent un seul figuré pour les rizières. Ce document précieux révèle, toutefois sans équivoque possible, qu'à l'exception de Koba où la pression sur le sol était déjà sans doute plus forte qu'ailleurs, la limite des défrichements se tenait toujours à quelques centaines de mètres du rivage. La mangrove conservée entre les rizières de la mer constituait une réserve précieuse de terres que les riziculteurs préféraient cependant garder en l'état, compte tenu des difficultés de défrichement et d'aménagement de ces vasières peu consolidées (faible portance des sols).

On est en droit de penser, qu'ainsi protégés de l'action des vagues, ces casiers de front de mer fonctionnaient exactement de la même façon que les casiers estuariens, c'est-à-dire selon un contrôle strict du régime des marées. Les documents dont on dispose montrent cependant que ces aménagements devaient faire face à des contraintes morphodynamiques plus marquées. Le chenal de la Dibéridi qui draine une partie de la plaine de Mankountan est obstrué depuis les années 1930 (GUILCHER, 1956) tandis que les rizières des parties méridionales de Koba (Kabéléa) et de Kabak (Bamba) souffrent également d'un drainage déficient lié à un envasement des drains (JACQUES-FELIX, 1960). Dans tous les cas, les moyens de production traditionnels sont insuffisants pour corriger ce déséquilibre sédimentaire et les riziculteurs n'ont d'autre solution que d'abandonner leurs casiers.

Contrairement aux exemples précédents, les aménagements n'ont aucune responsabilité dans un processus dynamique qui, d'après nos observations, participe à l'évolution naturelle des plaines de front de mer (cf. § 1.2.4.). Le contrôle de l'instabilité morphodynamique de ces vasières échappe en fait aux techniques de production traditionnelles. Ce constat a été, du reste, à l'origine des grands projets de poldérisation.

3. 2. 3. CONTRAINTES ET DANGERS DE LA POLDÉRISATION

• *La prudence des premières expériences*

L'obstruction des écoulements étant liée à l'envasement des exutoires naturels latéraux, les premiers aménagements entrepris à la fin de l'époque coloniale ont consisté logiquement à constuire des canaux pour améliorer le drainage. L'intensité de l'envasement semble avoir déterminé le choix de l'option la plus adéquate : le surcreusement ou le détournement du drainage.

Dans le sud de la plaine de Koba, le rétablissement du drainage ne paraissait sans doute pas poser de problème, compte tenu de la proximité du Konkouré. L'aménagement a consisté essentiellement à reprofiler des chenaux naturels et à recouper quelques chenaux méandriformes. En revanche, dans le nord de la plaine Monchon, le drainage originel vers l'ouest paraissait, à juste titre, condamné par l'envasement spectaculaire du bas-Kapatchez (GUILCHER, 1956). On a préféré, logiquement, détourner le drainage vers la partie méridionale de la plaine beaucoup mieux drainante en ouvrant un canal permettant d'évacuer vers la Soumadabon, principal affluent de rive droite de la Koumba (cf. Fig. 17, page 57).

Malheureusement, ces deux corrections de drainage n'ont pas été complétées comme il aurait fallu, par des ouvrages de vannage permettant de régulariser les débits de vidange, si bien que l'on est passé sans transition d'une situation de surcharge sédimentaire à un déficit sédimentaire se soldant par une transgression excessive des eaux estuariennes. Faute de pouvoir maîtriser ce nouvel obstacle, les riziculteurs de Monchon ont dû se résoudre à abandonner leurs terres et quitter leurs villages.

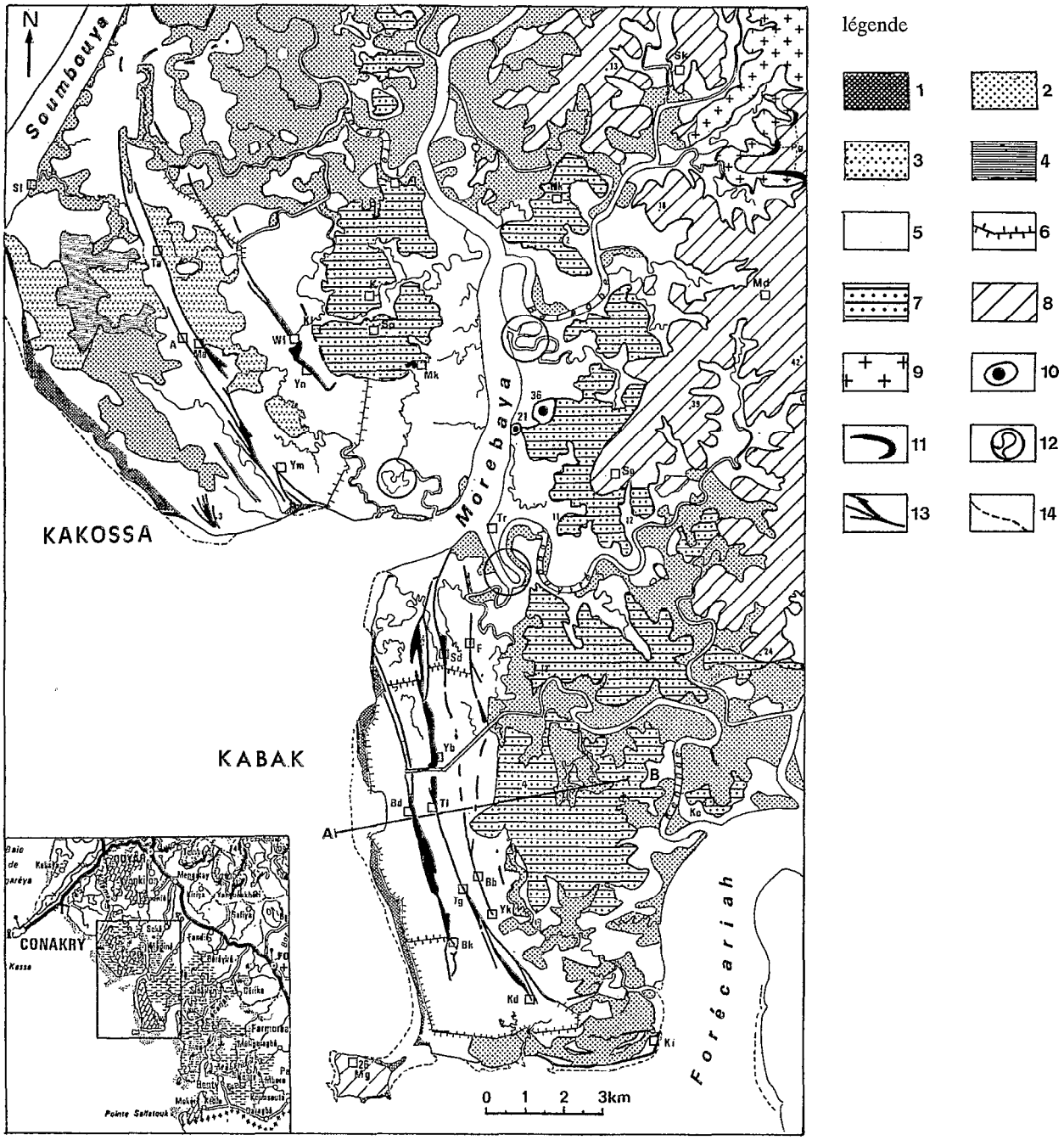


FIG. 37 :
CROQUIS PHYTO-MORPHOLOGIQUE DES ÎLES KAKOSSA ET KABAK

D'après interprétation des photos aériennes J.I.C.A. au 1/100.000
Le profil du tracé A-B est représenté à la figure n°40, page 112.

1. Front de mangrove à *Avicennia* - 2. Fourré mixte secondaire - 3. Reconquête par *Avicennia* des casiers abandonnés - 4. Tanne nu - 5. Rizières et formations herbacées - 6. Digues - 7. Terrasse graminéenne - 8. Plateau sublittoral à carapace discontinue - 9. Socle granito-gneissique subaffleurant - 10. Inselberg calco-alcalin - 11. Remblaiement corrélatif de l'aplanissement néogène - 12. Méandre en cours de recoupement - 13. Flèche sableuse - 14. Laisse de basse mer -

Villages regroupant plus de 150 habitants en 1988 :

A. Amaraya - Bb. Boumbaya - Bd. Bamodiya - Bk. Bakia - F. Fanabaya - Ka. Kainte - Kd. Kanendé - Kl. Kaléma - Ko. Katonko - Kr. Khonri - L. Laya - Md. Madiné - Mg. Matakong - Mk. Makaya - My. Manéya - Nf. Niéfé - Nk. Niérikaya - Sa. Soungaya - Sg. Singuilin - Sk. Soké - Sl. Souroukhouli - Ta. Taouya - Tg. Toguiron - Tl. Tolomolon - Tr. Touguyiré - Sy. Seydouya - Wf. Wondifori - Yb. Yélibané - Yk. Yélikéré - Ym. Yonkima - Yn. Yéniya

Forts de ces deux expériences, les travaux entrepris ensuite dans les plaines de Kabak et Koba ont pris soin de subordonner plus étroitement l'aménagement du réseau de drainage à un contrôle effectif des débits. En outre, la disposition des cordons fossiles a pu guider la délimitation des périmètres de poldérisation en servant à la fois de limite naturelle et de point d'ancrage privilégié pour l'édification de digues de raccordement.

L'aménagement de l'île de Kabak a ainsi été conçu sous forme de cellules hydrologiques distinctes respectant grosso modo la divergence naturelle des écoulements (Fig. 37, page ci-contre). Grâce au rétablissement de son drainage initial vers le Kénendé, la partie centrale de la plaine a été convertie sous forme d'un polder de 1.500 ha dont la mise en culture complète et régulière, vérifiée sur le terrain, atteste du bon fonctionnement général. Il semblerait, d'après les photos aériennes, que l'aménagement de la plaine méridionale (drainée vers l'embouchure de la Forécariah) ait donné également des résultats satisfaisants.

La longévité des premiers polders de Kabak et le maintien de leur productivité agricole à un niveau relativement élevé sont fondamentalement liés, à notre avis, à l'équilibre morphodynamique que ces aménagements ont instauré dans un secteur pourtant très instable. Cette transformation a été rendue possible, toujours selon nous, par le respect des directions naturelles d'écoulement et un cantonnement à la partie interne de la plaine qui a protégé ces périmètres de toute incursion directe de la mer. Mais ces deux paramètres n'ont pas toujours été respectés lors des poldérations ultérieures.

• *L'extension périlleuse des polders récents*

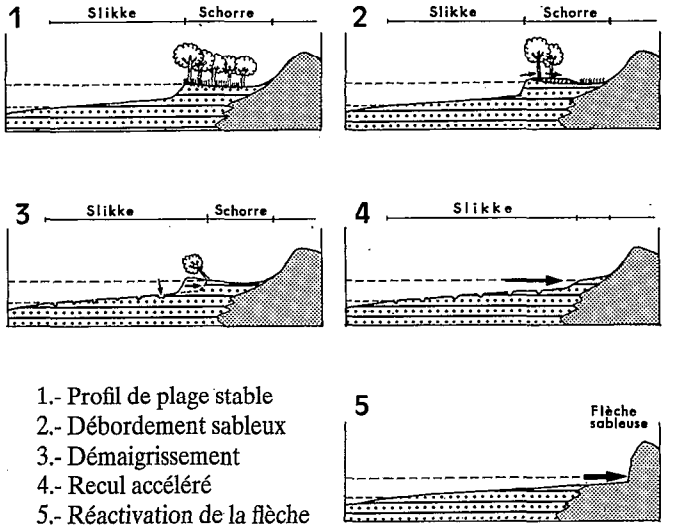
Il n'est guère que l'aménagement de la plaine de Monchon, confié aux soviétiques, qui ait souscrit pleinement à ces deux options hydrauliques. Dans les plaines de Kabak et de Koba, livrées à l'assistance technique chinoise (1), l'extension des terres rizicultivables s'est poursuivie en direction de la mer, aux dépens des mangroves résiduelles.

Dans les deux cas, on a pris soin de protéger ces extensions par une digue de front doublant la flèche fossile la plus avancée (Koba), ou se raccordant latéralement à elle (Kabak), cette digue devant elle-même être protégée de l'action marine par la vasière conservée sur sa face externe.

Malheureusement, ces travaux ont coïncidé avec le passage dans les années 1970 à la phase de dévasement des fronts de mer (cf. § 2.3.3.). Suite à la recrudescence du déferlement provoqué par le renforcement de l'énergie des vagues à la côte, le schorre a enregistré un recul conduisant progressivement à sa disparition et à une simplification du profil de la plage (Fig. 38, ci-après).

Le défrichement des peuplements résiduels d'*Avicennia* qui couvraient le schorre a pu être envisagé comme le déclencheur de ce phénomène. Cette hypothèse s'est fondée sur le fait que les défrichements se sont effectivement accélérés à cette époque sur le front de mer central de Koba, car il s'agissait d'alimenter en combustible la sucrerie liée à la conversion du périmètre dit "des 700 ha" en canne à sucre (Fig. 40, page 112). Mais la mise en évidence de reculs encore plus importants sur le front méridional de la plaine, où la mangrove a été épargnée de ces prélèvements, infirme à notre avis la responsabilité de ces défrichements. On admettra tout au plus que ceux-ci ont localement précipité une évolution dictée fondamentalement par les variations hydroclimatiques.

(1) Après la détérioration des relations entre la Guinée et les Etats-Unis, dans les années 1967-1968.



1.- Profil de plage stable
2.- Débordement sableux
3.- Démaigrissement
4.- Recul accéléré
5.- Réactivation de la flèche

FIG. 38 :
PROFILS ÉVOLUTIFS ASSOCIÉS AU RECUL DU RIVAGE DE KOBA

La conséquence essentielle du recul du rivage (matérialisé ici par la micro-falaise séparant la slikke du schorre) fut à Koba, l'exhumation de la flèche fossile qui limitait le périmètre et, à Kabak, le dégagement de la digue frontale (Fig. 39, ci-dessous). Les modalités qui ont présidé à la déstabilisation de ces aménagements ont toutefois varié selon l'importance des interventions humaines.

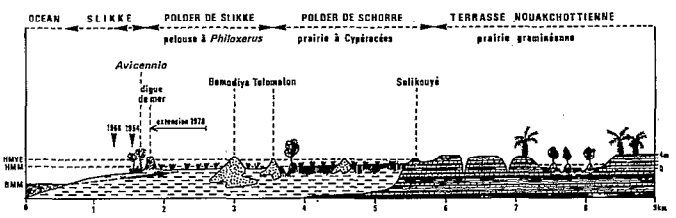
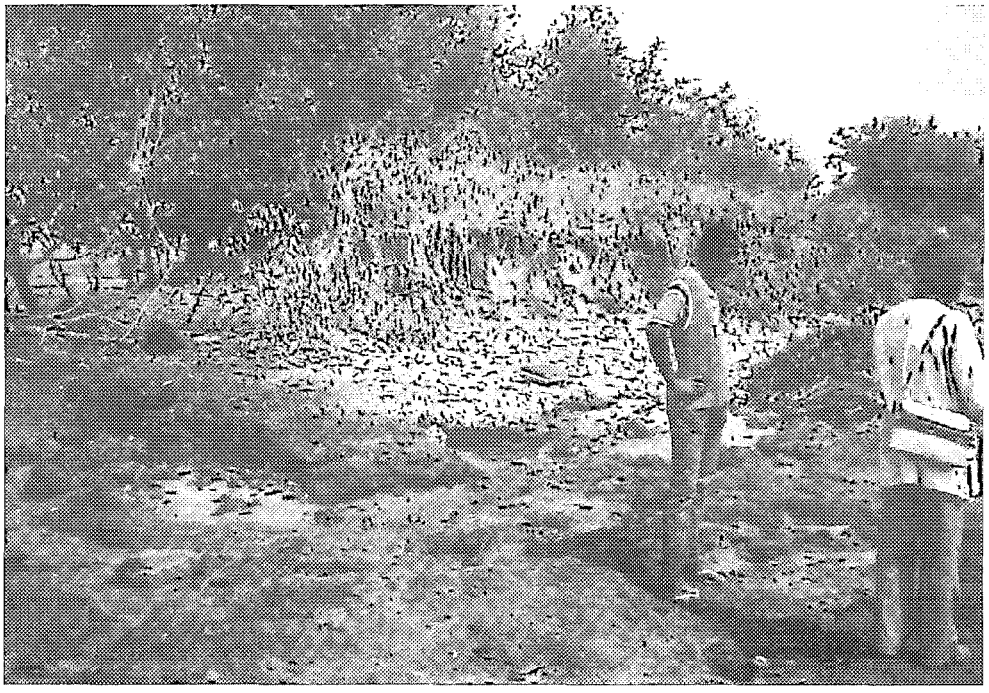


FIG. 39 :
COUPE GÉOMORPHOLOGIQUE DE L'ÎLE KABAK
Localisation sur la figure n°37, page ci-contre.

A Kabak, l'extension du polder ne s'était accompagnée d'aucune modification notable des écoulements antérieurs, toujours dirigés vers l'intérieur des terres. L'énergie des vagues s'est concentrée naturellement dans les chenaux de marée construits par les courants de retour. En reculant leur tête, ces chenaux transformés en véritables sillons d'arrachements se sont heurtés rapidement à la digue de front où la turbulence des vagues s'est trouvée encore renforcée



A. Rupture à l'angle formé par la digue de front de mer (en arrière des fourrés d'*Avicennia*) et la digue de rebras située au premier plan. Ingression marine canalisée par les anciens chenaux. Recouvrement sableux des schorres à halophytes (Kabak-nord, Janvier 86).



B. Rupture le long de la digue de front de mer. Faible surélévation et nature meuble de l'ouvrage. Au premier plan, déchaussement de blocs de vase selon les fentes de retrait liées au drainage et au compactage préalables de la vasière A droite, refoulement marin de débris végétaux (Kabak-centre)

PLANCHE XIV : RUPTURES DE DIGUES ET SUBMERSION DE FRONT DE MER

(Clichés F. BERTRAND)

par l'effet de réflexion. La conjugaison d'une marée de vive-eau et d'un regain d'agitation marine à la fin de l'hivernage a suffit, en septembre 1982, pour que la mer établisse une première brêche dans la partie médiane de la digue (Photo XIV-B, page ci-contre), suivie quelque temps plus tard d'une seconde brêche dans sa partie septentrionale (Photo XIV-A, page ci-contre).

Bien qu'elle se soit produite plusieurs années après le déclenchement du recul du rivage, la rupture de la digue de Kabak fut le véritable révélateur, en Guinée, des risques naturels engendrés par l'érosion marine. C'est sans doute lié au caractère catastrophique de la submersion qui suivit l'ouverture de ces brêches. Environ 450 ha de terres arables, soit la moitié du périmètre mis en service par les chinois en 1979, durent être abandonnées, du fait de leur sursalure ou de leur recouvrement par les sables.

La confection par les riziculteurs d'une digue de substitution, en arrière de la digue de front qui était ouverte sur près d'1 km, semble avoir provisoirement stoppé la transgression marine. La colonisation par *Avicennia* du "golfe marin" ainsi dessiné laissait même entrevoir, en 1987, la possibilité d'une reconstitution du rivage dans son tracé initial.

Sans présager de l'évolution morphogénique future de la plaine de Kabak, où le risque de submersion demeure très important, on retiendra que l'ingression spectaculaire de la mer n'a pas altéré véritablement le fonctionnement général des polders, car celui-ci repose sur un drainage de direction contraire à la mer. Grâce à cette option judicieuse, le contrôle des écoulements reste assuré. Il en va différemment à Koba, où l'extension des polders s'est effectuée au prix d'un aménagement hydraulique beaucoup plus discutable.

La réhabilitation de l'ancien périmètre de la station rizicole du Koba (dit encore "périmètre des 700 ha") et l'extension de la poldérisation vers le sud de la plaine ont été confiées à l'assistance technique chinoise selon un cahier des charges établi précédemment par un bureau d'ingénierie américain (HARZA, 1967). Suivant les recommandations de cette étude, l'option maîtresse de l'aménagement de Koba a été de pallier l'insuffisance du drainage par le détournement des écoulements vers le front de mer. L'éloignement des embouchures de la Bendéfikhé et de la Taboriya, exutoires naturels de la plaine, représentait en effet un handicap difficilement surmontable à un prix acceptable pour que la poldérisation soit rentable. Le redressement de la pente des écoulements naturels paraissant extrêmement difficile à réaliser et à maintenir du fait l'éloignement du niveau de base, il semblait plus judicieux de profiter de la proximité de la mer.

Cet objectif fut facilement atteint en sectionnant la flèche sableuse fossile et en construisant à travers la vasière de front de mer une série de sept étiers, équipés chacun d'un ouvrage de vannage au niveau de la flèche fossile.

Contre toute attente, ces aménagements n'ont permis qu'un contrôle éphémère du drainage du périmètre nouvellement étendu (1.500 ha) car, très rapidement, le fonctionnement des vannes fût entravé par des phénomènes alternatifs d'envasement et d'érosion. En fait, l'irrégularisation artificielle du front de mer avait perturbé profondément son équilibre morphodynamique, alors que le contexte hydrosédimentaire général était lui-même en train de changer.

Le surcreusement des chenaux de marée provoqué par la vidange des eaux excédentaires intervint, en effet, au moment où, comme à Kabak, la diminution des apports turbides à la côte diminuait les possibilités de recharge des vasières. Mais le recul très rapide du rivage de Koba (25 m/an entre 1978 et 1987, d'après la comparaison des photos aériennes) suggère que le creusement artificiel des chenaux de marée a accéléré le processus d'érosion, en favorisant une concentration particulière de l'énergie des vagues à leur droit. La dissipation relative de l'énergie autour des vasières intermédiaires expliquerait leur meilleure conservation dans le paysage et le tracé "en guirlande" qui singularise le rivage de Koba par rapport à celui des autres plaines de front de mer (Fig. 40, page suivante).

Les modalités originales du démaigrissement du front de mer de Koba avait abouti à l'automne 1987, date de notre dernier parcours complet du rivage, au dégagement des quatre exutoires compris entre Mankouran (ouvrage n°1) et Kindiadi (ouvrage n°4). A l'époque, cette disparition complète du schorre s'était soldée par une réactivation de la flèche exhumée en falaise ainsi que par l'exposition directe des ouvrages de vannage à la mer (1).

L'alternance saisonnière de la circulation hydrologique sur le précontinent empêchait toutefois de définir clairement la tendance évolutive de la morphogénèse.

En effet, en saison sèche, la dérive littorale dirigée vers le sud occasionnait d'importants transferts longitudinaux de sable dont une partie était piégée au droit des exutoires. La vanne de Mankouran a dû ainsi être condamnée, du fait de sa fossilisation sous des apports massifs et répétés de sable.

Mais le passage en hivernage à un régime de vagues d'incidence perpendiculaire au rivage et à énergie renforcée entraînait une remobilisation complète de ces accumulations sableuses permettant, ainsi, aux vagues de déferler au pied des ouvrages de vannage. Ce phénomène était, par ailleurs, entretenu par l'effet de chasse provoqué par l'ouverture des vannes et l'évacuation des eaux excédentaires. Tout cela compromettait gravement la longévité des étiers de Ganblan et de Lamodia qui, à la fin de chaque hivernage, menaçaient d'être déchaussés par des affouillements répétés.

Fin 1987, la construction d'une série d'épis végétaux pour défendre la vanne de Ganblan -d'intérêt vital pour le fonctionnement du polder- n'avait pas donné les résultats escomptés, et on pouvait légitimement se demander si la déstabilisation du rivage de Koba n'allait pas remettre en cause sinon la poldérisation de cette plaine, au moins l'option hydraulique qui avait été retenue.

Ce constat nous a conduit à envisager les stratégies qui seraient susceptibles d'infléchir l'évolution actuelle, et de rétablir un équilibre morphodynamique garantissant la sauvegarde du polder de Koba.

• *L'indispendable restauration de l'équilibre dynamique naturel*

La sauvegarde du polder de Koba suppose désormais une stabilisation de son trait de côte. Un renversement des conditions hydrosédimentaires qui ont présidé au démaigrissement du front de mer offrirait sans nul doute les meilleures garanties pour la restauration d'une vasière protectrice, en aval du rivage actuel. Malheureusement, il est encore trop tôt pour juger si la recrudescence des précipitations constatée ces dernières années et le retour corrélatif des bancs vaseux en avant de la plaine (RUE, 1989), vont se confirmer à moyen terme et permettre effectivement une recharge des vasières.

Force est donc de rechercher des stratégies qui s'affranchissent de la variable hydroclimatique, dont les fluctuations demeurent par trop aléatoires.

L'expérience de Kabak, où la construction d'une digue de front continue s'est avérée insuffisante pour freiner l'avancée de la mer,

(1) Cette situation est susceptible de s'être modifiée depuis cette date.

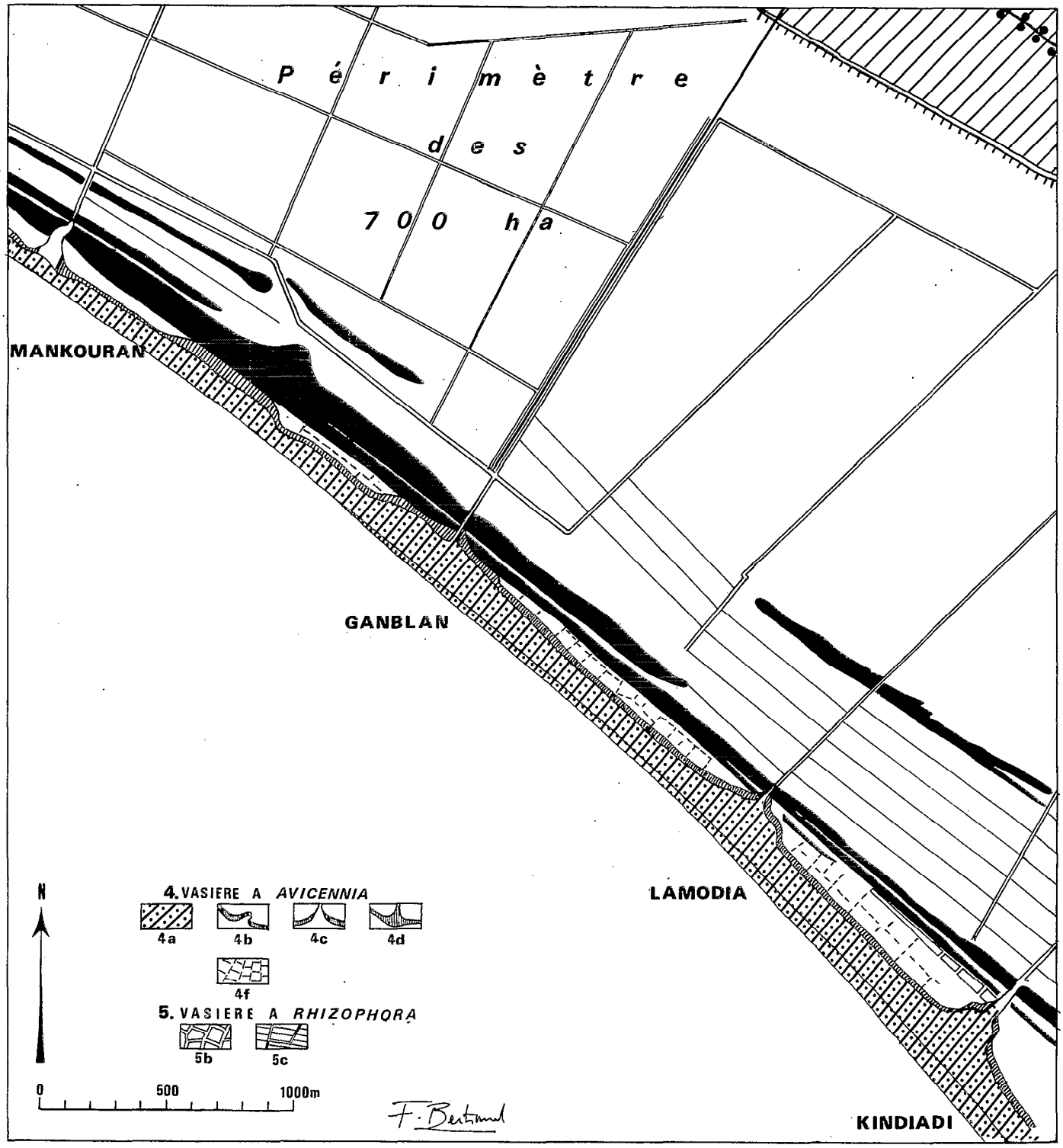


FIG. 40 :
DYNAMIQUE DU FRONT DE MER CENTRAL DE KOBA (1966-1987)
(d'après photos aériennes panchromatique HZ, mai 1987, n°231/232)

Extrait de la légende commune aux figures n°32, 40 et 42 :
4a. Front de mangrove érodé - 4b. Micro-falaise en recul - 4c. Etier menacé de déchaussement - 4d. Etier ensablé - 4f. Schorre à *Avicennia* converti puis abandonné - 5b. Casiers rizicoles (*bougounis*) - 5c. Polders rizicoles -

nous incite à penser qu'une défense des périmètres de front de mer par l'établissement d'ouvrages de protection sera toujours insuffisante en Guinée, si elle ne se double pas d'un soutien apporté aux processus naturels d'engraissement.

Une recharge artificielle de l'estran paraît difficilement envisageable, étant donnés la nature vaseuse du substrat et les équipements requis (dragues, véhicules de transports, ...) pour une telle entreprise. La solution qui semblerait la plus adaptée au milieu naturel serait en fin de compte la stabilisation des vasières par la régénération assistée de la mangrove. Cette formule est en cours d'expérimentation sur d'autres littoraux tropicaux, et, notamment sur la côte occidentale de la péninsule malaise où, combinée à des ouvrages de défenses classiques (brise-lame, digue de front), elle est destinée à protéger un aménagement rizicole de 100.000 ha (MUDA Irrigation Scheme) sur un tracé d'environ 100 km (Fig. 41, ci-dessous).

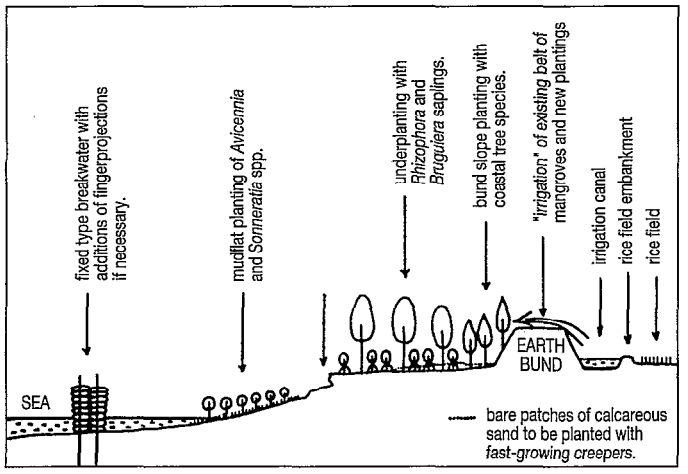


FIG. 41 : SCHÉMA DE DÉFENSE D'UN PÉRIMÈTRE RIZICOLE PAR COMBINAISON D'OUVRAGES DE PROTECTION ET RÉGÉNÉRATION ASSISTÉE DE LA MANGROVE

(d'après CHAN HUNG TUCK, 1985)

L'expérience du Bangladesh, qui bénéficie depuis 1966 du plus vaste programme de reboisement de mangrove au monde (56.000 ha plantés en 1984) destiné à temporiser les crues de mousson, peut davantage être citée en exemple, car les plantations semblent effectivement avoir contribué à la consolidation des dépôts. En outre, les techniques de reboisement y sont désormais bien connues (CHAUDHURY, 1989).

Les conditions d'une application de ces expériences à la côte ouest-africaine restent toutefois à préciser, car on sait que la foresterie sud-asiatique s'appuie sur un cortège d'espèces floristiques plus varié que celui de la mangrove atlantique, et que, par ailleurs, les conditions d'encadrement des populations ne sont pas les mêmes que sur le littoral des Rivières-du-Sud.

En outre, la justification socio-économique d'un tel programme de défense doit être démontrée. En Malaisie, la présence de 60.000 familles de riziculteurs et la généralisation d'une double récolte de riz expliquent l'effort financier consenti (les huit premiers kilomètres réalisés ont coûté environ 3 millions de U.S. dollars). Au Bangladesh, l'enjeu d'une protection contre les raz de marée et les crues dévastatrices concerne la survie de millions d'habitants. En Guinée, il faudrait pouvoir s'assurer que les plaines de front de mer sont véritablement les "greniers à riz" que d'aucuns ont cru reconnaître, mais dont l'émergence véritable a toujours été retardée, du fait de l'instabilité du milieu physique ou des encadrements politiques.

Tant que le prix de revient d'une défense artificielle des polders ne sera pas déterminé en fonction de la valeur économique et sociale de ces terres (ce qui, à notre connaissance n'a pas encore été fait), on peut se demander si la défense la plus adaptée n'est pas finalement celle que construit et entretient naturellement la mer en période de forte énergie, à savoir une flèche sableuse étirée suivant la direction de la dérive dominante.

Dans la partie médiane du rivage de Koba, l'engraissement de la flèche réactivée est entravé par l'ouverture des vannes qui, en créant un effet de chasse d'épi hydraulique, freine les transits sableux. Mais si l'on observe ce qui se passe en amont-dérive du polder où aucun obstacle ne vient perturber le transit sédimentaire, on s'aperçoit que la côte est remarquablement régularisée et que la crête de plage conserve une élévation toujours supérieure à la côte des pleines mers moyennes. Les casiers traditionnels présentent bien, ça et là, quelques signes de submersion mais la comparaison des couvertures aériennes montre que l'instabilité du rivage est beaucoup moins marquée qu'au droit du polder (Fig. 42, page suivante).

L'éloignement par rapport à l'embouchure de la Taboriya joue certainement un rôle dans l'amenuisement des transferts sableux vers le sud et l'irrégularisation progressive du rivage. Mais d'après l'étirement des flèches de mi-baie qui barrent en saison sèche les exutoires du polder, on est en droit de penser que la réactivation de la flèche dans sa partie médiane pourrait parfaitement relayer le pôle d'alimentation septentrional, et permettre ainsi une régularisation de l'ensemble du trait de côte. La réalimentation de la dérive en sédiments grossiers serait, selon nous, le plus sûr moyen d'endiguer le recul actuel du rivage car elle favoriserait un engraissement de la plage.

Si la restauration de l'équilibre dynamique naturel de la plage de Koba est sans doute l'option la plus adaptée à la défense du polder de Koba (c'est en tous cas la moins coûteuse), son application reste néanmoins subordonnée à l'abandon du système hydraulique actuel. Pour les raisons qui viennent d'être évoquées, on peut prévoir que cet abandon sera inévitable à brève échéance si le déficit sédimentaire qui a déterminé le recul de Koba depuis la fin des années 1970 perdure dans les années à venir. Malgré les menaces de dysfonctionnement qui se font de plus en plus pressantes, le principe du drainage frontal du polder n'a pas été encore véritablement remis en cause. Il semblerait pourtant prudent de déterminer, d'ores et déjà, des alternatives à cet aménagement.

Cette réflexion devrait déboucher naturellement sur la définition d'une stratégie globale pour l'aménagement des plaines de front de mer s'inspirant de la diversité des expériences guinéennes en la matière. La comparaison des premiers polders de Kabak, et des réalisations récentes de Kabak et de Koba montre très clairement que l'impact des interventions humaines sur l'évolution des fronts de mer est en rapport direct avec l'importance des perturbations occasionnées par ces aménagements.

La crise morphogénique à laquelle il faut aujourd'hui faire face à Koba, et à un degré moindre à Kabak, a été provoquée par une amplification locale des effets d'un déficit sédimentaire généralisé. La poldérisation de la zone d'oscillation historique du rivage et le blocage artificiel du transit littoral ont été les deux facteurs détermi-

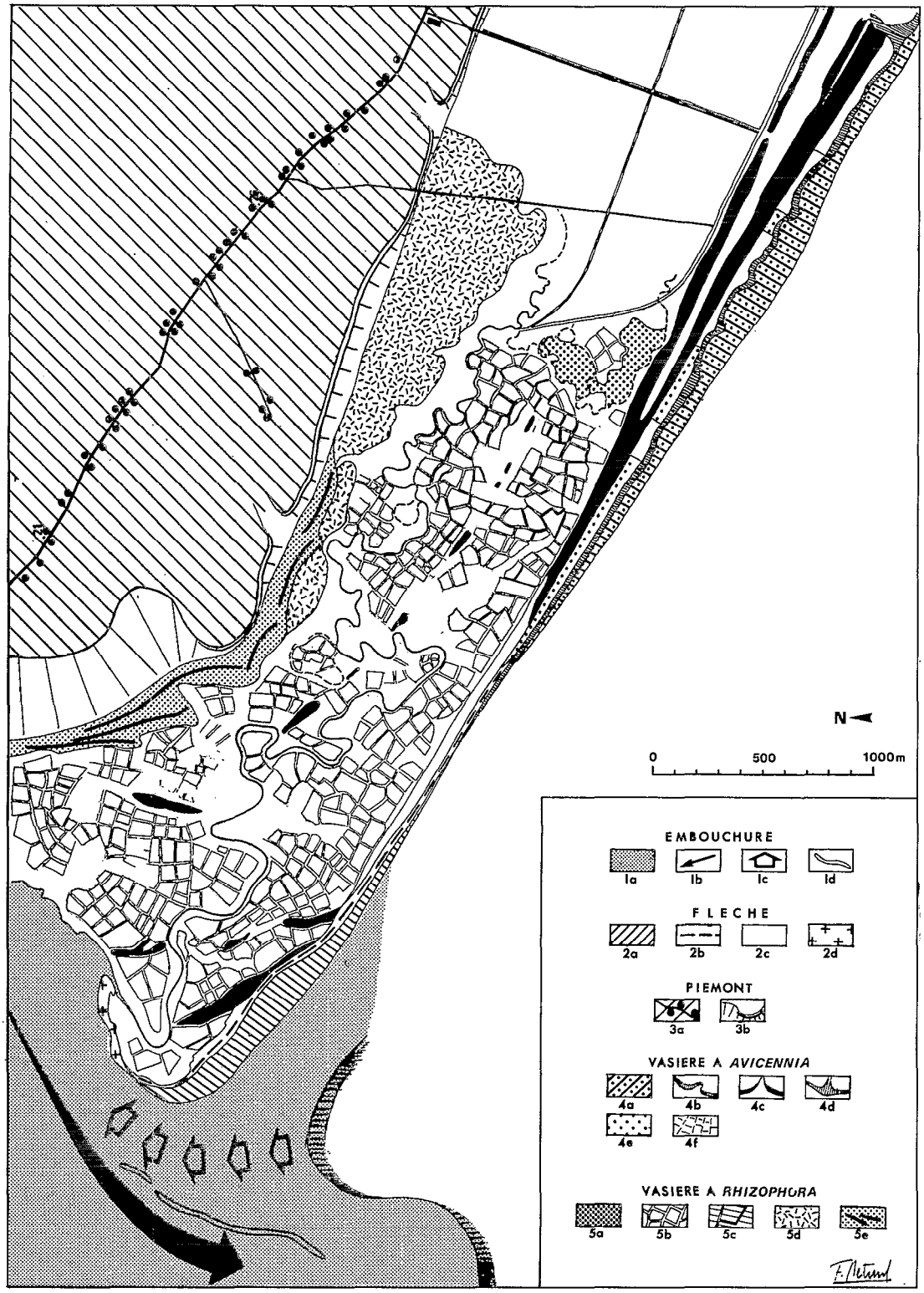


FIG. 42 :
DYNAMIQUE DU FRONT DE MER OCCIDENTAL DE KOBA

(d'après clichés HZ panchromatique n°281/282, mai 1987)

Extrait de la légende commune aux figures 32, 40 et 42 :

1a. Delta de marée - 1b. Goulet de marée - 1c. Chenal marginal de flot - 1d. Barre d'embouchure - 2a. Vasière érodée - 2b. Haut de plage sableux en recul - 2c. Revers de cordon en débordement - 2d. Poulier - 3a. Palmeraie-parc et villages-rue - 3b. Falaise morte plus ou moins abrupte - 4a. Front de mangrove érodé - 4b. Micro-falaise en recul rapide - 4e. Schorre à *Avicennia* - 5a. Peuplement relique de *Rhizophora* - 5b. Casiers rizicoles traditionnels - 5c. Polders rizicoles - 5d. Fourré de Raphiales - 5e. Vieux cordon fossile -

nants. La stabilisation morphogénique de ces fronts de mer ne peut être envisagée, en toute rigueur, que si l'on détermine des lignes de repli dans la partie interne des plaines et qu'on rétablisse les directions naturelles d'écoulement.

Le respect indispensable des orientations du réseau hydrographique nous paraît être, en définitive, l'enseignement principal des expériences guinéennes en matière de conversion agricole des mangroves. Le régime d'inondation peut être modifié sans occasionner de perturbation de l'équilibre morphodynamique s'il s'accompagne d'une maîtrise hydraulique réelle, et ce, indépendamment du niveau de technicité des aménagements (casiers, marais d'eau douce, polders). Son contrôle peut même, dans certains cas, corriger des déséquilibres sédimentaires préjudiciables à la conversion rizicole (surcharge des marais d'eau douce). En revanche, l'expérience prouve que la modification du sens des écoulements déclenche toujours une déstabilisation du substrat dont l'évolution devient incontrôlable à un coût acceptable.

C'est la raison pour laquelle l'intensification de l'expoitation forestière ou des formes de riziculture traditionelle sont beaucoup moins à redouter du point de vue de leur impact sur l'environnement morphodynamique que les nombreux projets actuels de réhabilitation dont les options hydrauliques devront être soigneusement contrôlées, si l'on ne veut pas gaspiller les ressources en terres des mangroves guinéennes.

CONCLUSION

L'analyse détaillée des processus morphodynamiques qui gouvernent l'évolution des vasières à mangrove met en évidence les interactions complexes et variées entre les différents paramètres de fonctionnement de l'écosystème mangrove sur le littoral guinéen.

Les transferts sédimentaires alimentant la recharge des vasières sont d'autant plus complexes et irréguliers que les transferts longitudinaux générés par les courants dérivés des vagues à la côte sont importants par rapport aux transferts transversaux de type estuarien. La dynamique des peuplements de mangrove apparaît, par conséquent, de plus en plus instable à mesure que l'on s'éloigne du débouché des fleuves et que ces peuplements sont exposés directement au déferlement des vagues.

Dans ces conditions, les peuplements de bord de rive et les peuplements associés aux plaines à cheniers peuvent être situés respectivement aux deux extrêmes de l'échelle de stabilité dynamique des peuplements.

Le degré de stabilité morphodynamique des vasières détermine, dans une large mesure, l'intensité de la perturbation de leur équilibre par les aménagements. Aussi bien, et contrairement à ce que peut suggérer ses effets parfois spectaculaires sur le paysage végétal, l'exploitation forestière des rives d'estuaire ne perturbe pas véritablement l'équilibre dynamique des vasières qui profitent d'approvisionnements à la fois substantiels et réguliers en sédiments.

L'impact des aménagements rizicoles traditionnels doit également être minimisé car la riziculture traditionnelle privilégie des vasières consolidées et soustraites aux courants fluvio-marins. Leur faible impact sur la dynamique sédimentaire est, du reste, confirmé par leur incapacité à s'affranchir des contraintes d'envasement lorsqu'ils s'étendent dans des zones littorales plus instables. Ils ne peuvent avoir de légère incidence qu'à partir du moment où ils ne sont plus entretenus, la levée des contrôles hydrauliques étant susceptible d'activer localement la morphogénèse (surdrainage).

Les conversions de la mangrove ne perturbent véritablement l'équilibre morphodynamique des vasières que lorsque celui-ci est déjà naturellement très instable, autrement dit, dans les plaines à cheniers de front de mer sujettes à des déplacements de lignes de rivage de grande amplitude. Ce faisant, les aménagements les plus menaçants sont ceux qui perturbent les transferts longitudinaux présidant à l'évolution de ces lignes de rivages.

Au total, si l'on essaye de situer le point d'impact des aménagements littoraux dans la dynamique d'ensemble des mangroves guinéennes, on s'aperçoit que l'intervention de l'homme se situe bien plus au niveau des écoulements qu'à celui du couvert végétal. Ce phénomène est d'autant plus pernicieux que, contrairement à la dégradation du couvert végétal qui se lit instantanément dans le paysage, les effets d'une perturbation artificielle des écoulements sont très généralement différés par rapport à son déclenchement (phénomène d'inertie).

On concluera que le suivi écologique des mangroves guinéennes demande une vigilance particulière en raison, non pas tant de la pression biotique sur les peuplements, qui semble pour le moment raisonnable, mais plutôt des risques d'amplification de l'instabilité du substrat par les aménagements hydro-agricoles futurs.

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

La recherche des fondements d'une classification des mangroves de Guinée a permis de mettre en évidence plusieurs critères pertinents au plan taxinomique.

La difficulté de classer ces paysages provient d'abord de la multiplicité des critères retenus car il est apparu nécessaire de tenir compte aussi bien de la physionomie que de l'évolution dynamique de ces paysages végétaux où l'influence déjà ancienne des prélèvements de bois et des conversions rizicoles tend de surcroît à s'étendre de nos jours. Mais la complication réside surtout dans le fait que les phénomènes que l'on a voulu prendre en considération se produisent à des échelles très différentes.

Si la distribution des formations végétales et des terroirs rizicoles répond directement aux modalités de l'inondation fluvio-marine, il faut rappeler que la propagation de l'onde de marée dépend indirectement des débits liquides et solides au sein des bassins-versants. Hors, ces derniers présentent, d'une part, des dimensions très variables en liaison avec le compartimentage morpho-structural et, d'autre part, des évolutions morphogéniques contrastées du fait notamment de la forte dégradation anthropique des formations végétales continentales. Les conditions stationnelles de développement de la mangrove sont donc beaucoup plus variées que ne le laisse supposer simplement la position des peuplements végétaux ou des terroirs dans la séquence topographique classique slikke/schorre.

Par ailleurs, l'analyse des paramètres de fonctionnement a révélé que le climat, facteur zonal par excellence, exercait à son tour une influence déterminante sur la dynamique des peuplements par le truchement des variations de débit des rivières. Ces suggestions demeurent néanmoins tributaires de la taille et la couverture végétale des bassins-versants si bien que les unités de paysages peuvent également se différencier d'après leur sensibilité aux fluctuations hydroclimatiques.

Au total, vouloir classer les mangroves de Guinée peut sembler relever de la gageure tant les paramètres de fonctionnement qui président à leur destinée paraissent se combiner selon des interactions multiformes.

Compte tenu des limites rencontrées par cette démarche inductive, il a semblé préférable de procéder pour ainsi dire à rebrousse-poil en s'attachant *in fine* à classer les mangroves, non plus directement à partir d'indices observables, mais d'après l'origine de leur mobilité stationnelle.

En déterminant d'une part, l'origine des apports en sédiments et en eau douce (lointaine ou locale) et, d'autre part, l'agent dynamique déterminant (courants fluviaux ou de marée, dérive littorale), il est possible de ranger les mangroves de Guinée conjointement selon le type d'unité de paysage dont elle relèvent (front de mer, rive d'estuaire, vasière interne, marais, terrasse) et selon le type d'ensemble phyto-morphologique auquel elles appartiennent (rias, deltas, plaines à cheniers).

Les processus morphogéniques qui président au premier chef à l'évolution des mangroves guinéennes se trouvent ainsi démêlés sous le double éclairage du régime d'inondation (échelle locale) et des conditions d'approvisionnement en sédiments et en eau douce (échelle régionale).

Le tableau ci-contre classe les paysages de mangrove suivant ces deux niveaux scalaires. Les taxons mentionnés à plusieurs reprises, comme les forêts de *Rhizophora,* sont ceux qui, en raison de leur caractère ubiquiste, présentent des évolutions les plus contrastées. L'affirmation de ces contrastes facilite, en général, la discrimination et l'interprétation de ce type de paysage.

Les taxons qui apparaissent subordonnés aussi bien à un site qu'à un environnement terrigène particulier, telles les rizières ouvertes cantonnées aux rias, sont également susceptibles d'afficher des dynamiques variées. Mais faute de pouvoir corréler directement les processus morphogéniques qui gouvernent leur destinée à leurs conditions de submersion ou d'alimentation en sédiments et en eau douce, leur différenciation taxinomique est plus délicate et nécessite bien souvent une analyse spécifique. C'est ainsi qu'une classification des différents polders de Guinée ne saurait se concevoir sans tenir compte des aménagements hydro-agricoles très complexes qui diversifient leurs conditions de fonctionnement.

En ce sens, notre recherche des fondements d'une classification des mangroves de Guinée espère être parvenue à définir des critères de discrimination pertinents pour l'ensemble des paysages sans pour autant occulter, chaque fois que cela s'est avéré utile, certains de leurs aspects irréductibles.

Suivant la typologie des mangroves ainsi proposée, il est alors possible de mesurer la contribution des données de télédétection à une classification de ces paysages.

ENSEMBLE PHYTO MORPHOLOGIQUE $10^1 \Rightarrow 10^2$ km^2	UNITÉS DE PAYSAGE VÉGÉTALES ET AGROÉCOLOGIQUES $10^{-2} \Rightarrow 10^1$ km^2			
	FRONT DE MER	**RIVE D'ESTUAIRE**	**VASIÈRE INTERNE**	**DOMAINE SUPRATIDAL**
RIAS		• Forêt de *Rhizophora* • *idem* exploitée • Forêt mixte • Fourré de *Rhizophora* • *idem* exploitée • *idem* pionnier • Fourré d'*Avicennia* --- • Rizières de bourrelet	• Fourré de *Rhizophora* • Fourré d'*Avicennia* • *idem* secondaire --- • Rizières ouvertes ± cultivées	• Forêt marécageuse • Fourré à Raphiales --- • Rizières de décrue ± cultivées
DELTAS FONCTIONNELS	• Forêt d'*Avicennia* • Fourré d'*Avicennia*	• Forêt de *Rhizophora* • *idem* exploitée • *idem* dépérissante • Fourré de *Rhizophora* --- • Casiers de slikke ± cultivés	• Fourré de *Rhizophora* • Fourré d'*Avicennia* • Pelouse à halophites • Tanne nu --- • Casiers de schorre ± cultivés	• Palmeraies à *Elaeis* • Prairie graminéenne
DELTAS FOSSILES	• Forêt d'*Avicennia*	• Forêt de *Rhizophora* • Fourré de *Rhizophora* • Fourré d'*Avicennia* • Fourré de *Laguncularia*	• Fourré d'*Avicennia* • Pelouse à halophytes • Prairie à Cypéracées • Tanne nu • Cuvette nue --- • Casiers ± cultivés	• Palmeraies à *Elaeis* • Prairie marécageuse --- • Rizières "sèches"
PLAINES À CHENIERS	• Slikke en progradation • Slikke en recul • Banquette de schorre • Fourré submergé • Pelouse submergée • Forêt d'*Avicennia* dépérissante --- • Casiers abandonnés	• Forêt d'*Avicennia* • Fourré d'*Avicennia* • Pelouse à halophytes --- • Casiers ± cultivés • Polders ± cultivés	• Fourré d'*Avicennia* • Pelouse à halophites • Prairie à Cypéracées • Tanne nu --- • Casiers ± cultivés • Polders ± cultivés	• Palmeraies à *Elaeis* • Prairie graminéenne • Fourré à Raphiales • Prairie marécageuse --- • Rizières "sèches" ± cultivées • Rizières de décrue ± cultivées
PLAINES DE RIDES DE PLAGE		• Fourré de *Rhizophora*	• Fourré d'*Avicennia* • Pelouse à halophytes • Prairie à Cypéracées • Tanne nu --- • Casiers ± cultivés	• Prairie pionnière • Fourré littoral • Savane à palmiers • Palmeraie dense --- • Rizières "sèches"

TABLEAU N°10 :
TYPOLOGIE DES UNITÉS DE PAYSAGE IDENTIFIÉES PAR PHOTO-INTERPRÉTATION DES IMAGES AÉRIENNES

Seconde partie

L'APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION A HAUTE RÉSOLUTION POUR LA CLASSIFICATION DES MANGROVES DE GUINÉE

INTRODUCTION : OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

• *Le choix des données*

L'utilisation des données satellitaires à haute résolution pour l'inventaire cartographique des mangroves guinéennes a été motivée par le caractère à la fois synoptique et spatialement détaillé de l'information transmise par le satellite SPOT.

Le champ de détection d'une scène SPOT (60 km x 60 km) a permis de couvrir l'ensemble de la plaine côtière guinéenne avec seulement sept images, dont le choix fût toutefois assez limité en raison de l'importance du couvert nuageux dans la région. Cinq de ces scènes se disposent en échelon le long du tracé N.W./S. E. du littoral et privent par conséquent l'utilisateur de l'information potentielle (stéréoscopie, étude diachronique) liée au recouvrement latéral des champs de détection (Fig. 57, en annexe).

Les scènes 30-330 (delta du Konkouré) et 31-331 (Kakossa-Kabak) qui s'inscrivaient dans le prolongement latitudinal des scènes 29-330 et 30-331 étaient *a priori* mieux renseignées à cet égard. Malheureusement, l'angle de visée de la scène 29-330 utilisée est désaxé vers l'ouest (4° 9 W), si bien que son champ de détection est disjoint avec celui de la scène 30-331 voisine, dont la vue est verticale. En définitive, seules les images acquises sur Conakry (30-331) et Kakossa-Kabak (31-331) présentent un recouvrement suffisant -une dizaine de kilomètres- pour permettre d'esquisser une étude multitemporelle des signatures spectrales.

Il était, par ailleurs, intéressant de solliciter l'outil SPOT dans la mesure où sa résolution de 20 m permet la production de documents cartographiques bien renseignés sur les mangroves à des échelles moyennes comprises entre le 1/50.000 et le 1/100.000 (BLASCO, 1983). La visualisation des données et la restitution des informations se sont effectuées au 1/100.000 pour satisfaire des exigences à la fois scientifiques et pratiques.

Au plan scientifique, le choix de cette échelle permettait de comparer les signatures multibandes SPOT avec les signatures unibandes (mode panchromatique) délivrées en 1979 par la couverture aérienne J.I.C.A. au 1/100.000 et de mesurer, ainsi, l'apport effectif des données multispectrales.

Au plan pratique, la restitution des informations au 1/100.000 présentait l'avantage de délivrer véritablement une vision globale de la plaine côtière, ce qui aurait été impossible au 1/50.000.

Enfin, le choix des données multibandes XS SPOT a été motivé par la disponibilité d'une couverture photographique en mode infrarouge couleur (IRC) au 1/20.000, dont le recouvrement spectral (λ0,50 - λ0,90 nm) correspond exactement à celui du capteur HRV (Haute Résolution Visible) de SPOT 1 (λ 0,50 - λ 0,59 nm, λ 0,61 - λ 0,68 nm, λ 0,79 - λ 0,89 nm). Il était particulièrement intéressant de disposer ainsi de deux types de données dont l'homologie des recouvrements spectraux fonde la complémentarité sur leurs qualités respectives de résolution spatiale (20 m pour SPOT, 0,5 m pour les photos IRC au 1/20.000).

• *Le choix des traitements de données*

Compte tenu des moyens requis pour procéder à l'amélioration de la totalité des images du littoral, et grâce à la relative abondance des données de référence, notre cartographie repose fondamentalement sur l'interprétation analogique des compositions colorées classiques (obtenues aprés linéarisation automatique des différents canaux et synthèse additive des couleurs). Ces images ont été assemblées selon le fond topographique IGN réduit au 1/100.000.

En outre, les données numériques d'une de ces images ont fait l'objet d'un traitement informatique auquel nous réserverons un développement particulier (Chapitre 5).

Il est bien évident que la classification des données satellitaires aurait été rigoureusement impossible en l'absence de données photographiques complémentaires, et, surtout, de nombreuses missions de terrain qui ont permis de résoudre les convergences spectrales de paysages différents ou les divergences spectrales de paysages similaires.

A l'exception des deux scènes 31-331 et 31-332 acquises à la même date, les contraintes atmosphériques nous ont obligé à choisir des enregistrements répartis sur trois saisons sèches (décembre-avril) consécutives. Le caractère synoptique de l'information se limite donc au champ de détection de chaque scène dans la mesure où il est encore impossible de disposer d'une réelle homogénéité de mesure sur l'ensemble de la plaine côtière guinéenne. Aucun traitement n'aurait pu s'affranchir de cette contrainte inhérente à l'absence de simultanéité des enregistrements disponibles.

La variation des surfaces aquatiques et terrestres suivant les scènes et l'espacement des dates d'acquisition des données font que les signatures multibandes des mangroves guinéennes varient considérablement d'une image à l'autre. La généralisation des interprétations est rendue extrêmement délicate.

Il nous a, donc, paru plus profitable de rechercher la signification locale des signatures spectrales en essayant de hiérarchiser les phénomènes qui déterminent la variation de l'énergie réfléchie par les différents types de couverts végétaux. Nous avons, ainsi, souscrit à l'opinion de F. VERGER, selon laquelle "le maillon central de la télédétection se situe dans la connaissance de la relation entre la mesure du capteur d'une part et la nature de l'objet détecté d'autre part" (GUYOT, 1989).

Compte tenu des propriétés optiques particulières des couverts forestiers, par rapport aux couverts herbacés associés aux zones de conversion, nous étudierons successivement les signatures spectrales de ces deux domaines, en prêtant attention aussi bien aux mesures de réflectance, (signatures radiométriques) qu'aux relations topologiques entre les éléments d'images (signatures morphologiques).

Mais l'apport de la télédétection ne doit pas se limiter pour autant à la discrimination des faciès végétaux. Il serait dommage de ne pas profiter de la vue synoptique de l'environnement côtier, offerte par les données satellitaires pour tenter de corréler le statut écologique des mangroves avec l'évolution des domaines encadrants. Sur ce point, les images SPOT sont susceptibles d'apporter des informations intéressantes, d'une part, sur les systèmes morphogéniques des bassins-versants, dont nous avons vu le rôle décisif sur l'approvisionnement du stock sédimentaire littoral et, d'autre part, sur le domaine infratidal proche où se produit la redistribution latérale des sédiments.

Dans cette perspective et dans les limites imposées par leurs qualités spectrales et spatiales, les données XS SPOT paraissent en mesure d'apporter une contribution particulière à la connaissance géographique des mangroves guinéennes, en plus des données aéroportées et des données de terrain.

Chapitre 4

L'APPORT DE L'INTERPRÉTATION ANALOGIQUE DES COMPOSITIONS COLORÉES CLASSIQUES (FCC)

4. 1.
LES SIGNATURES MULTIBANDES DE LA MANGROVE BOISÉE

4. 1. 1.
L'INTERFÉRENCE DE L'EAU ET DE LA VÉGÉTATION DANS LE CHAMP OPTIQUE

• *L'interférence des propriétés optiques*

La difficulté majeure de la télédétection de la mangrove réside dans l'imbrication des éléments qui composent ses surfaces, en particulier, l'eau et la végétation. Le recouvrement périodique de la végétation par l'eau n'est certes pas une exclusivité des milieux forestiers littoraux car il affecte aussi bien les zones inondables continentales. Mais, les modalités spécifiques de l'inondation fluvio-marine infléchissent de façon particulière les signatures spectrales de la mangrove.

Par rapport à l'inondation d'un lit fluvial, l'inondation fluvio-marine se distingue par une variabilité plus marquée. Variabilité dans l'espace, puisque le flux est canalisé par un réseau hydrographique beaucoup plus ramifié que celui des plaines alluviales, variabilité dans le temps, car les rythmes de l'inondation fluvio-marine sont plus rapides et moins synchronisés que ceux de l'inondation fluviale.

S'il est possible de déterminer le spectre de réflectance (1) d'un peuplement donné de mangrove selon son niveau de recouvrement par la marée, les modalités de pénétration de l'onde de marée empêcheraient d'en généraliser la portée à l'ensemble d'une image. On conviendra donc que l'expression radiométrique des mangroves est subordonnée aux conditions stationnelles de submersion au moment du passage du satellite.

Mais les surfaces en eau et la végétation ont des propriétés optiques différentes dans les deux grands domaines spectraux que sont, d'une part, le visible (λ 400-700 nm), couvert en majeure partie par les canaux XS 1 (λ 500-590 nm) et XS 2 (λ 610-680 nm) du capteur HRV et, d'autre part, le proche infrarouge centré dans la bande spectrale du canal XS 3 (λ 790-890 nm).

Dans le visible, la végétation a une faible réflectance, car la majeure partie du rayonnement est absorbée par les pigments foliaires, tandis que les surfaces en eau réfléchissent davantage la lumière, surtout lorsque, comme c'est le cas ici, les substances dissoutes (phytoplancton, matière organique) ou en suspension (particules minérales) sont importantes. Mais les sols secs (cordons et terrasses sableuses, tannes nus) étant également très réfléchissants, le tracé des rivages fluvio-marins est parfois délicat à situer dans cette longueur d'onde.

Inversement, dans le proche infrarouge, l'essentiel du rayonnement reçu par la végétation est réfléchi, alors que quelques centimètres de recouvrement en eau suffisent, au contraire, à absorber tout le rayonnement solaire. L'identification des étendues inondées (tannes inondés, cuvettes submergées) y est plus facile que celle des surfaces exondées.

Les propriétés optiques contradictoires de l'eau et de la végétation dans les domaines spectraux étudiés déterminent les signatures radiométriques des peuplements. Toutes choses égales par ailleurs, l'effet de l'eau de surface contrecarre celui de la végétation de mangrove dans le visible, en "nivelant" les valeurs radiométriques des différents niveaux d'inondation, mais il renforce, au contraire, les contrastes de la végétation dans le proche infrarouge en soulignant, notamment, les discontinuités du couvert.

Dans ces conditions, la discrimination de la végétation par les données multibandes va dépendre, dans une large mesure de l'étalement des valeurs dans les deux domaines spectraux respectifs en fonction de l'occurrence des surfaces en eau sur l'ensemble de la scène.

Parmi les sept compositions colorées étudiées, celle qui couvre le secteur du Kapatchez (K, J 28-329) présente les signatures radiométriques les plus variées. Il s'agit d'un enregistrement précoce par rapport à la saison sèche puisqu'il a été réalisé au milieu du mois de décembre, quand la décrue des eaux pluviales d'hivernage n'est pas encore terminée. La diversité des informations semble provenir d'un étalement particulier des valeurs sur le canal XS 3 (intervalle de variation [16-58] nettement plus large que ceux des autres images).

Les images des environs de Conakry (K, J 30-331) et des îles Kakossa et Kabak (K, J 31-331), qui présentent une qualité comparable à l'image du Kapatchez, ont été enregistrées en mars-avril, c'est-à-dire à une période relativement avancée de la saison sèche, alors que les formations d'arrière-mangrove et les rizières sont largement exondées. Il n'est pas étonnant qu'il s'agisse des deux scènes présentant le plus large étalement de dynamique sur le canal XS 1 ([20-60] et [24-97]).

Si, comparativement à ces trois scènes, les autres images dont nous disposions nous sont apparues moins renseignées, c'est probablement parce qu'elles ont été acquises au cours d'une période intermédiaire, durant laquelle la végétation ne bénéficiait plus de la "stimulation spectrale" de l'eau dans le proche infrarouge (XS 3), et pas encore de celle de l'exondation des sols dans le visible (XS 1).

En définitive, si l'expression radiométrique des peuplements de mangrove est, comme nous le pensons, subordonnée aux conditions stationnelles de submersion, il faut également noter que la capacité des données multispectrales pour discriminer les paysages de la mangrove dépend de l'affirmation saisonnière des conditions hydrologiques.

(1) La réflectance correspond au rapport entre l'énergie incidente du rayonnement solaire et l'énergie renvoyée (luminance, L) vers le satellite. Inversement, l'absorptance désigne le rapport entre l'énergie incidente et l'énergie absorbée.

• *Le rôle déterminant des superficies respectives*

L'imbrication de l'eau et de la végétation s'observe en fait à toutes les échelles de l'écosystème mangrove, depuis les grands ensembles phyto-morphologiques de la plaine côtière (deltas, rias, plaines à cheniers) jusqu'au casier rizicole de quelques ares. Ceci pose le problème de la variabilité de la réponse spectrale de la végétation en fonction de l'étendue de la surface visée.

Il a été clairement mis en évidence que la diminution de la superficie des éléments de surface s'accompagnait d'une augmentation de la variabilité locale de la réflectance. Cela signifie pratiquement, et à titre d'exemple, que les formations herbacées apparaissant sous forme de clairière au sein d'un couvert de palétuviers sont susceptibles d'avoir des réflectances différentes, suivant leur superficie relative par rapport à la forêt environnante. Ce phénomène se produit souvent, étant donné l'émiettement des faciès écologiques de la mangrove.

A l'instar de toutes les surfaces naturelles, il existe une dimension minimale de la surface visée telle que l'on ait un échantillon représentatif de la surface étudiée. A défaut de pouvoir établir ces seuils pour chacune des surfaces, et de déterminer la limite de détectabilité des paysages de mangrove, on est contraint de regrouper en une seule classe les états de surface dotés d'une très forte variabilité locale de réflectance. C'est le cas de nombreuses zones de conversion rizicole ainsi que de zones boisées dont les peuplements sont mités par l'exploitation forestière.

Enfin, il faut rappeler que les réflectances de l'eau et de la végétation peuvent interférer jusque dans le champ de la mesure élémentaire correspondant à la limite de résolution du capteur HRV. La mesure intègre alors la luminance de ces deux surfaces en fonction de leurs superficies à l'intérieur du pixel. A ce niveau de détection, l'expression radiométrique de la mangrove est donc tributaire des mêmes facteurs externes (régime de submersion stationnel et saisonnier) que l'ensemble du champ de détection du capteur.

L'interférence des deux surfaces fondamentales que constituent l'eau et la végétation dans la détermination des signatures spectrales de la mangrove présente des implications taxinomiques. Quelles que soient les methodes utilisées pour classer les données numériques, la définition des catégories de paysages végétaux appelle implicitement l'énoncé de relations entre la végétation et le régime hydrologique. Dans le cas de la mangrove boisée, il s'agira de dégager les conditions prévalentes de submersion, dans celui des zones de conversion, les conditions de drainage.

Ces précisions supposent une appréciation préalable des contributions respectives de la phytomasse et de l'activité chlorophyllienne dans la détermination des signatures spectrales des couverts végétaux.

4.1.2. L'EFFET DE LA STRUCTURE ET DE LA DYNAMIQUE DU COUVERT : RAPPEL DE NOTIONS GÉNÉRALES

• *Le taux de couverture du sol par la végétation*

L'étendue des différentes surfaces exposées au rayonnement solaire traduit directement le taux de couverture du sol par la végétation. Celui-ci se définit par un indice foliaire -L.A.I. (*leaf area index*)- correspondant très exactement à la surface des feuilles par unité de surface. On admettra facilement que le spectre de réflectance des feuilles de palétuviers remplace progressivement celui des sols à mesure que l'indice foliaire augmente. Des mesures radiométriques de terrain ont montré que les contrastes de réflectance entre des formations arborescentes et herbacées exprimaient également une différence liée à l'indice foliaire (EVERITT & JUDD, 1989). On notera toutefois que l'évolution de la réflectance en fonction de l'indice foliaire varie selon les domaines spectraux (Fig. 43, ci-dessous).

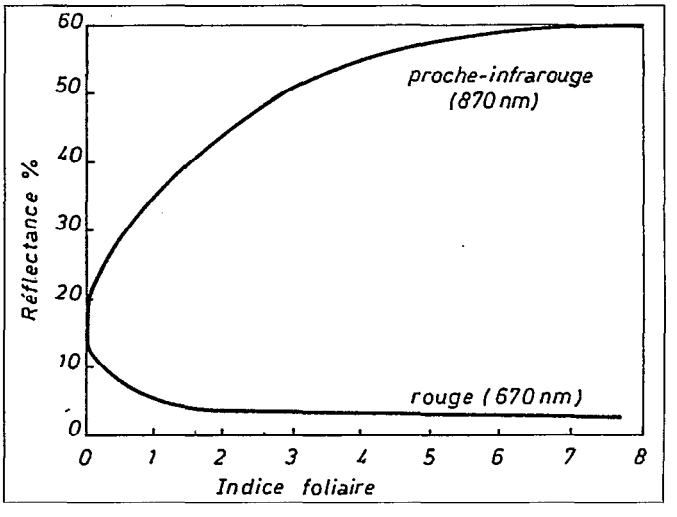


FIG. 43 : ÉVOLUTION DU SPECTRE DE RÉFLECTANCE D'UN COUVERT VÉGÉTAL EN FONCTION DE L'INDICE FOLIAIRE

(d'après GUYOT, 1989)

Compte tenu de la forte absorptance des feuilles dans le visible, le niveau de saturation des valeurs radiométriques y est atteint beaucoup plus rapidement que dans le proche infrarouge où les feuilles ont une forte transmittance (rapport de la puissance transmise à la puissance reçue). Cela signifie que l'indice foliaire de la mangrove arborée est spectralement mieux gradué par les mesures effectuées dans le proche infrarouge que dans le visible.

Cette différence d'expression radiométrique de l'indice foliaire est particulièrement sensible dans le cas des peuplements hauts à *Rhizophora* des rives d'estuaire dont les signatures multibandes sont beaucoup mieux renseignées que les signatures unibandes des photographies en mode panchromatique.

C'est ainsi qu'il est possible de détecter sur les compositions colorées SPOT, aussi bien que sur les photographies IRC, les boisements en cours d'exploitation, car le mitage des peuplements entraîne toujours une baisse notable de réflectance du fait de la diminution de l'indice foliaire. Cette baisse de réflectance se double, en général, d'une modification de la signature morphologique qui devient cribriforme en raison du mode d'exploitation par placettes dispersées.

Au total, la relation entre la mesure du capteur HRV dans le proche infrarouge et l'indice foliaire de la mangrove boisée parait suffisamment cernée pour servir une classification des peuplements selon leur taux de couverture du sol.

• *Le tanne vif ou "l'effet sol" maximum*

La détection des zones sursalées a très tôt attiré l'attention des chercheurs en télédétection (TECASEN, 1983 ; BERANGER, 1984), dans la mesure où la signature de cette forme spectaculaire de la dégradation du couvert végétal tranche nettement avec celle des formations ligneuses.

L'absence de végétation permet l'expression directe des propriétés optiques des sols des tannes vifs dont le spectre de réflectance, à l'instar de celui des limons sableux, croît très généralement en fonction de la longueur d'onde. Le contraste de réflectance entre les tannes vifs et les formations ligneuses semble d'autant plus marqué en Guinée que leur caractère franchement argileux leur confère une rugosité relativement faible, ce qui, toutes choses égales d'ailleurs, augmente leur réflectance par rapport à des tannes sableux.

Comme vient de le confirmer une étude radiométrique des zones nues littorales du Texas (EVERITT & JUDD, 1989), l'humidité est le facteur essentiel de la variation de réflectance des tannes. On notera à ce sujet que l'information des différents domaines spectraux est sensiblement équivalente car, comme l'indique la figure n° 44 ci-après, les courbes de réflectance en fonction de l'humidité se déforment pratiquement par simple homothétie (GUYOT, 1989). De fait, les signatures multibandes des tannes vifs sont très voisines des signatures unibandes dans le visible (mode panchromatique) ou des signatures dans le visible et le proche infrarouge spectralement integré (infrarouge couleur).

Il semble donc que l'étude des tannes doive plutôt privilégier l'examen de leurs signatures morphologiques définies par les relations topologiques entre les différents pixels (VERGER, 1989). A cet égard, l'analyse de l'ensemble des compositions colorées révèle que les tannes vifs ont rarement des signatures aréales uniformes. Seuls les tannes de Dangara, de Kakossa et, surtout du Kapatchez, présentent des états de surfaces suffisamment homogènes et étendus pour être cartographiés en tant que tels.

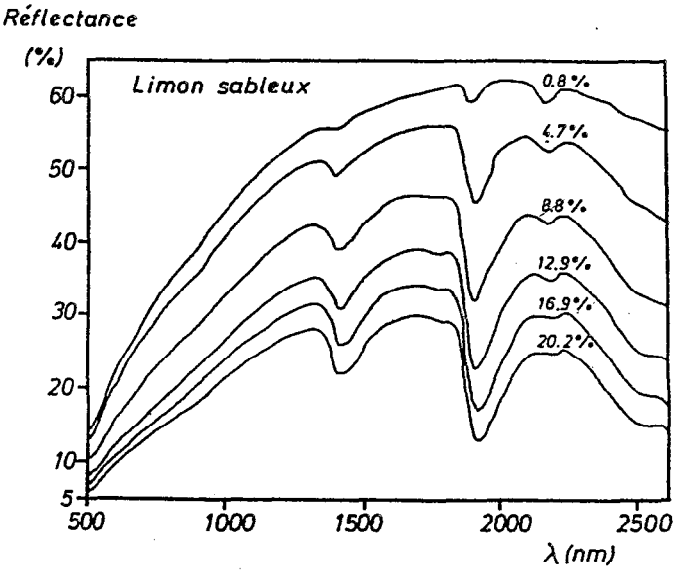


FIG. 44 :
ÉVOLUTION DU SPECTRE DE RÉFLECTANCE D'UN LIMON SABLEUX EN FONCTION DE SON HUMIDITÉ
(d'après BOWERS & BANKS, 1965)

Il s'agit, là, des principaux secteurs où la dégradation de la mangrove procède d'une perturbation exclusivement naturelle des écoulements liée à une surcharge sédimentaire prononcée. Leurs signatures uniformes les distinguent par exemple des tannes de l'île de Dibi ou de Koba également étendus mais où le carroyage de la surface (casiers reconvertis en salines) signale une contribution active des aménagements salicoles dans le processus de dépérissement de la mangrove.

Les tannes vifs guinéens présentent, dans leur majorité, des signatures morphologiques relativement complexes, car l'intensité de leur submersion par les eaux estuariennes varie sensiblement d'un point à un autre. Certaines signatures curvilignes ou auréolaires traduisent des niveaux de recouvrement nettement différenciés sur le terrain. Mais les niveaux d'inondation ont rarement une expression topographique bien affirmée (cf. § 1.3.1), si bien que les signatures morphologiques des tannes s'inscrivent très souvent dans une évolution progressive ou régressive reflètant une modification graduelle du couvert végétal et du substrat (Fig. 45, ci-dessous).

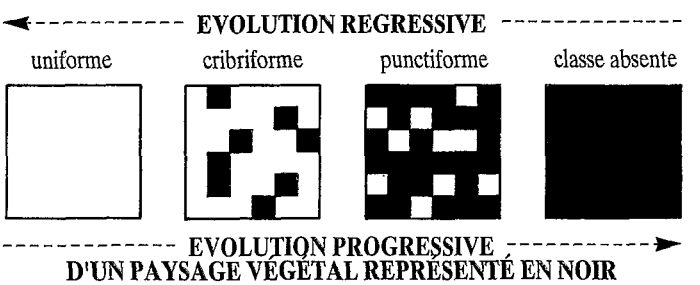


FIG. 45 :
SIGNATURES MORPHOLOGIQUES DES TANNES
(d'après VERGER, 1989 ; adapté)

Suivant l'évolution régressive du couvert végétal, les tannes présenteront d'abord une signature punctiforme liée à leur apparition sous forme de taches isolées de forte réflectance. L'extension et la coalescence des zones nues leur confèrent ensuite une signature cribriforme, puis uniforme dès lors que la végétation a totalement disparu. Les signatures morphologiques des tannes reflètent ainsi très directement le degré de dégradation du couvert végétal.

L'étude des signatures morphologiques permet également de détecter l'intervention de l'homme dans la dégradation du couvert. Les signatures aréales (punctiforme, cribriforme, voire filiforme) revèlent, très généralement, le caractère naturel de la dégradation, car celle-ci progresse toujours en ordre dispersé. Au contraire, les formes linéaires suggèrent une responsabilité au moins partielle de l'homme dans la différenciation des surfaces (diguettes, raclage du sol).

Si les signatures morphologiques permettent de détecter les modalités de progression de la tannification, leur utilisation est beaucoup plus délicate pour la détermination des tannes en voie de reconquête forestière. Il faut se souvenir, en effet, que les signatures morphologiques émanent des contrastes de réflectance parmi un ensemble donné de pixels. Or, ces contrastes sont moins affirmés dans les zones de reconquête forestière car les surfaces des fronts pionniers à *Avicennia* sont généralement plus homogènes que celles des peuplements en voie de dépérissement.

Le filtre taxinomique imposé par la résolution spatiale du capteur est trop grossier pour détecter les variations insensibles de l'indice foliaire selon l'inclinaison du toît du couvert. Seule, l'antécédence d'un réseau de drains polarisant la régénération est susceptible de différencier les modalités de reconquête des zones nues sursalées et d'engendrer des formes spectrales significatives.

Dans la grande majorité des cas, et notamment dans les secteurs évoluant sous la seule influence des facteurs naturels, ces signatures morphologiques cèdent la place à un gradient radiométrique décroissant en fonction de l'ancienneté du semis d'*Avicennia*.

Ce gradient de réflectance traduit alors l'interférence complexe, dans le champ du capteur, de l'effet d'une submersion croissante du substrat et de celui d'une régénération active.

• *L'expression radiométrique du développement des palétuviers*

Les aspects qualitatifs (différenciation morphologique, capacité de reproduction) et quantitatifs (augmentation des dimensions de l'organisme) du développement des palétuviers peuvent influer sensiblement sur la signature radiométrique des peuplements arborescents.

Celle des peuplements pionniers d'*Avicennia*, en particulier, paraît liée étroitement au pouvoir de reproduction et de ramification de cette espèce qui lui confère rapidement un taux de recouvrement très élevé du substrat (Photo IX-A, page 42). Simultanément, l'effet du sol s'estompe très vite et la surface foliaire des semis recoit la quasi-totalité du rayonnement solaire. Aussi bien, leur forte réflectance dans le proche infrarouge risque de les faire se confondre avec des peuplements dont l'indice foliaire également élevé est lié, non pas à l'intensité de la régénération, mais aux nombreuses ramifications acquises avec l'âge. La convergence spectrale des peuplements bas en phase de développement intense d'une part et des peuplements hauts climaciques d'autre part, est un des principaux obstacles à la discrimination de ces types de végétation.

Le port des feuilles peut également modifier l'effet radiométrique de l'activité photosynthétique. Les feuilles des jeunes tiges d'*Avicennia* sont par exemple plus souvent dressées que celles des tiges de peuplements d'âge mûr si bien que leur prolifération ne suffit pas toujours à masquer le sol. Si celui-ci est exondé, la réflectance du peuplement pionnier sera accentuée ; si inversement le sol est humide, la réflectance de la végétation sera atténuée.

Les signatures spectrales des tannes de Guinée présentent en définitive une plus grande variabilité sur leur frange de reconquête par *Avicennia* que sur leur frange de progression dont l'étendue des surfaces constitutives (jeunes plantules, halophytes crassulescents, sols nus) est moindre et dépasse le plus souvent la limite de résolution spatiale du capteur.

L'identification des peuplements riverains dont le métabolisme des individus est perturbé pose davantage de problèmes. En principe, la détection des peuplements "mal-venants" est possible dès lors que le ralentissement de l'activité physiologique affecte sur une étendue significative la continuité du couvert foliaire et soumet ainsi au rayonnement solaire la surface des rameaux afoliés. En réalité, la relation entre la mesure du capteur et les peuplements est très complexe.

Sur l'île de Bakissouri située dans l'embouchure du Rio Pongo (Fig. 19, page 61), la réflectance des peuplements rabougris est sensiblement accentuée par rapport à celle des peuplements bien venants. L'analyse de terrain suggère que ce contraste est dû à un fort accroissement de la réflectance, dans le visible, du feuillage des peuplements bas car ceux-ci produisent beaucoup moins de matière verte que leurs voisins. La seule prise en compte des signatures multibandes aurait induit à confondre des peuplements bas et rabougris (à forte réflectance dans le visible) avec des peuplements bas et régénérescents (à forte réflectance dans le proche infrarouge). Il est, dans ce cas, nécessaire de procéder à une analyse des différents canaux pour séparer les peuplements bas suivant leur dynamisme.

Une confusion du même ordre a été constatée sur l'image de Conakry (K, J 30-331), où les fourrés de *Rhizophora* qui encadrent les cuvettes de submersion de Tabounsou présentent une signature multibande voisine de celle des fourrés d'*Avicennia* identifiés sur le cliché IRC.

Seule, la reconnaissance de la signature morphologique typique des peuplements bas de submersion peut permettre d'éviter la confusion de ces deux types de fourrés sur la composition colorée. Il s'agit d'une signature cribriforme dont les taches, correspondant aux cuvettes, s'ordonnent d'abord telles les folioles d'une feuille composée pour se disposer ensuite en arc de cercle autour du collecteur principal. Le passage graduel d'une signature cribriforme (surfaces végétales percées de lacunes) à une signature punctiforme (surfaces végétales formées de taches isolées) montre que ces peuplements s'inscrivent dans une dynamique régressive, alors que la seule prise en compte de la réflectance aurait laissé présager la tendance évolutive inverse.

La détection des peuplements dépérissants est plus facile que celle des peuplements rabougris dans la mesure où l'apparition, dans le champ du capteur, du sol inondé découvert est susceptible de modifier la signature spectrale de la mangrove (GUILLEMYN, 1989). La qualité de résolution du capteur est alors déterminante.

Grâce à la très haute résolution des clichés IRC, les tiges de *Rhizophora* privées de leurs houppiers se signalent par un accroissement sensible de la réflectance dans le proche infrarouge (apparition de l'écorce des branches dans le champ du capteur). Bien entendu, les arbres de gros diamètre, préservés des coupes en raison de leur dureté, ont plus de chances d'"émerger" du couvert foliaire que les autres.

Malheureusement, le mode de répartition spatiale des arbres sénéscents empêche leur détection directe dans les limites de résolution imposées par le capteur HRV. En effet, ces *Rhizophora* dépérissants sont, soit dispersés parmi des peuplements secondaires, soit, en contact avec des peuplements riverains à développement végétatif actif (Photo I-A, page 19). Aucune anomalie radiométrique positive ne nous a conduit à envisager l'hypothèse d'un dépérissement au seul examen des signatures multibandes. Autrement dit, nous n'avons pas pu retrouver, sur SPOT, ce type d'information fourni par les couvertures aériennes classiques.

On retiendra de ces observations qu'en dépit du risque de confusion entre les sols nus et les formations peu couvrantes de terre ferme (GUILLEMYN, 1989), la tendance évolutive de la mangrove est plus facile à identifier dans les zones internes à *Avicennia* que dans les zones riveraines à *Rhizophora*. Dans les deux cas, l'expression de la phytomasse de la mangrove est subordonnée à son activité photosynthétique qui, suivant son intensité, peut accentuer ou contrecarrer la réflectance du couvert végétal. Mais, l'effet de l'activité physiologique est décisif dans la signature morphologique des mangroves à *Avicennia* car, à la différence des peuplements de *Rhizophora*, les modifications du métabolisme se doublent de modifications dans la structure du couvert (éclaircissement / fermeture).

Parmi les peuplements à dominance de *Rhizophora*, seuls les peuplements bas des cuvettes de submersion présentent des signatures morphologiques significatives. Dans le cas des peuplements riverains comme dans celui des zones internes, l'intervention de l'homme favorise la différenciation des surfaces et partant, les contrastes de réflectance précieux pour l'interprétation des signatures spectrales de la mangrove boisée.

4. 1. 3. RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION ANALOGIQUE DE LA MANGROVE BOISÉE

• *Une classification fondée sur le concept de formation végétale*

La déduction à partir des signatures multibandes de la silhouette morphologique de la mangrove boisée et du degré de continuité du couvert a déterminé une classification (1) de ces paysages au niveau taxinomique des formations végétales, c'est-à-dire des grandes unités de végétation définies selon leur physionomie.

Ce concept est préférable à celui de groupement végétal ou de peuplement dont les connotations phytosociologiques et sylvicoles sont trop restrictives, eu égard à l'approche générale qu'autorise l'interprétation analogique des compositions colorées.

En outre, ce choix taxinomique offre l'avantage de servir de référence, aussi bien, à la systématique des végétaux qu'à une évaluation de l'exploitation potentielle pour le bois. Ainsi, l'indication facultative d'un genre dominant (ou de plusieurs genres co-dominants) précisera le contenu floristique des formations, tandis que les informations relatives à la structure peuvent aider à l'estimation du volume de chaque formation.

L'étude de terrain a montré que le degré de continuité du couvert était le premier critère discriminant des formations végétales sur l'imagerie satellitaire et que, par conséquent, il convenait de séparer d'abord les formations fermées des formations ouvertes.

Les formations fermées ont, ensuite, été classées en fonction de l'épaisseur de la couverture forestière et de la reconnaissance ou non d'une stratification. Les seuils retenus indiquent les situations les plus fréquemment observables sur le terrain. On a pu ainsi distinguer (2) :

- les formations fermées hautes [1], dont la taille moyenne des arbres est le plus souvent comprise entre 12 et 25 m,
- les formations fermées à architecture composite [2], liée à l'imbrication horizontale (juxtaposition) ou verticale (stratification) de peuplements de taille différente,
- les formations fermées basses [3], dont le niveau des voûtes se tient uniformément au-dessous de 8 m.

Les formations ouvertes ont été classées, quant à elles, par ordre d'éclaircissement croissant du couvert. Il s'agit successivement :

- des formations ouvertes basses [4], où les palétuviers, d'une taille comprise habituellement entre 2 et 8 m, sont disposés en mode diffus,
- des formations en mosaïque [5], définies par la juxtaposition de pièces arborescentes et de pièces herbeuses (localement cultivées), où les palétuviers apparaissent plutôt en mode contracté,
- enfin, des zones nues (Ta), dérivant de la dégradation d'une des formations précédentes.

• *L'indexation des données complémentaires*

Cette recherche se proposant d'établir les relations entre, d'une part, l'aspect et l'organisation des mangroves guinéennes et, d'autre part, les paramètres de leur environnement, cette classification des formations végétales tiendra compte, non seulement, de critères physionomiques mais également des conditionnements dynamiques, tels le régime hydrosédimentaire ou le degré de pression anthropique.

Conformément aux enseignements du chapitre précédent, l'identification de ces caractères passe par une analyse combinée des signatures radiométriques et des signatures morphologiques, c'est-à-dire par une forme de décryptage plus élaborée que celle qui conduit à la simple discrimination des formations végétales.

Bien que cette méthode d'interprétation ait été validée par de nombreuses vérifications sur le terrain, plusieurs cas d'indétermination des caractères floristiques ou physiologiques ont conduit à nuancer notre interprétation et à formuler ces résultats sous forme d'indice rapporté à chaque formation végétale. Les signes qui accompagent la numérotation des grandes unités de végétation indiquent la forte probabilité des caractères floristiques, physiologiques et éventuellement humains correspondants.

Une première indication renseigne sur le genre dominant (R : *Rhizophora*, A : *Avicennia*) ou au cas échéant sur la mixité floris-

(1) On veillera à toujours distinguer les classes, qui sont des unités cartographiques, des taxons qui sont des unités de paysages homogènes, identifiées sur le terrain. Une classe peut comprendre un taxon ou plusieurs taxons associés.

(2) Les nombres entre crochets renvoient à la classe correspondante.

tique de la formation (M) lorsque qu'une dominance n'a pas pu être clairement établie.

La détermination de l'espèce dominante étant subordonnée, nous l'avons vu, au développement de la végétation, l'indication floristique a été doublée d'une appréciation de la capacité de régénération (reproduction) des peuplements. Bien que l'activité végétative soit sujette à des fluctuations temporelles qui rendent son appréciation tributaire de la date d'acquisition des données, la lisibilité de la carte imposait de s'en tenir à une partition entre formations bien régénérantes (en majuscule) et formations mal régénérantes (en minuscule).

La dernière indication concerne le statut économique des formations végétales. En l'absence d'indice d'exploitation, aucun signe n'a été ajouté aux indications précédentes. En revanche, des indices comme le mitage des boisements ou la proximité de tannes étendus ont permis de définir des formations dégradées pour la production de bois de chauffe (x) ou l'alimentation des salines (X).

Malgré leur grande diversité, les mangroves guinéennes ne présentent pas toutes les associations théoriquement possibles entre les modalités des cinq caractères retenus, à savoir, les formations végétales, la composition floristique, l'intensité de régénération, l'exploitation pour le bois de chauffe, celle pour l'alimentation des salines. Nous n'avons jamais rencontré, par exemple, de formation ouverte et basse à dominance de *Rhizophora* à développement végétatif intense (4R), qui soit dégradée par l'alimentation des salines en bois-combustible (4RX).

Néanmoins, une quarantaine de classes ont pu être discriminées (Tableau n°11, ci-contre).

• *Validation de la classification par quantification des ressources en bois*

Malgré la recherche de critères taxinomiques aussi précis que possibles, force est d'admettre que cette classification repose, à l'instar de toutes les études des formations végétales, sur une reconnaissance largement intuitive de la diversité de la couverture végétale.

Cet inventaire cartographique ayant, par ailleurs, pour objectif de servir une évaluation du bois de mangrove disponible en Guinée (SECA, 1990), il était intéressant de chercher à valider les résultats de cette classification par une caractérisation dendrométrique des principales formations. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une mission spécifique de l'équipe chargée de l'établissement du Schéma Directeur, mission dirigée par un expert forestier, M. B. CASSAGNE, et à laquelle nous empruntons les résultats suivants.

Le volume de bois disponible a été évalué à partir de l'inventaire de 16 placettes de sondage, d'une superficie de 2 ares et réparties dans des formations présentant un intérêt forestier immédiat, c'est-à-dire :
- les formations fermées hautes [1],
- les formations fermées à architecture différenciée [2],
- les formations en mosaïque [5].

A l'exception d'une placette (n°10) établie dans une formation à dominance d'*Avicennia*, les mesures ont été effectuées dans des boisements à dominance marquée de *Rhizophora*.

Trois secteurs d'implantation ont été privilégiés :
- le delta du Rio Pongo, qui renferme, à notre connaissance les plus beaux peuplements de *Rhizophora* de Guinée,
- la baie de Sangaréya, principal gisement de bois de la capitale,
- l'estuaire de la Forécariah, où la pression anthropique est localement forte.

FORMATION VÉGÉTALE	COMPOSITION FLORISTIQUE ET DYNAMIQUE R, r : dominance *Rhizophora* A, a : dominance *Avicennia* M, m : mixité *Rhizo. / Avicen.*		MODE D'EXPLOITATION	
	Bonne régénération	Mauvaise régénération	x : bois	X : sel
1 Forêt (12 m < h < 25 m)	1R 1A 1M	1r 1a 1m	1Rx 1Mx	
2 Forêt à structure hétérogène	2R 2A 2M	2r 2a 2m	2Rx 2Mx	
3 Fourré (h < 7 m)	3R 3A 3M	3r 3a 3m	3Rx 3Mx 3mx	
4 Formation ouverte		4r 4a		
5 Mosaïque de peuplements (dont localement rizières)	5R 5A 5M	5r 5a 5m	 5Mx 5mx	 5AX 5aX 5MX 5mX
Ta Zone nue (tanne)				TaX

TABLEAU N°11 : CLASSIFICATION DES MANGROVES BOISÉES PAR INTERPRÉTATION ANALOGIQUE DES COMPOSITIONS COLORÉES

(Source : Etude SECA, 1990)

Le tableau n°12, ci-dessous, indique l'emplacement et les classes d'appartenance des treize parcelles qui, en plus d'un descriptif de la physionomie du boisement, ont fait l'objet d'un inventaire complet (comptage des tiges [Nb], mesure des diamètres à hauteur d'homme [dbh = 1,30 m], hauteur totale moyenne et hauteur [H] à la découpe bois de feu [h avec d = 5 cm]).

	Boffa	Sangaréya	Forécariah
Classe 1	1, 2, 5, 8, 9	10, 12	13
Classe 2	3, 4, 7	11	
Classe 5	6		

TABLEAU N°12 : EMPLACEMENTS ET CLASSES D'APPARTENANCE DES PLACETTES DE SONDAGE

Compte tenu de la rareté des inventaires forestiers réalisés parmi les mangroves africaines, deux méthodes de cubage ont été comparées : d'une part, un tarif établi en Malaisie (V1) et appliqué récemment en Sierra Leone, d'autre part, une estimation rapide des peuplements "en bloc" sur pied (V2) basée sur la formule : V = GFH, dans laquelle :

- V est le volume du peuplement (en m^3),
- G, la surface terrière du peuplement (en m^2),
- F, le coefficient de forme de *Rhizophora* déterminé sur lot représentatif d'arbres entiers abattus (1),
- H, la hauteur totale moyenne du peuplement (en m).

Les résultats des mesures dendrométriques sont présentés par classe d'appartenance dans le tableau n° 13, ci-dessous. La seconde partie du tableau indique les valeurs de ces mesures rapportées à l'hectare.

Bien que ces résultats émanent de mesures très précises, on se gardera de les analyser très en détail, dans la mesure où le taux de sondage est relativement faible. Il est permis, néanmoins, d'en tirer quelques enseignements de portée générale.

On remarquera d'abord que les échantillons des différentes classes présentent des caractéristiques dendrométriques très hétérogènes. Cela peut être lié à une faible représentativité de l'échantillonnage. Mais il est certain que les classes de l'interprétation sont, elles-mêmes, relativement hétérogènes en raison, notamment, de l'échelle à laquelle elles ont été identifiées (1/100.000).

On notera ensuite que le volume de bois défini par la "méthode malaise" (V1) est en moyenne inférieur à 12 % du volume établi à partir de l'estimation rapide (V2) pour les formations dont la hauteur moyenne est supérieure à 20 m, alors qu'il est supérieur à 20 % du volume estimé (V2) pour les autres formations. Sans nous prononcer sur la validité de chacune de ces deux méthodes, on se contentera d'observer que leurs résultats s'équilibrent sur l'ensemble des formations échantillonnées.

Enfin, il apparait que si, conformément à ce que l'on était en droit d'attendre, le volume sur pied disponible dans les formations mosaïques [5] est nettement inférieur à celui des formations fermées [1, 2], il n'est pas toujours supérieur dans les formations hautes [1] que dans les formations composites [2]. Cela serait lié, d'après les indications du tableau, au diamètre supérieur des tiges des formations composites [2].

Au delà de ces quelques remarques, l'extrapolation de ces résultats à l'ensemble des formations végétales ne peut se concevoir qu'en fonction d'une vision globale des paysages de la mangrove boisée acquise au terme de nombreuses investigations de terrain.

Ce faisant, ils constituent une référence pour la caractérisation dendrométrique des classes 3 et 4 qui n'ont pas été sondées, ainsi que pour une généralisation des résultats à l'ensemble des formations forestières. Celles-ci peuvent, dès lors, être définies, non seulement d'après leurs signatures multibandes, mais également d'après leurs caractères structuraux présentés dans le tableau n°14, page ci-contre. Chaque caractère qualitatif y est défini, d'abord selon ses valeurs minimales et maximales puis, par l'intervalle de variation de sa moyenne (en caractère gras).

L'application des méthodes de cubage décrites précédemment permettent *in fine* d'obtenir l'ordre de grandeur du volume de bois disponible dans chaque type de formation.

(1) Le coefficient de forme des jeunes tiges abattues a été évalué dans les ports à bois à 0,66. Cette valeur relativement élevée est due à la faible dimension des tiges (5,2 m pour les perches, 1,3 m pour les rondins), à la faible décroissance métrique sur le diamètre (moins d'1 cm par mètre) et à une découpe bois de feu et bois de service à un petit diamètre (d = 4cm). Le coefficient appliqué ici a été ramené à 0,55.

	CLASSE 1								CLASSE 2				CLASSE 5
Sondage	**1**	**2**	**5**	**8**	**9**	**10**	**12**	**13**	**3**	**4**	**7**	**11**	**6**
H	26	24	15	14	19	16	21	21	21	17	12	19	12
h	16	15	9	7	10	10	14	11	13	10	5	9	6
Nb	8	13	27	17	13	21	14	14	13	13	13	8	26
dbh (cm)	26	15	15	14	19	15	16	17	19	19	12	20	13
G (m^2)	0,71	0,29	0,52	0,32	0,44	0,45	0,38	0,43	0,46	0,45	0,18	0,48	0,39
V_1 (m^3)	9,1	2,9	5,1	3,1	4,9	4,4	4,0	4,6	5,0	5,0	1,5	6,0	3,4
V_1 (m^3)	10,1	3,8	4,3	2,5	4,6	3,9	4,4	5,0	5,3	4,2	1,2	5,0	2,6
Nb	400	650	1350	850	650	1050	700	700	650	650	650	400	1300
G (m^2)	35	14	26	16	22	22	19	22	23	22	9	24	19
V_1 (m^3)	455	145	255	156	245	220	198	232	248	251	74	302	168
V_2 (m^3)	506	191	216	123	228	196	218	250	263	208	59	248	127

TABLEAU N°13 :
CARACTÉRISATION DENDROMÉTRIQUE DES FORMATIONS ECHANTILLONNÉES
(d'après étude SECA, simplifiée)

CARACTERES STRUCTURAUX	CLASSES FORESTIÈRES				
	1R	2R / 2A 2r / 2a	3R / 3M 3r / 3m	4a	5R / 5A 5r / 5a
Hauteur totale moyenne (m)	[15-25] [20-25]	[10-20] [12-17]	[4-10] [6-8]	[2-8] [3-5]	— [4-15]
Hauteur à la découpe (m)	[10-15] [10-12]	[6-10] [6-8]	— —	— —	— [3-8]
Diamètre à 1,30 m (m)	[15-20] [15-17]	[10-20] [12-17]	— —	— —	[8-13] [8-10]
Densité à l'hectare	[500-1000] [600-800]	[400-700] [500-600]	— > 1500	— > 1000	— [400-1600]
Surface terrière (m²)	[15-25] [20-25]	[10-25] [15-20]	—	—	— [10-20]
Volume à la découpe (m³)	[150-250] 200	[50-250] 100	[20-60] 40	[10-30] 15	[25-100] 30

TABLEAU N°14 :
ESTIMATION DES CARACTÉRISTIQUES DENDROMÉTRIQUES DES PRINCIPALES FORMATIONS LIGNEUSES
(d'après étude SECA, simplifiée)

La fourchette d'estimation des résultats empêche leur extrapolation à l'ensemble de la plaine côtière en fonction des superficies mesurables sur les cartes au 1/100.000. En revanche, ce calcul peut être réalisé sur des zones ponctuelles ayant fait l'objet d'une identification précise par photo-interprétation ou par intérprétation des données numériques assistée par traitement numérique (cf. Chapitre 5).

4. 2. LES SIGNATURES MULTIBANDES DES FORMATIONS D'ARRIÈRE-MANGROVE

Plusieurs raisons nous ont conduit à étudier séparément les signatures spectrales des formations végétales qui se sont substituées naturellement ou par le fait de l'homme à la mangrove boisée proprement dite.

La première raison tient à la diversité physionomique des formations de substitution. Les plantes d'arrière-mangrove sont adaptées à des milieux amphibies où l'intensité de submersion commande la stratification du couvert. Autant sinon davantage que les plantes ligneuses, les signatures des recouvrements herbacés sont tributaires de l'humidité du sol dont l'effet peut s'avérer plus décisif que celui de l'indice foliaire, notamment parmi les groupements herbacés peu couvrants.

Si l'identification à distance des formations forestières d'arrière-mangrove ne pose pas de véritable problème en raison de leur relative unité physionomique, celle des formations herbacées est beaucoup plus complexe, car leur hétérogénéité physionomique se double d'une variation de leur aspect au cours de l'année.

La seconde raison qui conduit à réserver un développement particulier aux formations végétales d'arrière-mangrove est donc liée à la diversité biologique des plantes herbacées d'arrière-mangrove, et particulièrement au fait qu'une grande partie d'entre elles présentent un cycle végétatif saisonnier marqué qui modifie sensiblement les conditions de leur réflectance au cours de l'année.

4. 2. 1. LES RELATIONS ENTRE LA RADIOMÉTRIE ET LA PHYSIONOMIE DES FORÊTS MARÉCAGEUSES

• *Caractères généraux et localisation*

N'ayant pas procédé à une investigation particulière de ce type de végétation, nous nous sommes contentés, ici, de rechercher les clefs possibles d'identification des formations forestières qui avaient déjà fait l'objet d'une étude détaillée. Malgré leur ancienneté, les travaux phytosociologiques de R. SCHNELL demeurent la meilleure référence en la matière.

Les forêts marécageuses couvrent spécifiquement la partie amont de la plaine côtière soustraite à la marée, mais soumise à une hydromorphie permanente (différence avec les terrasses à hydromorphie temporaire). On les rencontre, très précisément, dans le fond des petites vallées qui indentent le contour du plateau côtier à la manière d'une feuille de chêne, fonds de rias auxquels nous réservons le terme de "bas fond".

En l'absence de dégradation anthropique, l'hydromorphie est occultée, dans le champ du capteur, par la continuité de la strate arborée qui réduit à néant l'effet du sol. Aussi bien, la signature morphologique des forêts marécageuses est beaucoup plus souvent uniforme que celle des forêts de mangrove.

Pour se cantonner aux caractères physionomiques qui affectent la radiométrie des couverts végétaux, on doit signaler le fort pourcentage d'espèces à grandes feuilles. Le meilleur exemple est celui du palmier-raphia (*Raphia gracilis*) dont la silhouette évoque encore le passé colonial de la Guinée, car elle désignait les terroirs d'élection des plantations bananières (terrains à *fossi*).

Bien que certaines Légumineuses puissent dépasser une taille de 10 m (*Pithecellobium dinklagei, Macrolobium macrophyllum, Pterocarpus santalinoides*), la plupart des ligneux d'arrière-mangrove ont des tailles comprises entre 3 et 7 m. Ces formations s'apparentent donc davantage à des fourrés qu'à des forêts. Leur port buissonnant (*Alchornea cordifolia, Dalbergia ecastaphyllum*) en fait, toutefois, des peuplements souvent très denses et d'accès difficile.

Ainsi, tout en conservant une taille plus modeste que beaucoup de mangroves ou de palmeraies continentales, ces formations marécageuses se caractérisent par un indice foliaire remarquablement élevé qui peut conduire à les confondre, du point de vue de la radiométrie, avec la végétation de terre ferme.

• *L'importance du contexte végétal environnant*

Tout dépend de la forme des bas fonds, et surtout de la végétation qui les encadre. La contiguïté d'une végétation continentale dense nuit souvent à la discrimination des formations marécageuses. C'est le cas, par exemple, dans le sud de la Basse-Guinée, et particulièrement dans le haut-bassin de la Melacorée, où la forêt dense à *Parinari excelsa* décrite par R. SCHNELL semble encore recouvrir quelques lanières de piémont épargnées des défrichements. Ailleurs, l'absorptance des surfaces savanisées facilite davantage la détection des bas fonds marécageux, notamment de ceux qui apparaissent sous forme de forêts-galeries, de part et d'autre de la grande ria de la Forécariah.

Lorsque les bas fonds s'élargissent à la dimension d'un véritable "doigt de gant", le contact entre la végétation marécageuse et les formations continentales dégradées est souvent assuré par une bande de palmeraie à *Elaeis guineensis*, soulignant le tracé du talus de raccordement avec le plateau. Là encore, l'analogie radiométrique entre les deux types de forêt peut rendre délicate la séparation du faciès marécageux. On citera l'exemple de la forêt marécageuse de Songolon ou, plus près de Conakry, les nombreux bas fonds forestiers de la région de Koba (Kabéléa, Menkiné, Dékouri, etc. .), dont il est parfois malaisé de situer avec certitude le contact avec la palmeraie-parc environnante.

En règle générale, la discrimination des forêts marécageuses est plus facile dans la partie septentrionale du piémont, dont le substrat est gréseux, qu'au sud de la grande faille du Konkouré, où le socle granitique affleure. Cela est dû, premièrement, à un moindre recouvrement de la végétation continentale (sécheresse édaphique) qui accentue le contraste entre le plateau et la plaine marécageuse. Deuxièmement, le modelé gréseux est lui-même frappé de nombreuses discontinuités topographiques (lignes de failles, formes liées à la désagrégation granulaire) que la végétation met souvent en évidence. Le plus bel exemple est celui de la partie forestière des marais de Singuila, séparée du plateau gréseux par un escarpement dont l'indigence de la végétation souligne la remarquable rigidité .

Même lorsque le plateau est recouvert d'une palmeraie-parc relativement dense, ce qui est le cas des lanières de piémont situées au sud de la route Kolaboui-Kamsar, le contraste radiométrique entre les deux types de végétation est entretenu par la différence d'humidité entre le substrat gréseux du plateau et les dépressions marécageuses.

En formant la transition entre le milieu mangrove et le milieu de terre ferme, les forêts marécageuses présentent des caractères physionomiques empruntés à l'un et à l'autre des deux domaines encadrants, rendant ainsi leur discrimination délicate, tant sur le terrain que sur l'imagerie satellitaire.

• *La difficulté à distinguer plusieurs faciès de forêts marécageuses*

La confrontation des observations phytosociologiques de R. SCHNELL et de nos propres observations qui, nous l'avouerons volontiers, ont réservé une place mineure à l'analyse de ce type de forêt, ne nous a pas permis de reconnaître *de visu* plus de trois faciès dont l'extension soit digne d'être représentée.

• Un premier type de forêt marécageuse forme transition entre les mangroves à *Rhizophora* des rives d'estuaires et les digitations du plateau côtier. En raison de sa localisation, nous qualifions ce faciès de forêt marécageuse ripicole.

L'assortiment végétal est composé fondamentalement des Papilionacées *Drepanocarpus lunatus* et *Lonchocarpus sericeus* ainsi que *Conocarpus erectus* (Combrétacée). La présence de la fougère *Acrostichum aureum* (Polypodiacée) est souvent liée à la nature sableuse du substrat, en bordure du plateau cuirassé. Cette végétation arbustive d'eau saumâtre (recouvrement exceptionnel par les marées) se double dans les rias les plus dessalées, notamment aux environs de Forécariah, d'une strate arborée à dominance de Légumineuses : *Pterocarpus santalinoides* (Papilionacée), *Pithecellobium dinklagei* (Mimosée), *Crudia klainei* (Cesalpiniée). Une autre Cesalpiniée d'affinité plus continentale : *Dialum guineense* a été signalée par SCHNELL sur les berges de la rivière Kakimbo (presqu'île du Kaloum), témoignant ainsi du caractère de transition de ces forêts.

S'intercalant sous forme d'un mince rideau de végétation entre la galerie riveraine de *Rhizophora* et la forêt dense continentale, les formations marécageuses ripicoles dépassent les limites de résolution du capteur HRV. Nous nous contenterons, donc, d'en signaler l'occurrence parmi les galeries d'estuaire supérieur.

• La formation végétale d'arrière-mangrove de loin la plus importante, tant par sa superficie que par la connaissance que l'on en a, est la forêt marécageuse à *Raphia gracilis* pour laquelle on dispose d'un inventaire phytosociologique et phytogéographique substantiel (SCHNELL, 1952).

Nous suivrons R. SCHNELL pour considérer que cette formation correspond à une variante hygrophile de la forêt côtière à *Parinari excelsa* qui frange, ou plutôt frangeait la Basse-Côte. Le fait que *Raphia gracilis* soit l'espèce éponyme de la formation climacique ne signifie pas que ce petit palmier y soit forcément prépondérant, mais simplement qu'il le devient sitôt que la formation est dégradée. Les relevés effectués par l'auteur dans la région de Benty indiquent que la strate ligneuse originelle comprend non seulement des Légumineuses (*Erytrophleum guineense, Macrolobium macrophyllum, Baphia polygalacea*) mais aussi des Euphorbiacées (*Uapaca somon, Macaranga heterophylla, Anthostema senegalense*), des Sterculiacées (*Sterculia tragathanca, Tarrienta utilis*), des Rubiacées (*Gardenia imperialis, Psychotria sp.*) et des Passifloracées (*Smeatmannia laevigata, Bertiera spicata*). La teinte relativement claire de ces formations à dominante de Légumineuses pourrait s'expliquer par le fait que les feuilles de ces espèces sont d'un vert moins foncé que celles des *Avicennia* auxquelles elles succèdent (EVERITT & JUDD, 1989).

A l'instar de la forêt dense côtière dont elles constituent une variante hygrophile, les forêts marécageuses à *Raphia* ont été profondément altérées par les défrichements culturaux. Les images qui couvrent la plaine côtière entre la presqu'île du Kaloum et la frontière sierra-leonaise accréditent la thèse de SCHNELL selon laquelle leur meilleure conservation dans la région de Benty est à rapporter à une mise en valeur plus tardive et incomplète de cette partie du littoral. On retrouve, toutefois, les signatures spectrales caractéristiques des forêts à *Raphia* dans de nombreux "doigts de gants" des plaines de Koba (K, J 30-33O) et du haut-Kapatchez (K, J 28-329), autrement dit dans des régions où la présence humaine est ancienne. La reconnaissance de forêts marécageuses à *Raphia gracilis* dans des

	Forêt marécageuse ripicole	Forêt marécageuse à *Raphia*	Fourré à Raphiales
Mésophanérophytes (10 > h > 25 m)	*Crudia klanei* (C) *Dialum guineensis* (C) *Pithecellobium dinklagei* (MI) *Pterocarpus santalinoid.* (PAP)	*Erytrophleum guineense* (C) *Macrolobium mycrophylum* (C) *Uapaca somon* (E)	
Microphanérophytes (2 > h > 10 m)	*Conocarpus erectus* (C) *Drepanocarpus lunatus* (PAP) *Loncocarpus sericeus* (PAP)	*Macaranga heterophylla* (E) *Raphia gracilis* (PAL) *Thespesia populnea* (M)	*Raphia gracilis* (PAL) *Dalbergia ecastaphyllum* (PAP)
Nanophanérophytes (0,5 > h > 2 m)			*Cyrtosperma senegalense* (A) *Dryopteris striata* (AS) *Panicum parviflorum* (G)

TABLEAU N°15 :
COMPOSITION FLORISTIQUE DES FORMATIONS LIGNEUSES D'ARRIÈRE-MANGROVE
(d'après travaux de R. SCHNELL)

A : Aracée, AS : Aspidiacée, C : Cesalpiniée, E : Euphorbiacée,
G : Graminée, M : Malvacée, MIM : Mimosée, PAP : Papilionacée, PAL : Palmée

secteurs densément peuplés indique assez clairement qu'il s'agit de formations évoluant vers le climax.

• Ce type de forêt succéderait dans ce schéma à un groupement végétal très répandu dans les secteurs de conversion que les phytosociologues ont identifié sous le nom d'association "gracilo-raphiale" par référence à l'espèce *Raphia gracilis* qui en domine le cortège floristique. Mais la physionomie de ce groupement végétal n'est plus véritablement celle d'une forêt dans la mesure où *Raphia gracilis* ainsi que les Papilionacées *Dalbergia ecastaphyllum* et *Drepanocarpus lunatus* qui lui sont associées sont plutôt des microphanérophytes (2 < h < 10 m). De plus, la végétation herbacée prend ici une importance qu'elle n'avait pas dans les deux types précédents (Tableau n°15, ci-dessus).

Nous qualifierons ces formations végétales de fourrés marécageux de Raphiales en précisant qu'ils peuvent s'inscrire dans une série régressive (dégradation des forêts marécageuses où *Raphia gracilis* était disséminé dans le sous-bois) ou progressive (évolution vers la forêt marécageuse).

Sur les compositions colorées, les fourrés à Raphiales se distinguent des forêts marécageuses par une teinte rosâtre plus affirmée. Cette signature traduit l'importance prise par les phanérophytes herbacées (*Panicum parviflorum, Cyrtosperma senegalense, Dryopteris striata*), dont la biomasse épigée diminue sensiblement en saison sèche. Cette signature varie, bien évidemment, en fonction du rapport des surfaces ligneuses et herbacées ainsi qu'en fonction de l'importance des plantes annuelles associées.

4. 2. 2.
LES RELATIONS ENTRE LA RADIOMÉTRIE ET LA PHYSIONOMIE DES FORMATIONS HERBACÉES

• *L'effet de la morphologie des plantes herbacées*

Savane, prairie, pelouse ? Pour l'observateur déconcerté, de prime abord, par la physionomie disparate des formations herbacées d'arrière-mangrove et l'étendue de leurs spectres floristiques, la classification de ces paysages semble relever de la gageure. L'épaisseur du manteau végétal et le taux de recouvrement du sol demeurent néanmoins des critères pertinents.

De ce point de vue, toutes les nuances existent sur le terrain entre l'aspect "pseudo-steppique" des prairies basses à touffes graminoïdes (*Cyperus haspan*) et l'épais recouvrement des prairies hautes à joncières (*Phragmites, Typha*). Le recensement de tous les faciès existants ne présente pas un intérêt réèl pour une

classification des paysages végétaux à moyenne échelle.

Ce qui importe, ici, est que l'effet de la densité du couvert herbacé sur sa réflectance n'est pas aussi décisif que l'est celui de la densité du couvert ligneux sur la réflectance des formations forestières. L'appareil foliaire de certaines plantes herbacées, et notamment de beaucoup de Cypéracées (*Cyperus* mais aussi *Eleocharis* et *Fuirena*) est trop réduit pour que la densification du couvert s'accompagne d'une augmentation significative de l'indice foliaire, et donc d'une modification sensible de la réflectance du couvert.

Aussi bien, seules les plantes de la mangrove qui produisent une quantité appréciable de matière verte, c'est-à-dire les Graminées et les Dicotylédones herbacées ou suffrutescentes sont susceptibles de faire varier la signature radiométrique des paysages suivant leur densité.

L'identification sur le terrain des taxons identifiés sur les clichés aériens nous a révélé que les contrastes de réflectance traduisaient plus directement les oppositions d'aspect morphologique que la densité réelle du couvert. C'est, en quelque sorte, l'inverse du comportement multispectral de la mangrove boisée, dont les signatures expriment davantage la structure dynamique du couvert (densité et intensité de régénération) que les différences anatomiques des genres *Rhizophora* et *Avicennia.*

Sur les compositions colorées, les teintes rougeâtres signalent toujours des surfaces comportant une fraction prédominante de Graminées "chlorophylliennes" ou de forbes, tandis que les teintes violacées témoignent plutôt de la prédominance de graminoïdes sans feuilles développées (aphylles).

La confusion fréquente entre les pelouses d'halophytes et les prairies graminéennes suggère que la structure même de la feuille semble pouvoir affecter les propriétés optiques des couverts herbacés. Lorsqu'elles sont exondées, les pelouses d'herbacées rampantes non graminoïdes (*Sesuvium portulacastrum* et *Philoxerus vermicularis*) sont aussi réfléchissantes que des savanes graminéennes dominées par des plantes érigées des genres *Andropogon* ou *Pennisetum.* Nous pensons que cette convergence spectrale est liée au caractère charnu des feuilles de ces halophytes crassulescents et notamment de *Sesuvium* qui est une plante à rosettes (Ficoide).

On sait, qu'en règle générale, les feuilles des herbacées dicotylédones sont plus réfléchissantes que celles des monocotylédones (Graminées, Cypéracées) car elles possèdent un parenchyme lacuneux (2) plus développé (GUYOT, 1989). La large représentation des familles Légumineuses (*Aeschynomene, Calopogonium,* ...), Convolvulacées (*Ipomoea*) et Aracées (*Montricardia, Cyrtosperma*) contribue indirectement à renforcer les contrastes de réflectance du tapis herbacé, car l'aire de distribution de ces forbes est toujours nettement dissociée de celle des graminoïdes à appareil foliaire sommaire.

On retiendra donc que l'expression radiométrique des couverts herbacés est liée davantage à leur surface foliaire qu'à l'épaisseur du recouvrement végétal, contrairement à ce que peut laisser supposer l'observation de terrain.

La différenciation spectrale des couverts herbacés suivant leur surface foliaire reste toutefois subordonnée au stade de développement des plantes (phénophase) au moment de l'enregistrement. Les signatures spectrales des couverts herbacés dépendent, dans une large mesure, des types biologiques qui y dominent.

• *La diversité des formes biologiques*

A la différence des palétuviers et des arbres d'arrière-mangrove dont on peut estimer que la phénologie de l'appareil épigé (floraison, feuillaison) a une incidence marginale sur la réflectance des couverts, les plantes herbacées d'arrière-mangrove présentent des formes d'adaptation aux contraintes saisonnières qui sont susceptibles de modifier complètement la physionomie, et partant, la réflectance des peuplements.

Le spectre biologique des formations herbacées d'arrière-mangrove est extrêmement varié. Il recouvre la totalité des types morphologiques de la classification de Raunkiaer fondée sur le principe de réduction des plantes au cours de la mauvaise saison, donc de la morphologie de la partie pérenne (BRAQUE, 1987).

A l'instar des espèces ligneuses de la mangrove, les peuplements herbacés comptent de nombreuses plantes dont l'appareil aérien est toujours bien visible. Leur hauteur excède cependant rarement 50 cm, en raison des contraintes de développement liées à la salinité. Il s'agit donc essentiellement de chaméphytes ($h < 30$ cm) ou de nanophanérophytes pour les plus hautes d'entre elles.

L'assortiment végétal de ces deux types biologiques très voisins comprend de nombreuses Cypéracées à appareil foliaire sommaire, les Graminées de type gazonnant *Sporobulus portulacastrum* et *Paspalum vaginatum*, des Dicotylédones crassulescentes de type rampant comme *Sesuvium* et *Philoxerus*, enfin de nombreuses plantes à rosettes ou cespiteuses (3).

La conservation d'un appareil épigé toujours bien développé permet à ces plantes d'être directement détectables tout au ong de l'année.

Viennent ensuite les hémicryptophytes, c'est-à-dire des plantes vivaces affrontant la saison sèche sous forme d'une souche portant des bourgeons à la surface du sol et dont l'appareil épigé ne se développe réellement qu'en saison pluvieuse.

Ces plantes se cantonnent pour l'essentiel sur les versants colluviaux où des sols sableux et filtrants permettent le développement de graminées à rhizomes : *Pennisetum, Andropogon* et *Imperata.* Malgré l'aridification saisonnière du climat, la réserve hydrique des sols permet la conservation d'un appareil épigé réduit sous la forme d'une rosette de feuilles vertes ou d'une touffe de feuilles mortes, notamment chez les hémicryptophytes cespiteux *Pennisetum* et *Andropogon.* Ceci leur garantit un taux de recouvrement du sol suffisant pour conserver une réflectance assez forte pendant la saison sèche.

L'originalité du spectre biologique des marais d'arrière-mangrove réside dans l'abondance des végétaux à réduction saisonnière extrême de l'appareil épigé. Il s'agit avant tout d' hydrophytes, c'est-à-dire de végétaux palustres -d'où leur nom d'hélophytes (de *hélos* : marais)- qui affrontent la saison sèche avec leur seule souche enracinée dans la vase et développent, pendant l'hivernage, un appareil aérien en grande partie submergé dont la terminaison flotte à la surface de l'eau.

Les hydrophytes identifiées en Guinée relèvent, en majorité, de familles non graminoïdes telles, *Ipomea aquatica, Jussiaea sp., Polygonum tomentosum* et *Typha australis.* Mais on note également la présence de la Cypéracée *Phragmites australis* ainsi que des Graminées *Panicum sp.* et surtout *Echinocloa pyramidalis.* Il ne

(1) Forbes : plantes herbacées non graminoïdes, à feuilles larges

(2) Parenchyme lacuneux : tissu végétal développé entre les nervures des feuilles et tapissé de fentes microscopiques, les stomates.

(3) qualifie un végétal qui croît en touffes compactes.

semble pas que les nénuphars (*Nymphaea lotus*) qui envahissent, durant l'hivernage, les dépressions palustres les plus inondées doivent être rangés parmi les hydrophytes, car leur partie vivace est parfaitement dissimulée dans le sol, et non plus simplement subaffleurante. Il s'agirait plutôt d'un géophyte.

Ces plantes hélophytiques se développent particulièrement dans les secteurs où le régime des écoulements a été perturbé par un déséquilibre morphodynamique d'échelle régionale, comme sur le haut-Kapatchez où l'obstruction du drainage a multiplié les contrepentes et les réceptacles aux eaux de pluie.

L'intense propagation végétative des hélophytes -qui peuvent se fragmenter en véritables radeaux végétaux- a pour effet de fournir une phytomasse très importante (SCHNELL, 1976) dont la lente décomposition au moment de la décrue entraîne la formation d'une tourbe plus ou moins flottante. Ce phénomène original se signale sur les compositions colorées par une teinte magenta dénotant une forte absorptance dans le proche infrarouge. La persistance de cette matière organique mal décomposée à la surface du sol permet à ces marais herbacés de dépression palustre d'être identifiables au plus fort de la décrue.

Une attention particulière doit être accordée à la végétation des bordures de mares d'inondation qui doit s'adapter à des temps de submersion plus brefs et moins réguliers.

Outre des nanophanérophytes et chaméphytes assurant un recouvrement pérenne du sol, le spectre biologique de ces bordures de mares comprend de nombreuses thérophytes, c'est-à-dire des plantes annuelles affrontant la mauvaise saison sous forme de graines ou de boutures qui ensemencent le substrat, dès le retrait de la nappe d'eau.

Le cortège floristique des prairies marécageuses s'enrichit en début de saison sèche de diverses Composées (*Ageratum conzyoïdes, Synedrella nodiflora, Spilanthes uliginosa, Eclipta prostrata*) et autres dicotylédones (*Calopogonium muconoïdes, Sida acuta, Amaranthus sp.*)

Il est certain que la soudaine prolifération de ces espèces à l'amorce de la décrue est susceptible d'augmenter sensiblement l'indice foliaire du couvert herbacé. Toutefois, sur les enregistrements les plus "précoces" dont nous disposions (décembre), la périphérie des prairies aquatiques est souvent entourée d'une auréole de très forte réflectance. En nous rendant dans les marais de Dibéridi (sous-préfecture de Mankoutan), nous nous sommes aperçu que la colonisation du sol par ces éphémères se manifestait essentiellement au voisinage des plateaux bordiers et non dans la partie centrale de la plaine. Il est probable, donc, que le développement des thérophytes reste tributaire d'une alimentation phréatique en eau douce à partir des bordures continentales.

On a également noté que ces plantes éphémères se rencontraient préférentiellement dans des secteurs où est cultivé un riz de décrue, en début de saison sèche. Cela confirme l'opinion selon laquelle la prolifération d'espèces annuelles est l'indice privilégié d'une perturbation du milieu marécageux par une action humaine (RAYNAL-ROQUES, 1983). L'abondance des thérophytes sous ce climat non aride, tout comme la présence d'hémicryptophytes pionnières sur les sols colluviaux, témoigne indubitablement du caractère largement artificiel des formations marécageuses de Basse-Guinée.

Sans atteindre le développement qui leur a été reconnu sur d'autres littoraux ouest-africains, notamment en Côte d'Ivoire et au Bénin (PARADIS, 1988), la complexité de ces formations d'arrière-mangrove nous semble justifier un essai de classification à partir des données satellitaires à haute résolution.

4. 2. 3. LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORMATIONS HERBACÉES

Notre classification des formations herbacées s'appuie sur des données satellitaires acquises, rappelons-le, entre les mois de décembre et d'avril, c'est-à-dire durant la majeure partie de la saison sèche. C'est la période durant laquelle les aspects du tapis herbacé sont les plus contrastés du fait de l'opposition marquée entre, d'une part, les nanophanérophytes, chaméphytes et hémicryptophytes qui assurent une couverture partielle ou totale du sol et, d'autre part, les hydrophytes et thérophytes qui laissent pendant un temps le substrat nu (1).

En outre, cette opposition n'est pas altérée par la présence du riz cultivé, puisqu'à l'exception du riz de décrue, cette céréale se cultive, en Basse-Guinée, pendant la saison pluvieuse.

On peut considérer que les données acquises en saison sèche expriment, donc, directement le spectre de recouvrement du tapis herbacé, autrement dit, le pourcentage de la surface effectivement recouverte par les différentes formes biologiques.

La détermination visuelle du rapport des surfaces couvertes par chaque type biologique permet, dès lors, de différencier plusieurs types de groupements herbacés définis selon le type biologique spatialement dominant.

On excluera de cette typologie les groupements herbacés de mangrove, car leurs contraintes d'identification sont plus proches de celles des peuplements de palétuviers (interférence des eaux fluvio-marines et de la végétation dans le champ du capteur) que des contraintes biologiques spécifiques aux formations d'arrière-mangrove. Rappelons simplement qu'il est relativement facile d'y distinguer les pelouses halophytiques des prairies gazonnantes à *Paspalum.*

Si l'on exclut donc les pelouses de substitution à la mangrove boisée, quatre types de formations herbacées peuvent être raisonnablement distingués sur l'imagerie satellitaire. Leur cortège floristique comptant toujours une part plus ou importante d'espèces graminoïdes (Graminées ou Cypéracées), on peut les réunir sous le vocable de prairie.

• *Les prairies graminéennes sub-exondées*

Les compositions colorées permettent d'abord de distinguer les prairies graminéennes recouvrant les terrasses sableuses à hydromophie temporaire. Ce type de groupement herbacé assure la transition entre les paysages végétaux d'arrière-mangrove et ceux de terre ferme, car ils recouvrent des sols dont la pédogénèse est susceptible d'avoir évolué indépendamment du contexte spécifique de l'écosystème mangrove (terrasses sableuses d'origine eustatique ou anthropique).

(1) On fera précéder ces noms, dans les tableaux suivants, d'un trait d'union chaque fois qu'ils désigneront des plantes aquatiques (hydro-).

Leur spectre biologique est dominé par des hémicryptophytes graminéens, ce qui leur permet de conserver une réflectance relativement soutenue, au coeur de la saison sèche.

La comparaison des différentes compositions colorées révèle, toutefois, des variations de réflectance à mesure que l'on avance dans la saison sèche. Sur l'image du Kapatchez (K, J 28-329) acquise au mois de décembre, leur teinte vive contraste avec la végétation desséchée des vasières attenantes, ce qui permet de localiser avec précision le contact entre la plaine *stricto sensu* et les versants de raccordement au plateau. Mais sur l'image du Soumbouya (K, J, 31-331) prise en mars, ce contraste de réflectance parait beaucoup moins marqué.

TYPES BIOLOGIQUES	Herbacées graminoïdes GRAMINÉES	CYPERACÉES	Herbacées non graminoïdes
Phanérophytes Chaméphytes Hémicryptophytes	*Andropogon sp.* *Eragrostis linearis* *Imperata cylindrica* *Penniseum purpureum* *Pobeguinea erecta*	*Kyllingua erecta*	*Imperata cylindrica*
Cryptophytes Thérophytes		*Fuirena umbellata*	

TABLEAU N°16 : SPECTRE BIOLOGIQUE DES PRAIRIES GRAMINÉENNES DES TERRASSES A HYDROMORPHIE TEMPORAIRE

Les îlots de terrasse (*dara dantafangui*) de Baga (interfluve Kitéma / Sarinka) et de Wondima (rive gauche de la Soumbouya) n'ont plus, à ce moment, la teinte soutenue qu'ils présentaient deux mois auparavant (cf. Image voisine de Kakossa [K, J 30-331], dont le champ de vision recoupe partiellement cette image), car l'activité chlorophyllienne des graminées s'est fortement ralentie. Leur séparation avec les groupements qui les entourent n'est plus alors possible qu'en fonction de l'analyse des signatures morphologiques, les prairies graminéennes présentant une signature uniforme caractéristique due à la discrétion de l'endiguement.

Mais si l'on excepte ce cas, leur contraste de réflectance avec les prairies à dominance de Cypéracées reste en général bien marqué.

• *Les prairies à Cypéracées des schorres*

Bien que ces Cypéracées relèvent dans l'ensemble du même type biologique que les Graminées des terrasses sableuses -ce sont également des nanophanérophytes-, leur indice foliaire est sensiblement moins élevé, ce qui renforce d'autant l'effet du sol dans la signature du couvert.

Si, en période de recouvrement par les marées de vives eaux, ces prairies à Cypéracées se distinguent mal de la végétation environnante et, notamment, des groupements herbacés riverains qui sont également submergés, ils s'individualisent, en revanche, le restant de la saison sèche, par une teinte blanchâtre traduisant leur très forte réflectance dans le proche infrarouge.

Ce phénomène pourrait être lié à la texture particulière de ces schorres et, en particulier, à l'évolution de la matière organique, dont on sait qu'elle abonde dans ces sols (cf. § 1.1.2.).

Les sols de schorre présentent la plupart du temps des profils très évolués, tant au plan de vue physique (maturation) que chimique (oxydation). Or, il est prouvé que l'oxydation de la matière organique renforce de façon notable la réflectance des limons sableux sur toute l'étendue du spectre (Fig. 46, ci-dessous).

TYPES BIOLOGIQUES	Herbacées graminoïdes GRAMINÉES	CYPERACÉES	Herbacées non graminoïdes DICOTYLÉDONES
-phanérophytes -chaméphytes -hémicryptophytes		*Fuirena glomerata* *Cypreus haspan* *Cypreus articulatus* *Eleocharis carribea* *Eleocharis mutata* *Pycreus odoratus* *Scirpus littoralis*	*Imperata cylindrica*
-hydrophytes -thérophytes			

TABLEAU N°17 : SPECTRE BIOLOGIQUE DES PRAIRIES À CYPERACÉES DE SCHORRE

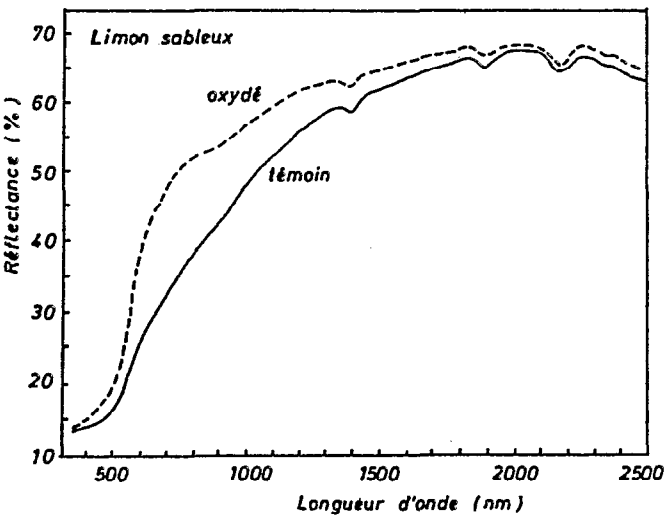


FIG. 46 : SPECTRES DE RÉFLECTANCE D'UN LIMON SABLEUX SEC TÉMOIN ET DONT LA MATIÈRE ORGANIQUE A ÉTÉ DÉTRUITE

(d'après BOWERS & BANKS, 1965 ; repris par GUYOT, 1989)

Il est délicat de se prononcer sur l'importance de cet effet de sol sur la signature des schorres. Mais il est indéniable qu'il participe indirectement à la différenciation spectrale des prairies à Cypéracées, en saison sèche lorsque la végétation cultivée n'interfère plus avec la végétation spontanée peu couvrante dans le champ du capteur.

• *Les prairies aquatiques des dépressions palustres*

Dans les marais d'eau douce, il semble que les contrastes de réflectance pendant la saison sèche procèdent de l'opposition de deux spectres de recouvrement bien tranchés correspondant à deux types de groupements végétaux.

Les teintes rosâtres expriment, très généralement, la prépondérance des hydrophytes dans le spectre biologique du tapis herbacé (Tableau n°18, ci-dessous). On peut qualifier ces formations de prairies aquatiques, puisque cette signature "chlorophyllienne" résulte de l'accumulation, à la surface des dépressions exondées, des tiges flottantes développées lors de la crue précédente.

TYPES BIOLOGIQUES	Herbacées graminoïdes GRAMINÉES	CYPERACÉES	Herbacées non graminoïdes DICOTYLÉDONES
-phanérophytes -chaméphytes -hémicryptophytes			
Hydrophytes	*Panicum spp.* *Brachiaria mutica* *Sacciolepsis sp.*	*Phragmites australis*	*Ipomoea aquatica* *Jussiaea sp.* *Polygonum tomentosum* *Typha australis**
Géophytes			*Nymphaea lotus* *Pistia stratiotes*
-thérophytes	*Echinocloa pyramidalis*		

TABLEAU N°18 : SPECTRE BIOLOGIQUE DES PRAIRIES AQUATIQUES DE DÉPRESSION PALUSTRE

(**Typha australis* est une monocotylédone)

Sur l'image du Kapatchez (K, J 28-329) qui date du mois de décembre 1986, donc du tout début de la saison sèche, on peut observer que ces teintes rosâtres sont précédées, dans le fond des talwegs, de teintes plutôt violacées. Le fait que nous n'ayons observé, nulle part ailleurs, cette signature laisse supposer qu'elle signale des zones d'inondation persistance où la végétation hélophytique est encore largement submergée en fin de saison pluvieuse. La date d'acquisition plus tardive de l'ensemble des données empêche malheureusement d'inclure ce taxon dans notre classification des groupements d'arrière-mangrove.

• *Les prairies marécageuses de bordure de dépression*

En périphérie de ces prairies de dépression palustre, les auréoles de teinte blanchâtre traduisent le passage à des groupements herbacés thérophytiques qui laissent le substrat nu, sitôt leur bref cycle végétatif achevé. Ces groupements s'individualisent particulièrement sur les images du Kapatchez et de Koba (K, J 30-330), qui couvrent les secteurs où les écoulements estuariens ont été le plus perturbé.

Ces thérophytes sont associés en proportion très variable avec des hémicryptophytes et des chaméphytes herbacés ou suffrutescents assurant une couverture au moins partielle du sol. En outre, nous avons pu constater l'extension, dans ces zones, de la fougère *Azolla africana* dont l'utilisation mériterait sans doute d'être encouragée (1).

Ces formations seront qualifiées de prairies marécageuses pour souligner qu'elles se développent dans des conditions d'inondation plus brève que les prairies aquatiques. Leur assortiment floristique est dominé par des Dicotylédones et des Graminées très diverses (Tableau n°19, ci-dessous).

TYPES BIOLOGIQUES	Herbacées graminoïdes GRAMINÉES	CYPERACÉES	Herbacées non graminoïdes DICOTYLÉDONES
-phanérophytes -chaméphytes			*Urena lobata* *Aeschynomene indica* *Nelsonia canescens* *Sida rhombofilia*
-hémicryptophytes	*Oryza barthii* *Ischaemum rugosum* *Panicum conjugatum* *Panicum parviflorum* *Paspalum auriculatum*	*Scleria racemosa* *Pycreus polystachyos* *Rynchospora umbellata*	*Boerrhavia graminiloca* *Cassytha filiformis* *Caperonia senegalensis* *Convolvulus microphyllus* *Hydrolea glabra* *Nesaea crassicaulis*
-hydrophytes -thérophytes	*Echinocloa pyramidalis*		*Polygonum tomentosum* *Ageratum conyzoïdes* *Amaranthus graecizans* *Cleome rutidosperma* *Colopogonium muconoïdes* *Eclipta prostrata* *Impatiens irvingii* *Sida acuta* *Spilanthes ugilinosa* *Synedrella nodiflora*

TABLEAU N°19 : SPECTRE BIOLOGIQUE DES PRAIRIES MARÉCAGEUSES DE BORDURE DE DÉPRESSION PALUSTRE

(d'après les inventaires floristiques de DINGLE, 1973 ; JACQUES-FELIX, 1960 ; et d'observations personnelles)

La prolifération de ces multiples espèces doit beaucoup à la mise en culture de ces bordures de dépression (riziculture de décrue) qui déclenche des processus de reconquête pendant les périodes de jachère. Certains oiseaux passereaux granivores, dont de nombreux tisserins (famille des Ploceidae) attirés par les semences de riz, participent également à la dissémination des autres graines. Aussi bien, beaucoup de ces plantes peuvent être considérées comme des adventices de la riziculture (2).

A la différence des types de groupements herbacés précédents, la signature des prairies marécageuses est susceptible d'être affectée, pendant la période d'acquisition des données satellitaires (décembre-avril), par ces emblavements rizicoles de contre-saison augmentant l'indice foliaire du couvert herbacé.

Ce type de culture a pu ainsi être identifié avec une précision certaine à partir d'un enregistrement acquis au cours de la période de croissance végétative du riz flottant (janvier-mars), sur le secteur du haut-Kapatchez (LOQUAY *et al.*, 1989 ; MOREAU, 1989).

(1) L'azolle hebèrge une algue microscopique qui lui permet de fixer l'azote. C'est la raison de son utilisation de plus en plus répandue, en tant que fourrage et engrais, dans les pays asiatiques.

(2) La prolifération de certaines espèces graminées vivaces comme *Ischaemum rugosum* et *Oriza barthii* peut s'avérer très gênante au moment de la séparation des graines de paddy. Elles sont qualifiées, pour cette raison, de "mauvaises herbes".

L'utilisation de semences extrêmement variées, tant par leur temps de croissance que par leur période d'ensemencement, rend malheureusement très aléatoire l'identification des prairies mises en culture, car leur séparation radiométrique avec les zones non cultivées dépend largement de la date d'obtention des données et des disponibilités en eau.

A défaut de pouvoir détecter avec certitude les surfaces emblavées en saison sèche, il nous semble prudent de fonder l'inventaire de ce type de culture sur l'occurrence de surfaces à forte absorptance signalant, à tout le moins, les secteurs où les disponibilités en eau sont suffisantes pour permettre une culture de contre-saison. C'est la méthode que nous avons appliquée, par exemple, sur l'image du haut-Kapatchez de décembre 1986, où les digitations supérieures de la plaine sont encore largement inondées (teinte indigo), alors que la partie qui leur succède en aval présente une réflectance très forte (teinte bleutée) traduisant le passage à des prairies à Cypéracées mélangées à des chaumes de riz.

4. 2. 4. RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION ANALOGIQUE DES PAYSAGES D'ARRIÈRE-MANGROVE

• *Une classification fondée sur la diversité des systèmes culturaux*

En raison de la diversité d'aspect des paysages d'arrière-mangrove, le choix du critère taxinomique déterminant est plus délicat que pour la mangrove boisée. Si la végétation naturelle était encore largement conservée, comme c'est le cas dans certains pays (Gabon, Sumatra, Australie), une classification selon les grands types de formations végétales s'imposerait. En Guinée, où l'occupation du littoral remonte à plusieurs siècles, les paysages d'arrière-mangrove apparaissent largement comme le produit des défrichements et des conversions agricoles. Les forêts marécageuses sont pour l'essentiel relictuelles. Dans ces conditions, dresser la carte des formations d'arrière-mangrove relèverait de la gageure.

La végétation spontanée ne pouvant donc pas être le critère fondamental de classification, force est de subordonner cet aspect à un facteur humain. Dans le contexte spécifique de la Guinée, la variable qui semble le mieux rendre compte de la diversité des conditions écologiques d'arrière-mangrove, tout en étant détectable par l'imagerie satellitaire, demeure en définitive la trame des systèmes culturaux rizicoles telle qu'elle a été définie au § 1.1.2.

Les quatre systèmes de culture fondamentaux que l'on rencontre dans la plaine côtière guinéenne sont, rappelons-le :
- la riziculture endiguée et drainée artificiellement en grand (polders),
- la riziculture endiguée et inondée (casiers rizicoles ou *bougounis*),
- la riziculture submergée non endiguée (rizières ouvertes),
- la riziculture pluviale sur terres sèches (rizières de plaine sèche).

Les polders et les rizières sèches sont circonscrits à des terroirs particuliers qui sont respectivement les grandes plaines de front de mer à *Avicennia* et les terrasses sableuses à Graminées. Les *bougounis* et les rizières ouvertes recouvrent des terroirs plus variés.

Les *bougounis* se rencontrent sur deux types de vasières que l'imagerie satellitaire permet de séparer convenablement :
- les schorres d'estuaire à sols maturés où le riz est mélangé à une pelouse halophytique ou une prairie à Cypéracées,
- les schorres à *Avicennia* des plaines deltaïques de front de mer où la couverture herbacée se limite aux halophytes crassulescents.

Les rizières ouvertes se répartissent également sur deux types de terroirs différents :
- le lit majeur des parties amont d'estuaire où le riz se développe au-dessus d'une prairie gazonnante à *Paspalum*,
- les marais d'eau douce où le riz est cultivé principalement en bordure des dépressions palustres (prairies marécageuses).

Bien qu'elles portent toujours la marque d'un emblavement (actuel ou passé), ces différentes unités taxinomiques s'intègrent, à des degrés très divers, dans le système de production rizicole. Certaines d'entre elles ne présentant aucun signe d'emblavement récent, il semble difficile d'en faire des unités de paysage rizicoles. Ces six taxons s'apparentent plutôt à des unités de paysages agroécologiques, dans le sens où ces dernières expriment essentiellement les relations entre les différents systèmes de culture et des terroirs particuliers (BRUNEAU & KILIAN, 1984).

Les modalités de mise en culture de ces unités de paysage ont été prises en compte à un rang taxinomique secondaire.

• *L'indexation des caractères hydrodynamiques et productifs*

Le critère physique essentiel, pour la mise en culture des terroirs rizicoles, réside dans le contrôle du niveau de submersion. La détermination des conditions de drainage a donc été le premier critère retenu pour différencier, plus en détail, les rizières. Les deux indices privilégiés ont été la densité du réseau hydrographique et l'humidité du substrat, en tenant compte du fait que les surfaces emblavées sont supposées être exondées et les drains inondés pour permettre le lessivage des oxydes.

Compte tenu de la variété des conditions locales de drainage et de l'approximation évidente d'un diagnostic à partir des seules signatures radiométriques, nous avons tenu compte, autant que possible, des données recueillies sur le terrain et simplifié ce caractère en deux modalités : bonne (majuscule) ou mauvaise (minuscule), suivant la tendance qui l'emporte sur la zone circonscrite.

L'intensité de la mise en culture a été estimée d'après l'indice foliaire des jachères herbacées qui croît *grosso modo* en raison inverse de la densité des chaumes de riz (et en raison directe des plantes adventices). En l'absence d'une étude statistique précise, deux seuils (30 et 70 %) ont été arbitrairement choisis pour séparer les parcelles effectivement emblavées tandis que l'existence de rizières ne présentant pas de signe d'emblavement récent a été notifiée comme telle.

L'intensité d'emblavement est susceptible de varier sensiblement selon les années, alors que notre diagnostic s'est fondé sur l'interprétation d'un seul enregistrement. Le choix de fourchettes d'évaluation assez larges permet de s'affranchir, dans une certaine mesure, de la variabilité annuelle des taux d'emblavement. En tout

état de cause, il faut se souvenir que l'intensité de mise en culture varie plus ou moins selon le type de riziculture. La riziculture submergée et endiguée (P, F et E) offre des rendements plus réguliers que la riziculture simplement submergée (O et B) et, *a fortiori*, que la riziculture sèche (T).

Enfin, pour les rizières présentant un taux d'emblavement inférieur à 30 %, on a voulu notifier leur imbrication spatiale avec des salines (X), chaque fois que des taches de très forte réflectance se sont avérées correspondre à des surfaces dénudées pour le raclage de la pseudo-moquette. On peut ainsi localiser les zones où ces deux activités sont concurrentes et, où, de ce fait, la confection du sel entraîne une pression particulière sur la mangrove boisée.

A la même enseigne que la classification de la mangrove boisée, les combinaisons théoriques entre les différents caractères retenus ne correspondent pas toutes à des situations réelles. On concevra aisément que l'imagerie satellitaire et nos investigations de terrain n'aient jamais révélé l'existence de rizières de bas fond converties en salines, ou encore de polders à fort emblavement, malgré de mauvaises conditions de drainage.

Néanmoins, une quarantaine d'unités agroécologiques ont pu être inventoriées, soit un nombre de taxons sensiblement égal à celui des formations végétales identifiées (Tableau n°20, ci-dessous).

SYSTÈME DE CULTURE ET TERROIR ASSOCIÉ	CONDITIONS DE DRAINAGE	CONDITIONS DE DRAINAGE (% de la surface convertie)				CONFECTION DE SEL X	
		> 70 %	70-30 %	> 30 %	0 %		
P POLDERS DE FRONT DE MER	bonnes	P_1	P_2				
	mauvaises		p_2	p_3			
F CASIERS RIZICOLES DE FRONT DE MER	bonnes	F_1	F_2	F_3	F_4	F_3X	F_4X
	mauvaises	f_1	f_2	f_3	f_4	f_3X	f_4X
E CASIERS RIZICOLES D'ESTUAIRE	bonnes	E_1	E_2	E_3	E_4	E_3X	E_4X
	mauvaises	e_1	e_2	e_3	e_4	e_3X	e_4X
O RIZIÈRES OUVERTES D'ESTUAIRE SUP.	régime de crue variable	O_1	O_2	O_3	O_4		
B RIZIÈRES DE BAS FOND	mauvaise		b_2	b_3	b_4		
T RIZIÈRES SECHES DE TERRASSE	mauvaise			f_3	f_4		

TABLEAU N°20 : LES UNITÉS AGROÉCOLOGIQUES IDENTIFIÉES À PARTIR DE L'INTERPRÉTATION ANALOGIQUE DES COMPOSITIONS COLORÉES

CONCLUSION

L'analyse des signatures spectrales des mangroves de Guinée a permis d'identifier un certain nombre de classes de paysages à partir de signatures radiométriques et de signatures morphologiques caractéristiques.

Dans leur grande majorité, ces classes correspondent à des regroupements d'états de surface dont les arrangements spatiaux paraissent significatifs de la dynamique des paysages concernés. Les formations végétales identifiées sont, donc, des classes de paysages dont les différents taxons constitutifs renseignent sur l'évolution.

Dans le domaine de la mangrove boisée, la différenciation spectrale des formations végétales se fonde d'abord sur les combinaisons entre la phytomasse et l'activité chlorophyllienne du couvert. La composition floristique (dominance ou mixité) est déterminée à partir de la confrontation de ces signatures radiométriques et de leur localisation dans l'espace fluvio-marin. L'interprétation des signatures morphologiques permet ensuite de préciser la tendance évolutive (progressive ou régressive) de ces formations.

Dans le domaine de la végétation d'arrière-mangrove qui comprend aussi bien les forêts marécageuses que l'ensemble des formations herbacées (y compris les zones de conversion rizicole), la discrimination des formations s'établit sur le même principe général, mais une attention supplémentaire a été accordée à la phénologie particulière des couverts herbacés.

Au total, la cartographie établie à partir de l'interprétation analogique des compositions colorées offre une vue synoptique de la distribution de six grands types de formations de mangrove (dont les tannes), et de six grands types de formations d'arrière-mangrove définis selon les rapports entre les systèmes culturaux et la végétation spontanée associée. Les informations corrélatives, telles le mode d'exploitation de la mangrove ou l'intensité de mise en culture des formations d'arrière-mangrove, sont indexées à un niveau taxinomique inférieur.

Ces caractères secondaires sont déterminés, en partie, par la pression démographique sur le piémont bordier, dont les données satellitaires rendent largement compte à travers le degré de dégradation de la végétation continentale. Mais, ils sont conditionnés également par la dynamique du milieu marin que les compositions colorées classiques ne permettent malheureusement pas d'appréhender de façon aussi satisfaisante. Nous avons donc cherché à savoir si un traitement informatique des données numériques pouvait préciser les corrélations entre ces différentes unités de paysage et leur environnement infratidal, et si la discrimination des mangroves était susceptible également d'être améliorée.

Chapitre 5

L'APPORT DE L'INTERPRÉTATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR DES DONNÉES NUMÉRIQUES (CCT)

5. 1.
MÉTHODOLOGIE DES TRAITEMENTS INFORMATIQUES

5. 1. 1.
LE SYSTÈME DE TRAITEMENT UTILISÉ

• *Le logiciel de traitement d'images DIDACTIM*

Les traitements informatiques des bandes magnétiques (CCT) acquises sur la scène 30-330 du 19-4-1986 ont été réalisés sur le mini-système de traitement de l'Institut de la Carte Internationale de la Végétation (Toulouse / Université Paul Sabatier).

Autour d'une unité centrale de moyenne capacité (60 M octets), l'unité spécialisée de l'I. C. I. V. comprend :
- un dérouleur de bandes (1.600 BPI),
- un terminal alphanumérique (instructions),
- un terminal couleur de 512 x 512 pixels permettant la visualisation de fenêtres couvrant environ 10,5 km^2,
- une imprimante monochrome permettant d'éditer les résultats statistiques,
- une imprimante traçante couleur pour l'édition de cartes.

Le logiciel DIDACTIM est un logiciel de traitement d'image dédié à la formation et doté, à ce titre, d'une convialité qui en facilite grandement l'utilisation par des thématiciens non ingénieurs. Outre les fonctions de traitement (combinaisons d'images) et d'apprentissage, le module de base de DIDACTIM comporte plusieurs fonctions de classification supervisée dont :
- la classification par maximum de vraisemblance
- la classification par segmentation (classification par hypercubes)
- la classification par agrégation autour de centres mobiles.

Dans la version de DIDACTIM dont nous disposions, seule la fonction de classification barycentrique (alias agrégation autour de centres mobiles) présentait une fiabilité et une rapidité d'exécution suffisantes (15 mn env. pour 15 classes / 2 canaux) pour être pleinement opérationnelle. A défaut de pouvoir procéder à une confrontation véritable de ces différentes methodes de classification, nous avons donc préféré appliquer ce même et seul algorithme statistique à l'ensemble de nos images.

La place n'est pas ici de présenter le menu complet des fonctions virtuelles de DIDACTIM, d'autant que nous ne les avons pas toutes explorées, en détail. Nous mettrons simplement l'accent sur trois d'entre elles qui nous ont été particulièrement précieuses.

Il s'agit d'abord d'un plan graphique (plan Overlay) qui peut sélectivement être surimposé à toute image affichée sur l'écran, ce qui permet d'actualiser un apprentissage sans perdre les contours des parcelles d'entraînement initiales.

Il s'agit ensuite de la possibilité d'afficher ou d'éditer en fausses couleurs (trichromie) une image en tons de gris et d'accroître par conséquent sensiblement la lisibilité d'images transformées monochromes (indices, composantes principales, etc. .). Cette fonction facilite grandement, nous le verrons, l'échantillonnage des zones d'entraînement sur ce type d'images.

Il s'agit enfin de la fonction de régularisation des résultats (Erosion-Dilatation) qui consiste à ranger chaque pixel classé, non dans la classe qui lui a été affectée lors de la classification, mais dans la classe majoritaire qui l'entoure, permettant ainsi de simplifier les contours des classes.

Compte tenu de l'écart sensible entre le rendu des couleurs à l'écran et celui de l'imprimante graphique, l'édition des résultats a souvent été nécessaire pour valider le recours à ces deux dernières fonctions.

• *La restitution cartographique des résultats*

Afin d'optimiser l' expressivité des images classées, un soin particulier a été porté à l'utilisation des variables visuelles, telles qu'elles ont été définies par la sémiologie graphique (BERTIN, 1967).

Le mode de restitution zonal de l'imprimante de l'I.C.I.V. nous a conduit naturellement à privilégier la couleur qui fournit dans ces conditions la meilleure sélectivité visuelle. Mais la texture (variation du grain) et la valeur (intensité texturale) des 32 plages de couleurs offertes par l'imprimante ont également été prises en compte.

Au terme de multiples traitements graphiques, nous nous sommes efforcés de définir une légende commune à l'ensemble des images classées afin de permettre une comparaison véritable des zones étudiées. Les clés visuelles d'interprétation peuvent se résumer comme suit.

Les couleurs ont été utilisées pour séparer les grandes unités taxinomiques.

Le vert a été réservé à la végétation de terre ferme qui dérive plus ou moins directement de la forêt dense semi-décidue.

Les tons rouge, rose et violet désignent la mangrove boisée par analogie avec leur signature spectrale sur les compositions colorées classiques (FCC). La signification symbolique des couleurs nous a incité à destiner plus particulièrement le violet aux peuplements à dominance de *Rhizophora*, car ils sont régulièrement submergés (rouge + bleu), tandis que les peuplements à dominance d' *Avicennia* apparaissent plutôt en rose, pour rappeler que leur exondation est plus marquée (rouge + jaune).

Suivant cette logique, la partie de l'estran dépourvue d'arbres (tannes *sensu lato*) présente des tons clairs : jaune pour le tanne vif, orange pour le tanne herbu par analogie avec la teinte des pelouses à *Philoxerus* très répandues dans ce secteur.

Le bleu a été affecté aux zones de conversions rizicoles, étant donné la dominance de la riziculture aquatique. Toutefois, les terrasses à graminées que nous avons représentées en vert-olive pour marquer leur caractère de transition entre les vasières de la plaine et les terres sèches du piémont sont susceptibles également de porter des rizières (riziculture "sèche").

La couleur pourpre a été réservée aux fourrés à Raphiales qui recouvrent certaines indentations du plateau sublittoral, afin de rappeler que ce type de végétation marécageuse (bleu) est classé souvent parmi les formations d'arrière-mangrove (rouge).

Enfin plusieurs plages de couleurs ont été choisies, de façon moins symbolique, dans la simple perspective de rehausser la sélectivité visuelle. Nous avons choisi des croisements de deux couleurs traduisant les deux composantes de l'information. Le bleu-noir désigne les schorres où les chaumes des rizières (bleu) se mélangent à des cypéracées peu couvrantes (noir). Le rouge-bleu est réservé aux mangroves dépérissantes, car le processus qui conduit au dépérissement de la mangrove (rouge) est fondamentalement lié à la perturbation du régime de submersion (bleu).

Curieusement, le seul domaine pour lequel nous n'avons pas pu uniformiser notre légende graphique est celui des eaux courantes masquées (chenaux fluvio-marins, mer), mais qui, au moment de l'initialisation des classifications, s'est toujours confondu avec la couleur de l'une des classes. Ce problème n'a malheureusement pas pu être résolu, même si l'on conviendra que les eaux fluvio-marines ne peuvent en aucun cas être confondues avec des peuplements bas de *Rhizophora* (KOBA), une brousse secondaire (DUBRÉKA) !

La valeur (intensité texturale) et **la texture** (type de grain) des plages de couleur ont servi dans un second temps à transcrire la hiérarchie des unités taxinomiques établie suivant la densité du couvert végétal (mosaïque forêt-savane et mangrove boisée) et l'intensité de la submersion (zones de conversion rizicole).

Dans le cas de la végétation de terre ferme (vert), nous avons combiné la variation de grain (texture en hachure puis texture ponctuelle) et l'espacement progressif de chacune de ces textures pour faire ressortir les différents stades de dégradation de la forêt dense climacique depuis la forêt dense relique jusqu'aux zones de culture (jaune oeuf) ceinturant les agglomérations villageoises (noir).

Au sein des peuplements à dominance de *Rhizophora* (violet), la combinaison de ces deux valeurs visuelles accentue la séparation des peuplements suivant leur taille : forêts et fourrés.

Par contre, au sein des peuplements à dominance d'*Avicennia* (rose), la variation de grain a permis d'opposer, d'entrée, les peuplements fermés (hachures) aux peuplements ouverts (grains), tandis que nous avons utilisé la variation d'intensité des plages de couleurs pour exprimer la densité des peuplements fermés. Dans ce dernier cas, la valeur la plus forte a été attribuée, non pas aux peuplements les plus élevés, mais aux peuplements les plus denses dont la signification morphodynamique semble, nous le verrons, plus pertinente.

Parmi les zones tannifiées, l'intensité de la valeur est proportionnelle à la dégradation de la pelouse d'halophytes et, donc, à l'extension des sols nus. Mais la tannification affecte aussi bien certains schorres anciennement convertis en rizières, auxquels nous avons donc réservé les plages de bleu les moins intenses (bleu pointillé) pour bien les différencier des rizieres de slikkes inondées régulièrement (bleu hachuré). Les rizières "ouvertes", qui sont profondément submergées par les crues fluviales, bénéficient, selon cette logique, de hachures encore plus épaisses.

Ce code graphique a été élaboré à partir de la diversité taxinomique des images classées et des contraintes visuelles dictées par la disposition variable des taxons au sein de chacune de ces images. Son efficacité graphique, autrement dit sa lisibilité, varie donc quelque peu d'une image à l'autre selon la spécificité du domaine étudié.

5. 1. 2.
LES DONNÉES DE BASE

• *Le choix des fenêtres*

La délimitation des fenêtres a tenu compte d'une part, des thèmes d'intérêt identifiés à partir de l'interprétation analogique des compositions colorées et, d'autre part, des mesures corrélatives disponibles comme les photographies infrarouge couleur au 1/20.000 que leur qualité spectrale autorise à considérer comme une authentique "verité-terrain".

Au total, quatre fenêtres ont été sélectionnées parmi les mangroves attenantes au delta du Konkouré. Les coordonnées (Lignes et Colonnes) de leurs coins supérieurs gauche dans la scène entière sont précisées ci-dessous.

Seules, les fenêtres n°2 et n°4 seront analysées complètement dans cet ouvrage. L'apport du traitement des deux autres fenêtres (KORIKORI et SINGUÉYA) ne sera mentionné qu'à titre de comparaison ainsi que dans les analyses de synthèse.

Fenêtre n°1 : KORIKORI (L. 1862, C. 910). L'extraction d'une fenêtre dans la partie amont du delta (dont la plus grande île est Korikori) s'imposait dans la mesure où ce secteur a conservé de très beaux peuplements de *Rhizophora*. L'intérêt d'une discrimination plus précise de ces peuplements répond à un intérêt économique évident, car il s'agira, dans les années à venir, du principal gisement à bois de palétuvier de la capitale. La partie amont du Konkouré abrite, par ailleurs, une gamme étendue de terroirs rizicoles. Il était donc également intéressant de mesurer l'apport d'un traitement numérique pour la classification des zones de riziculture en milieu de mangrove.

Fenêtre n°2 : DUBRÉKA (L. 2494, C. 1855). Afin de rendre compte de l'impact de l'exploitation forestière sur un type comparable de mangrove, nous avons extrait une fenêtre couvrant la préfecture de Dubréka où, en raison de la plus grande proximité de Conakry, les mangroves sont déjà profondément dégradées. Cette dégradation résulte également des besoins en bois de feu de la population locale, dont on peut mesurer la forte pression sur l'environnement par la diversité des formations végétales secondaires sur la terre ferme.

Fenêtre n°3 : SINGUÉYA (L. 2494, C. 1372). A mi-chemin entre les deux zones précédentes, la confluence du Konkouré et de la Soumba est marquée par un chapelet d'îles deltaïques dont la principale est Singuéya. On y rencontre encore quelques belles galeries de *Rhizophora*, mais les peuplements d'*Avicennia* occupent désormais une place prépondérante, notamment dans la partie interne des îles où la conversion en casiers rizicoles, puis en marais salants se traduit aujourd'hui par une mosaïque de formations herbacées et de tannes plus ou moins dénudés. S'agissant d'une zone en accrétion, les fronts pionniers compensent, dans une large mesure, les pertes en bois occasionnées par les défrichements internes. Il restait toutefois à identifier ces fronts de colonisation plus précisément que sur les compositions colorées classiques.

Fenêtre n°4 : KOBA (L. 2226, C. 252). La dynamique des ceintures monospécifiques à *Avicennia* s'enrichit dans la partie méridionale de la plaine de Koba de deux phénomènes spectaculaires : le dépérissement des forêts et le recul des fronts de mangroves. La juxtaposition de secteurs en accrétion et en érosion justifie, non seulement un inventaire détaillé des formations végétales associées à ces secteurs, mais également une tentative de corrélation avec la dymamique hydro-sédimentaire du domaine infratidal attenant qui fera l'objet

d'un traitement spécifique.

Les paysages des marais de Koba sont d'une complexité déroutante qui ne semble trouver d'égale en Basse-Guinée que celle des marais du Kapatchez. Un traitement numérique doit répondre ici au souci d'ordonner la multitude d'informations contenues dans la composition colorée et d'aider à la compréhension de l'ensemble.

Choisies en fonction de l'intérêt spécifique de leurs paysages, ces quatre fenêtres présentent les données de base de notre étude statistique sous forme de trois plans-image de taille 512 x 512 pixels correspondant aux trois longueurs d'onde de SPOT en mode multispectral. La seconde étape a consisté à réduire ces données de base.

• *La stratification des données*

A l'instar de la plupart des images littorales, les images que nous avons traitées sont caractérisées par une forte variance, c'est-à-dire une forte dispersion des valeurs radiométriques sur l'échelle des gris qui compte 128 niveaux. A titre d'exemple, les valeurs de chacun des trois canaux bruts de l'image de KOBA se répartissent selon les intervalles de variation suivants :

- XS 1 [27-109]
- XS 2 [36-108]
- XS 3 [48-108]

La forte dispersion des valeurs ne saurait surprendre en raison de la variété des domaines observés depuis les eaux inégalement turbides jusqu'à la mosaïque forêt-savane du piémont, en passant par toutes les formations végétales de l'estran. C'est, du reste, la raison pour laquelle nous avons retenu cet enregistrement parmi ceux disponibles sur le littoral guinéen, car, au-delà de la simple appréciation visuelle, les seuils inférieurs et supérieurs choisis pour la linéarisation des données étaient plus éloignés que ceux des autres scènes acquises sur cette région.

Notre premier souci a donc été de réduire la variance de chacune de nos images de façon à améliorer les résultats de traitements ultérieurs, qu'il s'agisse de simples combinaisons d'image ou d'algorithmes complexes de classification.

La première étape a donc consisté à extraire le domaine côtier et continental en éliminant l'eau. Nous avons alors effectué un seuillage dans le proche infrarouge (XS 3) en choisissant comme limite, non pas la ligne de rivage instantanée, mais plutôt la ligne de contact entre la vasière nue et la vasière recouverte d'*Avicennia*.

En effet, la ligne de rivage instantanée correspond, au moment de cet enregistrement effectué à marée basse, à la laisse de basse mer. Etant donné la largeur de l'estran, le choix de cette limite n'aurait pas sensiblement diminué la variance de l'image, notamment sur les images de KOBA et de SINGUÉYA où les valeurs radiométriques des vasières nues découvertes se confondent avec celles de zones internes inondées ou marécageuses.

On a donc préféré masquer la partie inférieure de la slikke (basse slikke) au risque d'intercepter des pixels "humides" situés, soit, dans la partie de l'estran recouverte de végétation comme sur la pelouse inondée de SINGUÉYA, soit, dans des prairies marécageuses à nappe phréatique proche de la surface comme dans la plaine de KOBA. Sur les deux autres images, les surfaces masquées au sein de la plaine côtière sont marginales.

Sur les fronts de mer, la limite de contact choisie pour le seuillage correspond très exactement à la lisière des forêts denses d'*Avicennia* où nous situons la limite supérieure de la haute slikke, que celle-ci soit en accrétion comme c'est le cas sur la rive droite du Konkouré ou, au contraire, qu'elle recule comme sur le front de mer de Koba (Image n°3, page 98).

Sur les rives des chenaux fluvio-marins, cette ligne de contact souligne très généralement la lisière de la galerie de *Rhizophora* qui est recouverte quotidiennement par la marée ; elle s'inscrit donc au sein de la slikke proprement dite.

La limite retenue exprime donc davantage une réalité biogéographique : l'apparition de la végétation arborée, qu'un paysage morphologique ou un niveau altimétrique précis (1). Il s'agit, pourtant, selon toute vraisemblance du critère qui a guidé le tracé du trait de côte sur les cartes topographiques IGN au 1/50.000. Il paraît donc légitime de l'avoir conservé pour définir le trait de côte actuel.

Afin de réduire au minimum la variance de nos images, l'idéal aurait été de masquer également le domaine continental, où la diversité des formations végétales augmente les risques de confusion avec les formations de la plaine côtière. Malheureusement, dans l'impossibilité de pouvoir procéder à un seuillage radiométrique, la fonction de seuillage manuel (Segmentation) offerte par le logiciel DIDACTIM nous est apparue trop contraignante pour être utilisée systématiquement. La présence, notamment, de nombreux îlots de terre ferme ou de cordons sableux aurait rendu trop long le temps d'initialisation de cette fonction.

La suite des traitements s'est donc appliquée à des images masquées de leur seul domaine fluvio-marin, dans l'acception qui vient d'en être donnée.

• *La linéarisation des images masquées*

Après l'extraction du domaine végétal, la seconde étape du processus d'amélioration des données a consisté à étendre l'intervalle de variation des images nouvellement masquées sur toute l'échelle des gris.

Cette opération est courante avant d'effectuer une composition en fausses couleurs afin d'améliorer la dynamique de l'image. Mais surtout, nous nous sommes aperçu qu'un étalement de dynamique permettait également de diminuer sensiblement la corrélation des canaux, ce qui améliorerait d'autant les résultats des traitements ultérieurs. A titre d'exemple et toujours pour l'image de KOBA, la figure n°47, ci-dessous permet de comparer le coefficient de corrélation (*r*) des différents canaux bruts masqués, avant (bâton vide) et après étalement de dynamique (bâton hachuré).

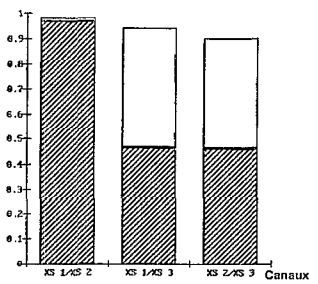


FIG. 47 :
COMPARAISON DES COEFFICIENTS DE CORRÉLATION DES CANAUX MASQUÉS
(AVANT ET APRÈS ÉTALEMENT DE DYNAMIQUE)

(1) La correspondance locale entre le Zéro des Cartes Marines, utilisé pour la représentation des courbes bathymétriques, et le Zéro NGF, utilisé pour la définition des cotes altimétriques, n'a pas pu être établie avec certitude.

La décorrélation est particulièrement spectaculaire entre le canal proche infrarouge (XS 3) et les deux canaux de la partie visible du spectre (XS 1 et XS 2). Elle n'est pas insensible entre ces deux derniers canaux.

Il a donc été décidé d'appliquer un étalement de dynamique à l'ensemble des images masquées. La méthode d'extension retenue a été la linéarisation dirigée où nous avons pris le parti d'éliminer les pixels "égarés" sur l'histogramme des fréquences. Les seuils choisis seront précisés lors de l'analyse détaillée de chaque image.

A l'issue de l'amélioration des données brutes de départ, les images qui ont fait office de données de base pour nos traitements sont donc des images masquées et linéarisées.

5. 1. 3. LA RÉDUCTION DES DONNÉES DE BASE

• *Justification*

La question qui s'est posée, ensuite, a été celle du choix des traitements et, plus précisément, du type ainsi que du nombre de variables à classer. Ce choix a été orienté selon notre problématique centrale, à savoir l'interférence des effets radiométriques de l'eau et de la végétation dans la détermination des signatures spectrales de la mangrove guinéenne.

Pour ce faire, l'utilisation des trois canaux bruts masqués et linéarisés était parfaitement envisageable. Mais deux arguments nous ont incité à compacter l'information de ces trois canaux.

En premier lieu, il nous est apparu profitable de réduire à deux le nombre de variables de l'espace de travail, afin d'alléger les opérations constituant à substituer les plans-image pour affiner le contour des parcelles d'entraînement et de simplifier l'analyse comparée des valeurs de luminance.

En second lieu, la persistance, malgré la linéarisation des images masquées, d'une très forte corrélation entre les deux premiers canaux XS 1 et XS 2 (97 %), au contraire des canaux XS 2 et XS 3 (46,5 %) et des canaux XS 1 et XS 3 (46,8 %) autorisait à s'affranchir de l'information du premier canal.

Il était, par conséquent, intéressant de porter les traitements informatiques sur l'information contenue dans le rouge (XS 2) et le proche infrarouge (XS 3), en ayant préalablement dissocié l'information relative à la végétation de celle concernant plus particulièrement l'humidité des sols.

• *Le compactage de l'information sous forme d'images "indiciaires"*

Nous nous sommes fondés pour cela sur le calcul des indices de végétation et de brillance, dont le logiciel DIDACTIM permet une application très rapide (de l'ordre de quelques minutes), et qui, en l'état actuel des connaissances, représentent la meilleure expression de la densité du couvert végétal et de l'humidité du substrat.

L'indice de végétation correspond, rappelons-le, au rapport des intensités de lumière réfléchie par les feuilles des plantes dans le rouge et le proche infrarouge. Le ratio calculé par le logiciel DIDACTIM prend la forme :

$$IV = \frac{XS\,3 - XS\,2}{XS\,3 + XS\,2}$$

L'indice de brillance exprime, quant à lui, la somme des intensités de lumières réfléchies par le sol dans le rouge et le proche infrarouge. Sur DIDACTIM, la quotient utilisé est :

$$IB = \frac{\sqrt{XS\,2^2 + XS\,3^2}}{2}$$

Le canal XS 3, que l'on a déjà utilisé pour masquer le domaine fluvio-marin, suffit parfois pour renseigner sur l'humidité des sols, dans la mesure où la réponse des substrats dans ce canal ne diffère pas réellement de celle du canal XS 2. Mais dans le cas de nos images, la forte décorrélation des canaux XS 3 et XS 2 nous a semblé justifier le recours à cet indice de brillance afin de profiter du complément d'information du canal XS 2.

La visualisation et l'édition des deux images monochromes résultant de ces calculs ont, ensuite, été améliorées par la modification de la table des couleurs qui permet de transcrire, sur un même plan, les tons de gris dans la palette des couleurs de l'arc-en-ciel.

L'intérêt de cette coloration est d'améliorer considérablement la sélectivité visuelle -qui est relativement limitée sur les images monochromes- en mettant mieux en relief l'ordonnancement des valeurs indiciaires.

A défaut d'image classée, nous possédons, ici, des images parfaitement ordonnées en fonction de chacune des composantes du milieu qui nous intéressent, à savoir la surface foliaire pour l'indice de végétation et l'humidité du substrat pour l'indice de brillance.

• *Le compactage de l'information sous forme d'images décorrélées (ACP)*

Il était intéressant de comparer ces images avec celles obtenues par une autre méthode très courante de réduction des données, l'analyse en composantes principales (ACP). Compte tenu du temps d'application de cette fonction sur le logiciel DIDACTIM (environ deux heures avec l'édition des images combinatoires), nous avons entrepris cette comparaison pour la seule image de KOBA.

On sait que l'intérêt de la transformation de KARHUNEN-LOEVE est d'obtenir deux nouvelles images à partir des deux premières composantes principales qui sont pratiquement décorrélées entre elles et rassemblent la quasi-totalité de la variance totale du contraste des images brutes.

Pour comparer rigoureusement les images des composantes principales à celles des indices, nous avons appliqué la fonction ACP aux mêmes images masquées et linéarisées.

La contribution des trois axes pricipaux à l'inertie totale est la suivante :
- 73,66 % pour le 1er axe,
- 25,58 % pour le 2e axe,
- 0,76 % pour le 3e axe.

Autrement dit, les deux premières composantes conservent pas moins de 99,34 % du contraste des images de base. On peut donc considérer que les deux images correspondant aux deux premières composantes concentrent la totalité de l'information des images masquées et linéarisées.

L'interprétation de ces images ACP peut s'appuyer sur la matrice des combinaisons linéaires (Tableau n°21, ci-dessous).

	XS1	XS2	XS3
CP1	0,48	-0,35	0,81
CP2	0,65	-0,49	-0,59
CP3	0,60	0,80	-0,05

TABLEAU N°21 :
MATRICE DES COMBINAISONS LINÉAIRES DE L'ACP APPLIQUÉE À L'IMAGE DE KOBA

La première composante (CP1) est corrélée très positivement avec le canal proche infrarouge (XS 3), et relativement faiblement avec les deux autres.

La seconde composante (CP2) n'a pas de corrélation prépondérante avec un canal particulier.

La troisième composante (CP3) est corrélée très positivement avec le rouge (XS 2) et à un degré moindre avec le vert (XS 1), mais elle peut être négligée en raison de sa contribution négligeable à l'inertie totale.

La première composante (CP1) exprime surtout la prégnance du canal XS 3, autrement dit l'effet déterminant de l'eau dans la signature spectrale des paysages. La visualisation en fausses couleurs de l'image correspondante (non reproduite ici) a révélé une image très voisine de celle de l'indice de brillance de Koba (Image n°17, au § 5.3.1.). On retrouve l'ordonnancement et les contours de la quasi-totalité des classes indiciaires. Il semble, même, que la séparation des paysages en fonction du seul critère de l'humidité du substrat est plus rigoureuse sur l'image de la première composante que sur l'indice de brillance.

L'extension des bas fonds à Raphiales y est, en particulier, mieux délimitée que sur l'image indiciaire, tandis que les fourrés pionniers d'*Avicennia* ne peuvent plus ici être confondus avec des terrains secs exondés.

Comme par ailleurs, la couleur affectée aux valeurs les plus basses diffère logiquement de celle octroyée à la partie masquée de l'image, contrairement, et pour des raisons mal élucidées, à ce qui se passe sur l'image indiciaire combinatoire, l'image de la première composante reflète également beaucoup mieux le contour des rivages d'estuaire et de front de mer.

La seconde composante est plus délicate à interpréter étant donné sa corrélation relativement forte avec les trois canaux de départ. Elle exprime néanmoins, et de façon quelque peu surprenante, une opposition entre, d'une part, l'information des canaux rouge (XS 2) et proche infrarouge (XS 3) et, d'autre part, l'information du canal vert (XS 1).

Il en résulte une image déconcertante où l'on ne reconnaît que partiellement les classes de l'indice de végétation (Image n°16, au § 5.3.1.).

Pour ce qui est du domaine de la végétation ligneuse (mangrove et palmeraie-parc), la similitude des deux images est grande. On constate que la séparation des taxons est meilleure sur l'image de la seconde composante. Les peuplements résistant au dépérissement se distinguent mieux par exemple des peuplements en cours de disparition. La structure des peuplements pionniers d'*Avicennia*, est, elle aussi, mieux différenciée.

En revanche, pour ce qui est des formations d'arrière-mangrove, l'image de la seconde composante s'éloigne sensiblement de celle de l'indice de végétation. Outre une curieuse inversion de couleur entre la partie masquée de l'image et celle correspondant à la classe des valeurs les plus basses, on peut remarquer que cette dernière revêt une extension démesurée par rapport à la classe des plus faibles valeurs indiciaires IV. Une simple comparaison des deux images montre que la classe inférieure de la seconde composante recouvre la superficie d'au moins trois classes indiciaires IV !

Cette perte d'information correspond vraisemblablement à la corrélation négative entre la seconde composante principale et le canal XS 2 qui est conjugué au canal XS 3 pour la détermination de l'indice de végétation.

Si l'on compare la qualité de l'information contenue dans les deux premières composantes de l'ACP, force est d'admettre que la seconde composante se situe sensiblement en retrait de la première, et que sa substitution à l'indice de végétation en tant que variable de classification risque fort d'annuler le bénéfice d'information que représenterait le remplacement de l'indice de brillance par la première composante.

Dans ces conditions, il est difficile de déterminer quelles sont les données réduites les plus pertinentes pour l'initialisation des classifications.

D'après les données de base sur lesquelles nous avons fondé cette comparaison, il semblerait que la solution idéale consiste à combiner la première composante principale et l'indice de végétation. Mais dans quelle mesure l'enseignement tiré de cette expérimentation peut-il être généralisé à l'ensemble des fenêtres de cette étude ? Il aurait fallu, pour répondre à cette question, appliquer à toutes nos images masquées et linéarisées une analyse en composantes principales de façon à comparer systématiquement les images des deux premières composantes à celles des indices de végétation et de brillance.

Si tant est que notre hypothèse se soit verifiée, il n'est pas certain que les résultats d'une classification fondée sur la combinaison originale de ces deux types de données réduites justifient a posteriori le temps requis pour appliquer la fonction ACP et ré-initialiser les apprentissages à partir de nouvelles variables (l'opération la moins "interactive" du logiciel DIDACTIM).

Compte tenu du résultat aléatoire de l'opération et surtout du temps imparti au traitement de nos images, il nous a semblé plus raisonnable de cantonner notre espace de travail aux deux variables pré-définies, à savoir l'indice de végétation et l'indice de brillance, quitte à préciser, le moment venu, les indéterminations susceptibles d'être levées par l'utilisation des compositions principales.

Dès lors, notre traitement s'est poursuivi logiquement par l'analyse de la répartition spatiale des valeurs indiciaires et l'étude de la fréquence de leur association, laquelle a largement conditionné le choix des parcelles d'entraînement.

5. 1. 4.
LA PHASE DE PRÉASSISTANCE AU TRAITEMENT : L'ÉCHANTILLONNAGE

• *L'échantillonnage des classes préidentifiées*

L'échelle de visualisation et d'édition des images indiciaires combinatoires avoisinant le 1/50.000, nous avons d'abord cherché à reconnaître sur ces images les unités de paysages préalablement identifiées sur les photographies IRC à grande échelle (1/20.000) pour définir nos zones d'entraînement. D'entrée, le pouvoir séparateur des images indiciaires s'est avéré excellent.

Dans les secteurs de mangrove boisée, l'image IV (indice de végétation) permet de distinguer trois types de peuplements en fonction de la phytomasse des ligneux. Par valeur d'indice décroissante, on reconnait facilement :
- les peuplements fermés très denses,
- les peuplements fermés peu denses,
- les peuplements clairs.

Une classe supplémentaire correspondant à des valeurs indiciaires particulièrement fortes (qui ressortent en jaune sur les images combinatoires) apparaît sur les images de KORIKORI et de KOBA.

L'indice de brillance complète indirectement ces indications physionomiques, en signalant l'occurrence du substrat dans le champ du capteur et donc, *a contrario*, le taux de couverture de la végégation arborée. Son utilisation est particulièrement précieuse pour la délimitation précise de deux types de peuplements monospécifiques à *Avicennia* qui sont très différents sur le plan structural : les fourrés denses et les peuplements en voie d'éclaircissement.

La très forte brillance des fourrés denses paraît liée, au-delà de la densité particulière des jeunes tiges, à la nature très réfléchissante des feuilles d'*Avicennia* due à l'excrétion de sel (propriété inconnue chez *Rhizophora*). Ils vont jusqu'à se confondre avec les tannes nus !

La forte brillance des peuplements en voie d'éclaircissement exprime, quant à elle, le processus de tannification en cours.

Le nombre élevé d'associations entre les modalités des deux variables indiciaires IV et IB rend largement compte de la diversité des unités taxinomiques de la mangrove boisée.

Dans les secteurs d'arrière-mangrove (auxquels nous rattachons les rizières), l'indice de végétation varie selon la phytomasse épigée de la strate herbacée. Le nombre de niveaux de couleur identifiables varie de un, pour l'image IV de DUBRÉKA, à quatre, pour celle de KOBA.

Le pouvoir discriminant de l'indice de brillance est, en fait, bien supérieur à celui de l'indice de végétation. Sur l'image IB de KOBA, pas moins de six niveaux de couleur peuvent être visuellement séparés. Ils correspondent à des niveaux d'humidité des sols croissant depuis les terrasses sèches jusqu'aux prairies marécageuses ou aux pelouses inondées des zones les plus déprimées.

Aussi bien, les associations entre les valeurs moyennes des indices de végétation et de brillance expriment les combinaisons entre les deux caractères que constituent d'une part, le type de végétation et, d'autre part, le régime de submersion.

A titre d'exemple, deux pelouses d'halophytes crassulescents de l'île de SINGUÉYA présentant la même valeur moyenne sur l'indice de végétation sont affectées de valeurs diamètralement opposées sur l'indice de brillance, si la première est exondée (schorre) tandis que la seconde est inondée (slikke). Deux parcelles d'entraînement ont donc été dessinées afin de pouvoir les séparer sur l'image classée, conformément aux suggestions du cliché IRC correspondant (Image n°1, page 43).

Au total, la simple comparaison de ces deux variables réduites a permis ainsi, non seulement de reconnaître, dans la majorité des cas, les unités de paysages identifiées sur les photographies IRC, mais également de délimiter avec plus de certitude leurs contours, bien que les données SPOT présentent un pouvoir résolvant bien inférieur à celui de photographies aériennes. Il est clair que la détermination des parcelles d'entraînement selon l'analyse visuelle des associations entre les caractères de plusieurs variables aurait été rigoureusement impossible en conservant un espace de travail à trois dimensions.

En particulier, il aurait été vain de définir de nouveaux taxons à partir des valeurs, et non plus seulement à partir de notre connaissance préalable du terrain.

• *L'échantillonnage de classes postidentifiées (néotaxinomie)*

L'inventaire des associations de valeurs indiciaires sous forme d'une tableau de corrélation présente l'avantage d'attirer l'attention sur des taxons que nous avions regroupés ou ignorés lors de l'interprétation des clichés infrarouge couleur.

Il a ainsi été possible d'isoler des taxons couvrant une faible superficie, et qui, pour cette raison, avaient été regroupés pour ne pas alourdir exagérément le nombre de classes ou diminuer la lisibilité de la carte. C'est le cas, par exemple, de la frange externe des ceintures monospécifiques d'*Avicennia* que nous sommes parvenu à séparer, sur l'image de SINGUÉYA, de la frange interne plus ancienne grâce à leur contraste de brillance.

Plus rarement, il est arrivé que des nuances imperceptibles sur les clichés IRC dans le recouvrement herbacé des pelouses halophytiques soient clairement affirmées sur les images indiciaires. On a procédé, alors, à une démultiplication de l'échantillonnage en autant de parcelles que le nombre d'associations de valeurs le permettait, afin de procéder à une partition de classes. Toutefois, à plusieurs reprises, nous avons dû nous limiter à une classe supplémentaire de façon à ne pas surcharger la légende. Ainsi, sur l'image de KOBA, l'adjonction d'une classe "Pelouse dégradée" n'a pas été jugée opportune, compte tenu de la partition réalisée entre une classe "Pelouse à halophytes" et une classe "Tanne nu inondable", qui représentait déjà un acquis sensible par rapport à l'interprétation du cliché IRC ou des compositions colorées.

La comparaison des données indiciaires et des données de référence a été plus délicate encore dans le cas des paysages d'arrière-mangrove, pour lesquels nous ne disposions pas d'une couverture photographique infrarouge couleur, et où la complexité des formations végétales est elle-même déroutante.

Devant l'insuffisance des données de référence, l'échantillonnage s'est fondé sur l'occurrence des associations entre les valeurs indiciaires. Le contenu des classes a été défini *a posteriori* en fonction des clichés en mode panchromatique au 1/20.000 qui avaient pu être contrôlés sur le terrain.

Par rapport à la classification des zones boisées, la néotaxinomie des paysages d'arrière-mangrove apporte des informations moins bien contrôlées au niveau du sol, et qui appellent, par conséquent, des vérifications complémentaires. En dépit d'une précision taxinomique parfois approximative, ces classes néoformées correspondent néanmoins à des unités de paysages clairement individualisées selon des combinaisons spécifiques entre la densité du couvert et le régime d'inondation.

Au plan de la restitution cartographique, le danger de cette néotaxinomie est d'aboutir à un émiettement extrême des taxons représentés car le nombre d'associations effectives entre les valeurs incidiaires IV et IB dépasse souvent une vingtaine d'unités! Aussi bien, des fusions d'échantillons au sein d'une même classe (préassistance), voire la supression ou le regroupement de plusieurs classes au cours du traitement (coassistance), ont été nécessaires pour éditer des images qui soient, non seulement classées, mais également ordonnées. La définition taxinomique des classes a donc été menée de pair avec la validation des résultats de l'apprentissage.

5. 1. 5. LA PHASE DE COASSISTANCE AU TRAITEMENT

• *Le suivi interactif de la matrice de confusion*

La validation des apprentissages a été obtenue à partir d'une matrice de confusion consistant à déterminer la probabilité d'un pixel affecté sur le terrain à une classe donnée (Ct), d'être effectivement rangé dans cette classe (Ci).

Le logiciel DIDACTIM offre la possibilité de visualiser instantanément cette matrice sur l'écran de contrôle, avant même l'initialisation de la classification, et permet, par conséquent, de modifier rapidement l'apprentissage suivant les indications de la matrice.

La qualité statistique de l'apprentissage se mesure rapidement aux valeurs inscrites sur la bissectrice de la matrice qui atteignent 100 %, si la séparation des classes est absolue. Les lignes représentent pour chaque unité de paysage (Ct), le pourcentage de pixels attribué aux différentes classes de l'agrégation (Ci). Il est facile, ainsi, de déterminer les parcelles à rectifier pour améliorer les résultats de la classification. Afin de ne pas alourdir le texte, nous n'avons fait figurer que les matrices des apprentissages définitifs. Mais les résultats obtenus sur des apprentissages intermédiaires seront précisés pour justifier les ajustements qui ont conduit à la nomenclature thématique et spectrale finale.

Nous avons considéré qu'une probabilité de confusion entre la classe identifiée sur le terrain (Ct) et la classe de l'image (Ci) devait être inférieure à 20 % (soit un pourcentage de pixels bien classés > 80 %) pour des taxons homogènes comme les tannes nus, des fourrés denses d'*Avicennia* ou encore des palmeraies-parc bien entretenues.

Pour des taxons hétérogènes, comme le sont les rizières recouvertes d'un mélange de chaumes et de plantes adventices ou encore les forêts de *Rhizophora* composées souvent de peuplements hauts et bas juxtaposés, des valeurs comprises entre 70 et 80 % ont été tolérées, notamment lorsqu'il s'agit de faciès de transition qui recouvrent des éléments de paysage variés.

La modification des apprentissages a répondu au souci d'améliorer la précision d'ensemble de la classification. Nous n'avons pas, pour autant, éliminé ou regroupé systématiquement les classes de paysage qui, malgré ces ajustements, n'ont pu être séparées avec la précision que nous nous étions fixée au départ. Il était, en effet, intéressant de faire ressortir quelques cas de confusion persistants en tentant d'en expliquer l'origine, avant de se demander si celle-ci était due au choix des variables utilisées. C'est la démarche qui nous a conduit, par exemple, à conserver une classe "Jeune palmeraie" sur l'image de KORIKORI alors que près de 60 % de ces pixels ont été attribués à d'autres classes, dont la moitié (29 %) à la classe des tannes nus.

L'image classée y perd en précision, mais il serait facile, dès lors que l'on connaît le paramètre de la classification à modifier, d'en améliorer la qualité.

• *La détermination de la nomenclature thématique commune aux images*

L'ajustement progressif de l'apprentissage en fonction des résultats de la matrice a entraîné *ipso facto* un remodelage de la nomenclature thématique (taxinomie). L'objectif était, d'abord, de cerner au mieux les taxons classés sur chaque image, mais aussi d'homogénéiser la légende commune à l'ensemble des images de façon à comparer les résultats et d'offrir aux utilisateurs une approche globale de la scène étudiée.

La réduction des intitulés a été explicitée dans le texte, lorsqu'elle se doublait d'une perte sensible de précision taxinomique. On notera que cette simplification était de toute façon nécessaire pour l'harmonisation des différentes légendes.

Au total, pas moins de 32 taxons répartis sur les trois grands domaines que constituent la mangrove boisée, l'arrière-mangrove et la végétation continentale, auront été identifiés et classés sur l'ensemble des images traitées (Tableau n°22, page ci-contre).

Ces classes se définissent par leur valeur moyenne dans les deux indices de végétation et de brillance. Mais on a également fait figurer les limites des classes indiciaires correspondantes, afin de permettre de mieux distinguer des classes possèdant un indice de végétation ou de brillance voisin. C'est le cas, par exemple, de la palmeraie-parc et des casiers tannifiés de l'image de SINGUÉYA qui présentent des indices de brillance très voisins (61,1 contre 60,8), bien que ceux-ci recouvrent des séries sensiblement différentes, puisque les valeurs IB de la palmeraie-parc sont comprises en fait entre 49 et 70 (écart-type = 3), alors que celles des rizières de schorre sont dispersées entre 55 et 65 (écart-type = 1,9).

La prise en compte de la variance des classes participe, ainsi, à la validation de la classification.

La fréquence d'apparition des taxons sur les quatre images classées permet, quant à elle, de juger de la nomenclature thématique adoptée (homogénéisation de la légende) et de la pertinence des fenêtres qui ont été choisies.

Une simple comptabilité montre qu'un tiers des classes inventoriées (10 classes) est commun à, au moins trois images, et plus de la moitié (16 classes) à deux d'entre elles. Ces chiffres équilibrent sensiblement celui des classes spécifiques (14), autrement dit, des taxons qui n'apparaissent que sur une seule image.

Cela reflète bien l'unité de la zone étudiée, unité fondée sur l'instabilité particulière du substrat et sur une dégradation étendue du couvert végétal, mais également la complexité spécifique des paysages d'arrière-mangrove et du piémont.

La comparaison de cette partition avec les données de référence que constituent la carte des formations végétales au 1/100.000 et les calques d'interprétation des clichés IRC au 1/20.000 permet, *in fine*, de juger de l'apport des traitements numériques dans la connaissance et la classification des mangroves de Guinée.

Unité de paysage	KORIKORI	DUBRÉKA	SINGUÉYA	KOBA
Forêt de *Rhizophora*	+	+		
Fourré de *Rhizophora*	+	+		
Forêt mixte		+	+	
Front pionnier d'*Avicennia*			+	+
Forêt dense d'*Avicennia*			+	+
Forêt claire d'*Avicennia*				+
Forêt dépérissante				+
Fourré dense d'*Avicennia*	+		+	+
Fourré clair d'*Avicennia*	+	+	+	
Avicennia clairsemés	+	+	+	
Tanne nu inondable	+	+		+
Pelouse halophytique			+	+
Rizières de slikke				+
Rizières de schorre	+	+	+	+
Rizières salées			+	
Rizières tannifiées			+	
Rizières à Cypéracées	+			+
Rizières de cuvette	+			
Rizières de berges	+			
Berges à *Paspalum*	+			
Prairie marécageuse				+
Bas fonds à Raphiales		+		+
Terrasse graminéenne				+
Cordons à palmeraie				+
Palmeraie-parc	+	+	+	+
Jeune palmeraie	+			
Palmeraie dégradée		+		
Savane arbustive	+	+	+	
Cultures sèches		+		
Brousse secondaire		+		
Forêt dense relique		+		
Agglo. villageoises		+		
Σ = 32 classes	14	15	12	15

TABLEAU N°22 :
LES UNITÉS DE PAYSAGE CLASSÉES SUR L'ENSEMBLE DES IMAGES

(les lignes en tiretés séparent les domaines de la mangrove boisée, de l'arrière-mangrove et du piémont).

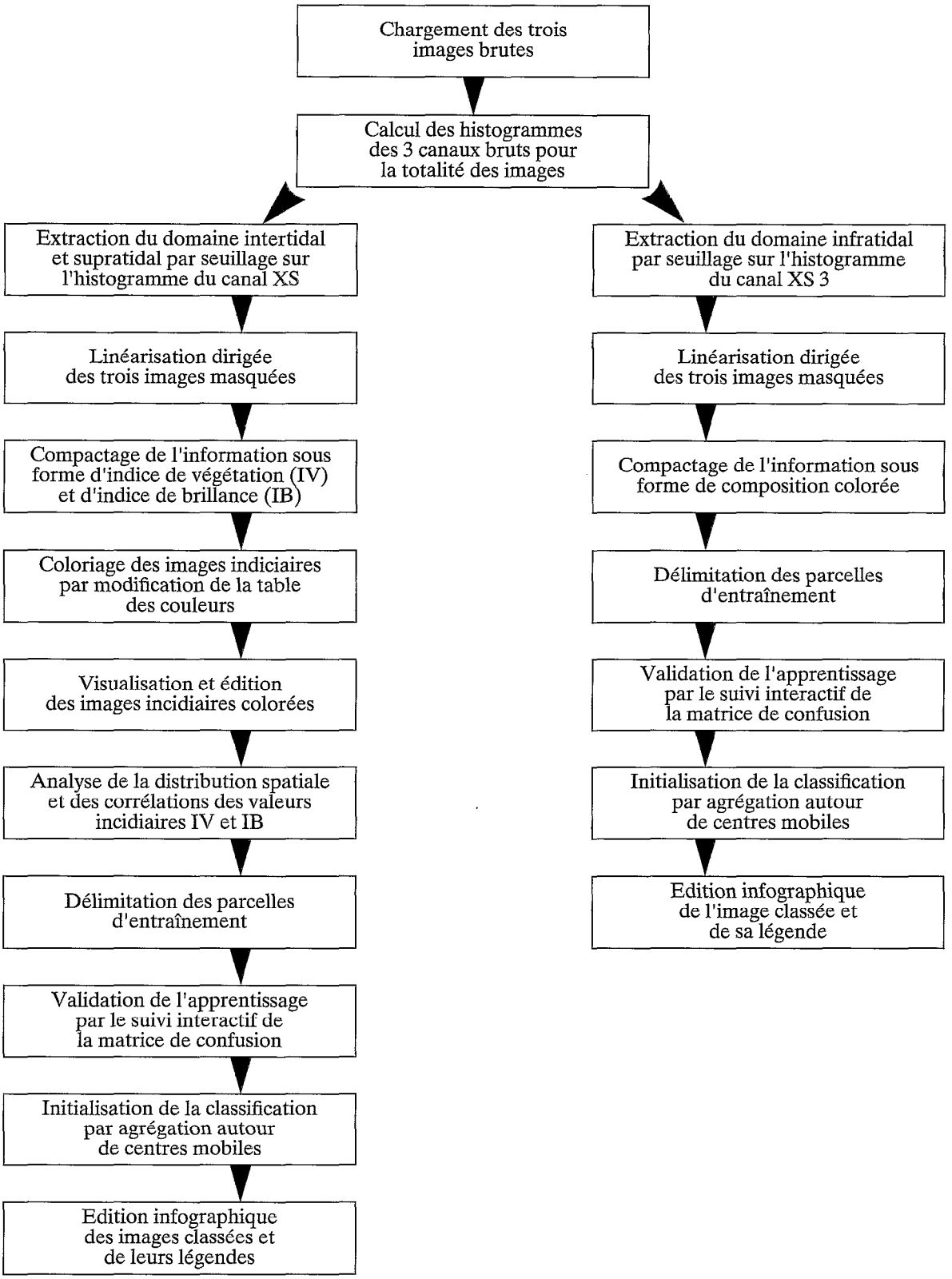


FIG. 48 :
ORDINOGRAMME DE LA CLASSIFICATION DES DONNÉES NUMÉRIQUES

5. 2.
L'APPORT DU TRAITEMENT NUMÉRIQUE POUR LA CLASSIFICATION DES MANGROVES

5. 2. 1.
L'IMAGE DES MANGROVES ESTUARIENNES DE DUBRÉKA

• *Analyse de la distribution spatiale des valeurs indiciaires*

Les images indiciaires de DUBRÉKA frappent l'attention par le fait que les fortes valeurs se cantonnent exclusivement au domaine continental, alors que le domaine fluvio-marin présente des couleurs ternes. Cette opposition traduit d'une part, la forte dégradation des mangroves et, d'autre part, l'extrême diversité des formations de terre ferme depuis les forêts denses reliques de versant jusqu'aux savanes de cuirasse les moins couvrantes.

Sur l'indice de végétation (Image n°4, page suivante), l'oeil sépare aisément quatre niveaux d'intensité décroissante.

- Les valeurs les plus élevées, colorées en rouge, signalent les formations forestières très denses. Dans le quart supérieur gauche de l'image, il s'agit de la forêt dense relique qui recouvre les versants des premiers contreforts du Fouta-Djalon et, plus particulièrement ici, la "Dent de Dixinn" (alt. 612 m). La vallée du Bondabon interrompt la continuité des fortes valeurs indiciaires IV, que l'on retrouve, ensuite, en ordre plus dispersé. Notons que la répartition des formations denses reste très étroitement liée à celle des versants, qu'il s'agisse de celui qui raccorde le mont Kakoulima (en limite d'image) aux niveaux supérieurs du piémont (replats à 90 m et 40 m) ou de ceux qui relient ces derniers au niveau inférieur situé entre 5 et 15 m d'altitude (d'après les cartes topographiques IGN au 1/50.000). Les formations correspondantes sont largement dégradées et prennent l'aspect d'une brousse secondaire. Enfin, un liseré de fortes valeurs indiciaires soulignent les contours de la falaise morte lorsque des villages comme ceux de Kopéring, Doundéya ou Kagbéli y ont entretenu une palmeraie-parc.
- Le second groupe de valeurs, dominé par les tons orangés, se répartit plus également entre le plateau et la plaine côtière. Sur le plateau, il correspond à des formations arbustives s'inscrivant dans une dynamique de reconquête forestière et que nous engloberons sous l'appelation volontairement floue de brousse secondaire. Au sein de la plaine côtière, les tons orangés se cantonnent aux rives des chenaux fluvio-marins. Ils signalent très précisément les peuplements denses de *Rhizophora*. Certaines rives convexes de méandres, notamment celles des rivières Dofili et Kamba, présentent une tonalité plus soutenue indiquant que l'on est en présence de peuplements, non seulement denses, mais également élevés. Nous avons observé sur le terrain qu'il s'agissait, vraisemblablement, de peuplements climaciques qui avaient été préservés des coupes de bois.
- Un troisième groupe de valeurs se distingue par sa tonalité verdâtre. Sur le plateau, ces tons de vert se rapportent à différents types de formations mixtes forestières et graminéennes que l'on regroupera, pour le moment, sous le vocable de savanes. Dans la plaine côtière, les tons de vert occupent préférentiellement la partie interne des vasières où la mangrove trouve les conditions les plus défavorables à son épanouissement. L'opposition assez tranchée entre les deux tons de vert traduit, si l'on en juge au cliché IRC correspondant, le passage des peuplements mixtes *Rhizophora / Avicennia* aux fourrés internes d'*Avicennia*.
- Les plus faibles valeurs chlorophylliennes constituent une dernière classe à la fois nettement individualisée (si l'on ne tient pas compte la partie masquée de l'image) et très étendue. On constate d'entrée l'identité indiciaire des zones déboisées de la mangrove (rizières, et tannes vifs) et des cuirasses sub-affleurantes du piémont. La confusion de ces paysages s'explique, selon nous, par la même absence ou discrétion du couvert herbacé. On prêtera enfin une attention particulière à la dispersion de taches bleues dans la partie méridionale de l'île Kopéring, car elles signalent très exactement l'emplacement des aires de coupe dans les peuplements denses de *Rhizophora*.

L'image des valeurs de brillance (Image n°5, page 151) diffère sensiblement de celle des valeurs chlorophylliennes. Là encore, l'oeil distingue facilement quatre grands niveaux de couleurs.

- Les valeurs de brillance les plus fortes sont dues aux effets conjugués d'un faible recouvrement végétal et d'une sécheresse édaphique marquée (cuirasse). On les rencontre aussi bien autour des agglomérations villageoises que dans les zones de culture sèche du piémont. Le jaune y souligne les surfaces les plus réfléchissantes, à savoir, la route Dubréka-Boffa (en cours de réfection) et le "terrain de football" de Dubréka. Mais de fortes valeurs de brillance émanent également de certaines formations forestières, en particulier d'une partie des forêts denses de versant couvrant des altérites sableuses et bien draînantes . Sur le piémont proprement dit, des surfaces très brillantes de signature curviligne signalent la présence de bas fonds à Raphiales visibles depuis la route Dubréka-Boffa.
- Les valeurs de brillance de tonalité orangée-vert se cantonnent, quant à elles, au piémont où elles signalent des formations mixtes (graminéennes et forestières) secondaires.
- Les valeurs colorées en vert-clair sont, par contre, représentées aussi bien sur le piémont que dans la plaine côtière. Leur extension sur le piémont suit celle des savanes très dégradées, où la succession répétée des feux de brousse et l'épaisseur des cuirassements semblent avoir définitivement compromis les chances de reconquête par la forêt. Les niveaux cuirassés qui prolongent la dorsale subvolcanique du Kaloum ressortent avec la même évidence que sur l'image de l'indice de végétation. En revanche, dans la plaine côtière, ces valeurs indiciaires recouvrent indistinctement un grand nombre d'unités taxinomiques. Les peuplements de *Rhizophora* paraissent confondus avec les peuplements ouverts d'*Avicennia* aussi bien qu'avec les tannes. L'identité entre les valeurs de brillance de ces différents paysages va jusqu'à occulter les contours de la falaise morte lorsqu'ils y entrent en contact, comme dans le quart supérieur gauche de l'image.
- Enfin, de faibles valeurs de brillance caractérisent les parties internes des vasières à mangrove ainsi que certains niveaux cuirassés. Dans le domaine fluvio-marin, l'étendue des faibles valeurs

Echelle 1/50.000 Résolution 20 m



IMAGE N°4 :
INDICE DE VÉGÉTATION DE L'IMAGE DE DUBRÉKA

Echelle 1/50.000

Résolution 20 m

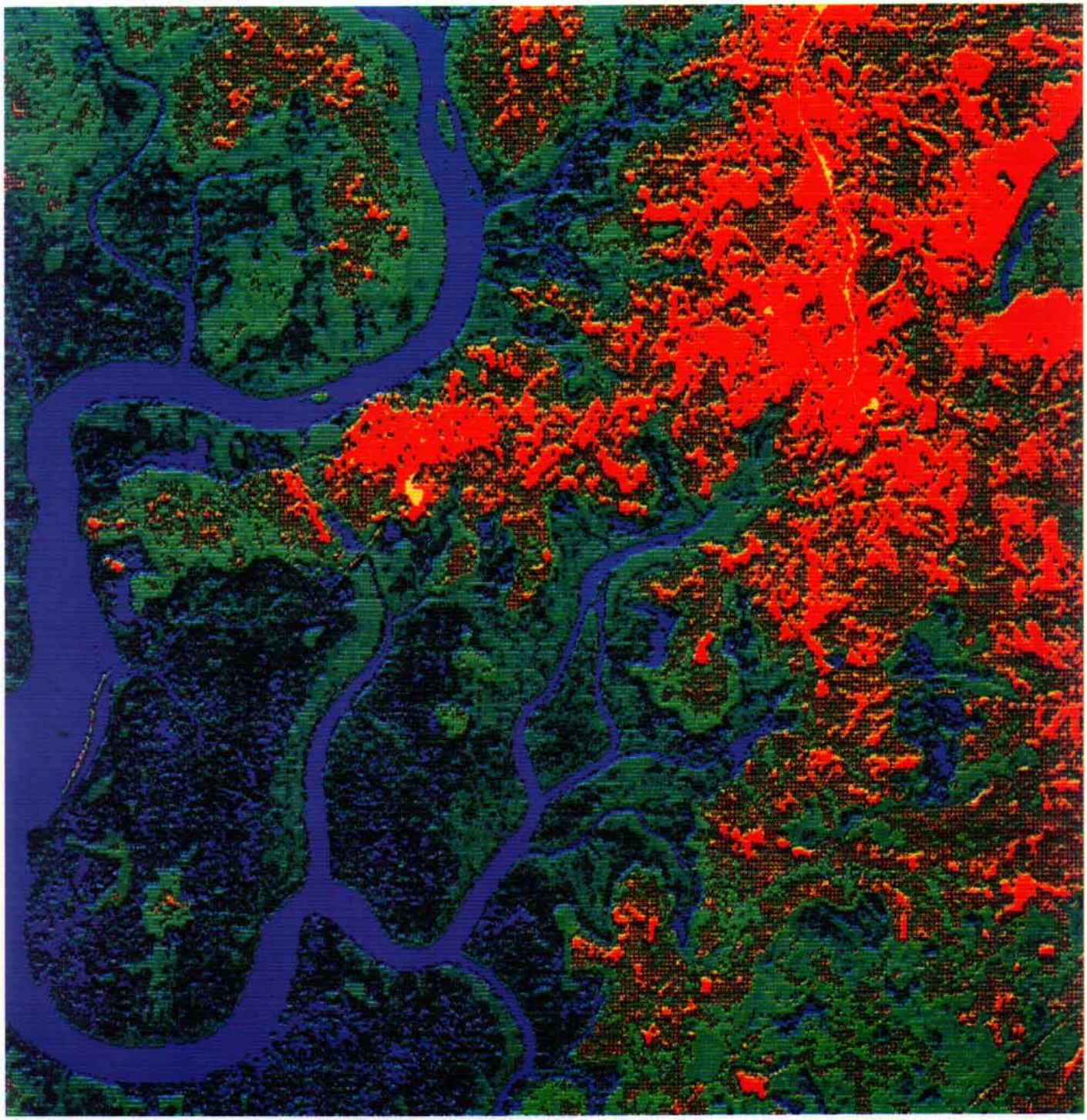


IMAGE N°5 :
INDICE DE BRILLANCE DE L'IMAGE DE DUBRÉKA

témoigne de l'intensité de la submersion fluvio-marine provoquée par le développement particulier d'une morphologie en cuvette. L'asphyxie qui menace les peuplements internes entrave leur développement et maximise simultanément l'effet de l'eau dans la réponse des peuplements. Sur le piémont cuirassé, il semblerait que les très faibles valeurs signalent les savanes herbeuses les plus dégradées où les surfaces ferrugineuses l'emportent sur un tapis herbacé très clairsemé.

Au total, la distribution des valeurs indiciaires de l'image de DUBRÉKA paraît assez complexe en raison, d'une part, de nombreux cas d'indentité (rizières / cuirasses sur IV, mangrove / cuirasse sur IB) et, d'autre part, d'une dynamique des valeurs relativement faible (seulement six classes par indice).

Le nombre d'associations spécifiques indiquées dans le tableau n°27, ci-dessous reste néanmoins élevé.

Indice de végétation IV		**Indice de brillance IB**	
1	Jaune	1	Jaune
2	Rouge	2	Rouge
3	Orange-vert	3	Orange-vert
4	Vert clair	4	Vert clair
5	Vert foncé	5	Vert foncé
6	Bleu roi	6	Bleu roi

IV \ IB	1	2	3	4	5	6
1		(+)				
2		+	+	+		
3		+	+	+	(+)	
4		+	+	+	+	
5	(+)	+	+	(+)	+	
6		(+)	+	+	+	+

TABLEAU N°23 : TABLEAU DE CORRÉLATION DES NIVEAUX DE COULEURS DES IMAGES INDICIAIRES DE DUBRÉKA

• *Détermination de l'apprentissage*

En effet, vingt-deux classes sont théoriquement séparables sur la base des associations entre deux valeurs indiciaires. Cinq d'entre elles doivent être considérées comme négligeables en raison de leur extension très limitée (indiquée par des parenthèses). On compte en vérité que huit associations dont l'extension soit suffisante pour permettre l'établissement de parcelles d'entraînement. Celles-ci ont toujours correspondu à des unités taxinomiques connues, mais on peut noter sur le tableau n°24 ci-après qu'elles se situent préférentiellement parmi la végétation de terre ferme qui ne constitue pas l'objet prioritaire de ce travail.

Les valeurs indiciaires étant largement émiettées, il a fallu procéder à de nombreux regroupements de valeurs, notamment au sein de la mangrove où l'on n'aurait disposé que de trois classes si l'on avait tenu compte uniquement des associations spécifiques. Sur le piémont, où l'on dispose au contraire d'un nombre élevé d'associations spécifiques, certains regroupements se sont avérés nécessaires pour limiter le nombre de classes.

N°	Zones d'entraînement homogènes préidentifiées	postidentifiées	Zones d'entraînement hétérogènes préidentifiées
1			IV-2, 3 ↔ IB-4
2	IV-3 ↔ IB-4		
3	IV-4 ↔ IB-5		
4			IV-5 ↔ IB-5, 6
5	IV-4 ↔ IB-4		
6			IV-6 ↔ IB-3, 4
7			IV-6 ↔ IB-5, 6
8			IV-2, 3 ↔ IB-3
9	IV-2 ↔ IB-4		
10	IV-3 ↔ IB-3		
11	IV-4 ↔ IB-3		
12	IV-4 ↔ IB-2		
13			IV-2 ↔ IB-2, 3
14			IV-1, 2 ↔ IB-2
15			IV-4, 5 ↔ IB-1, 2, 3
Σ	7		8

TABLEAU N°24 : LES ZONES D'ENTRAÎNEMENT DE L'IMAGE DE DUBRÉKA

• *Présentation de la classification*

L'objectif de cette classification étant de faire ressortir la diversité des formations végétales de terre ferme sans nuire pour autant à l'information relative aux mangroves, nous nous sommes tenus à une quinzaine de classes répartie équitablement entre les deux domaines continentaux et fluvio-marins, tout en sachant qu'il était sans doute possible d'affiner encore davantage la discrimination des formations de terre ferme.

La dynamique des valeurs indiciaires de ces classes (moyenne, écart-type) est présentée dans le tableau n°25, ci-dessous.

N° Unité de paysage	Indice de végétation (IV) Moyenne	Ecart-type	Indice de brillance (IB) Moyenne	Ecart-type
1 Forêt de *Rhizophora*	167,1	6,2	54,4	3,1
2 Fourré de *Rhizophora*	159,3	4,9	51,6	2,3
3 Forêt mixte	139,7	4,1	47,5	2,3
4 Fourré d'*Avicennia*	126,1	4,2	45,0	1,7
5 *Avicennia* clairsemés	139,2	5,1	60,7	8,6
6 Tanne	107,0	2,8	98,4	8,8
7 Rizières + Pelouse	97,5	16,1	48,8	10,0
8 Bas fonds	167,7	6,8	110,8	7,8
9 Palmeraie-parc	176,5	10,0	68,3	8,2
10 Palmeraie dégradée	138,8	6,1	91,0	7,7
11 Savane / Cuirasse	130,6	3,8	94,6	5,8
12 Cultures / Jachères	140,0	3,2	128,6	11,8
13 Brousse secondaire	176,9	7,2	88,2	3,8
14 Forêt dense relique	204,4	6,9	106,7	7,7
15 Agglo. villageoise	127,3	7,0	144,1	21,9

TABLEAU N°25 : DYNAMIQUE DES VALEURS INDICIAIRES DES CLASSES DE L'IMAGE DE DUBRÉKA

Ce tableau fait ressortir une meilleure discrimination des paysages selon leur indice de brillance que selon leur indice de végétation. En effet, les valeurs moyennes de brillance des classes sont distantes d'au moins trois unités, alors que les valeurs chlorophylliennes de nombreux taxons paraissent se confondre. L'indice de végétation ne permet pas en particulier de discriminer :

- la palmeraie-parc [9] de la brousse secondaire [13],
- la forêt de *Rhizophora* [1] des bas fonds [8],
- la forêt mixte *Rhizo. /Avicennia* [3] des peuplements ouverts d'*Avicennia* [5] et des zones de cultures sèches [12].

L'indice de brillance apparaît donc, sur cette image, comme la variable séparatrice déterminante, ce qu'exprime plus clairement une représentation graphique dans le plan des deux variables (Fig. 49, ci-dessous).

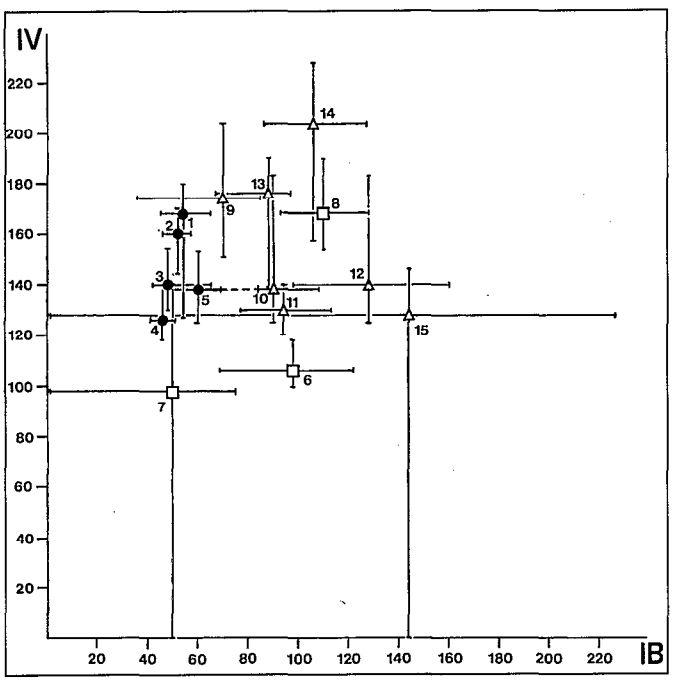


FIG. 51 : DIAGRAMME DES CLASSES INDICIAIRES DE L'IMAGE DE DUBRÉKA

On notera que l'hétérogénéité des classes n'est pas aussi marquée que notre apprentissage le laissait craindre, puisque, à l'exception des agglomérations villageoises (15) dont l'hétérogénéité spectrale ne saurait surprendre, seules les rizières (7) constituent une classe relativement dispersée (écart-type supérieur à 10 dans chaque indice). S'agissant, comme nous le verrons, de la fusion de plusieurs classes, une telle dispersion des valeurs est acceptable.

Le caractère groupé de chacune des classes paraît lié, en dernière analyse, à la dynamique relativement restreinte des deux images indiciaires, ce qui exige d'accorder une attention particulière à la matrice de confusion.

• *Validation et critique de l'apprentissage*

Avec une précision d'ensemble de 85,7 %, cette classification apparaît excellente au plan statistique.

• Les sept classes qui présentent un pourcentage de bien classés supérieur à 91 % n'appellent, *a priori*, aucun commentaire particulier. Il s'agit successivement de :

- deux taxons appartenant au domaine de la mangrove : forêt mixte [3] et fourré d'*Avicennia* [4],
- trois taxons appartenant au domaine de l'arrière-mangrove : tanne [6], rizières [7] et bas fonds [8],
- deux taxons appartenant au domaine de terre ferme : brousse secondaire [13] et forêt dense relique [14].

Ci / Ci	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,0	78,3	19,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	20,4	75,1	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	2,4	95,1	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	7,5	92,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	19,5	2,5	73,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
7	0,0	0,0	0,0	0,7	3,4	2,7	0,0	91,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0
8	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,9	0,0	2,6	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
9	0,4	7,7	3,9	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	82,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	1,2	83,5	13,4	0,0	0,7	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	83,1	0,7	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	3,8	0,0	75,0	0,0	0,0	16,3
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4	0,0	0,0	97,1	0,0	0,0
14	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	97,2	0,0
15	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	3,1	3,5	19,6	0,2	0,0	72,5

TABLEAU N°26 : MATRICE DE CONFUSION DES CLASSES DE L'IMAGE DE DUBRÉKA

La validation de l'apprentissage ne peut, toutefois, se fonder uniquement sur la qualité de ces résultats statistiques, laquelle ne présage en rien de la précision taxinomique de la classification. La visualisation de l'image classée conduit alors à nuancer notre jugement.

D'après les données corrélatives de terrain et les photographies disponibles (clichés IRC au 1/20.000 et couverture panchromatique au 1/50.000), la répartition sur l'image classée des deux taxons de mangrove et des deux taxons de terre ferme correspond bien à la répartition réelle de ces paysages. Si, par exemple, les brousses secondaires [13] désignent des formations d'aspect variable, leur apparence de fouillis est toujours beaucoup plus marquée que celle des formations forestières matures. Elles comprennent une majorité d'héliophytes à grandes feuilles (*Musanga, Anthocleista*) dont la croissance rapide explique probablement l'indice de végétation très élevé (176,5).

En revanche, on s'aperçoit facilement que la répartition des trois taxons d'arrière-mangrove qui bénéficient d'une précision de classement supérieure à 90 % ne corrrespond que partiellement à la répartition effective de ces paysages, puisqu'elle chevauche les domaines fluvio-marins et continentaux.

Le cas le plus flagrant est celui de la classe "Rizières + pelouse" [7] qui englobe, non seulement ces deux taxons (après absorption de la classe "pelouse", d'extension marginale), mais également les

Echelle 1/50.000 Résolution 20 m

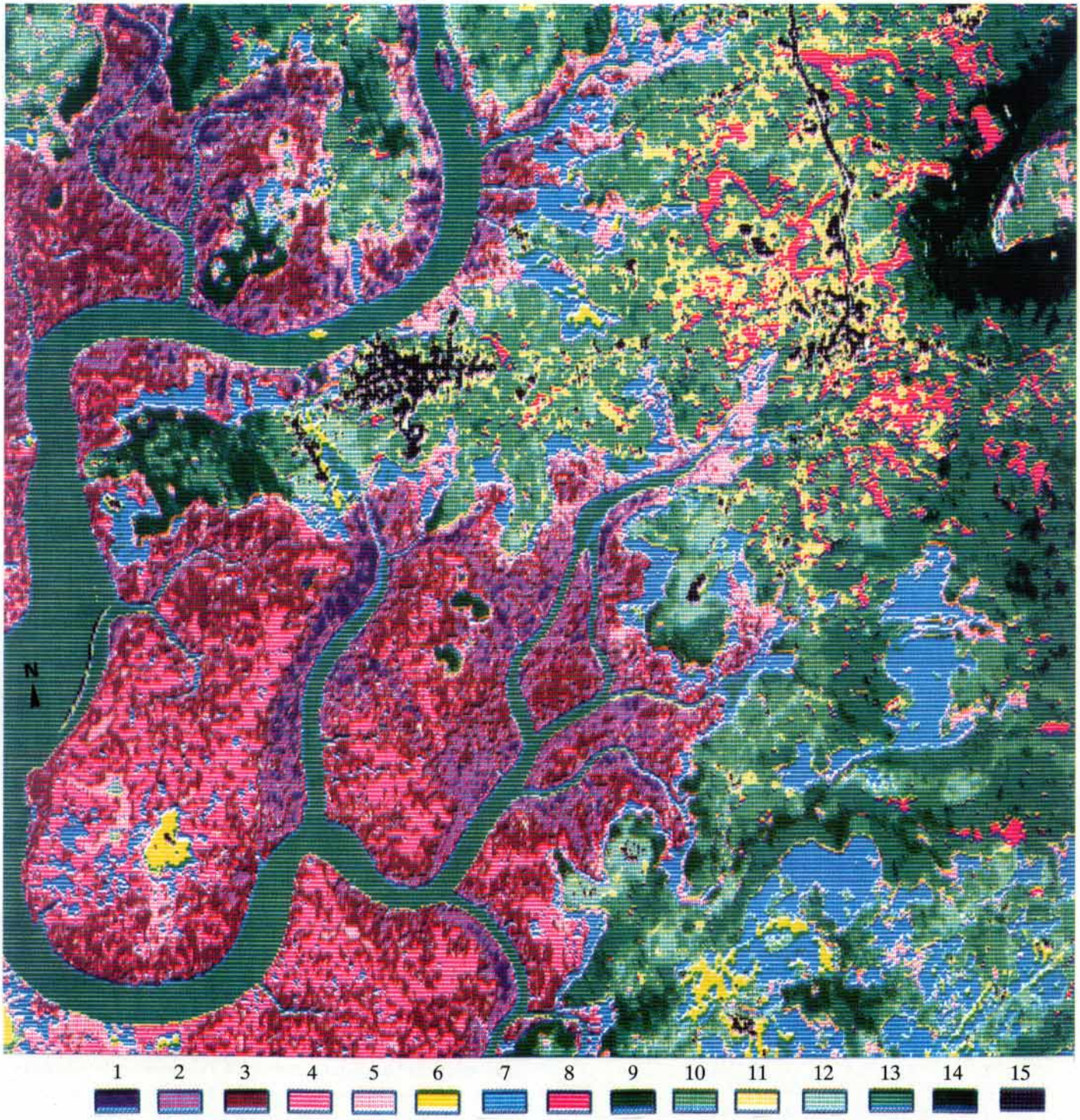


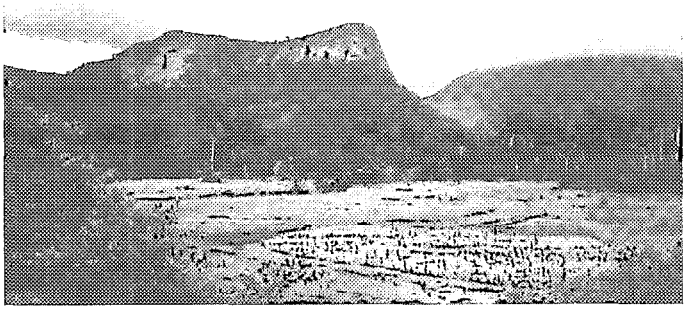
IMAGE N°6 : CLASSIFICATION DES PAYSAGES DE DUBRÉKA

PLAINE LITTORALE

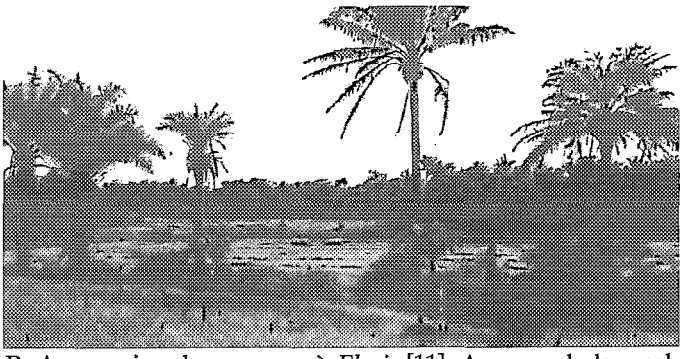
1. - Forêt de *Rhizophora*
2. - Fourré de *Rhizophora*
3. - Forêt mixte
4. - Fourré d'*Avicennia*
5. - *Avicennia* clairsemés
6. - Tannes / Cuirasses
7. - Rizières / Savane herbeuse
8. - Bas fonds

PIÉMONT CÔTIER

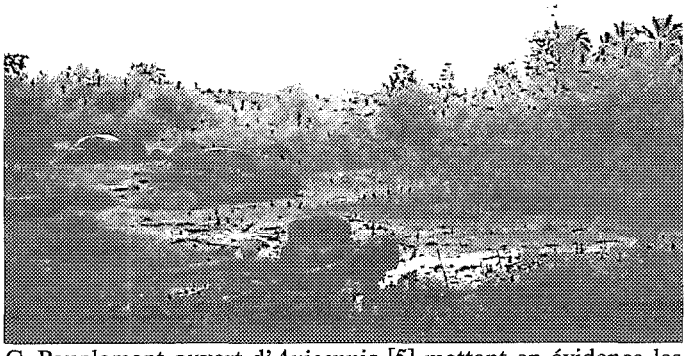
9. - Palmeraie-parc
10. - Palmeraie dégradée
11. - Savane arbustive
12. - Cultures sèches
13. - Brousse secondaire
14. - Forêt dense relique
15. - Agglomérations villageoises



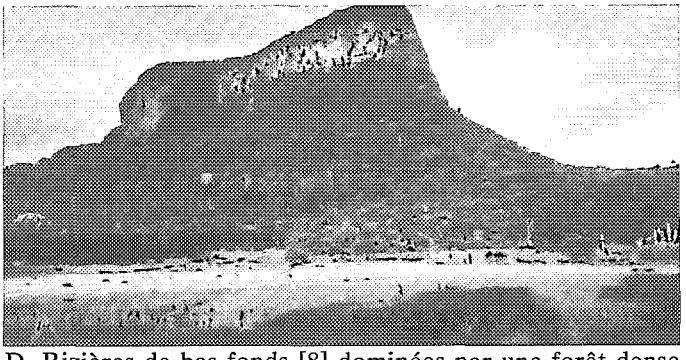
A. Rizières "ouvertes" d'arrière-mangrove [7] et *Avicennia* clair-semés [5].



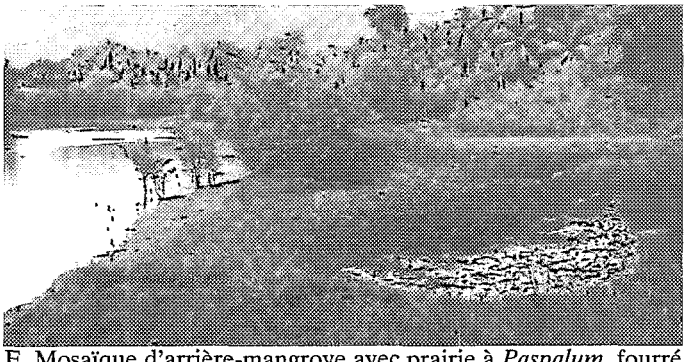
B. Au premier plan : savane à *Elaeis* [11]. Au second plan, palmeraie-parc [9]. En arrière-plan : rizières d'arrière-mangrove [7].



C. Peuplement ouvert d'*Avicennia* [5] mettant en évidence les dalles granitiques affleurantes.



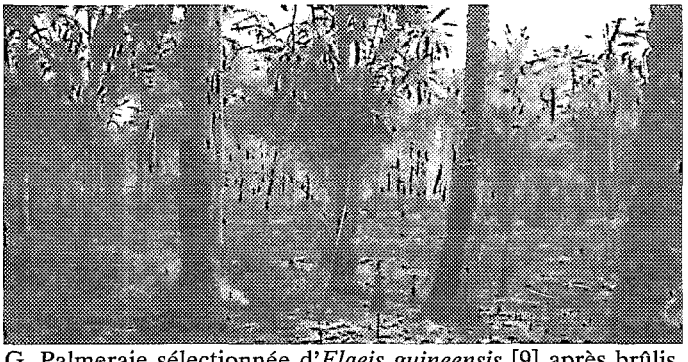
D. Rizières de bas fonds [8] dominées par une forêt dense relique [14] de versant.



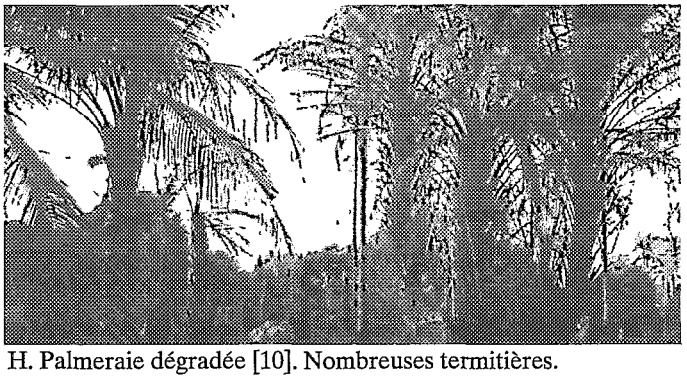
E. Mosaïque d'arrière-mangrove avec prairie à *Paspalum*, fourré riverain de *Conocarpus* et fourré interne d'*Avicennia* séparés par une zone nue sursalée. Au second plan : palmeraie d'*Elaeis* [9].



F. Fourré riverain de *Rhizophora* [2] précédé d'un fourré clair d'*Avicennia* [3] et d'un liseré de palmiers-raphia.



G. Palmeraie sélectionnée d'*Elaeis guineensis* [9] après brûlis. Nombreux rejets dominant les cendres.

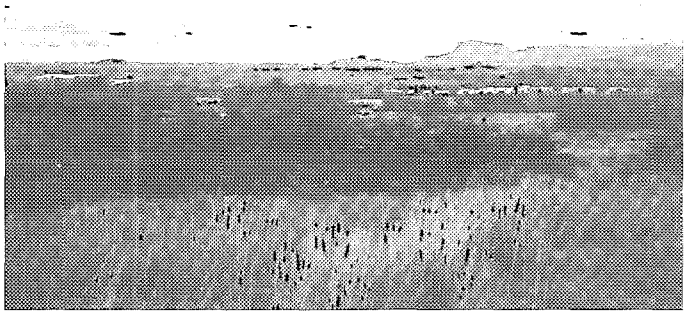


H. Palmeraie dégradée [10]. Nombreuses termitières.

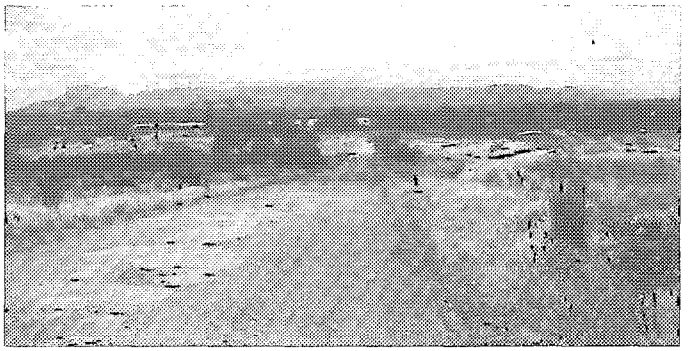
PLANCHE N° XV :
LES UNITÉS DE PAYSAGE LITTORALES DE L'IMAGE CLASSÉE DE DUBRÉKA

(Clichés F. BERTRAND)

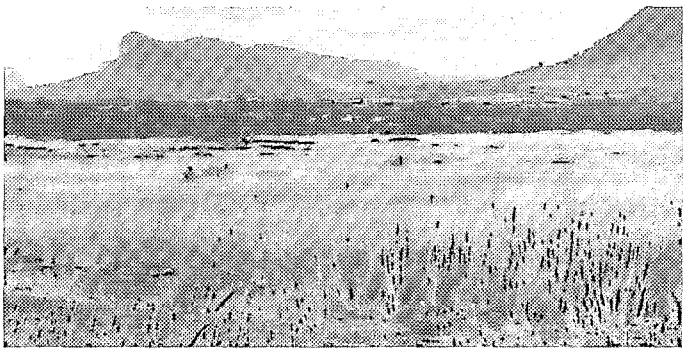
Les numéros des classes d'appartenance sont mentionnés entre crochets



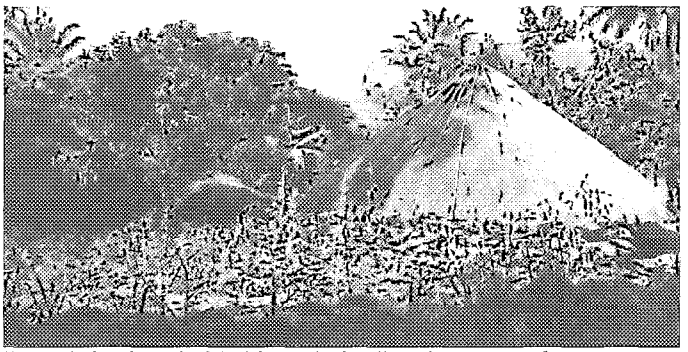
A. La plaine côtière du Khabitaye avec ses dômes granitiques dispersés, vue depuis la dorsale du Kaloum (route Conakry-Dubréka).



B. Mosaïque forêt-savane avec savane herbeuse de bowal [7], cuirasses exploitées en carrière [6] et brousse secondaire de versant [13].



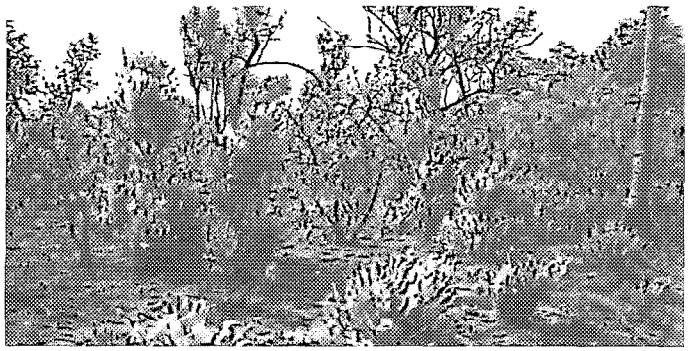
C. Savane herbeuse de bowal [7] à tapis graminéen dominé par *Andropogon* et *Loudetia*. Au premier plan : tiges éparses de *Pennisetum*.



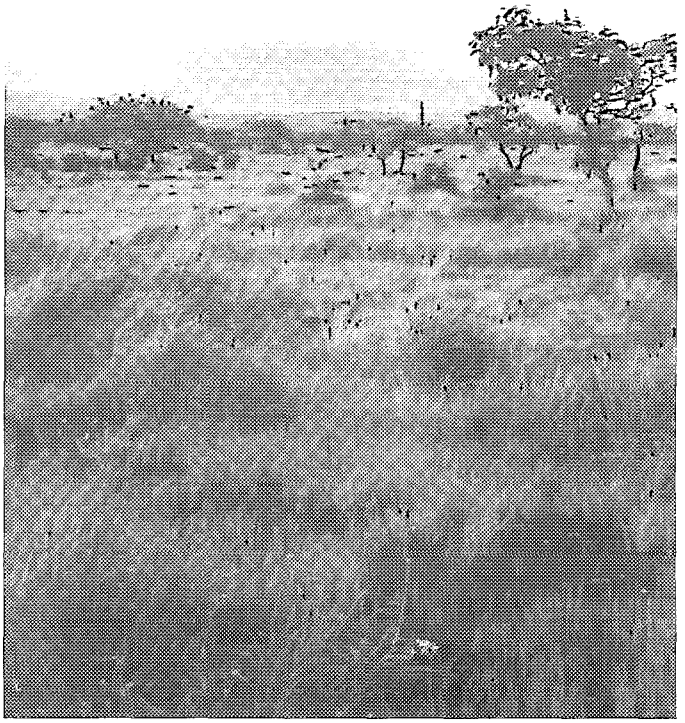
D. Imbrication de l'habitat, de jardins de case et de vergers au sein des agglomérations villageoises [15].



E. Au premier plan, défriche d'une jachère forestière [12]. Au second plan, brousse secondaire [13] à *kansi* (*Anisophyllea laurina*).



F. Brousse secondaire [13] à *méné* (*Lophira alata*).



G. Savane arbustive [11] à *néri* (*Parkia biglobosa*). En amont, dôme subvolcanique ennuagé du Mt Kakoulima culminant à 1011 m.

PLANCHE N° XVI :
LES UNITÉS DE PAYSAGE CONTINENTALES DE L'IMAGE CLASSÉE DE DUBRÉKA

(Clichés F. BERTRAND)

Les numéros des classes d'appartenance sont mentionnés entre crochets

savanes herbeuses les plus dégradées du piémont. Ce regroupement taxinomique a été dicté par l'identité absolue des deux valeurs indiciaires de ces deux paysages. Plusieurs rectifications d'apprentissage visant à les discriminer ont échoué. Plutôt que de conserver deux classes dotées d'un pourcentage très élevé de confusion et de présenter, ainsi, une image classée où de nombreuses rizières auraient été classées comme savanes de bowé, ces dernières ont été soustraites à l'échantillonnage définitif, ce qui, à défaut d'obtenir une unité taxinomique homogène, aura permis au moins de classer toutes les rizières de mangrove comme telles.

Les limites de la classification ressortent également lorque l'on découvre que des tannes [6] s'étendent sur le piémont ! On conviendra que cette imprécision taxinomique est guerre gênante, dans la mesure où les surfaces concernées par cette confusion sont, ici, très restreintes.

Nous avons pris cette fois le parti inverse de celui qui avait consisté sur l'image de KORIKORI à conserver une parcelle d'entraînement au sein d'un paysage de piémont qui présentait les mêmes valeurs indiciaires que les tannes. Il s'agit, non plus d'une jeune palmeraie, mais de cuirasses affleurant parmi les savanes herbeuses dont il vient d'être question. Compte tenu de l'extension limitée de ces deux paysages, leur séparation au niveau de l'apprentissage se serait traduite par une réduction trop sensible de la surface des tannes classés. Là encore, il était préférable d'englober certaines surfaces de piémont dans la classe recherchée afin d'obtenir une représentation des tannes plus conforme à la réalité.

La question de la représentativité des échantillons se pose un peu différemment dans le cas des bas fonds [8]. L'objectif initial était d'isoler les digitations d'arrière-mangrove qui indentent le piémont, au droit de la Dent de Dixinn, et dont le couvert naturel de Raphiales a largement cédé la place à des plantations (les terrains à *fossi* des planteurs). Or, la classe établie sur la référence des valeurs indiciaires de ce paysage contient également des forêts-galeries qui n'appartiennent plus véritablement au domaine de l'arrière-mangrove, mais n'en occupent pas moins des bas fonds. Dans la mesure où ces taxons peuvent être réunis sous une appellation commune (ce qui aurait été plus délicat pour les rizières et les cuirasses nues !), un simple ajustement de la nomenclature thématique a eu raison de l'hétérogénéité taxinomique de cette classe.

- Par ordre de précision décroissante, on distinguera ensuite un groupe de trois classes dont le pourcentage de pixels bien classés (ρ), quoique inférieur d'une dizaine de points à celui des classes précédentes ($82{,}0 < \rho < 83{,}5$ %), n'en demeure pas moins très satisfaisant. Il s'agit de trois unités taxinomiques se succédant dans une dynamique régressive où le facteur anthropique est déterminant :
- la palmeraie-parc [9],
- la palmeraie dégradée [10],
- les savanes de cuirasse [11].

L'imprécision du classement de la palmeraie dégradée et des savanes de cuirasse résulte essentiellement d'une confusion réciproque qui doit être attribuée à leur enchevêtrement sur le terrain. Le résultat des palmeraies-parc [9] s'explique davantage par la dynamique de leurs valeurs indiciaires. Le tiers des pixels qui leur échappent (soit 5,7 % du total) a été affecté à la classe de la brousse secondaire [13] dont l'indice de végétation est très voisin (176,9 contre 176,5). L'impact de cette confusion est mimime car il peut effectivement se produire qu'une formation du type brousse se substitue à la palmeraie-parc. Mais l'affectation des deux tiers restants (soit 11,8 % du total des pixels) aux formations riveraines de *Rhizophora* est plus gênante, car elle nuit localement à la détection de la falaise morte, notamment sur la rive droite de la Soumba. L'origine de cette confusion est plus liée au caractère dispersé de la classe 13 qu'au rapprochement de ses valeurs indiciaires moyennes avec celles des formations à *Rhizophora*.

- La matrice de confusion fait ressortir un dernier groupe de taxons reunis par une précision de classement relativement médiocre ($72{,}3\ \% < \rho < 78{,}3\ \%$). Ce groupe comprend :
- deux taxons de terre ferme : les zones de cultures [12] et les agglomérations villageoises [15],
- trois taxons de mangrove : les forêts [1] et les fourrés [2] à *Rhizophora* ainsi que les peuplements clairs d'*Avicennia* (5).

Les zones de cultures et les agglomérations villageoises se confondent sur près d'un cinquième de leur surface respective, ce qui est très normal compte tenu de l'imbrication prononcée de l'habitat et des terroirs de culture sèche sur le piémont (alors que ces deux éléments sont nettement dissociés en zone de mangrove). En outre, ces deux classes ont perdu également des pixels au bénéfice de plusieurs formations dégradées. Cela ne fait que traduire la confusion générale des paysages du piémont où la pratique d'une agriculture à longues jachères rend extrêmement délicate la délimitation des taxons. On remarquera que les classes 12 et 15 sont elles-mêmes très dispersées, notamment du fait de leurs valeurs de brillance. Un rétrécissement de leurs zones d'entraînement aurait permis d'améliorer la précision de leur classement. Mais ce faisant, leur extension sur l'image classée aurait été sensiblement réduite par rapport à leur extension sur le terrain. La conservation de zones d'entraînement relativement hétérogènes nous a paru nécessaire pour exprimer graphiquement la pression démographique particulièrement forte dans cette préfecture ($d > 100$ hab./km^2).

La confusion des forêts et des fourrés de *Rhizophora* procède de l'hétérogénéité de la structure des peuplements due à une exploitation différentielle des tiges. Ce phénomène prend ici une ampleur particulière, étant donné la pression très forte engendrée par la proximité du marché de Conakry.

Le cas des peuplements clairs d'*Avicennia* [5] est plus spécifique. L'imprécision de leur classification émane pour une grande part d'une confusion avec les forêts mixtes [3], dont les franges internes s'éclaircissent parfois progressivement. La matrice indique également des confusions avec des taxons fort éloignés, comme par exemple les savanes sur cuirasses [11], mais qui se rapprochent d'elles par des indices de végétation très comparables. Cette analogie de valeur indiciaire a pour inconvénient de suggérer la présence de lambeaux de piémont là où il n'en existe pas comme sur l'île de Kopéring. On voudra donc bien considérer que les seuls lambeaux de piémont sont ceux qui sont couverts d'une palmeraie dense [9].

En conclusion, on retiendra que le traitement informatique suivi a permis de discriminer plus convenablement que sur les compositions colorées les différentes formations de mangrove ainsi que les formations dérivées de la forêt dense continentale. Il n'a toutefois pas véritablement permis de de s'affranchir de plusieurs convergences spectrales entre, d'une part, les paysages d'arrière-mangrove (tannes et rizières) et, d'autre part, les savanes de dégradation associées à des substrats cuirassés. La seule façon d'améliorer la précision taxinomique de cette classification serait d'isoler la plaine du domaine proprement continental -par passage d'une dérivée multidirectionnelle sur l'image binaire terre-eau- puis, de les classer séparément avant de superposer les résultats. Ce type d'opération ne pouvant être effectué sur le logiciel DIDACTIM, il a fallu se résoudre à ce que deux des quinze classes chevauchent les domaines fluvio-marins et continentaux.

5. 2. 2. L'IMAGE DES MANGROVES DE FRONT DE MER DE KOBA

• *Analyse de la distribution spatiale des valeurs indiciaires*

Les images indiciaires de KOBA sont de loin les plus complexes de toutes celles qui auront été étudiées. Complexité liée, tout d'abord, à une remarquable dynamique des valeurs indiciaires traduisant la grande diversité des paysages de mangrove et plus encore d'arrière-mangrove ; complexité due ensuite à l'émiettement de ces valeurs dans l'espace, reflet de cette véritable marqueterie agroécologique que constitue la partie méridionale de la plaine de Koba. La visualisation des images en fausses couleurs permet une lecture ordonnée de ces paysages.

L'image de l'indice de végétation (Image n°7, page 160) retient d'abord l'attention par deux ensembles de très fortes valeurs situés dans les quarts nord-ouest et sud-est de l'image. Celui qui frange le bord de mer correspond aux formations denses à dominance d'*Avicennia*, tandis que celui situé dans la quart supérieur gauche de l'image marque *grosso modo* l'extension des formations denses du plateau.

- Des valeurs légèrement moins relevées (tonalité orange) et réparties en ordre dispersé signalent ensuite les peuplements riverains de *Rhizophora* et les palmeraies d'*Elaeis* alignées suivant la direction des cordons fossiles.
- Ces valeurs s'intègrent en fait dans un ensemble plus étendu dominé par la tonalité orange-vert et qui englobe toutes les formations de mangrove ou de terre ferme caractérisées par la discontinuité du couvert.
- L'ensemble suivant, de tonalité jaune-noir, suit la répartition des formations herbacées les plus chlorophylliennes qui sont, en l'occurrence, les terrasses graminéennes et les prairies marécageuses, c'est-à-dire des formations herbacées d'arrière-mangrove échappant au recouvrement par la marée.
- Par un heureux effet de figuré, le groupe de valeurs colorées en vert apparait "en creux" par rapport à l'ensemble précédent, ce qui traduit bien le fait que l'on passe à des formations situées strictement en zone de mangrove et inondées plus ou moins régulièrement par la marée. Au sein de cet ensemble, quelques taches bleu cyan se détachent plus particulièrement en front de mer lorsque la dégradation du couvert herbacé est à un stade déjà avancé.
- Enfin, la moitié gauche de l'image abrite un ensemble de très faibles valeurs chlorophylliennes correspondant aux zones dépourvues ou presque de végétation. C'est le domaine des tannes nus de front de mer et des zones internes en cours d'exondation. Ces valeurs se rencontrent également dans la partie amont du bassin de la Bendéfikhé, mais cette fois en ordre plus dispersé et plutôt dans les secteurs déprimés.

Au total, on retiendra le contraste et le regroupement remarquable des valeurs chlorophylliennes sur cette fenêtre. Cette image pourrait constituer elle-même une image classée.

Les valeurs de brillance (Image n°8, page 161) sont dans l'ensemble plus dispersées que les valeurs de l'indice de végétation. Leur distribution fait néanmoins ressortir quelques traits fondamentaux du milieu, et notamment la topographie.

- En effet, si les valeurs les plus fortes émanent en partie de fourrés à Raphiales et de fourrés très denses d'*Avicennia* qui présentent tous deux un appareil foliaire très réfléchissant, ces valeurs signalent avant tout les parties exondées de la plaine côtière. On remarque, en particulier, que le rivage actuel est précédé, à une distance d'environ de 2 km, d'un ensemble discontinu de fortes valeurs de brillance dont la disposition curviligne suit très rigoureusement le tracé du trait de côte. Ces valeurs correspondent sur le terrain à des vasières sub-exondées et à des centres de dispersion du réseau hydrographique hérités d'une phase d'envasement particulièrement intense. Nous pensons que l'indice de brillance a révélé ainsi une étape décisive de la progradation du littoral de Koba. La mise en évidence de cet ancien rivage ne présente pas uniquement un intérêt paléogéographique ; il constitue une limite très nette entre la partie interne de la plaine, largement soustraite à l'influence des marées, et la partie externe recouverte de vastes massifs forestiers d'*Avicennia*.
- Les pics de valeurs indiciaires suivants englobent des paysages beaucoup plus variés. Celui exprimé en rouge-vert comprend à la fois l'essentiel des surfaces continentales, les terrasses sableuses, d'anciens schorres à Cypéracées ou des pelouses d'halophytes converties en rizières, sans oublier des peuplements denses d'*Avicennia* comme ceux de l'île Dodo.
- Les valeurs de brillance colorées en jaune-noir relèvent de paysages moins disparates bien qu'on y retrouve aussi bien des fourrés denses d'*Avicennia* que des pelouses d'halophytes inondées.
- L'unité des nombreux paysages qui ressortent en vert sur l'image de brillance est fondée davantage sur le régime d'inondation. Que ce soient des forêts claires d'*Avicennia*, des casiers rizicoles ou des pelouses dénudées pour la confection du sel, il s'agit de terrains dont le faible indice de brillance est lié de toute évidence à la régularité du recouvrement par l'onde de marée. Ces paysages végétaux sont tous situés à l'étage de la slikke.
- Enfin, l'image en fausses couleurs empêche de séparer les valeurs indiciaires les plus faibles de la partie masquée de l'image correspondant à la mer ainsi qu'aux eaux stagnantes. Cette lacune nuit à l'identification des paysages concernés, notamment dans les marais d'arrière-mangrove où il est impossible de distinguer les formations marécageuses des dépressions palustres proprement dites (ici masquées). En front de mer, le tracé du rivage disparait localement. Mais cette confusion des couleurs présente alors l'avantage de signaler les secteurs exposés directement au risque de submersion et qui menacent de disparaître, à court terme, devant l'avancée de la mer.

Au total, l'image de l'indice de brillance n'offre sans doute pas une vision des paysages de Koba aussi parlante que celle de l'indice de végétation. Elle offre, néanmoins, un aperçu assez précis de la zonation hypsométrique de ce secteur, ce qui constitue un critère pertinent pour le choix des zones d'entraînement.

• *Détermination de l'apprentissage*

Le choix des zones d'entraînement, dans un secteur aussi varié et sur des images indiciaires aussi contrastées, a exigé une attention toute particulière. Compte tenu de la dynamique remarquable des images, il aurait été légitime de fonder exclusivement notre classification sur l'identification des associations spécifiques de niveaux indiciaires (Tableau n°27, ci-dessous).

Indice de végétation IV		**Indice de brillance IB**	
1	Jaune	1	Jaune
2	Rouge	2	Rouge
3	Orange	3	Orange
4	Orange-vert	4	Rouge-vert
5	Jaune-noir	5	Jaune-noir
6	Vert clair	6	Vert clair
7	Vert foncé	7	Vert foncé
8	Bleu cyan	8	Bleu cyan
6	Bleu nuit	6	Bleu nuit

IV \ IB	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		+	(+)	+					
2	+	+		+	+	+	+		
3							+		
4						+	+		+
5	+	+	+	+					
6		+		+	+				
7		+		+			+		
8		+		+	+				
9				+	+		+		

TABLEAU N°27 : TABLEAU DE CORRÉLATION DES NIVEAUX DE COULEURS DES IMAGES INDICIAIRES DE KOBA

Mais il s'avère qu'une trentaine d'associations spécifiques de valeurs sont susceptibles d'être mises en apprentissage. Une partition en un nombre si élevé de classes aurait, bien entendu, nui à la lisibilité de l'image classée. Il a donc fallu reconnaître parmi ces associations spécifiques, les paysages qu'il était prioritaire de classer et d'établir ensuite des parcelles hétérogènes regroupant plusieurs associations moins significatives (Tableau n°28, ci-après). A la différence de l'image précédente, la détermination de parcelles d'entraînement hétérogènes a répondu ici, non pas à des exigences taxinomiques, mais bien davantage à des impératifs d'ordre graphique.

Ce choix s'est effectué en fonction des données de référence disponibles, autrement dit des taxons identifiés, d'une part, sur les clichés IRC (pour le front de mer) et, d'autre part, sur les clichés panchromatique (pour les marais d'arrière-mangrove), l'objectif final étant de ne pas dépasser une quinzaine de classes.

N°	Zones d'entraînement homogènes	Zones d'entraînement hétérogènes
1		IV-1, 2 ↔ IB-2, 3, 4
2	IV-2 ↔ IB-5	
3		IV-2 ↔ IB-6, 7
4	IV-4 ↔ IB-7	
5	IV-4 ↔ IB-9	
6		IV-8, 9 ↔ IB-2, 4
7		IV-7, 8 ↔ IB-4, 5
8	IV-7 ↔ IB-7	
9	IV-7 ↔ IB-2	
10		IV-6, 7 ↔ IB-4, 5
11	IV-2 ↔ IB-2	
12		IV-5 ↔ IB-1, 2
13		IV-5 ↔ IB-3, 4
14		IV-2, 3 ↔ IB-2, 3, 4
15	IV-4 ↔ IB-4	
Σ	7	8

TABLEAU N°28 : LES ZONES D'ENTRAÎNEMENT DE L'IMAGE DE KOBA

Avant de présenter ces classes en détail, on remarquera sur le tableau ci-dessus que seule la moitié d'entre elles (soit sept classes) ont été définies sur la base d'une association spéficique de valeurs indiciaires, ce qui représente une proportion très faible du total des associations spécifiques classables. Le nombre de classes établies à partir de parcelles d'entraînement hétérogènes traduit une compression sensible de l'information délivrée par les deux images indiciaires. Nous verrons, lors de la critique des résultats, qu'il était possible dans de nombreux cas d'affiner encore davantage la partition.

• *Présentation de la classification*

N°	Unité de paysage	Indice de végétation (IV) Moyenne	Indice de végétation (IV) Ecart-type	Indice de brillance (IB) Moyenne	Indice de brillance (IB) Ecart-type
1	Front pionnier *Avicen.*	241,9	4,2	87,1	9,8
2	Forêt dense *Avicen.*	234,9	4,7	65,1	4,2
3	Fourré dense *Avicen.*	217,4	7,7	49,1	3,9
4	Forêt claire *Avicen.*	162,7	12,0	40,1	4,5
5	Forêt dépérissante	173,6	20,9	27,9	5,7
6	Tanne nu inondable	62,3	11,6	87,7	12,7
7	Pelouse halophytes	76,5	10,6	65,0	5,7
8	Rizières de slikke	95,5	7,2	47,1	3,9
9	Rizières de schorre	93,5	6,4	94,8	5,0
10	Riz. à Cypéracées	105,3	3,3	77,4	5,5
11	Prairie marécageuse	127,2	2,7	131,6	10,3
12	Fourré à Raphiales	221,3	6,2	128,6	16,1
13	Terrasse graminéenne	130,8	5,4	79,2	9,3
14	Cordons à palmeraie	202,2	8,2	85,2	9,0
15	Palmeraie-parc	176,8	11,6	75,2	4,5

TABLEAU N°29 : DYNAMIQUE DES VALEURS INDICIAIRES DES CLASSES DE L'IMAGE DE KOBA

Cette classification avait pour objectif de présenter un panorama aussi complet que possible de la diversité des paysages végétaux de KOBA. C'est pourquoi nous avons tenu à établir un nombre équi-

Echelle 1/50.000 Résolution 20 m



IMAGE N°7 :
INDICE DE VÉGÉTATION DE L'IMAGE DE KOBA

Echelle 1/50.000 Résolution 20 m

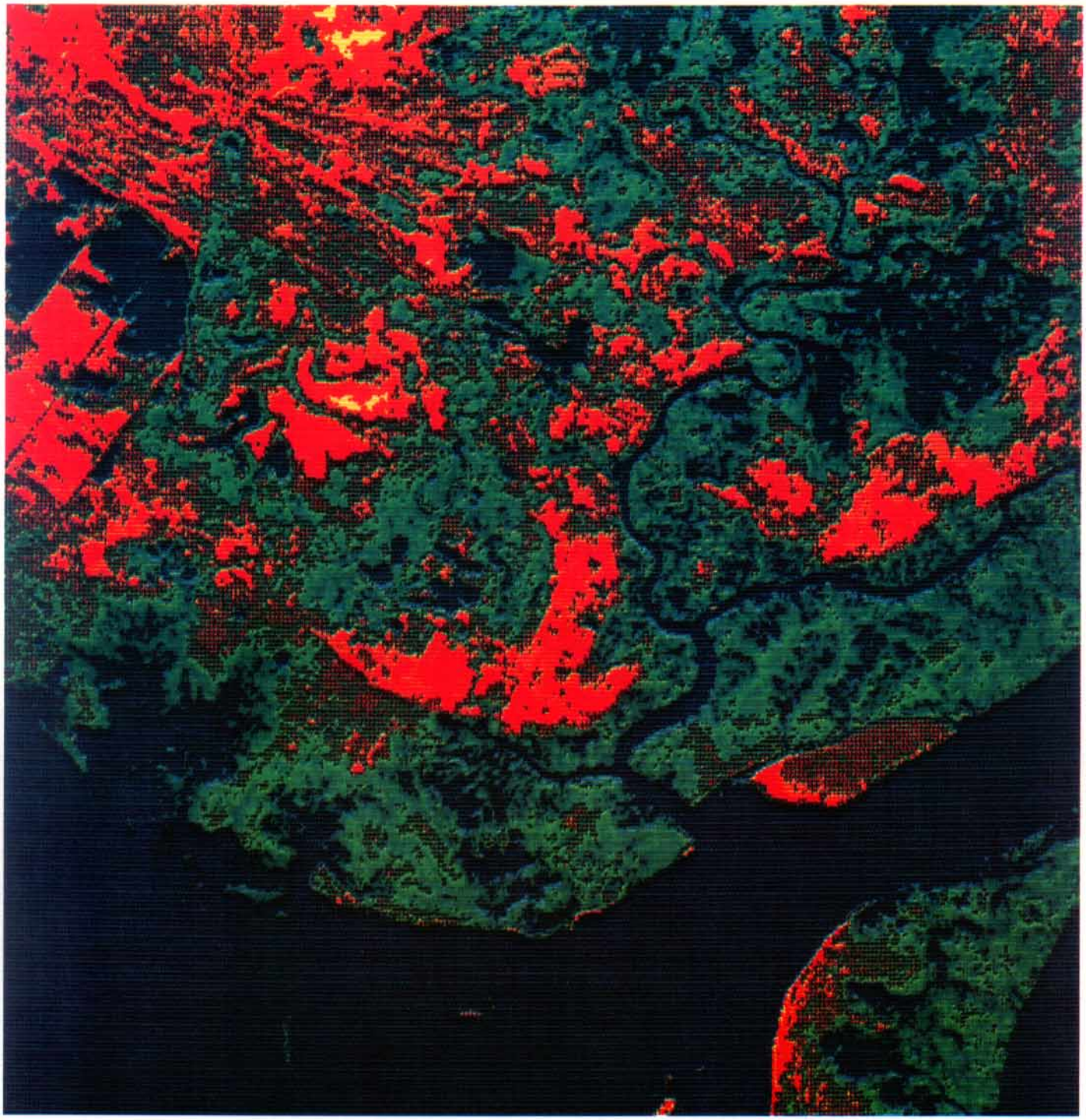


IMAGE N°8 :
INDICE DE BRILLANCE DE L'IMAGE DE KOBA

valent de classes au sein des deux grands domaines que l'on peut distinguer dans cette plaine côtière, à savoir le domaine des ceintures monospécifiques d'*Avicennia* (partie externe) et celui des marais d'arrière-mangrove (partie interne).

Nous avons tenté pour cela de tirer parti au mieux de l'étalement des valeurs indiciaires de chacune des variables. Mais, pour des raisons qui n'ont pu être déterminées, il n'a pas été possible de classer les valeurs indiciaires extrêmes, et plus précisément, les valeurs chlorophylliennes inférieures à 37 ou supérieures à 245. L'intervalle de variation utilisé pour l'apprentissage est donc légèrement restreint par rapport à celui de l'image en fausses couleurs.
Ceci nous a empêché de classer deux unités de paysages spécifiques à chacune des deux parties de la plaine, et explique probablement que le pourcentage de pixels non classés (environ 1 %) soit sensiblement plus élevé que sur les autres images.

La dynamique des images étant excellente, les classes de l'image de Koba apparaissent plus dispersées que celles des images précédentes (Fig. 50, ci-dessous), notamment parmi les formations de mangrove dégradées [4, 5, 6, 7] et les formations marécageuses d'arrière-mangrove [11 et 12] où nous avons dû procéder à de nombreux regroupements d'échantillons pour limiter le nombre de classes. Dans ces conditions, le risque de confusion entre ces classes paraissait minime.

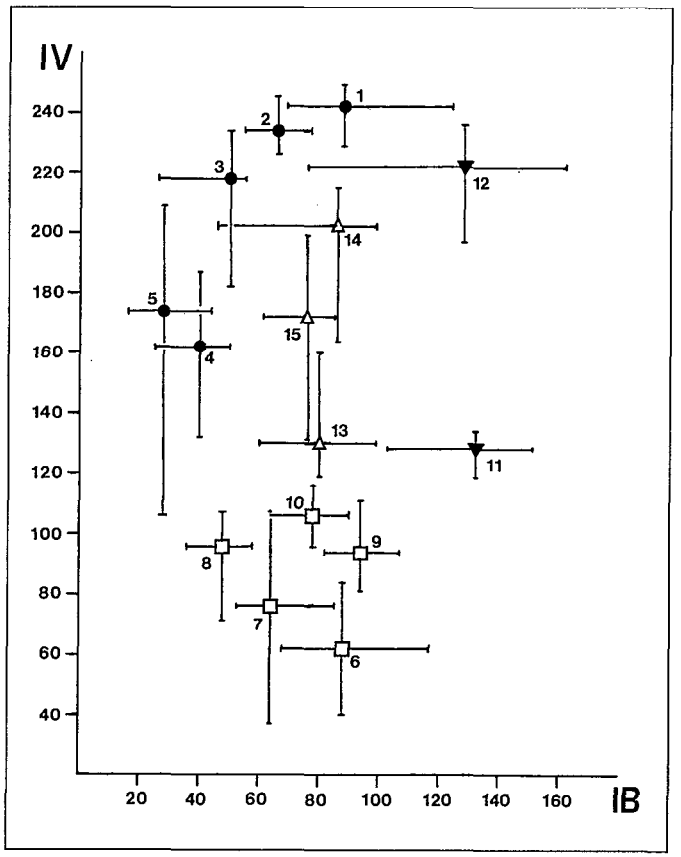


FIG. 50 :
DIAGRAMME DES CLASSES INDICIAIRES DE L'IMAGE DE KOBA

• *Validation et critique des résultats*

De fait, la matrice de confusion annonce une précision d'ensemble de 94,2 % qui peut être considérée comme un résultat statistique tout à fait remarquable.

Ci \ Cr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,0	86,3	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,8	98,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	5,8	92,9	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	95,4	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	3,8	0,0	2,2	2,2	1,1	92,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,2	0,9	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	89,4	6,1	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	96,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,5	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,8	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
11	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,6	0,0	1,6	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,4	0,0	9,6	0,0
13	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,2	0,0	0,4
14	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,1	1,9
15	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	4,4	89,5

TABLEAU N°30 :
MATRICE DE CONFUSION DE LA CLASSIFICATION DE L'IMAGE DE KOBA

• Le tableau n°30 ci-dessus montre que les paysages les mieux classés sont les terrasses graminéennes [13], les rizières à Cypéracées [10] et les forêts denses d'*Avicennia* [2] qui comptent plus de 98,5 % de pixels bien classés.

La distinction des classes 13 et 10 est plus précieuse que ne peut le laisser supposer simplement leurs intitulés, car elles correspondent à des taxons qui, tout en étant différents, sont néanmoins difficiles à séparer, même sur les clichés IRC. Au plan morphologique, il s'agit de formes perchées au-dessus de l'estran actuel et qui répondent donc à la définition des terrasses. Mais dans le premier cas [13], il s'agit de terrasses sableuses (terrasses dites "sèches"), recouvertes par un tapis essentiellement graminéen, tandis que la classe 10 regroupe d'anciens schorres argileux aujourd'hui soustraits à la marée, mais qui, en raison de leur forte teneur en matière organique, présentent une réserve hydrique plus importante (terrasse dites "humides"). Ces deux unités de paysage ont, par ailleurs, ceci en commun d'être aménagées en rizières (selon des modalités spécifiques qui ont été analysées au § 1.2.2.). L'emblavement des terrasses argileuses [10] est toutefois beaucoup plus régulier que celui des terrasses sèches [13] ; c'est la raison pour laquelle nous les avons rangées parmi les rizières, tandis que l'intitulé de terrasse a été réservé aux seules terrasses sableuses. Il faut mentionner, d'ailleurs, qu'une autre classe a pu être établie en cours d'apprentissage pour isoler les terrasses sableuses qui étaient effectivement cultivées. Mais on a préféré finalement regrouper en une seule et même classe toutes les terrasses sableuses assurant la transition vers les formations strictement continentales.

La classification presque parfaite des forêts denses d'*Avicennia* [2] doit également être soulignée, car l'extension de ce taxon sur l'image classée correspond exactement à celle que nous avons défini, non sans difficulté, sur le cliché IRC. La convergence de ces informations est très encourageante pour le suivi des fronts pionniers d'*Avicennia*, car elle montre que l'outil SPOT permet de séparer les

Echelle 1/50.000

Résolution 20 m

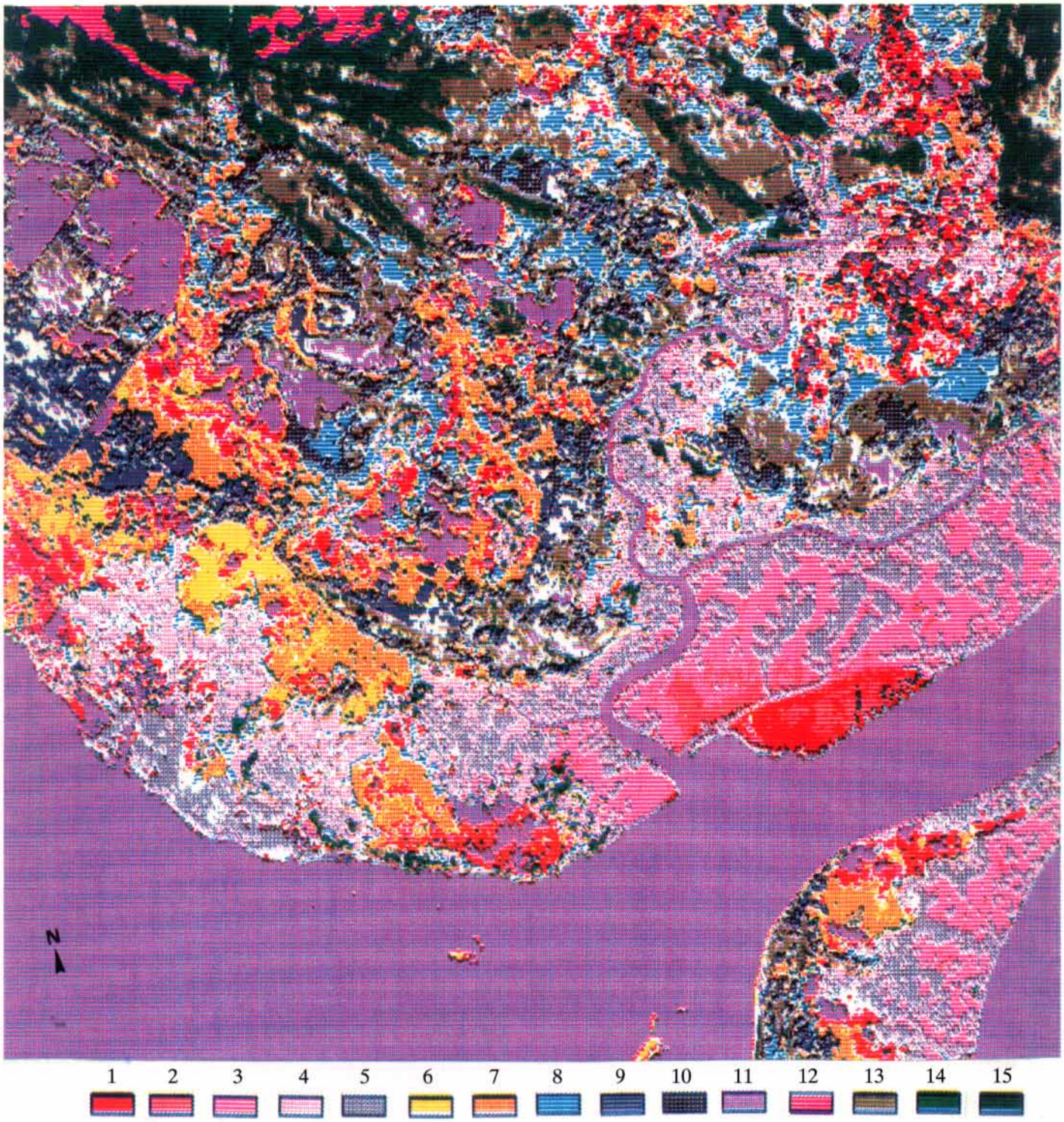


IMAGE N°9 : CLASSIFICATION DES PAYSAGES VÉGÉTAUX DE KOBA

MANGROVE BOISÉE

1. - Front pionnier
2. - Forêt dense d'*Avicennia*
3. - Fourré dense d'*Avicennia*
4. - Forêt claire d'*Avicennia*
5. - Forêt dépérissante

ARRIÈRE-MANGROVE

6. - Tanne nu inondable
7. - Pelouse halophytique
8. - Rizières de slikke
9. - Rizières de schorre
10. - Rizières à Cypéracées
11. - Prairie marécageuse
12. - Fourré à Raphiales

FORMATIONS CONTINENTALES

13. - Terrasse graminéenne
14. - Cordons à palmeraie
15. - Palmeraie-parc

formations de colonisation subactuelle [1] des formations de colonisation plus ancienne [2] qui, en l'occurrence, sont antérieures à 1979.

Par ordre de précision décroissant, on trouve ensuite trois classes [8, 11 et 14] dont le pourcentage de pixels bien classés (ρ) est compris entre 96,5 et 97,5 % .

• Ce groupe comprend les rizières de slikke [8]. Celles-ci ont été séparées des rizières de schorre [7], grâce à une valeur de brillance beaucoup moins soutenue qui traduit leur maintien à un niveau d'humidité très constant du fait du recouvrement quotidien par la marée. Pour être exact, il faudrait préciser que cette classe contient, non seulement les slikkes converties en rizières, mais également les pelouses d'halophytes dont les valeurs indiciaires étaient inclues dans l'intervalle de variation utilisable pour l'apprentissage. En effet, nous avions également tenté de classer les pelouses riveraines qui se singularisent par des valeurs indiciaires plus basses (IV - 43,7 et IB - 28,3) suggérant une intensité de submersion particulière. Cette distinction ne devait a priori poser aucun problème puisque ces valeurs sont nettement différentes de celles de la classe 8. Malheureusement, près de 60 % des pixels de cette classe ont alors été affectés de façon aberrante à celle des fronts pionniers [1] dont les valeurs indiciaires moyennes sont pourtant diamétralement opposées (IV - 245,5 et IB - 100,6) ! Il a donc fallu abandonner l'idée d'une partition taxinomique des slikkes estuariennes et se contenter d'une classe unique regroupant les pelouses converties en rizières et les pelouses spontanées bien drainées.

La classe 11 de l'apprentisage réunit sous l'appellation de prairie marécageuse des formations herbacées liées à une exondation plus précoce que celle des marais les plus déprimés qui sont masquées sur cette image. Elles sont composées pour l'essentiel de forbes (herbacées non graminoïdes), mais dont seule une faible part assure un recouvrement pérenne du substrat, ce qui renforce d'autant des valeurs de brillance déjà élevées, compte tenu de l'assèchement relatif du substrat en ce milieu de saison sèche. Deux types de prairies marécageuses ont été distingués au cours de l'apprentissage grâce à la dynamique de l'indice de brillance. Mais, faute d'avoir pu les séparer au plan taxinomique, nous avons préféré les regrouper en une seule classe. Malheureusement, la couleur que nous avions réservée aux prairies marécageuses a été étendue, indépendamment de notre volonté, à la partie masquée de l'image qui comprend, outre la mer, les marais à inondation prolongée. Cet avatar du traitement numérique conduit donc à élargir le contenu taxinomique de la classe 11 tel qu'il avait été défini lors de l'apprentisage. Les prairies marécageuses de l'image classée recouvrent non seulement les prairies à forbes, mais également les prairies aquatiques caractérisées par l'association d'hydrophytes graminoïdes plus ou moins flottants (*Echinocloa, Typha, Phragmites*) et d'hydrogéophytes dont l'espèce la plus caractéristique est le nénuphar à grandes feuilles blanches (*Nymphaea lotus*).

La résultat statistique de la classification des cordons à palmeraie [14] n'appelle aucun commentaire particulier si ce n'est une très légère confusion (2 %) avec la classe de la palmeraie continentale [15] qui s'explique facilement par la parenté floristique de ces deux taxons. Le fait que le cordon littoral subactuel ait été rangé dans cette classe, alors que son jeune âge ne lui a pas laissé le temps d'être colonisé par une palmeraie, permet un rapprochement très opportun avec le cordon interne édifié dans les mêmes conditions morphodynamiques mais à une époque antérieure. Il est, par contre, plus regrettable que plusieurs groupes de pixels situés entre ces deux lignes de rivages aient été également classés comme cordons, alors que le cliché IRC correspondant (Image n°3, page 98) montre qu'il s'agit de fourrés denses d'*Avicennia*. L'analyse des images indiciaires ne signale pourtant aucun rapprochement notable de valeurs.

• La matrice de confusion fait ressortir ensuite un groupe de trois classes comprenant entre 94,5 et 95,5 % de pixels bien classés.

La première d'entre elles concerne des peuplements hauts d'*Avicennia* que le niveau discontinu des couronnes nous a conduit à qualifier de forêt claire [4], par opposition aux forêts denses qui recouvrent la totalité du substrat. Cette physionomie résulte d'une dégradation naturelle de la forêt climacique d'*Avicennia* qui peut se poursuivre par la défeuillaison des arbres. L'affectation de 4,6 % des pixels "forêt claire" à la classe des *Avicennia* dépérissants [5] traduit le passage très progressif à cette forme de dégradation avancée dont nous reparlerons plus en détail.

Les deux autres classes de ce groupe sont corrélées entre elles par le fait que les pixels mal classés de tannes nus [6] ont été affectés à la classe des rizières de schorre [9]. Une légère confusion était prévisible entre ces taxons largement soustraits à la marée et aussi pauvres l'un que l'autre, à cette époque de l'année, en végétaux chlorophylliens (rappelons que l'effet des chaumes de riz est voisin de celui de la "pseudo-moquette"). Cette convergence de comportement radiométrique doit être relativisée du fait de valeurs indiciaires moyennes relativement éloignées. On remarquera toutefois que les écarts-type de la classe des tannes [6] comptent parmi les plus élevés de l'ensemble des classes, ce qui induit un risque de confusion certain entre les valeurs extrêmes de cette classe et celles de la classe 9.

La dispersion des valeurs résulte en fait du regroupement de deux classes de tannes identifiées au cours de l'apprentissage à partir des associations spécifiques suivantes :
- IV - 8 / IB - 2 : tanne nu exondé,
- IV - 9 / IB - 4 : tanne nu inondé.

Cette contribution à la zonation hypsométrique des tannes nus constitue un apport indéniable du traitement numérique des données SPOT par rapport par rapport à l'interprétation des données aériennes IRC (Fig. 35, page 98). Mais l'intérêt écologique d'une partition des tannes nus ne nous a pas semblé justifier sa prise en compte dans la classification finale, d'où le regroupement des échantillons en une classe unique.

• La précision de la classification s'abaisse à 93 % pour les fourrés denses d'*Avicennia* [3] et les formations dépérissantes [5]. Dans le premier cas [3], cet abaissement s'explique par une confusion avec la classe des forêts denses [2], qui est tout à fait admissible étant donné la pente graduelle du "toit" des formations monospécifiques d'*Avicennia* . Dans le cas des formations dépérissantes [5], le pourcentage de pixels mal classés (7 %) n'est lié que pour moitié à ce que l'on peut appeler des "confusions de proximité" : 3,3 % des pixels ont été affectés aux fourrés denses [3] et forêts claires [4] qui précèdent les formations dépérissantes dans la série évolutive régressive. En revanche, près de 4 % de pixels n'ont pu être classés, ce qui constitue de loin le plus fort pourcentage sur l'ensemble des classifications numériques. Il est difficile de déterminer l'origine de ce non classement, d'autant que cette classe est la plus dispersée. En se référant à l'extension des formes de dépérissement sur le cliché IRC, il est possible que notre échantillonnage soit resté, malgré tout, trop restrictif par rapport à la forte dynamique des valeurs indiciaires correspondantes.

En dépit d'une relative imprécision de classement, la discrimination des formations d'*Avicennia* dépérissants compte parmi les résultats les plus intéressants de la classification numérique de l'image de Koba, car elle permet de localiser précisément le potentiel de régénération des massifs forestiers. Si l'on exclut quelques peuplements estuariens rangés dans cette classe, mais qui sont, en réalité, davantage dégradés par le fait del'homme que par un véritable dépérissement, l'image classée fait clairement ressortir une opposition entre les massifs menacés à court terme de disparition et ceux dotés, au

contraire, d'une forte vitalité. Cette donnée nous semble essentielle dans la détermination des massifs forestiers à protéger.

- Viennent enfin trois taxons dont la précision de classement inférieure à 90 % paraît médiocre, eu égard à la qualité d'ensemble des résultats statistiques. Il s'agit, dans l'ordre de notre légende, des fronts pionniers d'*Avicennia* [1], des pelouses d'halophytes [7], des fourrés à Raphiales [12] et de la palmeraie-parc [15].

1/10e des pixels identifiés comme faisant partie des fronts pionniers récents (postérieurs à 1979) ont été classés parmi les forêts denses de colonisation plus ancienne [2]. Ce résultat, en soi peu satisfaisant, aurait pu réduire d'autant la superficie des fronts pionniers déterminée sur le cliché IRC de référence. La distribution des valeurs indiciaires de l'île de Dodo a conduit à ranger presque toute l'île dans cette classe, alors qu'en réalité seule sa moitié occidentale est postérieure à 1979. La confusion de classement a donc permis, en fait, d'atténuer la différence entre les résultats surfaciques de la classification numérique et ceux de l'interprétation des clichés IRC. La surface des fronts pionniers de l'île Dodo demeure néanmoins nettement plus importante sur l'image classée que sur le cliché IRC. Il a donc fallu affranchir l'intitulé de la classe d'une datation absolue et se contenter d'une datation relative aux formations forestières plus anciennes [2].

Mais comme on l'avait déjà noté à propos de précédents résultats, le véritable problème qui apparaît lors de la représentation graphique des résultats est l'inclusion dans cette classe forestière de vastes étendues non boisées. Les clichés en mode panchromatique montrent effectivement que certaines parties déprimées et abandonnées des marais internes sont en cours de reconquête par *Avicennia*. Ces peuplements transgressifs pourraient être éventuellement rangés dans la même classe que les peuplements pionniers de front de mer, à condition que l'on fasse abstraction des conditions hydrosédimentaires qui président à leur développement. L'obstacle vient de ce que leur extension réelle est globalement beaucoup plus restreinte que ne le suggère l'image classée. Dans la partie aval de la plaine interne, les surfaces classées en [1] correspondent dans l'ensemble aux pelouses d'halophytes en cours de reconquête forestière. Mais à mesure que l'on remonte l'estuaire de la Bendefikhé, les indications de l'image classée sont de plus en plus contredites par la pseudo vérité-terrain.

Cette défaillance de la classification demeure une énigme, car aucun rapprochement des valeurs indiciaires ne peut justifier *a priori* le regroupement de ces paysages. On était même en droit d'attendre une séparation parfaite de ces taxons, dans la mesure où leurs valeurs indiciaires moyennes sont situées aux deux extrêmes de l'intervalle de variation des variables utilisées.

L'origine de ce phénomène est peut-être à chercher dans les modalités de déroulement de l'algorithme d'agrégation. Le regroupement des valeurs extrêmes peut conduire à se demander si, comme nous le supposions a priori, les limites de l'intervalle de variation ([0-256]) sont des segments constitutifs de la partition de l'espace des individus ou si celle-ci ne s'effectue pas plutôt uniquement à partir des médiatrices des segments intercentres dans un espace continu où les valeurs extrêmes 0 et 256 seraient confondues. Bien que le manuel d'utilisation du logiciel DIDACTIM n'apporte pas d'éléments de réponse à cette question, on peut penser que le processus qui conduit au regroupement des valeurs extrêmes s'apparente, en fait, au second cas de figure. Dans cette hypothèse, l'impossibilité de séparer les fronts pionniers d'*Avicennia* des pelouses estuariennes très inondées serait liée, de façon paradoxale, à la trop forte dynamique des images indiciaires !

Grâce à des valeurs indiciaires moins extrêmes qui les ont soustraites à ce type d'avatar informatique, l'extension des pelouses d'halophytes [7] sur l'image classée correspond plus fidèlement à leur extension effective sur le terrain. La précision relativement médiocre de la classification des pelouses procède uniquement de leur propension à se confondre avec certaines rizières [8 et 10] ainsi qu'avec les tannes [6]. Il est très probable que ces confusions émanent de configurations en mosaïque dont on sait qu'elles abondent dans ces secteurs de dégradation. Le pourcentage relativement élevé (6,1 %) de pelouses affectées à la classe des rizières de slikke [8] correspond en particulier à des secteurs d'emblavement assez lâche où les chaumes s'entremêlent à des adventices de type crassulescent.

- Enfin, l'analyse des résultats de la classification révèle deux points communs entre les classes des fourrés à Raphiales [12] et celle de la palmeraie continentale [15]. Premièrement, l'imprécision relative de leur classification est liée partiellement [12], ou totalement [15] à une confusion avec la classe des cordons à palmeraie [14]. L'homologie des valeurs indiciaires et la continuité spatiale de ces paysages l'expliquent aisément. De même, le fait que 5 % de la palmeraie continentale ait été rangée parmi les terrasses graminéennes [13] s'explique par l'éclaircissement parfois graduel de la végétation arborée au contact du plateau et de la plaine côtière. Deuxièmement, on retrouve chez ces deux classes de valeur indiciaire élevée, le problème qui a déjà été soulevé à propos de la classe [1], à savoir, l'agrégation de pixels dotés de valeurs statistiquement voisines bien que spectralement très éloignées. Aussi bien, l'image classée suggère-t-elle que des fourrés à Raphiales [12] bordent le front et que des palmeraies continentales [15] longent les rives d'estuaire, ce qui ne correspond bien évidemment pas à la localisation préférentielle de ces deux types de formation végétale. Ce risque d'induction en erreur représente en quelque sorte la contrepartie de la très bonne séparation des fourrés à Raphiales qui recouvrent les indentations du plateau dans le quart supérieur gauche de l'image.

Au total, les résultats de la classification numérique de KOBA peuvent paraître contradictoires. D'un côté, la réduction des données de base a permis indiscutablement de mieux appréhender l'organisation de ces paysages qui, jusque là, se dérobait devant l'émiettement et la diversité des signatures spectrales. Mais d'un autre côté, le compactage de l'information a nécessité, et ce, malgré une dynamique remarquable des variables, certains regroupements taxinomiques qui constituent un nouveau facteur de confusion. Le bilan du traitement numérique est néanmoins largement positif dans la mesure où la nomenclature thématique de cette classification rend infiniment mieux compte de la complexité du milieu que l'interprétation analogique de la composition colorée.

Il convient toutefois d'observer que la dynamique particulièrement forte des indices de végétation et de brillance de KOBA a nui à la classification de plusieurs taxons. Ceci tend à montrer que la qualité globale de la classification -que l'on doit juger à sa précision aussi bien statistique que taxinomique- n'est pas véritablement proportionnelle à la dynamique des variables. Dans le cas de KOBA, l'excellence des résultats statistiques a pu être relativisée par une imprécision taxinomique parfois voulue (regroupement de classes), mais parfois également dictée par les modalités de déroulement de l'algorithme. Ce dernier aspect a surtout retentit sur la discrimination des faciès d'arrière-mangrove. Dans la partie externe de plaine, le contenu taxinomique des classes est dans l'ensemble aussi précis que la classification proprement dite, si bien que la discrimination des paysages y est plus satisfaisante que dans la partie interne.

Il était, dès lors, intéressant de chercher à corréler la répartition des paysages de front de mer avec une classification du domaine infratidal, ici masqué. Cela a fait l'objet d'un traitement numérique spécifique.

5. 2. 3. L'IMAGE DE L'EMBOUCHURE DU KONKOURÉ

• *Une méthodologie spécifique*

La partie masquée de l'image recouvre, rappelons-le, les surfaces dont la valeur spectrale dans le canal proche infrarouge (XS 3) est inférieure à 43, autrement dit, les surfaces où l'eau a un effet prépondérant dans la signature spectrale des taxons. Quatre grands ensembles de paysage sont concernés :
- la mer que nous définirons ici comme étant l'espace infratidal *stricto sensu*,
- la slikke, c'est-à-dire l'espace compris entre la laisse de basse mer et la lisière des formations denses de ligneux,
- les secteurs de stagnation des eaux de pluie qui correspondent pour l'essentiel, aux parties les plus déprimées des marais d'arrière-mangrove,
- les chenaux estuariens représentés sur cette image par la Bendéfikhé et ses principaux affluents.

Les paysages végétaux occupent, donc, la portion congrue de l'image. L'essentiel sera de définir des catégories d'eaux et des formes d'estran plus ou moins dépourvues de végétation.

Cette quasi-absence de végétation supprime les effets d'interférence de l'eau et du couvert végétal dans la signature spectrale des taxons. Dans ces conditions, la réduction des données de base sous forme d'indices de végétation et de brillance perd ici sa justification.

En fait, la réduction du nombre initial de variables n'est même pas souhaitable car la perte d'information qui s'en suivrait serait tout à fait regrettable, compte tenu de l'indigence des données de référence. Les données bathymétriques et sédimentologiques demeurent trop fragmentaires pour permettre de guider véritablement l'apprentissage.

Nous avons donc pris le parti de classer les catégories d'eaux, non en fonction de critères préétablis, mais simplement selon leurs valeurs de luminance (L) dans les trois canaux préalablement linéarisés à partir des intervalles de variation suivants :
- XS 1 : [20-43]
- XS 2 : [37-64]
- XS 3 : [47-74]

L'apprentissage a été effectué directement sur la composition colorée des trois nouveaux canaux sans tenir compte des images de chaque canal. Nous ne présenterons donc pas de tableau récapitulatif des niveaux de gris comme nous l'avons fait pour les variables indiciaires.

Le nombre de classes a progressivement été étendu de façon à réduire au minimum le nombre de pixels non classés. Ce nombre était toutefois limité par les contraintes d'édition de la matrice de confusion qui n'imprime pas plus de dix huit classes.

• *Présentation de la classification*

Les quinze classes obtenues par agrégation se définissent par le spectre radiométrique moyen de leur centre dans les trois canaux du HRV. L'ordre de leur classement a été défini d'après leur appartenance aux trois grands ensembles tidaux (inter-, infra-, supra-) que l'image classée permet de séparer (Tableau n°31, ci-dessous).

N°	Unité de paysage	Canal XS 1 Moyenne	Canal XS 1 Ecart-type	Canal XS 2 Moyenne	Canal XS 2 Ecart-type	Canal XS 3 Moyenne	Canal XS 3 Ecart-type
1	Forêt de *Rhizophora*	54,3	0,7	43,8	0,7	32,7	0,6
2	Fourré de *Rhizophora*	57,7	0,8	47,7	0,9	34,1	0,5
3	Forêt mixte	58,5	0,5	43,8	0,6	27,3	0,7
4	Fourré d'*Avicennia*	53,8	0,7	43,3	0,9	29,7	0,6
5	*Avicennia* clairsemés	63,6	1,3	53,8	1,3	39,2	1,5
6	Tanne	70,2	1,2	61,0	1,2	39,7	2,0
7	Rizières + Pelouse	57,5	1,3	43,4	1,6	23,3	1,0
8	Bas fonds	70,2	1,1	55,7	0,8	33,4	0,7
9	Palmeraie-parc	64,2	0,8	48,3	1,1	27,9	1,0
10	Palmeraie dégradée	65,9	0,7	51,3	0,8	25,4	0,5
11	Savane / Cuirasse	69,2	0,8	58,4	1,1	29,4	1,6
12	Cultures / Jachères	70,1	0,7	56,1	0,9	25,7	1,0
13	Brousse secondaire	49,0	1,0	39,7	1,3	30,2	1,3
14	Forêt dense relique	51,6	1,4	43,5	1,9	37,9	2,5
15	Agglo. villageoise	57,9	1,7	50,4	2,0	39,8	1,8

TABLEAU N°31 : DYNAMIQUE DES VALEURS SPECTRALES DES CATÉGORIES D'EAUX DU KONKOURÉ

- Les classes numérotées de 1 à 6 (inclus) concernent le domaine des vasières qui se découvrent au moins au moment des marées de vives eaux (domaine intertidal). Elles se répartissent en deux grands ensembles dont la comparaison des couvertures aériennes successives avait déjà suggéré l'existence, mais sans pouvoir en offrir une vue instantanée. Le premier ensemble (classes 1, 2 et 3) correspond globalement aux vasières en cours de progradation et de colonisation par la mangrove. Nous leur avons réservé des couleurs rose, mauve et marron pour leur permettre d'être distinguées facilement d'un second ensemble spatial (classes 4, 5 et 6) exprimé par des tons verts et qui correspond, au contraire, aux secteurs en recul et en submersion par rapport à une ancienne ligne de rivage représentée en rouge [6].
- Les classes numérotées de 7 à 12 (inclus) ne concernent que le domaine infratidal, c'est-à-dire les espaces toujours recouverts par la mer. C'est pourquoi nous avons cherché à les différencier graphiquement en n'utilisant que les variations d'intensité de bleu à notre disposition. La classe 11 fait exception car il s'agit, nous le verrons, d'un taxon particulier qui sépare nettement le domaine infratidal en deux ensembles spatiaux : un ensemble estuarien exprimé par les bleus les plus soutenus et un ensemble plus spécifiquement maritime exprimé par des bleus moins intenses.
- Un dernier ensemble spatial exprimé en violet (classes 13, 14 et 15) apparaît en ordre beaucoup plus dispersé ; il s'agit des marais d'arrière-mangrove les plus humides que leurs faibles valeurs spectrales dans le proche infrarouge (XS 3) avaient empêché d'être classés avec les autres formations végétales de KOBA.

Bien que nous n'ayons pas tenu compte pour l'apprentissage de chacune des trois images, on notera sur le tableau n°31 ci-dessus que la dynamique des réponses spectrales des classes est beaucoup plus restreinte que celle des classes établies précédemment à partir des images indiciaires. Les valeurs spectrales moyennes des classes sont différentes de moins de vingt unités dans les trois canaux (moins de quinze dans le canal XS 3). Dans ces conditions, nos parcelles d'entraînement se devaient d'être le plus homogène possible pour réduire le risque de confusion. Les valeurs particulièrement faibles des écarts-types semblent montrer que cet objectif a été atteint.

L'examen de la matrice de confusion restait néanmoins nécessaire pour valider définitivement l'apprentissage.

• *Validation et critique de l'apprentissage*

Avec une précision d'ensemble de 95 %, la classification des catégories d'eaux est de loin la plus précise de toutes celles qui auront été établies par traitement numérique. On remarquera notamment que deux zones d'entraînement [3 et 9] ont été parfaitement classées ou presque (Tableau n°32, ci-dessous).

Mais ces résultats exceptionnels doivent être relativisés par le fait que l'agrégation a été initialisée à partir, non plus de deux, mais de trois variables, ce qui diminue sensiblement le risque de confusion.

Ci \ Ci	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,7	99,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,9	0,0	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	2,8	0,0	0,0	97,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,6	0,0	1,6	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
7	2,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	95,8	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	87,2	12,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	97,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,6	2,4	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	83,8	6,8
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	84,1

TABLEAU N°32 : MATRICE DE CONFUSION DES CATÉGORIES D'EAUX DE L'EMBOUCHURE DU KONKOURÉ

On remarquera, ensuite, que les signatures morphologiques des catégories d'eaux sont beaucoup plus uniformes que celles des paysages végétaux de la plaine côtière, si bien que la délimitation de parcelles d'entraînement homogènes y est très facile.

Ces deux facteurs ont certainement favorisé la précision de la classification. Mais du même coup, ils privent l'interprète de l'analyse des pixels résiduels dont on a pu voir, sur les images classées précédentes qu'ils sont souvent très révélateurs de la complexité des paysages. La justification des quelques pixels égarés ne présente pas d' intérêt véritable, d'autant que l'on manque ici de données de référence. Nous ne procèderons donc pas à une analyse systématique des résultats statistiques. On insistera uniquement sur quelques points qui paraissent enrichir la connaissance du milieu.

- On remarquera, en premier lieu, que les principales confusions émanent des trois taxons identifiés dans les marais d'arrière-mangrove. Le manque de précision statistique de l'apprentissage ne fait que traduire la complexité physionomique de ces marais herbacés, liée aux vicissitudes du drainage. Faute d'avoir procédé à une vérification sur le terrain de ces taxons, la nomenclature adoptée doit être considérée comme indicative. Elle a été établie sur la base de l'interprétation des spectres radiométriques moyens, en fonction de l'expérience acquise sur des sites similaires.

A l'instar de tous les taxons de cette image, les marais d'arrière-mangrove présentent un spectre continu avec une décroissance progressive de la réflectance lorsque que la longueur d'onde augmente (Fig. 51, ci-après). Cette décroissance est toutefois la moins marquée de l'ensemble des classes. Cela signifie, d'après nous, que le ralentissement de l'activité végétative en cette période avancée de la saison sèche (avril) va de pair avec un assèchement du substrat.

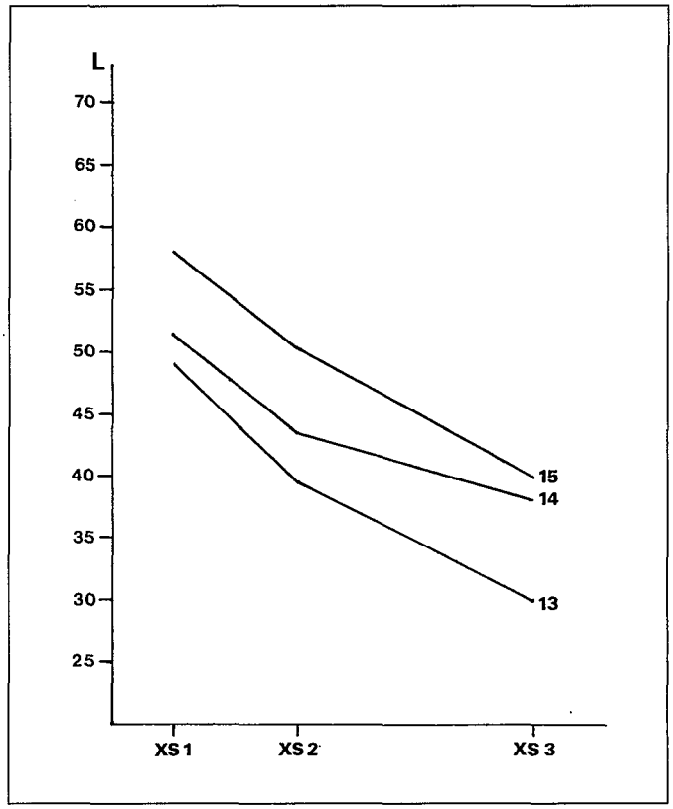


FIG. 51 : SPECTRES RADIOMÉTRIQUES MOYENS DES CATÉGORIES D'EAUX STAGNANTES

L'analyse du spectre de réflectance montre toutefois que l'identité de ces marais herbacés est fondée sur une proportion relativement constante entre leur indice foliaire (indiqué par la réflectance dans la portion visible du spectre) et leur niveau d'assèchement (suggéré par la réflectance dans le canal XS 3). Cette corrélation fait immédiatement penser à la séquence phyto-morphologique qui voit se succéder trois unités de paysage depuis les parties les plus déprimées jusqu'aux bordures temporairement inondées (Fig. 52, ci-dessous) :

Unité n°1	Unité n°2	Unité n°3
Fond de dépression à inondation prolongée	Bordure de dépression à inondation moyenne	Bordure de dépression à inondation brève
Prairie à forbes hautes hélophytiques (hydrophytes)	Prairie à graminées pérennes (hydrohémi-cryptophytes)	Végétation à forbes basses annuelles (hydrothérophytes)

FIG. 52 : SÉQUENCE PHYTO-MORPHOLOGIQUE SUGGÉRÉE PAR LE PROFIL RADIOMÉTRIQUE DES MARAIS D'ARRIÈRE-MANGROVE

Echelle 1/50.000

Résolution 20 m

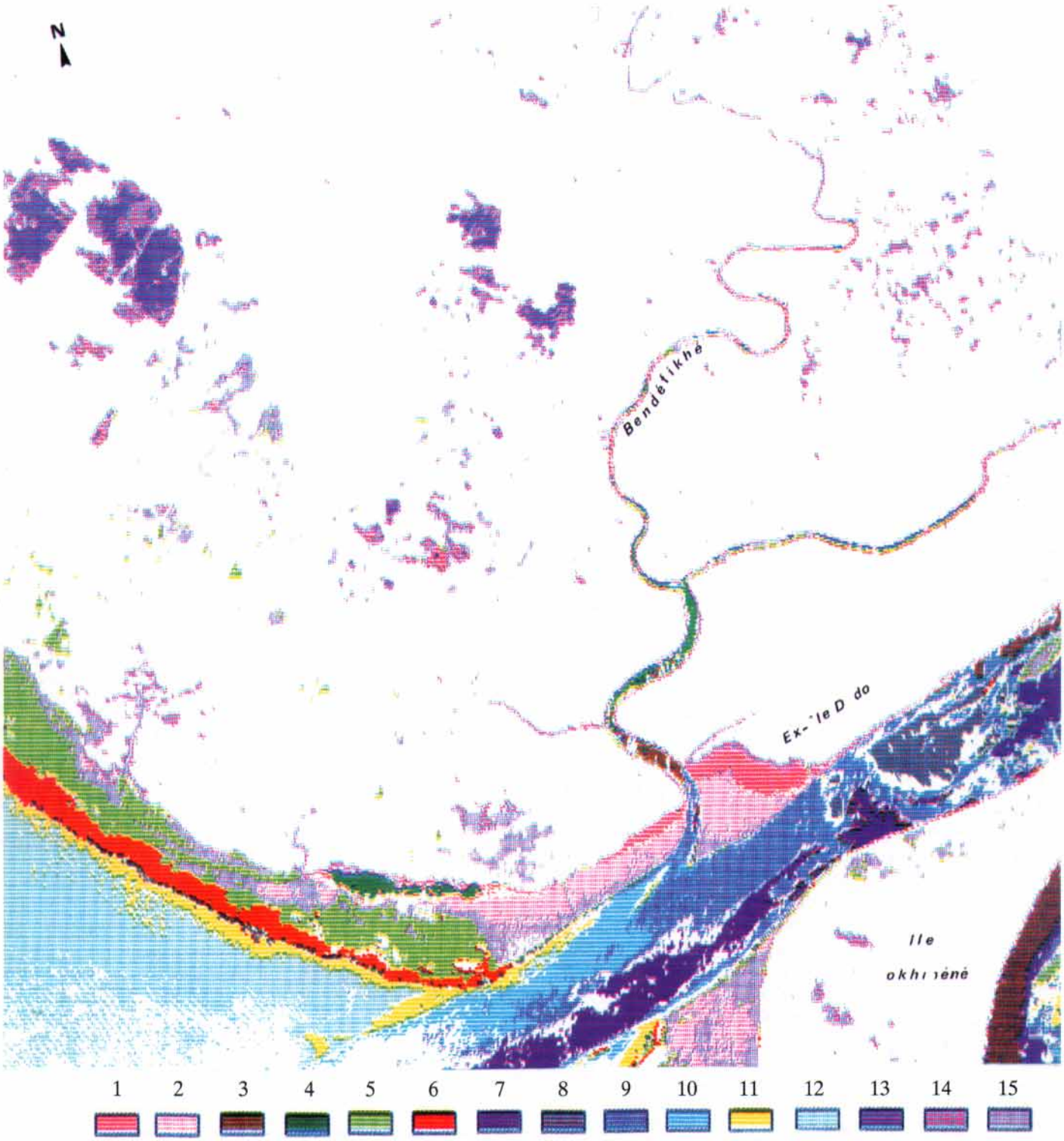


IMAGE N°10 : CLASSIFICATION DES CATÉGORIES D'EAUX DU KONKOURÉ

DOMAINE INTERTIDAL

1. - Haute slikke à *Avicennia*
2. - Basse slikke nue
3. - Slikke estuarienne
4. - Schorre submergé
5. - Slikke submergée
6. - Ancien rivage

DOMAINE INFRATIDAL

7. - Chenal profond
8. - Eaux très turbides
9. - Eaux moy. turbides
10. - Eaux peu profondes
11. - Hauts fonds sableux
12. - Mer peu profonde

DOMAINE SUPRATIDAL

13. - Inondation durable
14. - Inondation moyenne
15. - Inondation courte

Les classes 13, 14 et 15, rangées dans le même ordre de réflectance croissante que les unités de cette séquence, correspondent grossièrement à ces trois types de végétation herbacée.

La précision taxinomique de cette classification est plus aléatoire que celle des images précédentes, dans la mesure où les données de référence émanent, pour l'essentiel, de l'interprétation des clichés en mode panchromatique au 1/30.000 (couverture HZ-1987). La distribution spatiale des classes 13 et 14 nous a semblé refléter assez fidèlement la répartition réelle des taxons concernés.

Seule, la classe 14 présente une extension véritablement démesurée par rapport à son intitulé. Cette discordance provient de la convergence spectrale des bordures de mares à thérophytes et des slikkes nues qui se trouvent ainsi confondues dans la même classe. Aucun échantilonnage n'a permis de les séparer de façon satisfaisante. Il faut donc se résoudre à distinguer ces deux unités de paysage selon leur mode d'insertion dans l'espace en voulant bien considérer qu'au sein de la partie de la plaine qui est masquée, la classe 14 ne peut désigner que des formations à forbes tandis que sur le front de mer, elle correspond aux basses slikkes nues.

• En dehors des classes d'arrière-mangrove, le seul résultat relativement imprécis concerne la classe 11. Cette classe a été initialisée à partir d'une zone d'entraînement établie au sein des hauts fonds qui parsèment l'embouchure du Konkouré et dont nous avons pu identifier la nature granulométrique pour nous y être échoués en bateau. Il s'agissait en l'occurrence d'accumulations sablo-vaseuses étirées dans le prolongement de l'embouchure. Il paraissait opportun d'en préciser l'extension afin, d'une part, d'être renseigné sur le rapport des forces entre les courants de marée et les courants de dérive à l'embouchure d'un grand fleuve deltaïque comme le Konkouré et, d'autre part, de mieux appréhender les conditions de navigabilité dans ce type de secteur.

L'image classée, reproduite page ci-contre, montre que ces accumulations s'intègrent dans le complexe plus large d'un delta de jusant *-ebb-tidal delta-*, édifié du côté de la mer par l'interférence des courants de marée et du transfert sableux littoral. Les accumulations se présentent d'abord comme des hauts fonds contigus aux slikkes nues *-channel-margin platforms-*, pour se prolonger ensuite par des barres d'embouchures *-channel margin linear bar-* . Celles-ci semblent être précédées par des barres de déferlement *-swash bars-*, disposées parallèlement au rivage. L'image classée laisse donc entrevoir un dispositif de marge deltaïque assez classique sur des littoraux mésotidaux (HAYES, 1980).

Mais elle suggère, par ailleurs, que ces accumulations pourraient également se rencontrer au pied du bourrelet vaseux qui marque l'ancienne ligne de rivage [6]. Nous n'avons pas pu personnellement verifier cette information. Mais il est très possible que cette légère surélévation constitue effectivement un obstacle difficilement franchissable pour des sédiments grossiers véhiculés sur les fonds immergés proches par les courants dérivés des vagues à la côte (mégarides ?). Ceci expliquerait cet étirement longitudinal caractéristique d'une action marine. On comprendrait alors pourquoi 12 % des pixels relevant de ce type d'accumulation ont été affectés à la classe "mer peu profonde" [11], ce qui représente, notons-le, le plus fort pourcentage de confusion de l'ensemble de la classification.

En effet, à supposer que cette bande jaune définisse effectivement une zone d'accumulation préférentielle des sables en front de mer, prétendre en cerner avec exactitude la limite inférieure relèverait de la gageure dans la mesure où la nature granulométrique des fonds immergés proches se modifie en général très progressivement. L'altération de la signature morphologique de ce taxon en direction de la mer (aspect cribriforme puis punctiforme) plaide d'ailleurs en ce sens. L'imprécision relative de la classification des hauts fonds sableux est donc à notre avis inhérente aux conditions qui président à leur dynamique.

En raison de leur qualité, les résultats statistiques des autres classes se privent de commentaires. Dès lors, on peut procéder directement à l'analyse de la néotaxinomie établie à partir de l'apprentissage.

• *L'apport de la classification néotaxinomique à la connaissance du domaine fluvio-marin*

• Un des apports essentiels de la classification numérique du domaine fluvio-marin est de permettre d'opposer clairement des catégories d'eaux découvrantes, dont la résultante des oscillations est plutôt favorable à une régression (retrait de la ligne de rivage en direction de la mer), à des catégories d'eaux qui sont, au contraire, transgressives (avancée de la ligne de rivage). Les premières se distinguent des secondes par des valeurs de réflectance sensiblement plus faibles et des spectres moins contrastés. Il s'agit des slikkes en voie d'accrétion et susceptibles, donc, d'être colonisées par la mangrove (classes 1, 2 et 3).

Dans cet ensemble, les variations de réflectance dans le proche infrarouge (XS 3) permettent d'établir une partition entre les slikkes de front de mer, domaine réservé des *Avicennia*, et les slikkes estuariennes où les *Rhizophora* possèdent une marge de progression spécifique.

Comme l'indique la figure n°55, page suivante, les slikkes estuariennes présentent une réflectance sensiblement plus faible dans ce canal, ce qui témoigne d'une position altitudinale moins élevée que les slikkes de front de mer. Ce contraste traduit plus globalement, selon nous, la dissymétrie morpho-sédimentaire de l'île de Bokhinéné qui sépare l'embouchure occidentale du Konkouré en deux bras de mer : la Kabélya (bras occidental) et la Bouramaya (bras oriental). La rive occidentale est, de toute évidence, soumise à un colmatage (envasement / ensablement) plus actif que la rive orientale dont on sait, par ailleurs, grâce aux couvertures aériennes anciennes, que l'extrémité méridionale a reculé d'environ 500 m entre 1951 et 1986. Cette dissymétrie ouest-est, qui avait déjà été mise en évidence à l'échelle de tout le delta (BERTHOIS, 1967), est vraisemblablement exagérée dans ce secteur par l'opposition de dessin entre les deux rives de l'île. La convexité de la rive occidentale constitue, en soi, un facteur de dissipation de l'énergie des courants et donc d'accumulation des sédiments, alors que la concavité de la rive orientale favorise au contraire une convergence des débits liquides qui limite les possibilités de décantation des fines. Le report du chenal d'écoulement [7] vers l'axe de la Bouramaya suggère que le bilan sédimantaire reste néanmoins favorable à la progradation des rives.

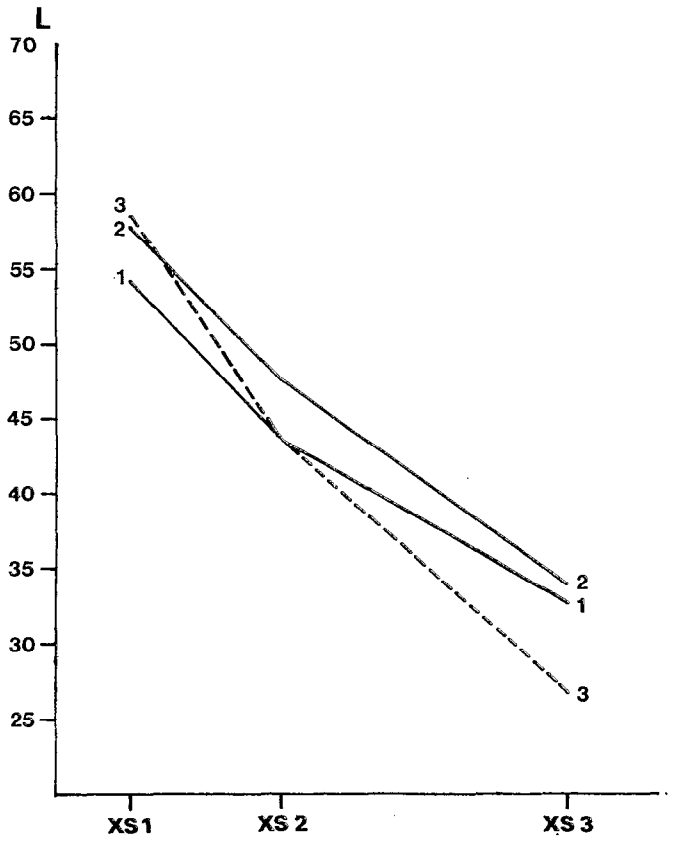


FIG. 53 :
SPECTRES RADIOMÉTRIQUES MOYENS DES CATÉGORIES D'EAUX DÉCOUVRANTES ET RÉGRESSIVES

A cette dissymétrie des formes répond une dissymétrie de la végétation pionnière. Les slikkes estuariennes présentent une réflectance relativement élevée dans le vert (XS 1) qui dénote un couvert végétal pour le moins clairsemé lorsqu'il n'est pas inexistant. La partie inférieure des slikkes de front de mer (basse slikke) possède une réponse spectrale identique, car elle n'a pas encore fait l'objet d'une colonisation végétale. En revanche, la partie supérieure des slikkes de front de mer (haute slikke) présente une absorption plus prononcée dans cette longueur d'onde.

Cet abaissement de la réflectance signale très exactement les avants-postes des fronts pionniers d'*Avicennia* tels qu'ils apparaissent sur les clichés IRC, et dont la progression sous forme de "pointes de mangrove" a été décrite précédemment (cf. § 3.1.2.).

La gradation des classes 1, 2 et 14, depuis la ligne de rivage jusqu'à la laisse de basse mer, traduit le mode progressif sur lequel s'effectuent le plus souvent la progradation et la colonisation des vasières frontales. Mais la basse slikke de l'île de Bokhinéné présente plutôt une signature aréale où la classe 2 apparaît alternativement sous forme de taches isolées (signature punctiforme), et sous forme d'étendues percées de lacunes (signature cribriforme). Cette alternance laisse supposer qu'à l'image du front de mer de Tabounsou, la continuité de la pente est interrompue par de légères surélévations susceptibles de faire office de ligne de colonisation pour la mangrove. Cette interprétation resterait toutefois à valider par des mesures corrélatives de terrain.

Ces nuances morphologiques n'affectent en rien l'originalité spectrale des vasières en accrétion par rapport aux vasières en recul qui s'individualisent par des signatures spectrales plus contrastées (Fig. 54, ci-dessous). Par ordre croissant de réflectance, on trouve d'abord un taxon [4] dont le spectre radiométrique est proche de celui de la haute slikke en accrétion [1], à ceci près, qu'il présente une absorption plus forte dans le proche infrarouge.

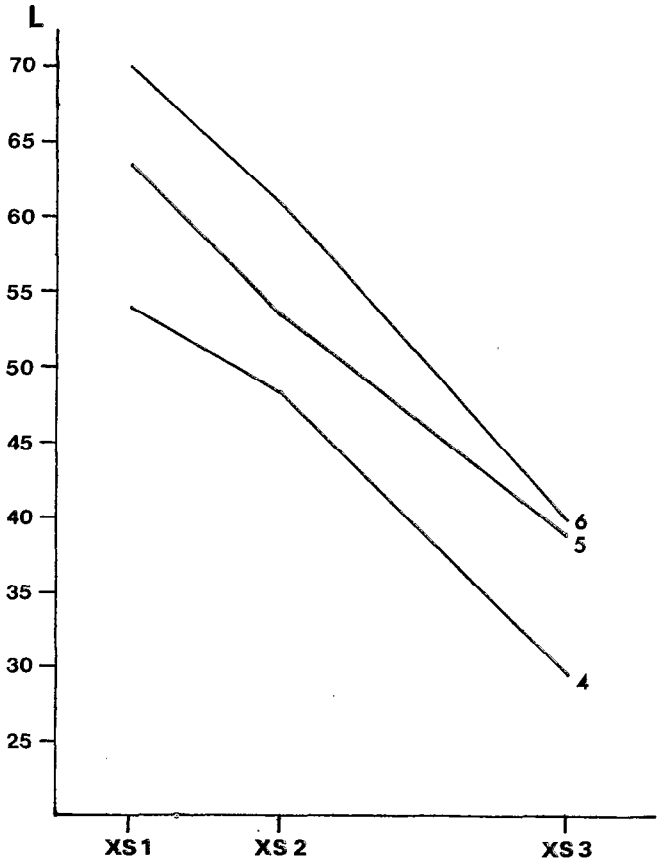


FIG. 54 :
SPECTRES RADIOMÉTRIQUES MOYENS DES CATÉGORIES D'EAUX DÉCOUVRANTES ET TRANSGRESSIVES

Ce taxon se situe du reste sur la partie supérieure de l'estran. Mais nos prospections à Koba ont révélé qu'il s'agissait, en fait, de vasières beaucoup plus consolidées avec des lambeaux de végétation arbustive résiduelle.

Ces caractères rapprochent donc cette forme de relief d'un schorre, bien que leur faible réflectance dans le proche infrarouge (XS 3) indique que ces vasières sont régulièrement recouvertes par le flot. Cette contradiction apparente se résout très bien dans le contexte de recul et de submersion qui caractérise ce secteur. Les surfaces classées en [4] correspondent, en fait, à d'anciens schorres livrés aujourd'hui à l'attaque des vagues sous l'effet du démaigrissement des slikkes.

Ces dernières [5] se distinguent des schorres ainsi que des slikkes en accrétion [2 et 14] par une absorptance moins marquée dans la partie visible du spectre (XS 1 et XS 2). Cette réflectivité

relativement élevée traduit très vraisemblablement une remise en suspension des vases sous l'effet du processus d'érosion qui domine sur ces slikkes, à savoir : l'incision en sillons d'arrachement par le fait des courants de retour qui accompagnent le retrait de la nappe d'eau. Nous pensons que la signature spectrale des slikkes en érosion est ainsi l'expression directe d'un processus morphodynamique spécifique aux slikkes de front de mer en érosion accélérée (Photo X-B, page 94).

En outre, le traitement numérique a permis d'individualiser un taxon supplémentaire s'inscrivant cette fois, non plus dans le prolongement longitudinal de la basse slikke en accrétion, mais dans celui de la laisse de basse mer qui lui succède en front de mer. Ce taxon se singularise par une réflectance très élevée dans les trois canaux, si bien que sa signature spectrale se rapproche davantage de celle des hauts fonds [11] que des vasières proprement dites.

Sur le terrain, ce taxon correspond très exactement à la ligne de brisants que l'on peut observer à marée basse, depuis le rivage, et dont on a l'impression qu'il souligne une rupture de pente brutale. L'inscription de cette forme linéaire dans le droit prolongement de la laisse estuarienne de basse mer et la comparaison des couvertures aériennes disponibles permettent d'affirmer que cette crête pré-littorale est le vestige de l'ancienne ligne de rivage de Koba (Fig. 32, page 84).

Après que l'indice de brillance ait permis de mettre en évidence un jalon essentiel de la paléogéographie de Koba, la classification du domaine fluvio-marin permet donc de situer avec exactitude le point de départ de l'évolution littorale sub-actuelle. La distance voisine de 500 m qui sépare la crête prélittorale du rivage actuel mesure l'intensité du recul, entre la fin des années 1970 et le milieu des années 1980, que l'on peut, ainsi, estimer en moyenne à 75 m/an. Dans l'hypothèse où le régime de dévasement se prolongerait sur une ou deux décades supplémentaires, il est clair que les parties surbaissées du front de mer, recouvertes par des forêts dépérissantes, (classe 5 de l'image de KOBA, page 163) seraient les premières à être envahies par la mer. Cette tendance pourrait toutefois être inversée si, comme le suggère une étude récente, une succession d'hivernages aussi pluvieux que celui de 1988 permettait un réapprovisionnement des vasières de front de mer grâce à la constitution et au déplacement de grands bancs de vase en aval-dérive de l'embouchure du Konkouré (RUE, 1989).

Ce phénomène restera, malheureusement, difficile à détecter par l'imagerie satellitaire en raison de l'abondance du couvert nuageux pendant la saison pluvieuse.

- La dynamique sédimentaire du domaine infratidal proprement dit doit être analysée dans le contexte hydroclimatique particulier de la saison sèche, lequel est caractérisé, rappelons-le brièvement, par une diminution sensible des débits liquides et la remontée consécutive du bouchon vaseux en amont des estuaires. Les processus de sédimentation inhérents à cette zone de turbidité maximale étant reportés très loin de la zone étudiée, il ne sera pas question ici de rechercher des corrélations précises entre la localisation des catégories d'eaux et celle des types de front de mer (accrétion ou recul), mais plus simplement de définir et d'étudier la répartition de ces catégories d'eaux selon les suggestions de l'image classée.

On précisera d'entrée que les catégories d'eaux désignent des unités physiographiques résultant de l'effet radiométrique combiné des turbidités et des profondeurs. Ne disposant pas en la matière de mesures corrélatives de terrain, il est très difficile de déterminer la part respective de chacune de ces deux composantes. Notre interprétation des catégories d'eaux présente donc essentiellement une valeur indicative qui devrait être validée par des prélèvements d'eau et des mesures bathymétriques échantillonnés dans les zones d'entraînement de notre apprentissage.

Les hauts fonds sableux [11] séparent sur l'image classée les catégories d'eaux estuariennes (classes 7, 8, 9 et 10) des eaux marines qui bordent le front de mer proprement dit (classe 12). La figure n°55, ci-dessous, montre que les catégories d'eaux estuariennes se distinguent en particulier par des variations de réflectance moins marquées entre la partie visible du spectre et le proche infrarouge que les catégories d'eaux marines.

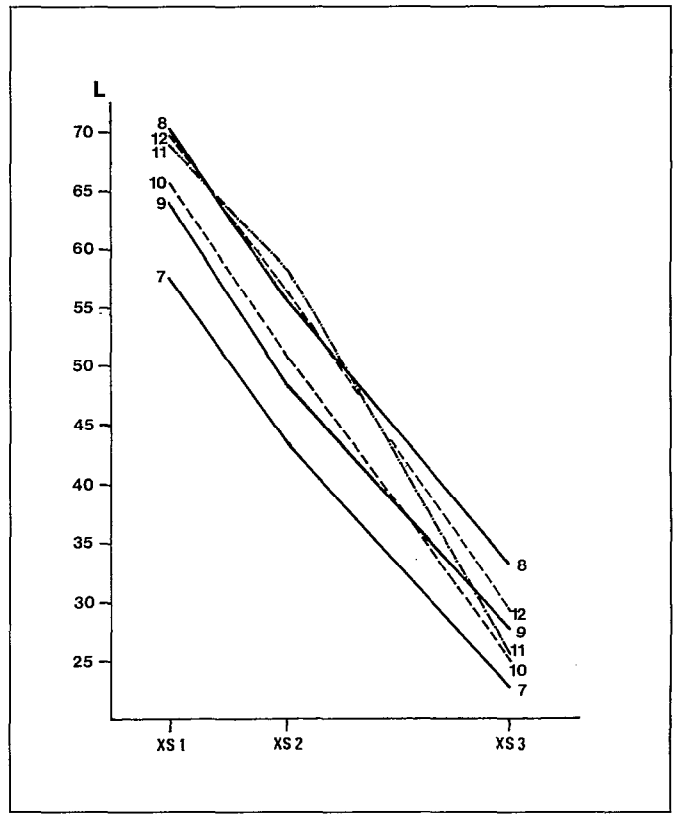


FIG. 55 : SPECTRES RADIOMÉTRIQUES MOYENS DES CATÉGORIES D'EAUX DU DOMAINE INFRATIDAL

(les catégories d'eaux estuariennes sont figurées en trait continu, les catégories d'eaux marines en trait discontinu).

Ainsi, les classes 8 et 12 ont des valeurs radiométriques voisines dans les deux premiers canaux (70,2 et 55,7 contre 70,1 et 56,1) mais les eaux marines de la classe 12 se singularisent par une absorption nettement plus marquée dans le canal XS 3 (25,7 contre 33,4). Compte tenu de la très faible pénétration du canal XS 3 dans l'eau (où quelques décimètres suffisent à absorber tout le rayonnement solaire), force est d'admettre que seules les eaux très turbides en surface sont susceptibles de présenter une certaine réflectivité dans le proche infrarouge.

Ce n'est apparemment pas le cas, sur cette image, des eaux marines malgré la redistribution dans l'étage infralittoral proche des vases qui sont remises en suspension sur l'estran. Comme les courants de marée et le travail des vagues dans ces eaux peu profondes (moins de deux mètres) entretiennent, de toute évidence, une importante turbulence sur toute la tranche d'eau, l'hypothèse d'une stratification des eaux claires sur les eaux troubles (qui pourrait expliquer une forte absorptance dans le proche infrarouge) paraît peu vraisemblable.

Nous serions donc portés à penser que le gradient de réflectance des eaux marines en cette période de l'année exprime davantage leur profondeur que leur turbidité. Le passage progressif de la classe 12 à la classe 11 traduirait, selon nous, l'accroissement graduel des profondeurs vers le large, sans modification notable des charges en suspension, d'où une discrimination taxinomique établie selon la profondeur relative des étendues concernées. Ce critère avait déjà été employé pour définir la classe des hauts fonds [11] qui séparent le domaine marin du domaine estuarien.

Les signatures spectrales des eaux estuariennes sont à la fois plus variées et plus contrastées que celles des eaux marines. Ces eaux ont pu être classées avec une précision statistique supérieure à 95 %. Si l'on se rapporte à la figure n°55, page précédente, on peut remarquer qu'à la différence des taxons précédents, les spectres de réflectance des classes 7, 8 et 9 se déforment pratiquement par simple homothétie. En d'autres termes, le rapport des réflectances dans les longueurs d'onde du visible et du proche infrarouge reste constant lorsque que l'on change de catégories d'eaux estuariennes. Quel est donc le facteur physique dont les modalités puissent entraîner une même variation de réflectance dans les trois canaux ?

Les écarts des réponses spectrales dans le proche infrarouge (XS 3) montrent, à l'évidence, que la bathymétrie des fonds estuariens est beaucoup plus irrégulière que celle des fonds marins. Pour avoir emprunté à plusieurs reprises ce bras de mer, nous sommes en mesure d'affirmer que la répartition des plus faibles valeurs de réflectance [7] indique très précisément le tracé du chenal de navigation qui permet de remonter le Konkouré au plus fort de l'étiage et d'accéder au village de Bokhinéné (rive convexe de l'île). Or, on peut remarquer que la valeur radiométrique de ce chenal dans la partie visible du spectre est également la plus faible de toutes celles des catégories d'eaux. Etant donné la forte pénétration de cette longueur d'onde dans l'eau, on en déduit que les eaux du chenal sont relativement peu chargées en matériaux en suspension.

L'image classée montre que ce chenal est largement décalé sur la rive gauche du bras de mer. L'extension privilégiée des valeurs de forte réflectance dans la moitié nord de l'embouchure conditionne l'interprétation des classes. Les eaux les plus réfléchissantes bordent, en effet, la rive du fleuve qui, comme nous l'avons vu, subit la plus forte accrétion. Il est donc légitime de penser que ces valeurs signalent des eaux à la fois peu profondes et très turbides. La déformation par homothétie des spectres radiométriques signifierait, dans cette hypothèse, que les variations de réflectance obéissent à des modifications combinées de la profondeur et de la turbidité. De même qu'il existe une droite des sols représentant la relation entre les réflectances d'un sol mesurées dans le rouge et le proche infrarouge (BOWERS & HANKS, 1965), il semblerait qu'on puisse définir ici une droite des eaux estuariennes exprimant la constance du rapport de leur réflectance dans ces deux longueurs d'onde (Fig. 56, ci-après).

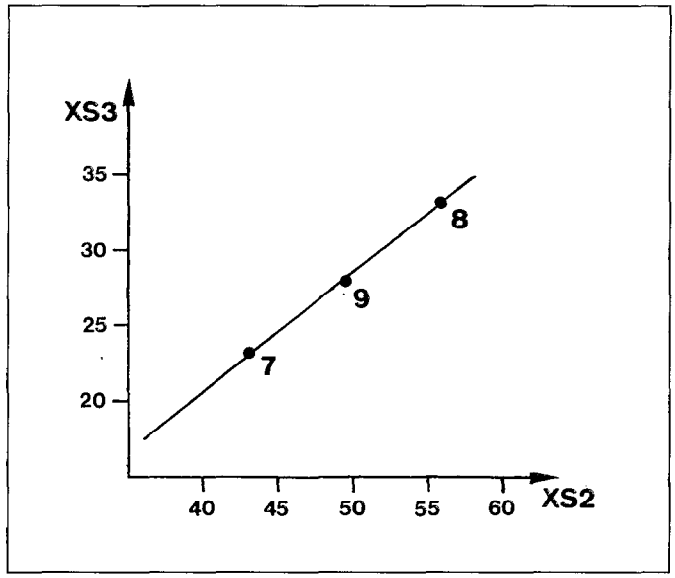


FIG. 56 :
LA DROITE DES EAUX ESTUARIENNES A L'EMBOUCHURE DU KONKOURÉ

Au plan taxinomique, cette droite signifie que la profondeur des eaux estuariennes est fonction inverse de la charge minérale en suspension. La zonation des turbidités déterminant l'évolution morphodynamique des chenaux plutôt que l'inverse, nous avons privilégié ce critère pour l'établissement de la légende.

Quant au spectre de réflectance de la classe 10, sa déformation s'apparente dans les deux premiers canaux à celle des eaux estuariennes, mais elle se rapproche ensuite de celle des eaux marines.

Cette signature originale correspondrait, selon nous, à l'effet combiné d'une profondeur moindre et d'une charge encore relativement élevée en sédiments à l'embouchure du fleuve. Elle traduirait, dans cette hypothèse, le caractère mixte d'une catégorie d'eau qui forme transition entre les eaux estuariennes [7, 8 et 9] et la mer peu profonde [12] et que nous avons baptisé pour cette raison : "eaux peu profondes".

En l'absence de données corrélatives de terrain, il serait sans doute présomptueux de se livrer à une analyse détaillée de la répartition spatiale de ces taxons. On se contentera de signaler que la zone de turbidité maximale [8] semble se situer, à cette période de l'année, en amont des grandes slikkes en accrétion et plus exactement au droit de l'ex-île de Dodo. Une corrélation entre la position de ce bouchon vaseux et le colmatage des vasières riveraines ressort avec beaucoup d'évidence. La localisation des formations pionnières d'*Avicennia* sur l'image classée de KOBA trouve ainsi un complément d'explication dans le stationnement de fortes turbidités en période d'étiage.

Au total, l'apport de la classification numérique du domaine fluvio-marin se manifeste sur deux plans complémentaires et, en premier lieu, sur celui de l'investigation spécifique du domaine considéré. Malgré l'approximation évidente de sa nomenclature thématique, l'image classée qui vient d'être présentée constitue la première représentation cartographique de la dynamique hydrosédimentaire du Konkouré. Les caractères bathymétriques et sédimentolo-

giques des catégories d'eaux n'ont, bien entendu, qu'une valeur relative et des mesures échantillonnées dans ces classes permettraient de dire si ces unités expriment toujours des différences significatives, notamment parmi les eaux estuariennes.

La pertinence de la partition des slikkes ne fait, toutefois, aucun doute, car elle explicite une opposition de paysage végétal constatée sur l'image classée de la plaine. L'apport le plus important du traitement numérique se situe en effet sur le plan des corrélations entre la dynamique du domaine fluvio-marin et celle des mangroves. La confrontation des deux images classées de KOBA démontre à l'évidence que la dynamique des ceintures monospécifiques d'*Avicennia* et les déplacements de la ligne de rivage obéissent fondamentalement à la zonation des turbidités dans le domaine infralittoral proche. Cette corrélation n'est pas véritablement une découverte dans la mesure où elle a déjà été mise en évidence sur d'autres littoraux tropicaux, notamment sur les côtes guyanaises. Mais dans le contexte de forte pression anthropique qui caractérise plus particulièrement les mangroves guinéennes, elle apporte un démenti formel à la responsabilité de l'homme dans la dégradation des ceintures d'*Avicennia* et, plus largement, dans la déstabilisation du littoral.

CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE

Grâce à une amélioration des données de base -obtenue par stratification et linéarisation des images- et l'application de méthodes de classification adaptées à la spécificité des domaines étudiés, l'utilisation de l'outil micro-informatique a permis d'améliorer sensiblement la discrimination des paysages (Tableau n°33, page suivante) et d'affiner les corrélations entre la dynamique des mangroves et l'évolution des domaines encadrants.

Dans le domaine côtier proprement dit, le compactage de l'information sous forme d'images indiciaires (indices de végétation et de brillance) a permis de classer rigoureusement les paysages suivant les deux critères écologiques qui interféraient dans la radiométrie des surfaces, à savoir la physionomie du couvert végétal et l'humidité du substrat. L'application de cette méthodologie autorise, non seulement une meilleure séparation des unités de paysages préétablies, mais également un affinement taxinomique de plusieurs paysages, notamment ceux des ceintures monospécifiques à *Avicennia* (SINGUÉYA, KOBA), des forêts mixtes à architecture différenciée, des mosaïques de peuplements et des mangroves converties en rizières (KORIKORI, SINGUÉYA). Il peut, toutefois, se produire, comme sur l'image de KOBA, que la dynamique remarquable des images indiciaires impose le regroupement de certains taxons afin de préserver la lisibilité de l'image classée.

Dans le domaine maritime, la classification des catégories d'eaux à partir des informations contenues dans les trois canaux linéarisés a permis de pallier l'insuffisance des données de référence (bathymétrie, sédimentologie) et d'éclairer le fonctionnement hydrosédimentaire de l'embouchure du principal fleuve guinéen, grâce à une analyse des réflectances. Les vasières de front de mer et les chenaux fluvio-marins identifiés sur les compositions colorées ont pu faire, ainsi, l'objet d'une partition beaucoup plus fine.

Mais l'apport le plus substantiel du traitement numérique se situe, sans doute, au niveau des corrélations entre la dynamique des mangroves et l'évolution des domaines encadrants.

Pour ce qui concerne les relations entre les mangroves et leurs bassins-versants sublittoraux, le compactage de l'information multispectrale sous forme d'images indiciaires permet de préciser les liens étroits entre la pression démographique sur le piémont (appréhendée à travers une meilleure discrimination de formations secondaires) et la dégradation du couvert végétal littoral (développement des fourrés secondaires aux dépens des mangroves climaciques). Les images classées de SINGUÉYA et de DUBRÉKA sont, de ce point de vue, extrêmement suggestives, même si elles ne sont pas parfaitement débarrassées d'une légère imprécision liée aux convergences spectrales persistantes de certains paysages d'arrière-mangrove (tannes, rizières) et des savanes les plus dégradées du piémont (classes "composites" de l'image de DUBRÉKA).

Les corrélations les plus enrichissantes demeurent, toutefois, celles qui ont pu être établies entre les images classées du domaine fluvio-marin et du domaine maritime (KOBA). Outre la restitution graphique des lignes de rivages passées et futures, la configuration des catégories d'eaux établies au sein des vasières et des chenaux explicite, dans une large mesure, la répartition des peuplements pionniers et des peuplements dépérissants de front de mer. La micro-informatique devient ainsi l'outil géographique privilégié pour la veille écologique des vasières à mangrove à forte instabilité morphodynamique.

	CLASSES ANALOGIQUES (FCC)	CLASSES NUMÉRIQUES (CCT)
MANGROVE BOISÉE	Forêt d'*Avicennia* à architecure différenciée (2A / 2a)	Front pionnier Forêt dense Fourré dense Fourré clair *Avicennia* clairsemés
	Forêt mixte à architecture différenciée (2M)	Forêt de *Rhizophora* Fourré de *Rhizophora* Forêt d'*Avicennia* dépérissants Fourré dense d'*Avicennia* Fourré clair d'*Avicennia* Forêt mixte Fourré d'*Avicennia*
	Fourré mixte (3M / 3m)	
	Mosaïque de peuplements (5A / 5a)	Forêt d'*Avicennia* dépérissants Forêt claire d'*Avicennia* *Avicennia* clairsemés Pelouse à halophytes Casiers de schorre
	Tanne (Ta)	Pelouse à halophytes Tanne nu
ARRIÈRE-MANGROVE	Casiers de front de mer peu cultivés (f_4)	Pelouse à halophytes Casiers salés Casiers tannifiés Casiers cultivés
	Rizières ouvertes (O)	Rizières de cuvette Rizières de berge Jachères à *Paspalum*
	Rizières marécageuses (e_4)	à inondation durable à inondation moyenne à inondation courte
TERRE FERME	Paysages classés à l'échelle des systèmes morphogéniques régionaux	Palmeraie-parc Jeune palmeraie Palmeraie dégradée Savane arbustive Cultures sèches Brousse secondaire Forêt dense relique
DOMAINE MARIN	Vasière nue de front de mer	Haute slikke à *Avicennia* Basse slikke nue Slikke estuarienne Schorre submergé Slikke submergée Ancien rivage
	Chenal fluvio-marin	Chenal profond Eaux très turbides Eaux moyennement turbides Eaux peu turbides Hauts fonds sableux

TABLEAU N°33 : APPORT DU TRAITEMENT NUMÉRIQUE (CCT) POUR LA CLASSIFICATION DES MANGROVES DE GUINÉE ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

Conclusion générale

La contribution des données transmises par le satellite SPOT pour la connaissance et le suivi écologique des mangroves de Guinée peut s'apprécier en fonction des critères de classification des paysages végétaux que nous nous sommes préalablement fixés. Au terme de cette étude, on peut estimer que la télédétection à haute résolution a confirmé, dans une large mesure, la pertinence des critères de discrimination préétablis mais qu'elle a également enrichi notre classification par un apport spécifique à la connaissance du milieu.

Le tableau n°34, page 177 permet de bien situer la complémentarité fondamentale des données conventionnelles (terrain et photo-interprétation) et des données satellitaires aux différentes échelle d'analyse des paysages de mangrove.

L'analyse de l'interférence des effets de l'eau et de la végétation dans le champ du capteur aérien (appareil photographique) ou spatial (radiomètre à balayage) a d'abord montré que la classe d'inondation était bien le plus petit dénominateur commun aux différents aspects de l'écosystème mangrove. Si l'intégration spatiale des caractères phyto-écologiques, pédologiques et humains est parfois approximative, en raison notamment des perturbations d'origine anthropique, ces caractères n'en produisent pas moins des combinaisons spécifiques d'états de surface sur lesquelles se fondent aussi bien l'interprétation des photographies aériennes que celle des images satellites.

L'analyse des signatures spectrales et morphologiques des paysages de mangrove a permis de diviser la mangrove boisée en six grands types de formations ligneuses et les secteurs d'arrière-mangrove en six grands types d'unités agroécologiques, reflétant ainsi la diversité des régimes d'inondation dans la plaine côtière.

L'analyse des effets de la physionomie des couverts végétaux sur la radiométrie a montré que les critères floristiques, dynamiques et culturaux pouvaient permettre de subdiviser ces unités de paysages à un rang taxinomique inférieur. L'activité physiologique de la végétation s'est avérée déterminante dans la différenciation des peuplements à dominance d'*Avicennia*, dont la productivité est très élevée, ainsi que celle des prairies d'arrière-mangrove qui regroupent des types biologiques variés. La différenciation des peuplements à dominance de *Rhizophora* est apparue plus malaisée car les étapes du développement de ce genre de palétuvier s'accompagnent de modifications beaucoup moins sensibles dans la structure du couvert. Par exemple, les peuplements dépérissants que nous avons observés sur le terrain n'ont pas pu être détectés sur l'imagerie satellitaire. A l'exception des fourrés des cuvettes de submersion qui présentent une signature morphologique originale, les formations de *Rhizophora* ne se différencient sur les compositions colorées qu'en fonction des modifications structurales engendrées par l'exploitation forestière.

De façon générale, on observe que l'intervention directe de l'homme dans le fonctionnement de l'écosystème mangrove favorise toujours une différenciation des surfaces et, de fait, une multiplication des contrastes de réflectance (les signatures uniformes des rizières "ouvertes" d'estuaire supérieur sont l'exception qui confirment la règle).

La compaction de l'information des trois canaux sous forme d'images indiciaires a permis, ensuite, de classer plus rigoureusement les paysages végétaux selon les effets respectifs de l'eau et de la végétation. L'apport du traitement numérique dans la classification taxinomique a été surtout sensible pour les ceintures monospécifiques à *Avicennia* de front de mer, les fourrés internes ainsi que les zones de conversion rizicole. La mise en évidence de peuplements de front de mer dépérissants (Image de KOBA) et de lignes de rivages fossilisées (Images de KOBA et SINGUÉYA) sont probablement les résultats les plus importants de ce traitement d'images.

La vision synoptique et la haute résolution des images SPOT nous ont permis également de découvrir un lien étroit entre le statut des mangroves guinéennes et leur environnement continental. Outre la corrélation, somme toute prévisible, entre le degré de conversion des mangroves et la densité des agglomérations villageoises, l'analyse des compositions colorées nous a conduit à formuler un rapprochement entre le degré de dégradation de la végétation de terre ferme et les systèmes morphogéniques continentaux dont sont tributaires les mangroves pour leur approvisionnement en sédiments.

La comparaison de l'extension des vasières à mangroves et de la couverture forestière des bassins-versants montre qu'il existe une relation directe entre l'intensité de l'alluvionnement et le degré de conservation de la forêt dense relique du piémont. De ce point de vue, la plaine côtière guinéenne présente des situations extrêmement contrastées, depuis les bassins-versants du Baraban et du Tonkima, où la conservation de la couverture forestière relique limite fortement l'éva-

cuation des produits d'altération du substrat, jusqu'aux bassins-versants du Soumbouya, de la Morébaya et du Kapatchez, où la dégradation anthropique des forêts continentales a favorisé, au contraire, le déblaiement complet des altérites et l'aggradation des fonds de ria. Ces deux types de situations limitent autant l'une que l'autre les possibilités d'épanouissement de la mangrove.

Les images SPOT ayant révélé, par ailleurs, l'existence, pour le moins surprenante sous un climat tropical humide, de vastes surfaces de grès nu à une altitude proche du niveau de base marin, nous attribuons le développement privilégié des formations marécageuses d'arrière-mangrove dans le bassin du Kapatchez à l'efficience particulière des processus de météorisation et de colluvionnement sur les surfaces gréseuses déboisées.

Il semble, en définitive, que la mangrove trouve actuellement ses meilleures conditions d'approvisionnement en sédiments dans les bassins-versants où l'aménagement de la forêt climacique en palmeraie-parc autorise une remobilisation régulière mais ménagée des matériaux d'altération. L'étude des données démographiques a montré qu'il s'agit des bassins-versants où les densités de populations sont comprises *grosso modo* entre 40 et 70 hab./km^2.

Mais parallèlement aux phénomènes de colluvionnement, une part importante de la décharge des versants est redistribuée selon les orientations du réseau hydrographique, héritées du compartimentage morpho-structural du bourrelet foutanien. Ce faisant, les conditions d'approvisionnement en sédiments diffèrent sensiblement entre, d'une part, les ensembles de mangroves à mobilité stationnelle allochtone qui profitent effectivement de ces apports terrigènes lointains et, d'autre part, les ensembles de mangroves à mobilité stationnelle autochtone où l'exiguïté des bassins-versants confère un rôle déterminant à l'accumulation *in situ* de sédiments plus ou moins organiques.

Cette distinction est essentielle pour comprendre la diversité des comportements dynamiques des peuplements, et notamment leur sensibilité à aux variations de débits fluviaux.

On a, ainsi, pu mettre en évidence une différence fondamentale entre les peuplements de rives d'estuaire, tributaires de transferts sédimentaires transversaux relativement réguliers, et les peuplements de front de mer (ouvert ou barré), dont l'évolution dépend en grande partie de transferts sédimentaires longitudinaux beaucoup plus irréguliers. Parmi ces derniers, une attention particulière a été accordée aux peuplements associés à des cheniers dont la submersion lors de débordements créent des conditions de développement originales pour la végétation.

Le degré de stabilité morphodynamique des vasières à mangrove détermine, dans une large mesure, la vulnérabilité de leur équilibre à une intervention de l'homme. Après avoir évalué en détail l'impact des différentes formes d'utilisation, nous pensons pouvoir affirmer que, seule, la conversion agricole des vasières à cheniers de front de mer est susceptible de perturber véritablement l'équilibre morphosédimentaire local. Les aménagements les plus menaçants sont indéniablement ceux qui perturbent les transferts longitudinaux dont dépend la recharge sédimentaire de ces fronts de mer.

L'analyse de l'impact des aménagements littoraux sur la dynamique des mangroves permet de conclure que l'intervention décisive de l'homme se situe beaucoup plus au niveau des écoulements que de la dégradation du couvert végétal, d'où la nécessité de prêter une attention vigilante aux nombreux projets de "réhabilitation" des polders de front de mer.

La dynamique des mangroves de Guinée obéit, en dernière analyse, aux interactions complexes entre les écoulements continentaux et la dynamique hydrosédimentaire de l'avant-côte.

C'est incontestablement dans ce domaine que l'apport du traitement informatique des données numériques aura été le plus substantiel. Après stratification et linéarisation des images brutes, la classification des catégories d'eaux selon leurs réflectances (néotaxinomie) a délivré la première représentation graphique des fonds immergés proches du Konkouré. Outre la distinction entre les eaux turbides estuariennes et l'avant-côte proprement dite, la classification des catégories d'eaux a révélé une opposition tranchée entre les slikkes en cours de progradation et celles qui enregistrent un démaigrissement. La séparation de ces deux types de vasières permet, non seulement, de mesurer l'intensité du dévasement depuis la fin des années 1970, mais, également d'expliciter l'évolution contrastée des peuplements d'*Avicennia* de schorre. La classification séparée des domaines végétal et marin a ainsi permis de valider notre hypothèse de travail, selon laquelle le potentiel de régénération des mangroves est commandé, au premier chef, par la zonation des turbidités.

Ces résultats ont une portée plus générale. Ils démontrent qu'en dehors des bordures des secteurs continentaux les plus densément peuplés (haut-Kapatchez, Soumbouya, Morébaya, Koba) et des plaines de front de mer poldérisées (Koba-ouest, Kabak), l'homme n'est pas l'agent déterminant de la dynamique des mangroves guinéennes. L'évolution de la végétation littorale est contrôlée fondamentalement par les variations des débits liquides et solides des fleuves côtiers, variations très marquées, du fait de la forte variabilité pluviométrique à cette latitude déjà élevée (9-11°N).

Il est certain, néanmoins, que la réponse de l'écosystème mangrove aux suggestions du climat est d'autant plus rapide que la déstabilisation anthropique des versants permet une modification quasi-instantanée des écoulements. En esquissant une régionalisation des systèmes morphogéniques, nous pensons avoir montré qu'il existait actuellement sur le piémont littoral guinéen, comme dans d'autres milieux à fort potentiel érosif, plusieurs niveaux de dégradation de l'environnement géomorphologique selon la pression démographique.

Toutefois, l'équilibre biostasique et les apports ménagés à la côte qui semblent avoir prévalus, là où l'économie de plantation s'était largement étendue (au sud du Kaloum), montrent que les populations côtières peuvent aussi bien garder le contrôle du potentiel érosif.

Ce constat peut être étendu à l'ensemble des facteurs qui gouvernent la dynamique de l'écosystème mangrove en Guinée. En convertissant préférentiellement les zones internes soustraites à l'action des courants fluvio-marins, la riziculture traditionnelle s'affranchissait dans une large mesure des aléas climatiques. Les variations des débits fluviaux ne sont devenues contraignantes qu'à mesure que les conversions rizicoles se sont étendues progressivement vers les marges morphologiquement instables de la plaine côtière. La comparaison des expériences de poldérisation de Kabak et de Koba montre que l'aménagement hydro-agricole de ces plaines de front de mer doit désormais veiller à garantir le maintien de l'équilibre dynamique naturel de ces vasières en optant, en particulier, pour la conservation des directions naturelles d'écoulement et la mise en défens de la zone littorale correspondant aux oscillations historiques de la ligne de rivage.

Compte tenu des sollicitations croissantes dont font l'objet les mangroves de Guinée, il est clair que le renouvellement de leurs ressources en terres et en bois dépendra dans une large mesure de l'aptitude des populations côtières à tirer profit des enseignements de la crise morphoclimatique récente. Si les techniques d'encadrement de ces populations, pour reprendre un concept cher à P.GOUROU, leur permettent de garder le contrôle du potentiel érosif des bassins-versants et des suggestions du climat, nul doute que leur expérience doit leur permettre de transformer ces "terres de bonne espérance" en véritables greniers à riz.

<table>
<tr><th></th><th></th><th>DONNÉES DE TERRAIN
RESTITUÉES À GRANDE ÉCHELLE
(1/20.000)</th><th>DONNÉES DE TÉLÉDÉTECTION
RESTITUÉES À MOYENNE ÉCHELLE
(1/100.000 - 1/50.000)</th></tr>
<tr><td rowspan="4">SYSTÈME MORPHOGÉNIQUE RÉGIONAL
(10^2-10^4 km²)</td><td>à manteau continu d'altérites</td><td rowspan="4">-
(relevés échantillonnés d'après analyse des FCC)</td><td rowspan="4">Compartimentage morphostructural → Maillage de la plaine côtière
répartition des densités de population → Pression biotique sur l'environnement
→ Equilibre biorhéxistatique des bassins-versants
→ Origine et volume des APPORTS TERRIGÈNES</td></tr>
<tr><td>sur grès : à mince manteau d'altérites</td></tr>
<tr><td>sur grès : à grès nu</td></tr>
<tr><td>sur socle cristallin : biostasie / rhéxistasie</td></tr>
<tr><td>ENSEMBLE PHYTO-MORPHOLOGIQUE
(10^1-10^2 km²)</td><td>Ria / Deltas / Plaines de front de mer</td><td>Dynamique des contacts : lignes de rivage, talus colluviaux, etc.
(f.) AGENTS DYNAMIQUES (courants, défrichements)</td><td>Type de fonctionnement écologique (f) :
• quadrillage du réseau hydrographique
• gradient de salinité
• dissymétrie de l'alluvionnement
• translation des ceintures végétales (évolution progressive / régressive)
⇨ CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT STATIONNELLES</td></tr>
<tr><td>UNITÉS DE PAYSAGE
(10^{-2}-10^1 km²)</td><td>Mangrove boisée</td><td rowspan="4">Classification des paysages (f.) :
• physionomie et dynamique du couvert
• morphopédologie
• système de culture rizicole
⇨ spatialement intégré en CLASSES D'INONDATION
-
-</td><td>• Ceintures monospécifiques d'Avicennia
• Forêts mixtes à architecture différenciée
• Fourrés mixtes
• Mosaïques de peuplement</td></tr>
<tr><td>Arrière-mangrove</td><td>• Tannes
• Casiers de front de mer
• Rizières ouvertes
• Rizières marécageuses</td></tr>
<tr><td>Végétation de terre ferme</td><td>• Forêts denses reliques
• Palmeraies
• Savanes secondaires / cultures</td></tr>
<tr><td>Domaine marin</td><td>• Vasières nues de front de mer
• Eaux turbides des chenaux fluvio-marins</td></tr>
</table>

TABLEAU N°34 : APPORT DES DONNÉES DE TERRAIN ET DES DONNÉES DE TÉLÉDÉTECTION AUX DIFFÉRENTES ÉCHELLES D'ANALYSE DES PAYSAGES

Ne sont mentionnées que les unités de paysage dont la discrimination par télédétection s'est avérée au moins aussi précise que celle établie à partir des données conventionnelles

Bibliographie

AKHMETJANOV *et al.*,
1976- Carte géologique de la Guinée. Mission soviéto-guinéenne. Direction Générale des Mines et de la Géologie, Conakry. Feuille Conakry au 1/200.000 et notice explicative, 220p.

ANONYME,
1955- Etude de l'aménagement hydro-agricole du casier de Soumbouya. Etude agronomique, Gouvernement de l'A. O. F, Direction des travaux publics de Guinée, rapport ronéo., 237p.

ANTHONY (E.),
1983- Holocene geomorphic evolution of the coast of southern Sierra Leone. Bull. Liaison ASEQUA, n°68-69, p. 35-45.

ANTHONY (E.) & MARIUS (C.),
1985- Géomorphologie, sédiments et sols de la Baie de Sherbro (Sierra Leone). Cah. ORSTOM, série Géologie, vol. XXI, n°1, p. 97-108.

ANTHONY (E.),
1989- Chenier plain development in northern Sierra Leone, West Africa. Marine Geology, 90, p. 297-309.

AUBREVILLE (A.),
1948- Richesses et misères des forêts de l'Afrique noire. Paris 251p.

AUBRUN (A.) & MARIUS (C.),
1986- Caractéristiques chimiques et minéralogiques des sols sulfatés-acides de la plaine de Koba. 3ème Symposium International sur les Sols sulfatés-acides, Dakar, 14p.

AUGUSTINUS (P. G. F.),
1980- Actual development of the chenier coast of Surinam. Sedimentary Geology, 26, p. 91-113.

BALTZER (F.),
1982- La transition eau douce-eau salée dans les mangroves. Bull. Soc. Géol. Fr., N. S. n°144, p. 27-42.

BALTZER (F.) & LAFOND (L. R.),
1971- Marais maritimes tropicaux. Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn., 13, n°2, p. 173-196.

BARSON (M. M.) & KING (R. J.),
1985- Australia, coastal ecology. The Encyclopedia of beaches and coastal environment, SCHWARTZ edits, New York, p. 103- 110.

BATTISTINI (R.),
1978- Observations sur les cordons littoraux pleistocènes et holocènes de la côte est de Madagascar. Rev. Géo. Madagascar, n°33, p. 1-37.

BATTISTINI (R.),
1981- La morphogénèse des plateformes de corrosion littorale dans les grès calcaires et le problème des vasques d'après des observations faites à Madagascar. Rev. Géom. Dyn., t. XXX, n°3, p. 81-94.

BEAUDET (G.) & COQUE (R.)
1987- Les modelés cuirassés des savanes d'Afrique occidentale. Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys., vol. 27, n°3-4, p. 213-224.

BELLION (E.) *et al.*,
1984- Sismicité historique de l'Afrique de l'Ouest. Bull. Liaison ASEQUA, n°72-73, p. 57-71.

BENSSALAH (D.),
1988- Manual on mapping and inventory of mangroves. Rapport préparé pour la Division forestière de la FAO, Rome, 123p.

BERANGER (A.),
1984- Reconnaissance des tannes au Sine-Saloum par télédétection. Mémoire de DESS en télédétection et cartographie thématique, Paris VI, 138p

BERHAUT (J.),
1967- Flore du Sénégal. Clairafrique, 2e édition, Dakar.

BERHAUT (J.),
1975- Flore illustrée du Sénégal, 3e édition, 11 vol.

BERTHOIS (L.),
1956- La plaine d'Ambilobe (Madagascar). Rev. Géom. Dyn., 7, n°3-4, p.33-52.

BERTHOIS (L.),
1967- La sédimentation en période de crue dans le fleuve Konkouré. Rev. Géog. Phy. Géol. Dyn., p. 253-262.

BERTIN (J.),
1977- La graphique et le traitement graphique de l'information. FLAMMARION, Paris, 273p.

BERTRAND (F.),
1988- Ecologie et aménagement des mangroves guinéennes. Mémoire de D.E.A., Université Toulouse-Le Mirail / Paul Sabatier, 99p.

BERTRAND (F.),
1989a- Ecologie et aménagement des mangroves guinéennes : l'exemple des rias du haut-Kapatchez. Bull. Centre Géom. Caen, n°36, p. 209-212.

BERTRAND (F.),
1989b- Cartographie des mangroves deltaïques du Rio Pongo par analyse comparée des données multispectrales SPOT et IRC. Photo-Interprétation, fascicule 6, p. 51-62.

BIRD (E. C. F.) & JENNINGS (J.),
1967- Regional geomorphological characteristics of some Australian estuaries. Estuaries, Am. Ass. Adv. of Science, p. 121-128.

BIRD (E. C. F.),
1971- Mangrove as land builders. Victor. Natural., 88, p. 189-197

BIRD (E. C. F.),
1982- Changes on barriers and spits enclosing coastal lagoons. Oceanologica Acta, NS, p. 45-53.

BIRD (E. C. F.),
1985- Coastline changes, a global review. WILEY, Chichester et New York, 219p.

BIRD (E. C. F.) & ROSENGREN (N, J),
1985- Mangrove and Coastal Morphology. Workshop on mangrove ecosystems dynamics, UNDP/UNESCO regional project Port, Moresby p.17-27.

BIRD (E. C. F.),
1986- Mangroves and intertidal morphology in Westernport Bay, Victoria, Australia. Mar. Geol., 69, p. 251-271.

BIROT (P.) *et al.*,
1982- Les bourrelets intertropicaux. Bull. Assoc. Géogr. Franç., Paris, n°489, p. 261-267.

BLASCO (F.),
1982- Ecosystèmes mangroves : fonctionnement, utilité, évolution. Oceanologica Acta, n°144, p. 27-42.

BLASCO (F.),
1983- Mangroves du Sénégal et de Gambie, I. C. I. V., Toulouse, 86p.

BLASCO (F.),
1984- Climatics factors and the biology of mangrove plants. The mangrove ecosystem : research methods, p. 18-35.

BLASCO (F.) & FIELD (C. D.),
1985- Training and research activities on the mangrove ecosystems of Asia and the Pacific. UNDP, New York, 137p.

BLASCO (F.) *et al.*,
1989- Floods in Bangla Desh, a preliminary study with Spot 1 data. Rapport préparé pour le CNES par GSTST, Toulouse, 35p.

BOILLOT (G.),
1984- Les marges stables et leur destin. Bull. Soc. Géol. Fr., t. XXVI n°3, p. 517-531.

BOSSARD (M.) & GUYOT (L),
1987- Utilisation des "quick looks" d'images MSS LANDSAT pour des uivis de phénomènes évolutifs en Afrique. Photo-Interprétation, n°4, fascicule 3, p. 17-24.

BOULLARD (B.),
1988- Dictionnaire de Botanique, éditions ELLIPSES, 398p.

BOYE (M.),
1962- Les palétuviers de Guyane française. Cah. Outre-mer, p. 270-290.

BOYE (M.),
1973- Sables littoraux. Problèmes d'échantillonnage des cordons. Trav Doc. Géog. Trop., n°8, p. 103-160.

BOWERS (S. A.) & HANKS (R. J.),
1965- Reflection of radian energy from soils. Soil science, 100 (2), p. 130-138.

BRAQUE (R.),
1987- Biogéographie des continents. MASSON, Paris, 470p.

BRUNEAU (M) & KILIAN (J.),
1984- Inventaires argoécologiques, paysages et télédétection en milieu tropical. L'Espace géographique, t. XIII, n°3, p. 215-224

CARTER (R. W. G.),
1986- The morphodynamics of beach-ridge formation : Maglilligan, Northern Ireland. Mar. geol., vol. 83, p. 191-214.

CARTER (R. G. W.),
1988- Coastal Environments. An introduction to the Physical, Ecological, and Cultural Systemes of Coastlines. ACADEMIC PRESS London, 617p.

CHAN HUNG TUCK,
1985- Coastal and riverbanke rosion of mangroves in peninsular Malaysia. Coastal and tidal wetlands of the tidal Australian moonsoon forest, BARDSLEY edits, Darwin, p. 43-53.

CHAPMAN (V.),
1970- Mangrove phytosociology, Trop. Ecol., 11, p. 1-19.

CHAPMAN (V.),
1976- Mangrove vegetation. CRAMER edits, Vaduz, 499p.

CHAPMAN (V. J.),
1977- Ecosystems of the world. 1.Wet coastal ecosystems. ELSEVIER, Amsterdam, 428p.

CHATELAT (E. de),
1938- Le modelé latéritique de la Guinée française. Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn., vol. IX, fasc. 1, 120p., XX planches.

CHAUDHURY (M. U.),
1989- Les mangroves du Bangladesh et leur analyse par télédétection spatiale. Thèse Sciences 3e cycle, ICIV/Université Paul Sabatier.

CHENAU-LOQUAY (A.),
1988- Les relations entre l'espace et l'énergie en Casamance Trav. Doc. Géog. Trop., n°62, CEGET, p. 109-243.

CHENAU-LOQUAY (A.) *et al.*,
1989- Image et modèle, la confrontation de deux outils pour une analyse des relations homme/environnement : l'exemple de la zone côtière guinéenne. Table ronde d'Octobre 1989 du CEGET, 9p. + annexes.

CINTRON (G.) & SCHAEFFER-NOVELLI (Y.),
1984- Methods for studying mangrove structure. The mangrove ecosystem : research methods, UNESCO, p. 91-113.

CLARKE (L. D.) & HANNON (N. J.),
1970- The mangrove swamp and salt marsh communities of the Sydney district. J. of Ecol., 57, p. 213-234.

COLEMAN *et al.*,
1970- Sedimentation in a Malayian High Tide tropical Delta. Deltaic Sedimentation Modern and Ancient, J. P. MORGAN ed, vol. 15, p. 185-197.

COOK (P. J.),
1973- A chenier sequence at Broad sound, Queensland and evidence against a holocene high sea level. Mar. Geol., 14, p. 253-268.

COUREL (M. F.),
1985- Etude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites. Thèse de Géographie, Paris, 407p. + annexes.

DAVIS (J. H.),
1940- The ecology and the geologic role of mangroves in Florida. Pap. Tortugas Lab., 32, p. 303-412.

DIEMONT (J. H.),
1974- Sedimentation patterns, soils, mangrove vegetation and land use in the tidal areas of West Malaysia. International Symposium on Biology and Management of Mangroves, Honolulu, p. 513-527.

DINGLE (W. R.),
1973- Développement de la riziculture. Guinée. Etudes et recherches. Rapport préparé pour le Gouvernement de Guinée. FAO, Rome, 33p.

DIOP (E. S.),
1986- Estuaires holocènes tropicaux. Etude de Géographie physique comparée des "Rivières-du-Sud" du Saloum à la Melacorée. Thèse Doc. Etat ès lettres, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 2 tomes, 498p.

DIOP (E. S) & SALL (M.),
1987- Estuaires et mangroves de l'Afrique de l'Ouest : évolution et changements du Quaternaire récent à l'actuel. Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire, INQUA / 1986 Dakar Symposium, Travaux et documents de l'ORSTOM, n°197, p. 19-114.

DOAT (J.),
1977- Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. Bois et forêts des tropiques, n°172, p. 33-55.

DOLLFUS (O.),
1952- Essai morphologique sur la presqu'île du Kaloum et les îles de Los. Mémoire de Maîtrise, Institut de Géographie, 58p.

DRESCH (J.),
1949- La riziculture en Afrique occidentale. Annales de Géo., t.LVIII, p. 295-312.

EINSELE (G.), ERN (D.) & SCHWARTZ (U.),
1977- Variations du niveau de la mer sur la plate-forme continentale et la côte mauritanienne vers la fin de la glaciation du Würm et à l'Holocène. Bull. ASEQUA, Dakar, n°51, p. 35-48

ETKINS (R.) & EPSTEIN (E. S.),
1982- Science, n°215, p. 287.

EVARITT (J. H.) & JUDD (F. W.),
1989- Using Remote Sensing Techniques to Distinguish and Monitor Black Mangrove (*Avicennia* germinans). J. of Coast. Res., 5, 4, p. 737-745.

FAURE (H.),
1976- Sea level Project. Paleoecology of Africa, n°9, p. 217.

FISHER (J. J.),
1982- Barrier islands. The Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments, M. L. SCHWARTZ edits, p. 124-133

FOIN (P.),
1982- Cours de télédétection, fasc. 2. Ecole Nationale des Sciences Géographiques.

FROIDEFOND (J. M.) *et al.*
1987 - Déplacement des bancs de vase et variations du littoral de la Guyane française. Bull. Inst. Géol. Bass. Aquit., vol. 42, p. 67- 83.

GALICHON (P.),
1985- La formation des crochons sédimentaires : le cas de la Pointe d'Arçay. Rev. Géol. Dyn. Géo. Phys., voL. 26, n°3, p. 163-171.

GIERLOFF-EMDEN (H. G.),
1958- Analyse de l'évolution et des conditions de développement actuel du littoral du Salvador. Bull. Ass. Géog. Franç., p. 2-23.

GIERLOFF-EMDEN (H. G.),
1976- Manual of interpretation of orbital remote sensing satellite photography and imagery for coastal and offshore environmental features. Münchener Geographische Abhandlüngen, t. 20, 176p.

GIRESSE (P.),
1987- Quaternary sea-level changes on the Atlantic coast of Africa Sea level changes, TOOLEY & SHENNAN edits., p. 249-275.

GUILCHER (A.),
1954- Dynamique et morphologie des côtes sableuses de l'Afrique atlantique. Cah. Infor. Géog., n°1, p. 57-67.

GUILCHER (A.),
1956- L'envasement du Rio Kapatchez et ses causes. 18e Congrès international de Géographie, Rio de Janeiro, p. 241-247.

GUILCHER (A.),
1968- Notes sur les mangroves. XVe chronique océanographique. Norois, p. 116-117.

GUILCHER (A),
1979- Marshes and estuaries in different latitudes. Interdisciplinary Sci. Rev., 2, p. 158-168.

GUILCHER (A.),
1980- Observations comparatives sur un complexe littoral de la côte atlantique africaine. Norois, Poitiers, n°100, p. 551-556.

GUILCHER (A),
1981- Shoreline changes in salt marshes and mangrove swamps (mangals) within the past century. Coastal dynamics and scientific sites BIRD E.C. F & KOIKE K.édit., Tokyo, p. 31-53.

GUILLEMYN (D.),
1989- Le dépérissement des mangroves en Gambie, vu par SPOT. Bull. Soc. Franç. Phot. Tél., n°2, p. 56-58.

GUILLOT (B.) *et al.*,
1986- Les climats de l'Afrique de l'Ouest et du Nord-est du Brésil. Veille climatique satellitaire, n°11, p. 18-37.

GUYOT (G.),
1989- Signatures spectrales des surfaces naturelles. Collection Télédétection satellitaire, PARADIGME, Caen, 178p.

HALLÉ (F.) & OLDEMAN (R. A. A.),
1970- Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. MASSON, Paris, 178p.

HALLÉ (F.),
1986- Un système d'exploitation ancien, mais une interface scienti- fique nouvelle : l'agroforesterie dans les régions tropicales. Milieux et Paysages, coll. Recherches en Géographie, MASSON édit., p. 37-53.

HAMILTON (L. S.) & SNEDAKER (S. C.) edits,
1984- Handbook for Mangrove Area, 123p.

HARZA,
1969- Etude d'un programme d'aménagement hydro-agricole des terres rizicultivables de la Basse Guinée, vol. 2 du rapport final préparé pour la F.A.O. par HARZA Engineering Company International, 158p. + annexes.

HAYES (M. O.),
1980- General morphology and sedimentation patterns of tidal inlets. Sed. Geol., n°1/3, p. 139-154.

HERVIEU (J.),
1970- Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu trop- ical. Thèse Sciences ORSAY. Mémoire ORSTOM, n°24.

HUBBARD (D. K.) *et al.*,
1980- The role of waves and tidal currents in the development of tidal inlet sedimentary structure. Journal of Sed. Paleology vol. 49, p. 1073-1092.

HUETZ DE LEMPS (A.),
1970- La végétation de la terre, MASSON, Paris, 133p.

HUNTCHINSON (J.) & DALZIEL (J. M.),
1954-1972- Flora of West Africa, 2e édition, vol. 3, Londres.

JACQUES-FELIX (H.),
1960a- Sols et groupements végétaux de la zone littorale de Guinée dans leurs rapports avec la riziculture : l'île de Kabak. Agronomie tropicale, t. XV, p. 325-341.

JACQUES-FELIX (H.),
1960b- Sols et groupements végétaux de la zone littorale de Guinée dans leurs rapports avec la riziculture : la région du Koba. Agronomie tropicale, t. XV, p. 609-623.

KALCK (Y.), 1978-
L'évolution des zones à mangroves du Sénégal au Quaternaire récent. Thèse de 3ème cycle de Géologie, Strasbourg, 117p.

KAWALEK (A.),
1977- La génèse et l'évolution des sols sur alluvions marines de la zone littorale de la région de Koba, Université de Varsovie, 151p.

KAWALEK (A.),
1977- Climatologie de la Guinée. SENASOL, Conakry.

KOCHEL (R. C.) *et al.*,
1985- U. S. Mid-Atlantic Barrier Island geomorphology. J. of Coast. Res. 1(1), p. 1-9.

LAFOND (L. R.),
1967- Etudes littorales et estuariennes en zone intertropicale humide. Thèse Sciences, Orsay, 3 vol., 836p.

LANG (J.) & PARADIS (G.),
1984- Le quatrenaire margino-littoral béninois (Afrique de l'Ouest)- Synthèse des datations au Carbone 14. Paleoecology of Africa, Rotterdam, vol. 16, p. 65-76.

LOINTIER (M.), CHARRON (C.) & PROST (M. T.),
1990- Quantification des changements côtiers actuels en Guyane par télédétection. Actes Symp. inter. sur l'évolution des côtes de Guyanes et de la Caraïbe mérid., p. 121-127.

LEBIGRE (J. M.),
1983- Les mangroves des rias du Gabon. Bois et forêts des tropiques, n°199, p. 3-28.

LEBIGRE (J. M.),
1987- Les activités traditionnelles dans un espace littoral tropical : le delta de la Tsiribihina (Madagascar). Cah. d'O. Mer, p. 345-373.

LE BOURDIEC (F.),
1974- Hommes et paysages du riz à Madagascar. Etude de géographie humaine. Tananarive, 648p.

LEVOY (F.),
1986- Les risques d'érosion et de submersion en milieux littoraux sableux. Approche methodologique appliquée à la côte ouest du Cotentin. Rev. Géom. Dyn., n°2, p. 63-73.

LEWIS (R. R.)
Mangrove forests. Creation and Restoration of coastal plant communities, CRS Press, Tampa Florida, 219p.

LUGO (A.),
1976- Manejo de manglares en Venezuela. Instituto Forestal Latino- American. De invesigation y capacition. Merida. Boletin n°50.

LOUBERSAC (L.),
1983- Application des données satellitaires haute résolution haute résolution à l'observation du milieu littoral. Proceedings of a EARSe L/ESA Symposium on Remote Sensing Applications for Environmental Studies, Bruxelles, p. 79-85.

MAINGUET (M.),
1972- Le modelé des grès : problèmes généraux, IGN Paris, 2 vol., 656p.

MALEY (J.),
1985- Fragmentation et reconstitution de le forêt dense humide ouest-africaine au cours du Quaternaire récent. Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire. Travaux et documents, ORSTOM, n°187, p. 281-282.

Mc MASTER (R.) *et al.*,
1969- Northwestern african continental shelf sediments. Mar. Geol., vol. 7, n°1, p. 57-67.

Mc MASTER (R.) *et al.*,
1970- Continental shelf geomorphic features of portugese Guinea, Guinea and Sierra Leone. Mar. Geol., n°9, p. 203-213.

MARIUS (C.),
1977- Propositions pour une classification française des sols des mangroves tropicales. Cah. ORSTOM, Série Pédologie, vol. 15, n°1, p. 89-102.

MARIUS (C.),
1985- Les mangroves de Casamance et de Gambie. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n°193, 357p.

MARIUS (C.),
1986- Environnement et sols des estuaires de Guinée-Bissau. Rapport d'excursion 3e Symposium sur les sols sulfatés acides, 28p.

MARIUS (C.),
1987a- Rapport de mission dans le haut-Kapatchez. Ministère de l'Agriculture, Direction du Génie Rural, Conakry, 8p.

MARIUS (C.),
1987b- Réferentiel pédologique français (communiqué par l'auteur).

MARTIN (L.),
1983- Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. Cah. ORSTOM, Série Géologie, XIII, n°1, p. 59-81.

MARTIN (L.) *et al.*,
1984- Inversions du sens du transport littoral enregistrées dans les cordons littoraux de la plaine côtière du Rio Doce (Brésil). C. R. A. S, t. 298, Série II, n°1, p. 25-27.

MARTIN (L.),
1984- Enregistrement des périodes de forte et de faible énergie à l'embouchure d'un fleuve : le cas du Rio Paraïba. C. R. A. S., t. 299, Série II, n°10, p. 661-664.

MICHEL (P.),
1973- Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Thèse de Géomorphologie, Strasbourg, Mém. ORSTOM, n°63, 3t., 752p.

MILLIMAN (J. D.) & MEADE (R. H.),
1983- World-wide delivery of river sediment to the oceans. J. of Geol., vol. 91, n°1, p. 1-21.

MILLIMAN (J. D.),
1990- Fluvial sediment in coastal seas : flux and rate. Nature et ressources, vol. 16, n°4, p. 12-22.

MOORMAN (F. R.) & PONS (L. J.),
1974- Characteristics of mangrove soils in relation to their agricultural land use and potential. Proceedings of International Symposium on ecology and management of mangroves, Honolulu, vol. II, p. 529-547.

MOREAU (N.) & VERCESI (L.),
1987- Cartographie des mangroves de Guinée à l'aide du satellite SPOT 1. Photo-Interprét., 89-1, fasc. 4, p. 35-40.

ODUM (W. E.) & HEALD (E. J.),
1975a- The detritus-based food web of an estuarine mangrove community. In Estuarine Research, CRONIN edits., vol. 1, p. 265-286.

ODUM (W. E.) & HEALD (E. J.),
1975b- Mangrove Forests and Aquatic Productivity. In Coupling of Land and Water Systems, Ecological Studies, 10, p. 129-136.

ORME (A. R.),
1982a- Africa, coastal ecology. The Encyclopedia of Beaches and Coastal Environment, M. L. SCHWARTZ editors, p. 3-16.

ORME (A. R.),
1982b- Africa, coastal geomorphology. The Encyclopedia of Beaches and Coastal environment, M. L. SCHWARTZ editors, p. 17-32.

OTVOS (E. G.) & PRICE (W. A.),
1979- Problems of chenier genesis and terminology. An overview. Mar. Geol,, vol. 31, p. 251-263.

OTVOS (E. G.),
1981- Barrier island formation through nearshore aggradation : stratigraphic and field evidence. Mar. Geol., vol. 43, p. 195-243.

OTVOS (T. L.) & PONS (L. J.),
1982- Chenier and chenier plain. The Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments, M. L. SCHWARTZ edits, p. 206-207.

PARADIS (G.) & ADJANOHUN (E.),
1974 - L'impact de la fabrication du sel sur la végétation de mangrove et la géomorphologie dans le Bas-Dahomey. Ann. Univ. Abidjan, Série E, 7, p. 599-612.

PARADIS (G.),
1988- Etude comparative des végétations littorales du Bénin et de Côte d'Ivoire. Thèse d'Etat Sciences Naturelles, Bordeaux III, 295p.

PASKOFF (R.),
1985- Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution. MASSON, Paris, 183p.

PASKOFF (R.),
1987- Les variations du niveau de la mer. La Recherche, vol. 18, n°191, p. 1010-1019.

PAULME (D.),
1957- Des riziculteurs africains : les Baga. Cahiers d'Outre-Mer, p. 257-280.

PELISSIER (P.),
1966- Les paysans du Sénégal. Thèse de Géographie, Imprimerie Fabrègue, St-Yrieix, 939p.

PELISSIER (P.),
1978- Stratégies traditionnelles, prises de décision moderne et aménagement des ressources naturelles en Afrique soudanienne. Notes techniques MAB, n°9, p. 35-57.

PIMMEL (A.),
1984- Contribution à l'analyse sédimentologique des mangroves de Casamance. Thèse de 3ème cycle de Géologie, Strasbourg, 132p. + planches.

PINSON-MOUILLOT (J),
1980- Les environnements sédimentaires actuels et quaternaires du plateau continental sénégalais. Thèse de 3ème cycle, Bordeaux I, 106p.

PIRAZZOLI (P. A.),
1976- Les variations des lignes de rivage depuis 2000 ans et leurs causes posibles. Bull. ASEQUA, n°50, p. 95-105.

PIRAZZOLI (P. A.) & SUTER (J. R.),
1986- Late Quaternary sea-level changes and coastal evolution. Jour. Coastal Research, Special Issue, n°1, 98p.

PIRAZOLLI (P. A.) editeur,
1987- IGCP Project 200. Late Quaternary sea level changes : measurement, correlation and future applications. Summary final report. CNRS-Intergeo, Paris, 87p., fig., tableaux.

PONS (L. J.) & ZONNEVELD (I. S.),
1965- Soil ripening and soil classification. Initial soil formation in alluvial deposits and a classification of the resulting soils. IRLI Publ., n°13, Wageningen, 128p.

PONS (T. L.) & PONS (L. J.),
1974- Mangrove vegetation and soils along a more or less stationary part of the coast of Surinam. Proceedings of International Symposium on Biology and Management of Mangroves, Honolulu, vol. 2, p. 34-42.

PONS (L. J.) *et al.*,
1986- Proposal for the classification of mineral vietnamese acid soils according to Soil Taxonomy. 3e Syposium International sur les sols sulfatés acides, Dakar, 11p.

PONSARD (. P.),
1985- Géodynamique de la bordure occidentale du craton ouest- africain. Thèse Géologie, St-Jérôme, Marseille.

POOL (D.) *et al.*,
1977- Structure of Mangrove Forests in Florida, Puerto Rico, Mexico and Costa Rica. Biotropica, vol. 9, n°3, p. 195-212.

POUQUET (J.),
1955- Aspects morphologiques du Fouta-Djalon. Rev. Géog. Alp., XLVIII p.231-245.

PRITCHARD (L. W.), 1967- What is an estuary : physical point of view. Am. Ass. Adv. Sci. Publ., 83, 3-5.

QUELENNEC (R. E.), 1987- Erosion côtière en Afrique de l'Ouest et du Centre : causes naturelles et anthropiques, prospective et conséquences pour la protection et l'aménagement du littoral. Natures et ressources, vol. XXIII, n°3/4, p. 2-9.

RAYNAL-ROQUES (A.), 1980- Les plantes aquatiques, Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne, ORSTOM, collection I.D. T., n°44, p. 9-152.

REYRE (D.), 1984- Remarques sur l'origine et l'évolution des bassins sédimentaires africains de la côte atlantique. Bull. Soc. Géol. Fr., t.XXVI, n°6, p.1041-1059.

RHODES (E. G.),
1982- Depositionnal model for a chenier plain, Gulf of Carpentaria, Australia. Sedimentology, vol. 29, p. 201-221.

RICHARD-MOLARD (J.),
1943a- Les traits d'ensemble du Fouta-Djalon. Rev. Géog. Alp. t. XXXI (II), p. 119-213.

RICHARD MOLARD (J.),
1943b- La banane en Guinée française. Rev. Géog. Alp., t. XXXI (II), p. 345-392.

RICHARD-MOLARD (J.),
1944- Essai sur la vie paysanne au Fouta-Djalon. Rev. Géog. Alp., t. XXXII (II), p. 135-240.

RIVIERE (C.),
1968- Le long des côtes de Guinée avant la phase coloniale. Bull. IFAN, série B, n°2, p. 727-751.

RIVIERE (C.),
1978- Classes et stratifications sociales en Afrique. Le cas guinéen, P. U. F. 296p.

ROLLET (B.),
1974- Introduction à l'étude des mangroves du Mexique. Bois et fôrets des tropiques, n°156, p. 3-74 et n°157, p. 53-74.

ROLLET (B.), 1981- Bibliography on mangrove research (1600-1975). UNESCO, 480p.

ROSSI (G.),
1977- L'Extrême-nord de Madagascar. Thèse de Géographie, EDISUD, Aix en-Provence, 440p.

ROSSI (G.),
1979- L'érosion à Madagascar : l'importance des facteurs humains. Cah. Outre-mer, n°128, p. 355-371.

ROSSI (G.),
1989- L'érosion du littoral dans le Golfe du Bénin, un exemple de perturbation d'un équilibre morphodynamique. Zeitschrift für Geomorphogie, Supplement-Band, p. 139-165.

ROUGERIE (G.),
1988- Géographie de la Biosphère. A. COLIN, Paris, 288p.

ROY (P. S.) *et al.*,
1980- Holocene sequences on an embayed high-energy coast. Sedimentary Geology, 26, p. 1-19.

RUE (O.),
1989- Mobilité des forêts de mangrove. Bull. Cent. Géom. Caen, n°36, p.205-207.

SAENGER (P.) & HEGERL (E. J.),
1981- Report on the global status of mangrove ecosystems. Rapport préparé par l'I. U. C. N., Commission on Ecology, 1 vol.

SALOMON (J. N.),
1978- Contribution à l'étude écologique et géographique des mangroves. Rev. Géom. Dyn., t. XXVII, n°2-3, p. 63-80.

SALOMON (J. N.),
1987- Exploitation et mise en valeur traditionnelle des terres de mangrove en Afrique de l'Ouest. Cah. d'O. Mer, p. 313-343.

SCET INTERNATIONAL,
1978- Republica da Guiné-Bissau, Potencialidades agricolas, florestas et pratenses. Fonds d'Aide et Coopération du Gouvernement de la République française, vol. 3 (Cartes).

SCHNELL (R.),
1950- Contribution préliminaire à l'étude botanique de la Basse- Guinée française. Etudes guinéennes, n°6, p. 29-72.

SCHNELL (R.),
1952- Etude phytosociologique et phytogéographique. Mélanges botaniques MONOD. Mém. IFAN, n°18, p. 83-217.

SCHNELL (R.),
1970- Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux, vol. 2, p.798-853.

SCHOLL (D. W.),
1964- Recent Sedimentary Record in Mangrove Swamps and Rise in Sea-Level over the Southwest Coast of Florida, Part I. Mar. Geol., vol. 1 p.344-366.

SCHULKE (H.),
1974- Morphologie comparative de quelques types de cimetières littoraux de plantes marines. Rev. Géomorph. Dyn., t. XXIII, p. 49-92.

SECA,
1990- Etude et élaboration du Schéma Directeur d'Aménagement de la mangrove guinéenne (SDAM). Rapport préparé pour le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales de la République de Guinée, 92p. +annexes

SNEDACKER (S. C.),
1978- Les mangroves : leur intérêt et leur conservation. Nat. et Ressources, Paris, 14, n°3, p. 7-15.

SPENCELEY (A. P.), 1977- The role of pneumatophores in sedimentary processes. Mar. Geol., vol. 24, M31-M37.

SPENCELEY (A. P.),
1982- Sedimentation patterns in a mangal on Magnetic Island near Townsville, North Queensland, Australia. Singapore J. Trop. Geogr., vol. 3, p. 100-107.

SRIVASTAVA (P. D. L.),
1984- Wood Production. Handbook for Mangrove Area Management, HAMILTON & SNEDACKER edits, p.46-67.

SURET-CANALE (J.),
1970- La République de Guinée. EDITIONS SOCIALES, Paris, 431p.

STAPOR (F. W.),
1975- Holocene beach ridge plain development, Northwest Florida. Zeit. für Geomorphologie, Supplementband 22, p. 116-144.

SWAN (J. B.),
1968- Coastal classification with reference to the east coast of Malaysia. Zeit. für Geomorphologie, Supplementband 7, p. 115-131.

TECASEN (Equipe),
1983- L'exploitation des données SPOT simulées en domaine littoral tropical : "Les îles du Saloum". Rapport n°4, Montrouge, 95p.

TEMPLETON (R. S. M.),
1970- The geology of the continental margin between Dakar and Cape Palmas. The geology of the East Atlantic Continental Margin, Cambridge, vol. 4, p. 47-60.

THOM (B. G.),
1967- Mangrove Ecology and deltaic Geomorphology : Tabasco (Mexico). J. of Ecology, vol. 55, p. 301-343.

THOM (B. G.), *et al.*,
1975- Mangrove ecology and deltaic-estuarine geomorphology ; Cambridge Gulf-river, Western Australia. Journal of Ecology, p. 203-232.

THOM (B. G.),
1982- Mangrove Ecology : a geomorphological perspective. Mangrove Ecosystems in Australia, p. 3-17.

THOM (B. G.),
1984- Transgressive and regressive stratigraphies of coastal sand barriers in Southeast Australia. Mar. Geol., vol. 56, p. 137-158.

TOMLINSON (T. E.),
1957- Relationship between mangrove vegetation, soil, texture and reaction of surface soil after empoldering saline swamps in Sierra Leone. Trop. Agric., 34, n°1, p. 108-118.

TOMLINSON (P. B.),
1986- The botany of mangroves ; Cambridge Univer. Press, 413p.

TRICART (J.),
1956- Dégradation du milieu naturel et problèmes d'aménagement au Fouta-Djalon, Rev. Géog. Alp., p. 6-26.

TRICART (J.) & KILIAN (J.),
1979- L'éco-géographie, MASPERO édit., Paris, 320p.

TROCHAIN (J. L.),
1957- Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique Tropicale. Bull. I. E. C., Brazzaville, n°13-14, p. 55-93.

UNESCO,
1973- Classification internationale et cartographie de la végétation. Ecology and conservation, n°6.

UNESCO,
1985- Cartographie integrée de l'environnement : un outil pour la recherche et l'aménagement (sous la direction d'A. JOURNAUX) . Notes techniques du MAB, n°16, 54p.

USSELMANN (P.),
1989- Dynamique littorale et aménagement de la basse vallée du Kapatchez (Guinée Conakry). Bull. Centre de Géom. de Caen, n°36, p. 201-204.

VANN (J. H.),
1980- Shoreline changes in mangroves areas. Zeit. für Geomorphologie, Supplementband 34, p. 255-261.

VANNEY (J. R.),
1982- Les bourrelets des boucliers anciens et leurs marges continentales. Bull. Assoc. Géogr. Franç., Paris, n°489, p. 231-238.

VERGER (F.),
1968- Marais et wadden du littoral français. Thèse de Géographie, BISCAYE FRERES, Bordeaux, 541p.

VERGER (F.) & JOLY (G.),
1980- Analyse de quelques caractères texturaux de paysages d'après des données Landsat. Photo-Interprét., XIX, fasc. 2, p. 4-11.

VERGER (F.), 1989- L'intérêt d'observer la Terre depuis l'espace. C. R. A. S., Série générale, tome 6, n°2, p. 93-112.

VIEILLEFON (J.),
1969- La pédogénèse dans les sols de mangrove, un exemple de chronoséquence. Science du sol, 2, p. 115-148

VIEILLEFON (J.),
1977- Les sols de mangrove et tannes de Basse Casamance, Mém. ORSTOM, n°83, 291p.

VILLENEUVE (M.),
1984- La stratigraphie du bassin paléozoïque de Guinée. Bull. Soc. Géol. Fr., t. XXVI, n°6, p. 1033-1039.

VILLENEUVE (M.),
1987- Mise en évidence de deux événements tectoniques panafricains dans les Bassarides (Guinée-Sénégal). C. R. A. S., t. 304, II, 1, p. 49-54.

VOGT (J.),
1959- Aspects de l'évolution morphologique récente de l'ouest africain. Annales de Géo., t. LXVIII, n°367, p. 193-206.

WALTER (M.) & STEINER (M.),
1937- Die Ökologie der Ost Afrikanischen Mangroven. Zeit. Bot., 30, p. 98-121.

WATSON (J. G.),
1928- Mangrove forests of the Malay Peninsula. Malay. Forest Rec., n°6, p. 1-275.

WEST (R. C.),
1956- Mangrove swamps of the Pacific coast of Columbia. Ann. Assoc. Amer. Geogr., 46, p. 98-121.

WOODROFFE (C. D.),
1983- Development of mangrove forests from a geological perspective. Biology and Ecology of mangroves, TEAS edits., p. 1-16.

WOODROFFE (C. D.) *et al.*,
1985- Geomorphology of the south Alligator tidal river and plains, Northern territory. Coasts ans tidal wetlands of the Australian moonsoon forest, BARDSLEY edits, p. 4-15.

WRIGHT (L. D.) & COLEMAN (J. M.),
1978- River delta morphology, SWIFT & PALMER. Coastal Sedimentation, p. 282-284.



Annexes

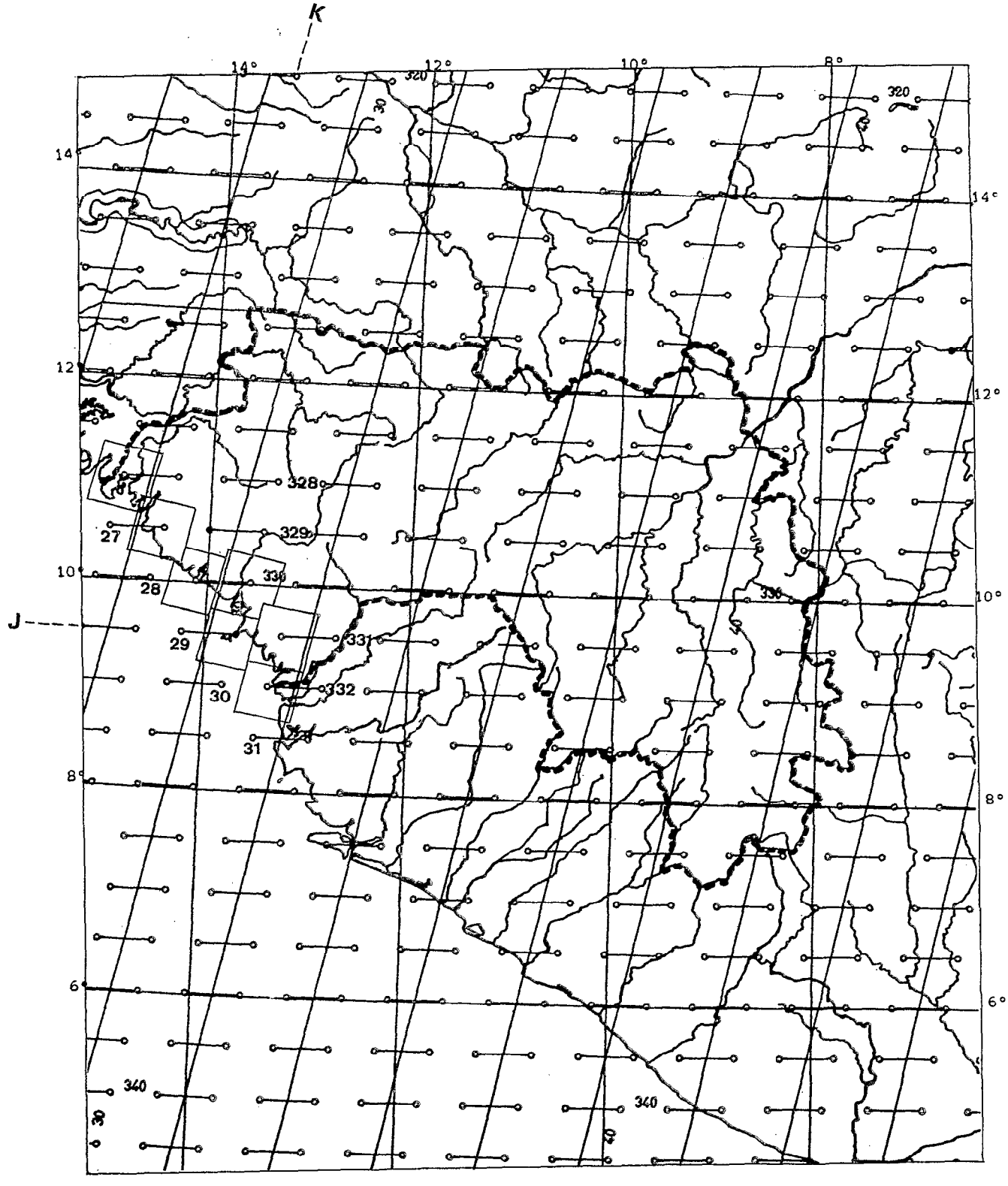


FIG. 57 : COORDONNÉES DES IMAGES SPOT COUVRANT LE LITTORAL GUINÉEN

K : numéro de la trace orbitale - J : numéro de la rangée
(d'après SPOT IMAGE)

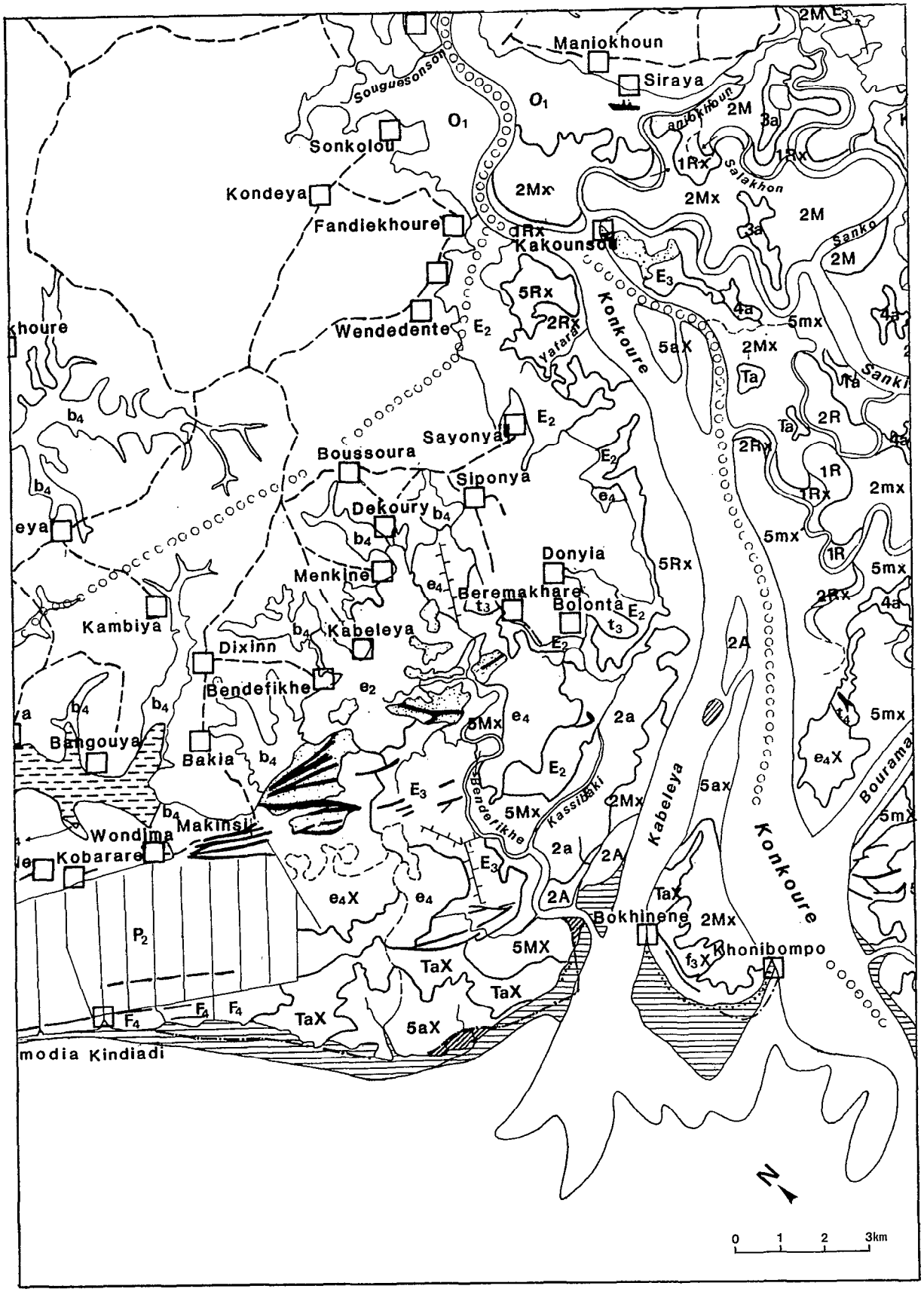


FIG. 58 : EXTRAIT DE LA CARTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES SECTEUR DE SONFONIA / DUBRÉKA

(d'après composition colorée (FCC) de l'image SPOT 30-330 du 19/04/1986)

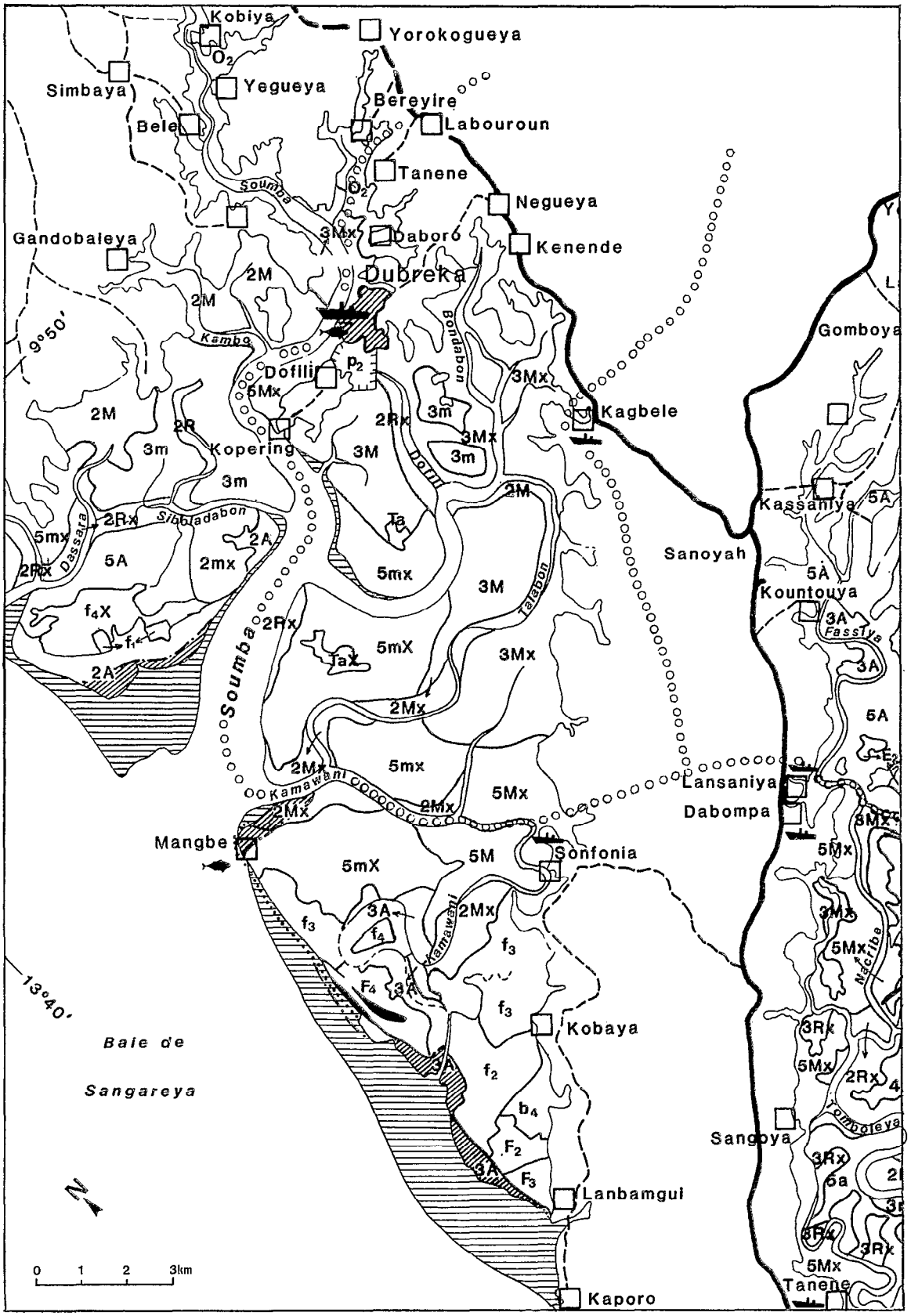


FIG. 59 : EXTRAIT DE LA CARTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES SECTEUR DU KONKOURÉ

(d'après composition colorée (FCC) de l'image SPOT 30-330 du 19/04/1986)

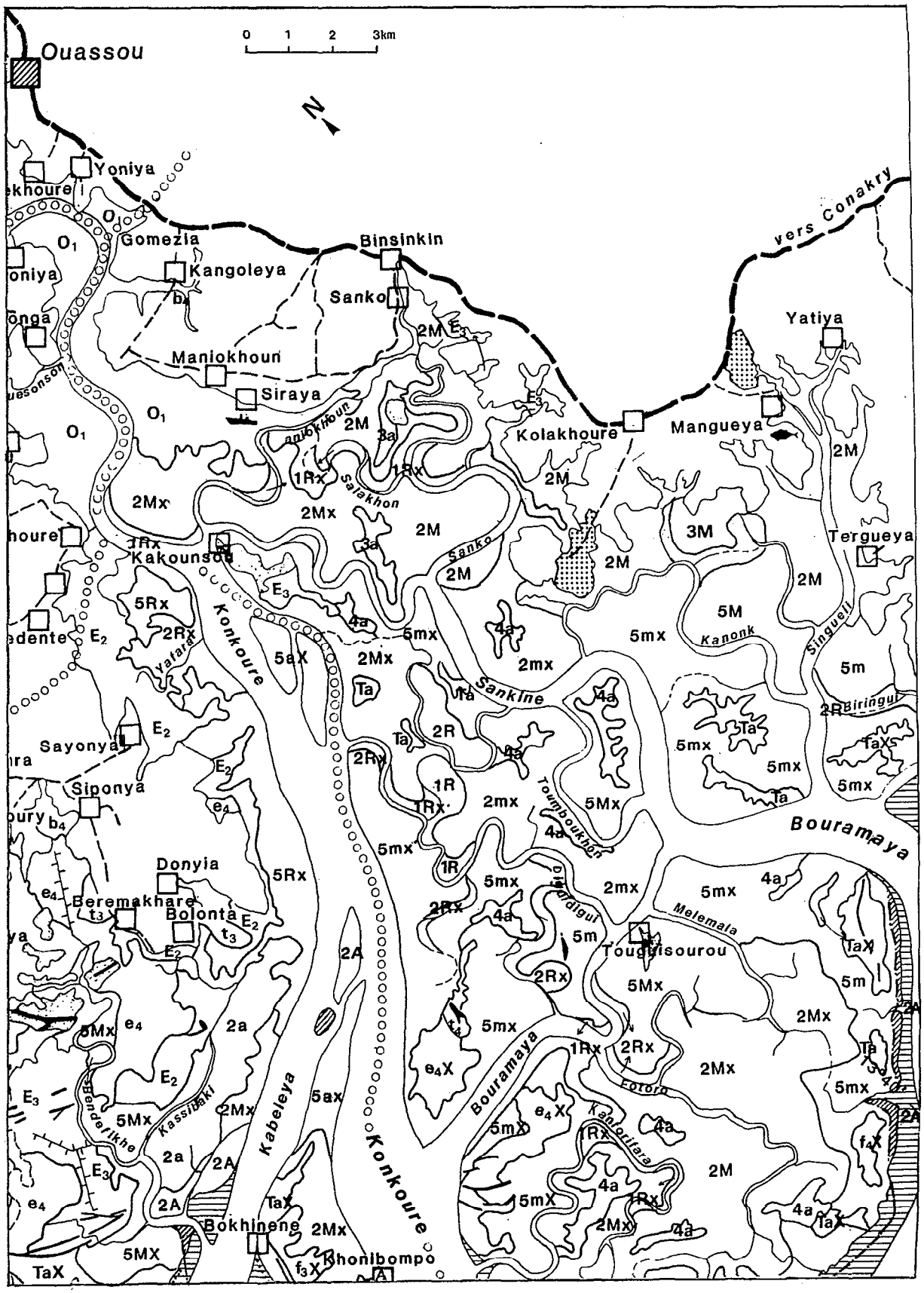


FIG. 60 : EXTRAIT DE LA CARTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES SECTEUR DE KOBA

(d'après composition colorée (FCC) de l'image SPOT 30-330 du 19/04/1986)

PRÉFECTURE	SOUS-PRÉFECTURE	POPULATION	SUPERFICIE APPROXIMATIVE	DENSITÉ APPROCHÉE
Boké	Sansané	4.157	500	8
	Dabiss	9.007	(a)	
	Kanfarandé	16.007		
	Boké-centre	17.257		
	Kolaboui	17.367	320	54
	Kamsar	29.347		
	Bintimodia	12.442	170	73
Boffa	Mankoutan	11.228	120	94
	Tounguifili	12.361	240	51
	Douprou	9.527		
	Boffa	21.152		
	Koba	22.621	350	65
Coyah	Tanéné	16.964		
	Ouassou	5.451		
	Khorira	9.504	130 (b)	73 (b)
	Dubréka	5.131	50 (b)	102 (b)
	Manéah	7.341		
	Coyah	15.808		
	Wonkifong	19.873	200	99
Forécariah	Maférinya	10.885	440	25
	Kakossa	5.308	130	41
	Kabak	8.056	105	77
	Alassoya	5.826	320	18
	Forécariah-ville	10.763		
	Kallia	5.313	350	15
	Farmoréah	8.149	375	22
	Benty	10.136	250	41
Σ Basse-Côte (sans Conakry)		327.047		

TABLEAU N°35 : LA RÉPARTITION DE LA POPULATION CÔTIÈRE

(Source : Recensement 1988, Ministère du Plan)

(a) L'absence de chiffre indique que l'extension, même approximative, des limites administratives n'a pas pu être définie.

(b) En excluant la partie fluvio-marine, inhabitée.

CLASSE	NOM	EFFECTIF	SUPERFICIE	OCCUPATION
0	NON CLASSÉS	1630	65,2 ha	0,62 %
1	FORÊT DE *RHIZOPHORA*	5461	218,4 ha	2,08 %
2	FOURRÉ DE *RHIZOPHORA*	17093	683,7 ha	6,52 %
3	FORÊT MIXTE	34406	1376,2 ha	13,12 %
4	FOURRÉ D'*AVICENNIA*	17870	714,8 ha	6,82 %
5	*AVICENNIA* CLAIRSEMÉS	19860	794,4 ha	7,58 %
6	TANNE / CUIRASSES	2521	100,8 ha	0,96 %
7	RIZIÈRES / SAVANE HER.	22162	886,5 ha	8,45 %
8	BAS-FONDS	7810	312,4 ha	2,98 %
9	PALMERAIE-PARC	11605	464,2 ha	4,43 %
10	PALMERAIE DÉGRADÉE	41436	1657,4 ha	15,81 %
11	SAVANE ARBUSTIVE	9978	399,1 ha	3,81 %
12	CULTURES SÈCHES	10130	405,2 ha	3,86 %
13	BROUSSE SECONDAIRE	51826	2073,0 ha	19,77 %
14	FORÊT DENSE RELIQUE	5176	207,0 ha	1,97 %
15	AGGLO. VILLAGEOISES	3180	127,0 ha	1,21 %
		262144	10485,8 ha	100,00 %

TABLEAU N°36 : PRÉSENTATION DES EFFECTIFS DE L'IMAGE CLASSÉE DE DUBRÉKA

CLASSE	NOM	EFFECTIF	SUPERFICIE	OCCUPATION
0	NON CLASSÉS	24852	994,1 ha	9,48 %
1	FRONT PIONNIER *AVICENNIA*	9603	384,1 ha	3,66 %
2	FORÊT DENSE *AVICENNIA*	4660	186,4 ha	1,78 %
3	FOURRÉ DENSE *AVICENNIA*	11193	447,7 ha	4,27 %
4	FORÊT CLAIRE *AVICENNIA*	13464	538,6 ha	5,14 %
5	FORÊT DÉPÉRISSANTE	16401	656,0 ha	6,26 %
6	TANNE NU INONDABLE	6117	244,7 ha	2,33 %
7	PELOUSE HALOPHYTES	18307	732,3 ha	6,98 %
8	RIZIÈRES DE SLIKKE	15301	612,0 ha	5,84 %
9	RIZIÈRES DE SCHORRE	7439	297,6 ha	2,84 %
10	RIZIÈRES À CYPÉRACÉES	11863	474,5 ha	4,53 %
11	PRAIRIE MARÉCAGEUSE	71585	2863,4 ha	27,31 %
12	TERRASSE GRAMINÉENNE	19261	770,4 ha	7,35 %
13	CORDON À PALMERAIE	10634	425,4 ha	4,06 %
14	FOURRÉ À RAPHIALES	10016	400,6 ha	3,82 %
15	PALMERAIE-PARC	11448	457,9 ha	4,37 %
		262144	10485,8 ha	100,00 %

TABLEAU N°37 : PRÉSENTATION DES EFFECTIFS DE L'IMAGE CLASSÉE DE KOBA

CLASSE	NOM	EFFECTIF	SUPERFICIE	OCCUPATION
0	NON CLASSÉS	220950	8838,0 ha	84,29 %
1	HAUTE-SLIKKE *AVICENNIA*	333	13,3 ha	0,13 %
2	*BASSE-SLIKKE NUE*	336	13,4 ha	0,13 %
3	*SLIKKE ESTUARIENNE*	268	10,7 ha	0,10 %
4	*SCHORRE SUBMERGÉ*	489	19,6 ha	0,19 %
5	*SLIKKE SUBMERGÉE*	741	29,6 ha	0,28 %
6	*ANCIEN RIVAGE*	26465	1058,6 ha	10,10 %
7	*CHENAL PROFOND*	1032	41,3 ha	0,39 %
8	*EAUX TRÈS TURBIDES*	2571	102,8 ha	0,98 %
9	*EAUX MOYENNEMENT TURBIDES*	401	16,0 ha	0,15 %
10	*EAUX PEU PROFONDES*	1771	70,8 ha	0,68 %
11	*HAUTS-FONDS SABLEUX*	554	22,2 ha	0,21 %
12	*MER PEU PROFONDE*	2129	85,2 ha	0,81 %
13	*INONDATION DURABLE*	1130	45,2 ha	0,43 %
14	*INONDATION MOYENNE*	1557	62,3 ha	0,59 %
15	*INONDATION COURTE*	1417	56,7 ha	0,54 %
		262144	10485,8 ha	100,00 %

TABLEAU N°38 : PRÉSENTATION DES EFFECTIFS DE L'IMAGE CLASSÉE DE L'EMBOUCHURE DU KONKOURÉ

Index des noms de lieux cités (1)

Adamaoua (Cameroun) : 52.
Afrique de l'ouest : 16, 45, 50, 53, 67, 72, 79, 83, 86.
ALASOYA : 70.
Akossombo (barrage) : 53.
Amazone : 47, 52, 75, 77.
Angola : 47.
Arafura (Plate-forme d') : 48, 73.
Arçay (Pointe d', France) : 96.
Asie du sud-est : 7, 18.
Australie : 21, 23, 48, 72, 75, 136.
Baga : 31, 44, 62, 70, 134.
Baga (Pays) : 62, 70.
Bagasouri (CONAKRY) : 35.
Bakissouri (Rio Pongo) : 125.
Bamba (KABAK) : 107.
Bambadia (KABAK) : 35.
Baraban (SANSANE) : 55, 57, 175.
Bassya (ALLASOYA) : 70.
Bénin : 29, 75, 133
Bénin (Golfe de) : 75, 86.
Benna (Mont) : 47, 67, 70.
Bendéfikhé : 39, 111, 158, 166.
Benguékaria : 75.
Bangladesh : 113.
BENTY : 67, 70, 130.
Béréyiré (MAFÉRINYA) : 71.
Bilingui (KHORIRA) : 90.
Binani (région) : 55.
BINTIMODIA : 62, 64.
Birmanie : 72.
Bissagos (îles) : 50.
Bissau-Kayes (Faille) : 47.
BOFFA : 47, 59, 62, 86, 127, 149.
BOKÉ : 52, 55, 59, 74, 86.
Bokhinéné : 30, 85, 90, 169, 170, 172.
Bondabon : 67, 149.
Bouloukountou (SANSANÉ): 55.
Bouramaya (*Konkouré*) : 54, 169.
Bové (Pays) : 52, 53, 55.
Bové (Bassin) : 47, 53.
Bramaya : 26, 35, 85.
Brésil : 75.
Cacine (*Rio*) : 50.
Camayenne (CONAKRY) : 22.
Caraïbe (bassin) : 14, 16, 18.
Casamance : 9, 14, 22, 23, 31, 55, 72, 83.
Centrafrique (Rép. de) : 54, 62.
Chaopraya (delta de la) : 35.
Cogon : 48, 52, 54, 55.
Colombie : 72, 75.
Compony (*Rio*) : 48, 50, 54, 55, 75, 78.
CONAKRY : 21, 22, 47, 48, 50, 54, 59, 64, 66, 67, 70, 74, 79, 83, 103, 105, 120, 122, 125, 130, 141, 156, 157.
Conakry (presqu'île) : 16, 21.
Côte d'Ivoire : 72, 133.
COYAH : 16, 67, 70, 71, 106.
Dahomey (Coupure du) : 55.
Dalaba (Plateau de) : 52, 53.
Dangara : 48, 59, 124.
Dara (*Forécariah*) : 24.
Darabo (TANÉNÉ) : 59, 62.
Dassara : 90, 92.
Dékouri (KOBA) : 130.
Dibéridi : 62, 64, 107, 133.
Dibi (île) : 101, 124.
Dingingban (KOBA) : 59.
Dixinn (Dent de) : 149, 157.
Dodo (île) : 85, 158, 165, 172.
Dofili (DUBREKA) : 149.
Doumbouya (WONKIFONG) : 71.
Doundéya (KHORIRA) : 149.
DUBRÉKA : 24, 26, 47, 67, 70, 103, 141, 145, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 173, 185, 189.
Ethiopie : 52.
Falaba (BINTIMODIA) : 64.
Farinya (KOBA) : 106.
Fatala : 48, 50, 52, 54, 74.
Fassiya : 24, 26.
Férifériing (Massif de) : 67.
Filidi (KAKOSSA) : 28.
Floride : 18, 21, 23.
FORÉCARIAH : 70, 130.
Forécariah : 16, 23, 24, 26, 48, 50, 70, 74, 78, 104, 109, 127.
Fougoumi : 104.
Fouta-Djalon : 52, 53, 54, 55, 62, 67, 70, 72, 149.
Gabon : 92, 136.
Ganblan (KOBA) : 111.
Gange (delta du) : 7, 47.
Garambé : 53.
Ghâtes occidentales : 75.
Guadeloupe (France) : 7.
Guinée (Fracture de) : 48.
Guinée (Plateau continental) : 47.
Guinée-Bissau : 31, 48, 50, 55, 72, 75.
Guyanes : 16, 23, 52, 75, 173.
Indonésie : 48, 72.
Irrawady (Birmanie) : 35, 47.
KABAK (île de) : 7, 35, 41, 48, 50, 85, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 120, 122, 176.
Kabéléa (KOBA) : 107, 130.
Kabéléya (MANKOUTAN) : 64.
Kabélya (*Konkouré*) : 169.
Kabéra : 24.
Kabonto (KOBA) : 40.
Kabontokhouré (BENTY) : 23.
Kabounta (BENTY) : 24.
Kagbélé (MANÉAH) : 103.
Kakimbo (Kaloum) : 130.
KAKOSSA (île de) : 27, 35, 36, 48, 50, 74, 85, 93, 96, 105, 108, 120, 122, 124, 134.
Kakoulima (Mt) : 47, 67, 149, 156.
Kakounsou (Konkouré) : 104.
Kakrima (Fouta-Djalon) : 53.
Kaliki (île) : 83, 85.
KALLIA : 70.
Kaloum : 19, 22, 47, 48, 49, 50, 60, 66, 68, 70, 101, 105, 130, 149, 156, 176.
Kamba : 149.
KAMSAR : 130.
Kandiafara (cf. *Cogon*) : 55.
Kanka (*Konkouré*) : 24.
Kantomé (KANFARANDÉ) : 55.
Kaoulou (KANFARANDÉ) : 55.
Kapatchez (*Rio*) : 26, 29, 35, 44, 62, 64, 78, 83, 85, 86, 106, 107, 122, 124, 130, 133, 134, 135, 136, 142, 176.
Kaporo (CONAKRY) : 21.

(1) Les noms de fleuves apparaissent en italique. Les localités guinéennes ayant rang au moins de sous-préfecture figurent en majuscules. Leur inscription entre parenthèses précise la localisation des lieux cités. L'orthographe est, à de rares exceptions près, celui des cartes IGN au 1/50. 000. Les chiffres soulignés renvoient aux passages les plus importants.

Kaporokongui (CONAKRY) : 101.
Kassa (île) : 21.
Kawamani (Sonfonia) : 85.
Kawas-nord : 24, 26, 106.
Kawas-sud : 26.
Katako (BINTIMODIA) : 26.
Kéliko (Chutes) : 53.
Kénendé (KABAK) : 109.
Khabitaye : 67, 156.
Khonibompé (*Konkouré*) : 75, 85.
Khonibompo (Bokhiné) : 85.
Kili : 67.
Kindia (région de) : 54, 62.
Kindiadi (KOBA): 111.
Kinkon (Chutes) : 53.
Kitali (*Kapatchez*) : 35, 44, 62, 64.
Kitéma : 16, 23, 71, 134.
Kissili (DOUPROU) : 62.
KOBA : 22, 24, 26, 33, 38, 39, 40, 41, 48, 64, 65, 70, 83, 84, 85, 87, 98, 99, 100, 101, 106, 107, 109, 111, 112, 113, 114, 124, 130, 135, 141, 142, 143, 144, 145, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 170, 171, 172, 173, 175, 187, 190.
Kobassam (Dibi) : 30.
Kokoulo (Fouta-Djalon) : 53.
KOLABOUI : 64, 130.
Koukouba (île) : 75.
Konkhouré (MANKOUTAN) : 64.
Konkouré : 23, 35, 44, 48, 50, 52, 54, 62, 64, 65, 66, 70, 74, 75, 77, 78, 85, 90, 91, 104, 107, 120, 141, 142, 166, 168, 169, 171, 172, 176.
Konkouré (Faille du) : 48, 67, 130.
Kombé (Kaloum) : 101.
Konobon dabondi (BENTY) : 35.
Kopéring (DUBRÉKA) : 149.
Kopéring (île) : 149, 157.
Korikori (île) : 141, 145, 146, 157, 173, 189.
Koulété : 48.
Koumbia : 47.
Kouyéya (WONKIFONG) : 71.
Labé (Plateau de) : 52, 53.
Lambanyi (CONAKRY) : 94, 100, 102.
Landouma (Pays) : 55.
Landréah (CONAKRY) : 22.
Lansaniya (CONAKRY) : 103.
Lamodia (KOBA) : 111.
Libéria : 72.
Libinmerai : 106.
Linlin (BOFFA) : 59.
Loronton (TANÉNÉ) : 64.
Louisiane : 99.
Los (Iles de) : 21, 22.
Madagascar : 35, 54.
Madiné (MAFERINYA) : 67, 108.
MAFÉRINYA : 67, 70, 71.
Malaisie : 18, 48, 72, 113, 127.
Malindi (Kenya) : 47.
Mamasouka-soko (KABAK) : 35.
MANÉAH : 70.
Mangbé (Sonfonia) : 101.
Mankouran (KOBA) : 101, 111.
MANKOUTAN : 64, 78, 133.
Maniokhoun (KHORIRA) : 64, 67.
Matakong (île de) : 86, 108.
Mauritanie : 47, 86.
Mékong (delta du) : 35.
Melacorée : 22, 48, 77, 85, 130.
Menkiné (KOBA) : 130.
Minténéyah (COYAH) : 106.
Monchon : 38, 41, 83, 107, 109.
Morébaya : 41, 48, 54, 70, 93, 94, 104, 176.
Moussaya (BINTIMODIA) : 64.
Mozambique : 47, 50.
Nacrigbé (île) : 86.
Niger : 47, 53, 86.
Nunez (*Rio*) : 22, 44, 48, 50, 54, 72, 75, 77, 78, 86.
Noirmoutier (Gois de, France) : 99.
Orénoque (Vénézuela) : 47, 75.
OUASSOU : 59, 67, 77
Picardie : 92.
Pongo (Rio) : 19, 20, 31, 38, 40, 48, 59, 78, 102, 125, 127.
Pongolon (WONKIFONG) : 41, 42, 106.
Queensland : 18, 23, 75.
Quito (île de) : 42, 85, 96, 100.
Rifiji (Tanzanie) : 50.
Rivières-du-Sud : 9, 18, 22, 26, 31, 35, 55, 72, 75, 83, 85, 86, 113.
Rogbané (CONAKRY) : 22.
Rwanda-Burundi : 52.
Sable (île de) : 54, 86.
Sabouya (Tana) : 99.
Sabouyadabon (Tana) : 99.
Saloum : 22, 23, 29, 83.
Samaya : 71.
Samou (Chutes) : 53.
Samourou : 23, 62.
Sangaréya (Baie de) : 47, 127.
SANSANÉ : 55.
Sarinka : 16, 34, 71, 104, 134.
Scarcies (Kolenté) : 9, 70, 85.
Sénégal : 23, 26, 31, 47, 53, 74, 86, 93.
SÉKHOUROU : 70.
Siboladabond : 90.
Sierra Leone : 9, 48, 72, 85, 127.
Sierra Leone (Fracture de) : 48.
Singuéya : 43, 44, 141, 142, 145, 146, 173, 175, 190, 191.
Singuéli (KHORIRA) : 90.
Singuila (BINTIMODIA) : 35, 64, 130.
Singuilin (MAFÉRINYA) : 36, 50, 108.
Sonde (Plate-forme) : 48, 72, 75.
Sonfonia : 33, 94, 100, 101, 185.
Songolon (haut-Kapatchez) : 35, 44, 64, 65, 130.
Soumba (Rio) : 22, 44, 48, 70, 71, 77, 141, 157.
Soumbouya : 16, 17, 29, 48, 70, 72, 75, 93, 104, 134, 176.
Sourinéné (Yélitono) : 85, 99.
Sumatra : 136.
Tabéta : 40.
Tabounsou : 20, 22, 29, 37, 72, 93, 95, 125, 170.
Tamara (île de) : 21.
Tambilo-Soumio (Massif de) : 67.
Taméta (BOFFA) : 74.
Tana (île) : 23, 85, 99.
TANENE : 63.
Tanzanie (ex-Tanganyka) : 21, 50, 54.
Tarenta (KOBA) : 74.
Tasserenk (SANSANÉ) : 55.
Tatéma (KOBA) : 65, 70.
Thaïlande : 72.
Télimélé (bassin de) : 53, 54, 59, 62, 63, 64.
Timbis (Plateau des) : 53.
Tinguilinta (cf. Nunez) : 48, 52, 54, 74.
Tintima (île) : 85, 90.
Toguiron (WONKIFONG) : 71, 175.
TOUNGUIFILI : 58, 59, 64.
Tonkima : 59, 175.
Toubata (BINTIMIDIA) : 64.
Tristão (îles) : 48, 85, 100.
Tombo (isthme de) : 21, 22, 70.
Verga (Cap) : 47, 48, 62, 64.
Vénézuéla : 75.
Vietnam : 72.
Volta : 53.
Yélitono (BENTY) : 85.
Yenguissa (BOFFA) : 59.
Yomboya (BINTOMODIA) : 26.
Waya-waya (FARMORÉAH) : 24, 48.
Wondima (KAKOSSA) : 134.
WONKIFONG : 66, 70.
Zaïre : 53.
Zambèze : 50.



Table des figures

N° Page

1.- Les mangroves guinéennes dans leur environnement marin et continental 8
2.- Les espèces arborescentes halophiles de la mangrove guinéenne 15
3.- Répartition schématique des zones de végétation du Soumbouya 17
4.- Séquences de mangrove sur substrat cuirassé 21
5.- Evolution de la matière organique des sols à *Rhizophora* 24
6.- La trame séquentielle de l'utilisation du milieu 24
7.- L'adaptation des systèmes culturaux aux variations des conditions hydro-morphologiques 32
8.- Distribution de la végétation autour des cuvettes de submersion 37
9.- Correspondances entre zones de végétation et classes d'inondation 38
10.- Les dépérissements forestiers liés à la diminution de la durée de submersion 39
11.- Aménagements et déplacements des limites d'inondation 40
12.- Dynamique de reconquête forestière des schorres de Singuéya 43
13.- L'environnement litho-structural du littoral guinéen 46
14.- La surélévation du bassin bové par rapport aux marges encadrantes 47
15.- L'organisation du relief côtier autour du Kaloum 49
16.- Les modelés flandriens de la plate-forme alluviale de Guinée 51
17.- Carte de localisation de la Basse-Côte au nord du Cap Verga 57
18.- Coupe géomorphologique du piémont gréseux vers Tounguifili 58
19.- Carte de localisation de la Basse-Côte entre Cap Verga et le Kaloum 61
20.- Extension du système à grès nu par amincissement des altérites 63
21.- Extension du système à grès nu par démentèlement des reliefs collinaires et glaciplanantion 63
22.- Coupe géomorphologique du piémont méridional 66
23.- Carte de localisation de la Basse-Côte au sud du Kaloum 69
24.- Profil schématique de la végétation du piémont méridiona 70
25.- Fiche d'identité climatique des mangroves de Guinée (Conakry) 73
26.- Schéma du fonctionnement hydro-sédimentaire du littoral guinéen 77
27.- Schéma de l'évolution dissymétrique d'une plaine de front de mer 78
28.- Les mangroves de ria 80
29.- Les mangroves de delta 81
30.- Les mangroves de front de mer 82
31.- Variations annuelles de la pluviométrie en Basse-Côte (Conakry) 83

N° Page

32.- Dynamique du front de mer oriental de Koba (1965-1987) 84
33.- Cordons et vasières des Îles Tristão 87
34.- Dynamique des peuplements riverains des Îles du Konkouré 91
35.- Dynamique des pointes de mangrove 92
36.- Dynamique des ceintures monospécifiques d'*Avicennia* de Koba 98
37.- Croquis phyto-morphologique des Îles Kabak et Kakossa 108
38.- Profils évolutifs associés au recul du rivage de Koba 109
39.- Coupe géomorphologique de l'Île Kabak 109
40.- Dynamique du front de mer central de Koba (1966-1987) 112
41.- Schéma de défense d'un périmètre rizicole 113
42.- Dynamique du front de mer occidental de Koba (1966-1987) 114
43.- Evolution du spectre de réflectance d'un couvert végétal en fonction de son indice foliaire 123
44.- Evolution du spectre de réflectance d'un limon sableux suivant son humidité 124
45.- Signatures morphologiques des tannes 124
46.- Evolution du spectre de réflectance d'un limon sableux suivant sa teneur en matière organique 134
47.- Comparaison de la corrélation des canaux bruts et linéarisés 142
48.- Ordinogramme de la classification des données numériques 147
49.- Diagramme des classes indiciaires de l'image de DUBRÉKA 153
50.- Diagramme des classes indiciaires de l'image de KOBA 162
51.- Spectres radiométriques moyens des catégories d'eaux stagnantes 167
52.- Séquence phyto-morphologique suggérée par le profil radiométrique des marais d'arrière-mangrove 167
53.- Spectres radiométriques des eaux découvrantes et régressives 170
54.- Spectres radiométriques des eaux découvrantes et transgressives 170
55.- Spectres radiométriques des eaux du domaine infratidal 172
56.- Droite des eaux estuariennes de l'embouchure du Konkouré 172
57.- Coordonnées des images SPOT couvrant le littoral de Guinée 184
58.- Extrait de la carte des formations végétales : secteur de Sonfonia 185
59.- Extrait de la carte des formations végétales : secteur du Konkouré 186
60.- Extrait de la carte des formations végétales : secteur de Koba 187

Liste des tableaux

N° Page

1.- Les unités morphopédologiques de la plaine côtière guinéenne 25
2.- Superficie des vasières de front de mer soustraites à la marée 41
3.- Essai de caractérisation des systèmes morphogéniques des bassins-versants gréseux 65
4.- Essai de caractérisation des systèmes morphogéniques des bassins-versants cristallins 71
5.- Les principaux types de séquences végétales 74
6.- Classification des mangroves tropicales humides 76
7.- Les ensembles phyto-morphologiques de la plaine littorale guinéenne 79
8.- Estimation des prélèvements annuels de bois de mangrove 103
9.- Répartition des surfaces cultivées 105
10.- Typologie des unités de paysage identifiées par photo-interprétation 117
11.- Classification des mangroves boisées par interprétation analogique des compositions colorées 127
12.- Emplacement et classe d'appartenance des parcelles de sondage 127
13.- Caractérisation dendrométrique des formations échantillonnées 128
14.- Estimation des caractéristiques dendrométriques des principales formations ligneuses 129
15.- Composition floristique des formations ligneuses d'arrière-mangrove 131
16.- Spectre biologique des prairies graminéennes de terrasse 134
17.- Spectre biologique des prairies à Cypéracées de schorre 134
18.- Spectre biologique des prairies aquatiques de dépression palustre 135
19.- Spectre biologique des prairies marécageuses de bordure de dépression palustre 135
20.- Classification des unités agroécologiques identifiées à partir de l'interprétation des CCT 137
21.- Matrice des combinaisons linéaires de l'ACP appliquée à l'image de KOBA 144
22.- Les unités de paysages classées sur l'ensemble des images 147
23.- Tableau de corrélation des indices de l'image de DUBRÉKA 152
24.- Les zones d'entraînement de l'image de DUBRÉKA 152
25.- Dynamique des classes de l'image de DUBRÉKA 152
26.- Matrice de confusion des classes de l'image de DUBRÉKA 153

N° Page

27.- Tableau de corrélation des indices de l'image de KOBA 159
28.- Les zones d'entraînement de l'image de KOBA 159
29.- Dynamique des classes de l'image de KOBA 159
30.- Matrice de confusion des classes de l'image de KOBA 162
31.- Dynamique des valeurs spectrales des eaux du Konkouré 166
32.- Matrice de confusion des classes de l'image du KONKOURÉ 167
33.- Apport du traitement numérique (CCT) pour la classification des mangroves de Guinée 174
34.- Apport des données de terrain et des données de télédétection aux différentes échelles d'analyse 177
35.- Répartition des densités de population par sous-préfecture 188
36.- Présentation des effectifs de l'image classée de DUBRÉKA 189
37.- Présentation des effectifs de l'image classée de KOBA 189
38.- Présentation des effectifs de l'image classée de l'embouchure du KONKOURÉ 189

Table des planches photographiques

N°		Page
I.-	Types physionomiques de forêts de mangrove	19
II.-	Types physionomiques de fourrés de mangrove	20
III.-	Etats de surface des sols de schorres cultivés	27
IV.-	Paysages et travaux associés à l'exploitation du bois de mangrove	28
V.-	Paysages et travaux associés à la confection du sel	30
VI.-	Les paysages de la riziculture endiguée et inondée	33
VII.-	Les paysages rizicoles d'estuaire supérieur	34
VIII.-	Substrat et paysage de la rizicuture	36
IX.-	Les paysages de reconquête forestière	42
X.-	Les modelés des basses slikkes de front de mer	94
XI.-	Dynamique des peuplements de front de mer ouverts	95
XII.-	Dynamique des peuplements lagunaires	97
XIII.-	Types de cheniers en construction	102
XIV.-	Ruptures de digues et submersion de polders	110
XV.-	Les unités de paysage littorales de l'image classée de DUBRÉKA	155
XVI.-	Les unités de paysage continentales de l'image classée de DUBRÉKA	156

Table des images aériennes et spatiales

N°		Page
1.-	Photographie aérienne infrarouge couleur de l'Île Singuéya	43
2.-	Photographie aérienne infrarouge couleur des Îles du Konkouré	91
3.-	Photographie aérienne infrarouge couleur du front de mer de Koba	98
4.-	Indice de végétation de l'image de DUBRÉKA	150
5.-	Indice de brillance de l'image de DUBRÉKA	151
6.-	Classification des paysages végétaux de DUBRÉKA	154
7.-	Indice de végétation de KOBA	160
8.-	Indice de brillance de KOBA	161
9.-	Classification des paysages végétaux de KOBA	163
10.-	Classification des catégories d'eaux du KONKOURÉ	168

Résumés en langues étrangères (anglais et portugais)

A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE ENVIRONMENT AND DYNAMICS OF GUINEAN MANGROVES.

FIELD DATA AND REMOTE SENSING APPROACH (SUMMARY)

The populations from coastal lowlands of Guinea have widely converted the mangrove forests and landward associated vegetation which cover over 380.000 ha. The expansion of rice cultivation towards the seashore belts has focused attention on the particular instability of guinean mangroves since it was observed that locally the mudflats were retreating at the rate of 80 m/year. This serious threat against human coastal activities was first attributed to overexploitation for wood production in so far as extraction sites had to be moved seaward. But since non-exploited mangrove stands were retreating too, it appeared more and more clearly that guinean mangrove dynamics were primarly induced by the particular instability of their substrata.

I. A CLASSIFICATION BASED ON THE VEGETATION DYNAMICS

I.1. The discriminating role of flooding extent and frequency

As pointed out by both mangrove scientists and inhabitants, the hydrological system is the most valuable criteria of classifying mangroves communities at levels of basic landscape units. Therefore, a physiognomical characterization related as far as possible to the flooding regime remains the most useful framework for a classification of mangrove stands.

. Nevertheless, the morphodynamical instability of the riverbanks often gives rise to a discordant overlapping between flooding and vegetation units as the degradation process may well express. As yet, in-depth characterization and understanding of the vegetation landscape have to be related to the marine and continental context where the functioning parameters of the ecosystem are located.

I.2. The morphogenic conditioning

The widespread development of mangroves along the guinean coast is due to the abundant river discharge (about 15 Mt/year) and the high level of annual rainfall (2.800 > P > 4.200 mm). However, these highly favorable conditions have to be qualified according to the variations of sediment and water supply along the 300 km of coastline.

The terrigenous environment being equal (drowned bedrock valley, delta, chenier plain), the amount and granulometry of the sediment load varies with the morphogenic system prevailing in the different river basins. Depending on both the rocky basement lithology and the vegetation cover, three main biorhexistasic situations can be distinguished :

- in sparsely populated sandstone catchment areas (northern part of Lower Guinea) the well-conserved rain forest prevents the weathered and decayed rocks from being eroded so that the development of the mudflats is limited within the drowned bedrock valley.
- in catchment areas where the population density ranges from 40 to 70 inhabitants per square kilometre, a regular but smooth removing of weathered rocks ensures a regular rebuilding of the mudflats. There are the best conditions for mangrove establishment and regeneration.
- in areas where the population density exceeds 75 inhabitants per square kilometre, the extended deforestation lays the alterites open to be greatly eroded. The exceptionnal development of swampy and marshy formations on the landward side of mangrove next to the sandstone uplands is due to the particular efficiency of weathering and colluvial transport on the deforested sandstone surfaces (Tounguifili area). The riverine mangrove forests of these areas are particularly sensitive to variations of sediment and freshwater supplies linked to the hydroclimatic variability. The effects of this on the dynamics of shoreline development turn out to be much more influencal than the sea-level rise.

I.3. The varying morphodynamic instability of the mangroves stands

A clear distinction should be made between the riverine stands whose dynamics mainly follows the seasonal and interannual displacement of turbidities along the estuaries, and the foreshore stands whose dynamics also respond to longshore drift. This distinction is all the more important since estuarine and foreshore forests shelter different kind of activities.

Although wood production is increasing quickly, its impact on the ecosystem remains moderate as long as the selective felling is confined to riverine stands that take advantage of regular sediment and freshwater supply to regenerate.

As a consequence of the loss of the hydraulic control and the

scraping of the topsoil, the development of salt production in previously cultivated areas tends to promote the submersion of inner mudflats. This substitition of activity allows *Avicennia* to spread its seedlings further upstream and thus, to colonize the inner part of the mudflats.

Finally, serious damage linked to human activities only occurs where the instability of the landforms was formely well-prononced. Therefore, the most sensitive areas are located in the chenier plains where reclamation schemes extending into the seashore mangrove forests may disturb both mudflats building and coastal grading by the longshore drift.

It is evident from this that, up to now in Guinea, the human intervention in the functioning of the mangrove ecosystem is more decisive at the flow level than at the vegetation level.

II. THE CONTRIBUTION OF SATELLITE DATA

II.1. The contribution of spot colored composite interpretation

The classification criteria were finally defined after a signature analysis of mangrove landscapes on the SPOT colored composite.

The classification of forest landscapes shows the continuity and the thickness of the vegetation cover as contrasts of reflectance mainly express the spatial variations of chlorophyllous phytomass. Floristic composition was inferred from stand location in the tidal range where as the texture analysis highlighted the directional movement of vegetated surfaces depending on the local depositional conditions.

The classification of landward landscapes was based on the relations between the riceland cultural systems and the associated herbaceous vegetation. A further subdivision was achieved using the cultivation intensity (assessed from herbaceous fallows) and the land drainage conditions (assessed from the hydrographic pattern).

The cartographic survey, resulting from the visual comparison between the coloured composite and the color infrared colour photographs, was used as a reference for the evaluation of numeral processing results.

II.2. The particular contribution of numeral processing

Enhencement techniques such as stratification and linear stretching were first performed in order to optimize the results of the statistical algorithms and to achieve accurate classification of vegetation and fluvio-marin waters according to their particular spectral properties.

The classification of vegetation landscapes was derived from both vegetation index and brillance index. This method permits a better dicrimination of seashore *Avicennia* monospecific belts, riverine mixed stands and ricefields whose multispectral signatures partly accounted for their high diversity observed on the ground. As a general rule, the discrimination between climax and secondary stands confirmed that the degradation of mangrove forests was closely related to human pressure in nearby continental areas.

The classification of water categories -derived from the information contained in the three SPOT channels- permits one to establish some better correlations between dynamics of *Avicennia* belts and the hydrodynamic functioning of the main rivers. Thus, it was possible to prove that variations in erosion rate along the forehore belts were controlled by turbidities variations in space and time rather than the exploitation of mangrove forests.

This computer-aided classification confirmed that the classification criteria established previously were the most suitable. In other respects, it pointed out that high resolution satellite data were a valuable support for mangrove landscapes disrimination by taking into account their continental and marine conditioning. Therefore, remote sensing appears to be an essential tool for the ecological monitoring of mangroves, characterized as in Guinea, by a high degree of morphologic diversity and rapid habitat change.

<table>
<tr><th></th><th></th><th>FIELD DATA RESOLVED
AT LARGE SCALE
(1/20.000)</th><th>FIELD DATA RESOLVED
AT MEDIUM SCALE
(1/100.000 - 1/50.000)</th></tr>
<tr><td rowspan="4">CONTINENTAL
MORPHOGENIC
SYSTEM
(10^2-10^4 km^2)

on sandstone
basement</td><td>with
continuous
weathered
rocks</td><td rowspan="4">recorded on FCC</td><td rowspan="4">Morphostructural framework → Coastal plain setting
Spatial variations of population densities → Anthropic pressure on the environment
→ Biorhexistatic characterization of river basins
→ Origin and volume of TERRIGENOUS SEDIMENTS INPUT</td></tr>
<tr><td>with thin
weathered
rocks</td></tr>
<tr><td>on bare
sandstone
ground</td></tr>
<tr><td>biostasia</td></tr>
<tr><td>on granitic
basement</td><td>rhexistasia</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>TERRIGENOUS
SETTINGS
(10^1-10^2 km^2)</td><td>Ria (drowned
bedrock valley)

Delta

Chenier
plain</td><td>LANDSFORMS DYNAMIC
(shorelines, footslopes)
related to
GEOMORPHIC PROCESSES
(current, colluvial transport)</td><td>Broad ecological functioning (f.) :
• runoff framework
• salinity gradient
• sedimentary net balance
• change in vegetation pattern
⇨ STATIONAL CONDITIONS
FOR MANGROVE GROWTH</td></tr>
<tr><td>LANDSCAPE
UNITS
(10^{-2}-10^1 km^2)</td><td>Mangrove
area

Landswares
area

Continental
vegetation
area

Marine
area</td><td>Landscapes classification (f.) :
physiognomy and dynamics of vegetation
landsforms classification
riceland utilisation system
⇨ components integrated in
TIDAL INONDATION CLASSES</td><td>• Avicennia monospecific belts
• Dense mixed forests
• Mixed thickets
• Patches of mangrove stands
• Bare flats ("tannes")
• Seashore ricefields with dykes
• Upper-estuary "open" ricefields
• Fresh water swamp ricefields
• Rain forests
• Palm forests
• Secondary savana / crops
• Foreshore tidal flats
• Turbid waters</td></tr>
</table>

INFORMATION FROM FIELD DATA AND REMOTE SENSING DATA AT DIFFERENT ANALYSIS LEVELS

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO MEIO AMBIENTE E A DINÂMICA DOS MANGUES DA GUINÉ

DADOS DE CAMPO E DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO (RESUMO)

As populacões da costa da Baixa-Guiné converteram largamente as florestas de mangues e de formacões pantanosas que cobrem no total 380.000 hectares. A extensão recente destes perímetros de arrozais que se faz em detrimento dos cinturões vegetais de fronte do mar revela uma instabilidade particular dos mangues guineanos (recuo localmente > 80m/ano). Alguns consideram o desmatamento abusivo como o responsável desta situação. A análise detalhada das paisagens revela que, as causas desta instabilidade são, na realidade, muito mais complexas.

I. UMA CLASSIFICAÇÃO BASEADA NA DINÂMICA DOS POVOAMENTOS

I.1. O papel discrimante do regime de inundação

A convergància entre a visão empírica da população e a visão científica do geógrafo mostra que o regime de inundação e sem dúvida, o critério mais pertinente para classificar os mangues ao nível de unidades de paisagens elementais.

Entretanto, a instabilidade morfodinâmica das bordas fluvio-marinhas ocasiona discordâncias entre limites de inundação e limites biogeográficos onde os definhamentos florestais constituem uma manifestação das mais espetaculares.

A compreensão e a caracterização das paisagens vegetais dos mangues se supõe, então, que elas são recolocadas no conjunto do meio continental e marinho, onde são localizados seus parâmetros de funcionamento.

I.2. O condicionamento morfogênico continental

Se a forte descarga detrítica de Fouta-Djalon (em torno de 15 Mt/ano) e a abundância das fortes precipitações anuais (2.800 < P < 4.200 mm) favorecem a expansão do ecosistema dos mangues no conjunto do litoral da Guiné, o desenvolvimento da vegetação depende mais diretamente das condições locais aluvionais e a alimentação em água doce.

O meio sedimentar equivalente (rias, deltas, planícies à cheniers), a natureza e o volume de abastecimentos variam segundo os sistemas morfogênicos do piemonte. Deste ponto de vista, três tipos de situação bio-rhéxistasicos se opõem em relação as sugestões combinadas da litologia e da cobertura vegetal :

- Nos setores à substratos de grés de fraca ocupação humana (extremo norte da Baixa-Costa) a conservação da floresta densa reliquia freais desaterro das alteritas. A extensão dos sitios londosos e limitada pelo déficit relativo em sedimentos,
- Nos setores onde as densidades rurais compreendidas entre 40 à 70 hab./km^2, está assegurada a manutenção de um sistema morfogênico à uma fina manto das alteritas. A remobilização regular, mas organizada dos produtos de alteração assegura as recargas dos sitos londosos, e isto independemente da natureza litológica do sustrato.
- Entretanto, nos setores onde as densidadas excedem 75 hab./km^2, o longo desaturro das alteritas é generalizado. O desenvolvimento preferencial das formações pantanosas dos mangues-interior nas planícies contiguas ao piemonte de grés se explica pela eficiência particular dos processos de meteorização e dos coluviões sôbre as superfícies de grés desmatadas. Os mangues próximos destes setores são particularmente sensíveis as variações hidroclimáticas de escala pluri-decenal que atingem as latitudes tropicais consideradas marginais (9-11°N). Os efeitos de tais variações sôbre a posição da linha da costa guineana se mostra ao total, mais decisivas que aquelas dos levantamentos eustáticos do nível dos oceanos.

I.3. A desigual instabilidade morfodinâmica dos povoamentos

Há uma distinção entre os povoamentos dos estuários, cuja dinâmica obedece simplesmente as migrações sazonais e interanuais das débitos fluviais e dos povoamentos de fronte do mar, cuja instabilidade morfodinâmica se tornou muito mais instável devido a interferência dos débitos fluviais e da ação das vagas, sôbretudo nas planícies à cheniers.

Esta distinção se encontra reforçada pela repartição das atividades humanas no meio do ecosistema.

O impacto da exploração florestal, embora em vias de intensificação, resta limitado porque ela concerne-se que os povoamentos ribeirinhos aproveitando-se regularmente e abundantemente.

O relaxamento do cultivo tradicional e ordenado da produção rizicola e a desenvolvimento correlativo das atividades salicolas é suscetível de ativar localmente a morfogênese (erosão regressiva) e de acelerar a reconquista das zonas internas pela *Avicennia.*

As disposições não modificam verdadeiramente o equilíbrio morfodinâmico dos sitios londosos, somente si elas são naturalmente instáveis. Os setores a alto risco são, portanto, as planícies de fronte do mar , sujeitas às variações de linha de margem de grande amplitude onde as extensões do poldère mal direcionades podem entravar as transferências longitudinais e que determinam a regularização da costa.

De toda maneira, a intervenção decisiva do homen no funcionamento do ecosistema dos mangues parece se situar sôbretudo ao nível dos escoamentos do que ao nível da cobertura vegetal.

II. CONTRIBUIÇÃO DOS DADOS DE SENSORAMENTO REMOTO

II.1. Interpretação das composições coloridas

O estudo dos sinais espectrales das paisagens dos mangues através das composições coloridas do satélite SPOT determinou a escolha definitiva dos critérios de classificação.

A classificação das paisagens florestais privilegiou a gráu de continuidade e a espessura da cobertura vegetal, na medida em que os grandes contrastes de reflexão traduzem, antes de tudo, as variações espaciais da fitomassa clorofiliana. A composição florística e a dinâmica da vegetação foi reduzida, a uma escala taxinômica inferior da posição transversal do florestamento e das evoluções, regressiva ou progressiva, exprimem os sinais morfológicos.

A classificação das paisagens dos mangues-interior é baseada na relação entre os sistemas das culturas -identificada segundo os respectivos sinais morfológicos- e a vegetação herbácea que os associou. A intensidade do cultivo -determinada através do indice foliáceo das rotatividades herbáceas- e as condições de drenagem -determinada pela hidrografia- forma indexas à um nível taxinômico inferior.

A elaboração cartográfica foi realizada na escala 1:100.000 à partir da confrontação visual das composições coloridas (FCC) e das fotografias infra-vermelho (IRC) -verificadas através do trabalho de campo- serviram de referência para continuar os tratamento de imagem.

II.2. Contribuição especifica do tratamento numérico de imagem

O melhoramento dos dados de base (estratificação e uniformização das imagens brutas) foi realizado com a precupação de classificar de uma maneira mais rigorosa, a vegetação e as aguas fluvio-marinhas à partir de suas propriedades espectrais respectivas.

A classificação das paisagens vegetais realizada à partir das imagens de indices de vegetação e de brilho permitiu de detalhar a discriminação dos cinturões monoespecíficos de *Avicennia*, dos arrozais dos mozaicos de povoamentos dos quais, os sinais multi-espectrais mostraram que parcialmente, a diversidade constatada no trabalho de campo. De maneira geral, a melhor separação das unidas ao solo permitíu de confirmar a hipótese, segundo a qual a degradação antrópica das florestas de mangues está diretamente relacionada a pressão demográfica sub-litorânea.

A classificação das categorias da águas fluvio-marinhas, à partir de informação contidas nos três canais permitíu de correlacionar a evolução contrastada dos cinturões monoespecíficos de *Avicennia* com o funcionamento hidrodinâmico dos principais estuarios (Konkouré). Se sôbresai que a repartição da erosão na zona de fronte de mangues segue sôbretudo, as variações espacio-temporais da turbidez, que da pressão da exploração florestal.

O tratamento de imagens confirmou a pertinencia do critério de classificação estabelecido anteriormente. Por outro lado a correlação entre meio marinho e continental contribuíu à uma melhor compreensão das paisagems vegetais. Deste modo, os dados de sensoriamente remoto representam uma técnica privilegiada para o acompanhamento ecológico os mangues à forte instabilidade morfodinâmica.

Efetivamente, o desenvolvimento durável deste tipo de mangues supõe um controle do potencial erosivo das bacias-vertentes se adaptando mais estreitamente as sugestões do clima.

<table>
<tr><th></th><th></th><th>DADOS DE CAMPO RESTITUÍDOS
À GRANDE ESCALA
(1/20.000)</th><th>DADOS DE CAMPO RESTITUÍDOS
À MÉDIA ESCALA
(1/100.000 - 1/50.000)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">SYSTEMA
MORFOGÊNICO
REGIONAL
(10^2-10^4 km²)

sôbre o grés</td><td>à manto
continuo
das alteritas</td><td rowspan="4">Amostrgem segundo
à analise FCC</td><td rowspan="4">Compartimento morfostructural → Trama da planície costera
Répartição das densidades de população → Pressão bíotica sôbre o meio ambiente
→ Equilibro biorhéxistatico des bacias-versantes
→ Origem e volume do STOQUE DE SEDIMENTO</td></tr>
<tr><td>à fino
manto
das altéritas</td></tr>
<tr><td>à grés nu</td></tr>
<tr><td>biostasia</td></tr>
<tr><td>sôbre o soco
cristalino</td><td>rhéxistasia</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CONJUNTO FITO-
MORFOLOGICO
(10^1-10^2 km²)</td><td>Ria</td><td rowspan="3">Dynâmica dos contactos :
ribeiras, taludes aluviões, ...
(f.)
AGENTES DINÂMICOS
(correntes, desmatamentos)</td><td rowspan="3">Typos de fonctionamento ecologico (f.) :
• traça do escoamento
• gradiente de salinidade
• dissimetria de l'aluvionamento
• translação dos cinturões vegetais
(evolução regressiva / progressiva)
⇨ CONDIÇÕES ESTACIONAIS
DE DESENVOLVIMENTO</td></tr>
<tr><td>Delta</td></tr>
<tr><td>Planícies
de fronte
do mar</td></tr>
<tr><td rowspan="4">UNIDADES DE
PAISAGEM
(10^{-2}-10^1 km²)</td><td>Mangue
arborizado</td><td rowspan="4">Classificação das paisagens :
• fisionomia e dinâmica de cobertura vegetais
• morfopedologia
• systema de cultura rizicola
⇨ espatialement integrados en
CLASSES DE INONDAÇÃO</td><td>• Cintura monoespecifio de Avicennia
• Floresta densa mista
• Cerrado mista
• Mosaico de povamentos</td></tr>
<tr><td>Mangue-
interior</td><td>• Lalas salgadas
• Arrozais em compartimentos (bolonhas)
• Arrozais abertas
• Arrozais pantanosas</td></tr>
<tr><td>Vegetação
de terra
firme</td><td>• Floresta densa reliquia
• Palmerais
• Savana secondara / culturas</td></tr>
<tr><td>Domino
marinho</td><td>• Sitio londoso de fronte do mar
• Águas turbídas dos canais</td></tr>
</table>

DADOS DE CAMPO E DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO NAS DIFERENTES ESCALAS DE ANALISE DAS PAISAGENS

Imprimé en France par nordoc Tél : 20 46 08 88

RÉSUMÉ

Le recul spectaculaire de certaines formations végétales de front de mer (80 m/an) a révélé l'instabilité particulière des mangroves guinéennes et montré l'urgence d'une meilleure connaissance de cet écosystème hautement productif, en vue d'un développement durable.

1ère partie :
La détermimination des fondements d'une classification.
En dépit d'une intégration parfois approximative des différents aspects du milieu, le régime d'inondation constitue le critère écologique le plus pertinent pour classer les mangroves au niveau d'unités de paysage élémentaires (chapitre 1).
Celles-ci se regroupent dans des ensembles phytomorphologiques de plus vaste dimension -rias, deltas, plaines à cheniers-, caractérisés par des conditions d'alluvionnement et d'alimentation en eau douce spécifiques (chapitre 2).
La crise morphoclimatique récente met en exergue l'inégale stabilité morphodynamique des mangroves suivant leur appartenance à ces différents environnements terrigènes et permet de préciser l'impact réèl des aménagements sur le fonctionnement de l'écosystème qui paraît se situer, pour le moment, davantage au niveau des écoulements qu'à celui du couvert végétal (chapitre 3).

2e partie :
L'évaluation de l'apport des données satellitaires.
L'analyse des signatures spectrales des paysages sur les compositions colorées SPOT conditionne le choix définitif des critères de classification et permet de dresser un inventaire cartographique au 1:100 000 suivant la confrontation visuelle des compositions colorées et des photographies infrarouge couleur (chapitre 4).
L'outil micro-informatique est sollicité pour classer plus rigoureusement les paysages selon les effets radiométriques spécifiques de l'eau (indice de brillance) et de la végétation (indice de végétation) dans la signature spectrale des mangroves. Le traitement numérique autorise une meilleure séparation des unités au sol, notamment parmi les ceintures monospécifiques d'*Avicennia*, les mosaïques de peuplements et les secteurs convertis en rizières. La classification des catégories d'eaux fluvio-marines à partir de l'information contenue dans les trois canaux de SPOT démontre que la répartition de l'érosion sur les fronts de mangrove obéit davantage aux variations spatio-temporelles des turbidités qu'à des défrichements abusifs (chapitre 5).

En enrichissant la connaissance des paysages végétaux et de leur environnement, les données de télédétection s'affirment comme un outil privilégié pour le suivi écologique des mangroves à forte instabilité morpho-dynamique dont le renouvellement des ressources suppose que l'on garde le contrôle du potentiel érosif des bassins-versants en gérant étroitement les suggestions du climat.

MOTS-CLÉS

Bassins-versants - Changements de l'environnement - Classification des paysages - Dynamique littorale - Contrôle hydraulique - Développement durable - Ecosystème mangrove - Erosion - Gestion des ressources - Télédétection satellitaire - Savoir rural - Signatures spectrales - Succession végétale - Variations hydroclimatiques -

ORSTOM Éditions
213, rue La Fayette
F-75480 Paris Cedex 10
Diffusion
72, route d'Aulnay
F-93143 Bondy Cedex

ISSN : 0767 - 2888
ISBN : 2-7099 - 1150 - 7

Photos de couverture :
• rizières d'arrière-mangrove au pied de la Dent de Dixinn
• peuplement de *Rhizophora* exploité pied à pied vers Kakossa
• photographie infrarouge couleur du front de mer de Quito

Clichés : F. BERTRAND